

Fiche d'analyse des risques majeurs liés aux mélanges de produits ou substances incompatibles lors des opérations de dépotage de camion-citerne dans un réservoir

Février 2026

Cette fiche a vocation à servir de support pour les analyses de risques relatives aux opérations de dépotage des camions-citernes dans un réservoir ou cuve contenant des substances pouvant potentiellement occasionner des mélanges incompatibles. Elle fournit une description des opérations de dépotage, une analyse du retour d'expérience, une analyse des barrières de sécurité qui s'inspirent de pratiques habituelles et la proposition d'un nœud-papillon décrivant les scénarios redoutés. Le contenu de ce document ne se substitue pas à la réglementation en vigueur. Les barrières de sécurité présentées sont une compilation de bonnes pratiques qui ne représentent pas un minimum requis.

Description

Le déroulement d'une opération de dépotage par pompe est donné ici à titre illustratif (d'autres situations réelles peuvent être rencontrées et notamment le dépotage par utilisation d'un compresseur et le dépotage gravitaire).

L'opération de dépotage s'effectue en présence du chauffeur et d'un opérateur du site (en cas d'urgence : possibilité d'intervention immédiate), selon une procédure, une check-list de contrôle et une signature de permis de travail.

1ère étape : Réception du camion-citerne

La prise en charge du camion-citerne à son arrivée sur le site industriel va se traduire par la mise en application des mesures suivantes :

- / Accueil chauffeur ;
- / Contrôle de l'adéquation entre les documents de livraison et :
 - les réceptions attendues ;
 - le contenu du camion-citerne tel que mentionné sur la fiche de livraison (contrôle documentaire pour vérifier que le camion est attendu).

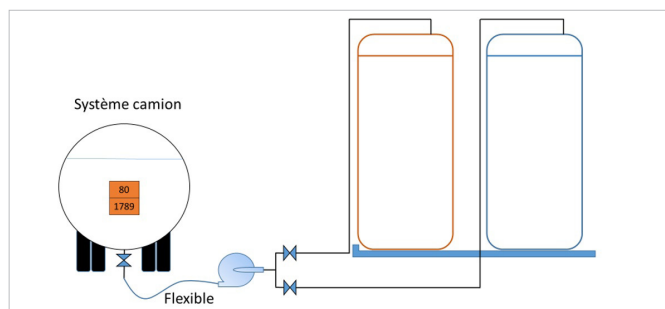


Figure 1 /
Opération de dépotage d'un camion-citerne dans un réservoir (Illustration valable dans le cas d'un dépotage par pompe).

2ème étape : Accompagnement ou guidage* du camion-citerne à l'aire de dépotage et connexion à l'installation

La prise en charge du camion-citerne entre sa réception à l'accueil du site et sa connexion au circuit de dépotage met en œuvre les étapes suivantes :

- / Contrôle de l'adéquation entre le volume à dépoter (bon de pesée, par exemple) et le volume disponible ou « creux » du réservoir avant le début de son remplissage et contrôle d'affichage ;
- / Mise en place du camion-citerne sur l'aire de dépotage sur rétention étanche et incombustible (dans le cas de produit inflammable) ;

- / Freins serrés, arrêt du moteur, coupure de l'alimentation du circuit électrique, calage des roues et mise à la terre du camion-citerne (dans le cas de produit inflammable) ;
- / Port des EPI ;
- / Contrôle de la présence des moyens de prévention et de protection (exemples : extincteur, eau, sable, douche de sécurité...
- / Analyse d'un échantillon pour vérifier la conformité du produit présent dans le camion-citerne ;
- / Contrôle visuel de l'état des flexibles ou du bras de dépotage selon le système installé ;
- / Déverrouillage de la borne de dépotage par l'opérateur du site pour que le chauffeur puisse effectuer le branchement ;
- / Retrait du bouchon de sécurité du camion ;
- / Branchement de la liaison entre le camion-citerne et le réservoir ;
- / Ouverture progressive de la vanne de vidange du camion-citerne pour détecter un éventuel problème d'étanchéité et de la vanne du réservoir ;
- / Surveillance de l'opération pendant les premières minutes avec une attention sur certains signaux : pression et température si capteurs, comportement de la cuve (vibration), activation des soupapes. Ces informations déclenchent le cas échéant l'arrêt du dépotage.

L'accompagnement n'est pas systématique, l'instruction peut être donnée au chauffeur, et l'opérateur sur l'aire de dépotage s'assure que c'est le bon camion qui stationne sur cette aire.

3ème étape : Remplissage du réservoir

- / Dans la configuration d'un dépotage par pompage, mise à l'air du camion-citerne pour que la pression dans le camion-citerne ne baisse pas sauf si le camion-citerne est équipé d'une soupape de respiration ;
- / Mise en route de la pompe de déchargement ;
- / Suivi du remplissage ;
- / Arrêt de la pompe ;
- / Fermeture des vannes à la fin du déchargement, de la mise à l'air et des dômes s'il y a lieu.

4ème étape : Déconnexion de l'installation

- / Purge de la ligne de dépotage ;
- / Fermeture de la vanne de sécurité du réservoir ;
- / Débranchement de la liaison entre la citerne et le réservoir ;
- / Remise en place des bouchons de sécurité ;
- / Débranchement de la mise à la terre pour les produits inflammables ;
- / Accompagnement du livreur jusqu'à la sortie du site.

Analyse du retour d'expérience (REX)

L'analyse des bases de données ARIA [8] et eMARS [9] fait ressortir 72 événements (de 1953 au 17 janvier 2019). L'exemple suivant recensé sur le site du BARPI est une fuite qui est survenue en Allemagne en février 2017 (ARIA 49285).

Extrait : « *Dans une usine chimique, un navire déverse par erreur de l'acide chlorhydrique dans un réservoir d'acide sulfurique. La réaction exothermique qui en résulte conduit à la rupture du réservoir et à l'émission d'un nuage d'acide sulfurique toxique, large de plusieurs centaines de mètres, qui dérive au dessus de la ville. Des difficultés respiratoires sont ressenties par 150 personnes, 5 d'entre elles sont transportées à l'hôpital. Les résidents du secteur restent confinés chez eux. Les transports en commun sont paralysés pendant plusieurs heures. Les rues de la ville, un canal et une autoroute sont fermés. Toutes les écoles sont confinées jusqu'en début d'après-midi. Le réservoir contenant 600 m³ d'acide sulfurique est vidé et le mélange est évacué par camions-citernes. Pour réduire le nuage et neutraliser les polluants, les pompiers vaporisent de l'eau dans l'air* » (cf. fiche ARIA).

Les produits impliqués :

L'hypochlorite de sodium (eau de javel) est très souvent impliqué dans un mélange incompatible, comme en témoignent les statistiques suivantes (extraites de l'exploitation des 72 accidents) :

- / Hypochlorite de sodium / Acide chlorhydrique : 24 % ;
- / Hypochlorite de sodium / Acide sulfurique : 16 % ;
- / Hypochlorite de sodium / Acide acétique : 16 % ;
- / Acide chlorhydrique / Acide sulfurique : 16 % ;
- / Hypochlorite de sodium / Chlorure ferrique : 13 % ;

- / Hypochlorite de sodium / Bisulfite de sodium : 5 % ;
- / Acide sulfurique / Bisulfite de sodium : 5 % ;
- / Acide chlorhydrique / Acide nitrique : 5 %.

Les réactions d'incompatibilité survenues dans les accidents forment, dans la majorité des cas, un ou plusieurs produits de réaction gazeux. Il s'agit le plus souvent de chlore, comme l'indiquent les statistiques ci-après.

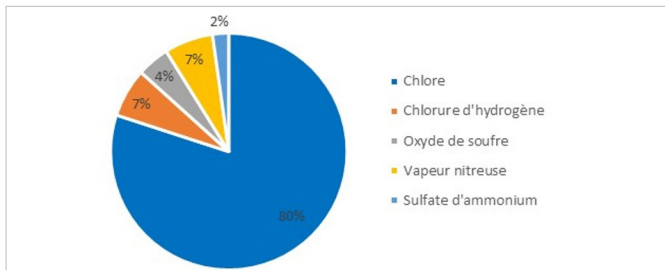


Figure 2 / Opération de dépôtage d'un camion-citerne dans un réservoir (Illustration valable dans le cas d'un dépôtage par pompe).

Les causes des accidents :

En excluant les causes incertaines ou inconnues des 72 accidents identifiés, 57 événements ont pu être exploités. L'erreur humaine et la défaillance organisationnelle représentent à elles seules, plus de deux tiers des causes d'accidents de dépôtage identifiées. Si les erreurs ont pu avoir lieu ou eu des conséquences, c'est souvent à cause d'un mauvais design de l'installation (absence d'information sur les cuves, de détrompeurs), ou bien le fait d'une chaîne d'erreurs ou d'actions non réalisées (document mal renseigné, non vérification des contenus...).

L'accidentologie relève un cas lié à une erreur survenue chez le fournisseur qui a livré à un industriel un produit non désiré conduisant à une réaction incompatible (15/09/1999, ARIA 17981).

L'analyse des 57 événements permet de lister les causes suivantes :

- / La mauvaise conception de la zone de dépôtage : absence de bac de rétention, une seule armoire cadenassée pour deux produits incompatibles, armoires cadenassées mais clé identique pour toutes les armoires, bouches de dépôtage de deux produits incompatibles proches, point de raccordement unique ou problème d'étanchéité des canalisations et des vannes ;
- / L'étiquetage défaillant des bornes ou des bouches de dépôtage et des cuves de stockage : masqué donc non lisible, insuffisant pour permettre une identification formelle, illisible, absent ou système non uniforme sur le site ;

- / Absence de vérification des branchements ;
- / L'absence de contrôle des documents de livraison ;
- / La mauvaise compréhension entre le chauffeur et le personnel du site dans le repérage des lieux de dépôtage ;
- / Défaut d'accompagnement du livreur jusqu'au lieu de dépôtage ;
- / La livraison en dehors des heures d'ouverture du site, à la mauvaise date ;
- / L'absence ou la mauvaise formation des chauffeurs ou du responsable des livraisons ;
- / L'inexistence ou le non-respect de la procédure de dépôtage. Le non-respect des procédures répond en général à des contraintes jugées supérieures (pression de temps / production), ou à des situations multitâches (l'opérateur doit faire autre chose pendant le dépôtage). Dans ces cas, une réflexion sur la situation de travail est nécessaire pour protéger la tâche dépôtage (tâche critique).

Les situations d'accidents rencontrées :

L'analyse du retour d'expérience a permis de recenser les situations accidentelles suivantes :

- 1) Une erreur de chargement de produit a lieu chez le fournisseur. Le transporteur arrive sur le site avec un produit non attendu et/ou avec une mauvaise identification. Un cas a été recensé dans l'accidentologie ;
- 2) Le transporteur arrive sur le site avec le produit attendu. Mais celui-ci est déposé dans une cuve contenant un produit incompatible. Il s'agit donc d'une erreur de zone de dépôtage, de cuve à remplir, de branchement ou d'une erreur dans le contenu de la cuve.

Les phénomènes dangereux

L'analyse des 72 accidents a permis d'identifier les phénomènes dangereux survenus à la suite d'un mélange incompatible. Dans la majorité des cas (90 %), il s'agit d'une dispersion toxique. Dans les autres cas, de pollution et/ou surpression.

Des cas de brèche, voire de rupture de la cuve de dépôtage, ont été rencontrés du fait de la formation de gaz et de la montée en pression à l'intérieur de la cuve (ARIA 32131, 35738).

Phénomènes dangereux associés à l'incompatibilité chimique

On parle d'« incompatibilité chimique » entre deux produits, ou plus, lorsque leur mise en contact conduit à la réalisation d'une réaction chimique, qui est susceptible de générer un phénomène de corrosion accélérée, un incendie, une libération d'énergie avec montée en pression, une explosion ou la dispersion d'un nuage toxique. Dans le cas de cette fiche, nous nous intéressons à la réaction dangereuse qui représente une source potentielle de dommage directement ou indirectement pour l'environnement dans lequel elle se déroule. La réaction est qualifiée de « dangereuse » si elle est susceptible de générer une perte de confinement suivie d'un phénomène dangereux. Compte tenu de l'accidentologie présentée précédemment, cette fiche s'intéresse plus particulièrement au phénomène dangereux de dispersion toxique.

Lors d'une opération de dépotage, l'incompatibilité chimique du produit déversé avec un produit contenu dans la capacité de stockage peut générer une forte production gazeuse avec possibilité de formation de produits toxiques au sein du stockage ou/et une élévation de température. Une émission de gaz à l'atmosphère peut survenir en premier lieu par un événement, libérant de manière continue un panache ou un nuage. Si le gaz est toxique, il va se disperser et se diluer dans l'atmosphère pouvant engendrer des effets toxiques sur l'homme et l'environnement.

Si la montée en pression est importante au sein du stockage du fait de la forte production de gaz par la réaction chimique entre produits incompatibles, elle peut provoquer une brèche sur la cuve de stockage ou son éclatement pneumatique. Si le gaz produit par le mélange incompatible est toxique, cette perte de confinement peut provoquer également des effets toxiques sur l'homme et l'environnement avec des distances d'effets différentes (potentiellement supérieures) de celles générées par un rejet continu à travers un événement. La perte d'intégrité totale d'une cuve peut également provoquer un épandage de produits liquides au sol avec évaporation de vapeurs (potentiellement toxiques et/ou inflammables) selon les caractéristiques des produits et des conditions du mélange (température, composition, etc.) et/ou une pollution.

La méthode usuelle de modélisation des phénomènes dangereux consiste à équilibrer les réactions chimiques mises en jeu afin d'appréhender le débit massique de production des produits de réaction de mélanges incompatibles. En l'absence d'éléments sur la cinétique des réactions et sur leur exo-thermicité à une échelle réelle, qui sont à étudier au cas par cas, l'Ineris prend communément¹ pour hypothèse que les gaz générés sont instantanément rejetés à l'atmosphère.

Sur les cas d'élévations brutales de température et de pression dans la cuve au cours de l'incident, les phénomènes d'éclatement pneumatique et d'incendie

peuvent être considérés selon les caractéristiques des produits et de la cuve.

La détermination du terme source pour caractériser le rejet (débit de rejet, composition chimique, température du rejet...), associé aux seuils de toxicité et à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique accidentelle permet d'obtenir des distances d'effets sur l'homme.

A ce jour, les scénarios de mélange par erreur (ou par méconnaissance) de produits incompatibles, lorsqu'ils sont identifiés dans les analyses des risques notamment aux étapes de dépotage se caractérisent par des distances d'effets très importantes, souvent du même ordre de grandeur voire supérieures aux distances d'effets des autres scénarios majeurs identifiés sur un site. En effet, la modélisation des distances des effets toxiques associées à des scénarios de mélange incompatible est complexe, ce qui amène souvent à appliquer des modèles conservatifs qui déterminent des distances d'effets dimensionnantes.

Nœud papillon

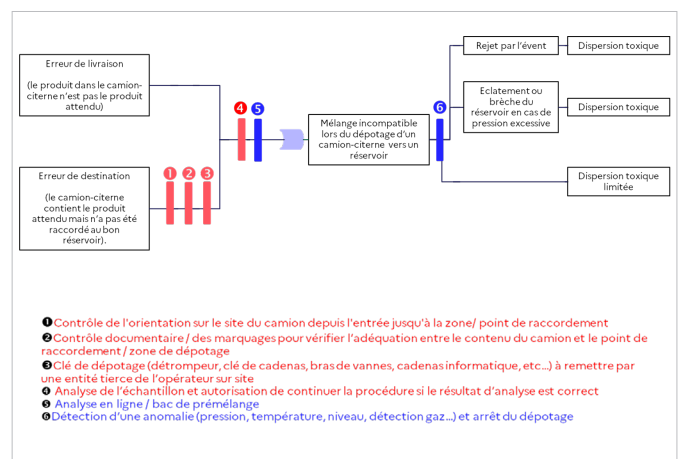
L'événement redouté central du nœud papillon qui suit est le « Mélange incompatible lors du dépotage d'un camion-citerne vers une cuve ».

Le nœud papillon prend en compte le retour d'expérience analysé précédemment.

Les barrières de sécurité présentées sur les nœuds papillon s'inspirent notamment de :

- / pratiques habituellement rencontrées sur des sites industriels ;
- / l'exploitation des documents mis en référence dans cette fiche.

Les barrières de sécurité sont identifiées selon un code couleur : bleu pour les barrières constituées exclusivement d'éléments techniques et rouge pour les barrières constituées en partie ou en totalité de composantes humaines.



A noter que l'homme, notamment à travers l'organisation mise en place en termes de conception, installation, tests, maintenance, retours d'expérience, a toujours un impact sur la performance de l'ensemble des barrières de sécurité.

A noter également que lorsque la cuve, dans laquelle le mélange incompatible se produit, est équipée d'un laveur de gaz, si le traitement est efficace même par-

tiellement sur les gaz émis par la réaction d'incompatibilité, la dispersion toxique pourra être réduite voire nulle. La performance de cette barrière permettant éventuellement de réduire l'intensité de la dispersion toxique devra être démontrée.

La liste des barrières présentées dans ce document n'est pas exhaustive.

Les Barrières de sécurité :

La prise en compte des barrières de sécurité dans le processus d'évaluation des risques n'est possible que lorsque leur performance est démontrée. Notamment, elles doivent respecter les critères généraux énoncés dans l'arrêté du 29/09/2005. Ces critères à respecter sont largement développés dans les référentiels Omégas 10 et 20 de l'Ineris. Le tableau ci-dessous décline, pour chaque barrière, les points clés à prendre en considération afin d'évaluer justement ces critères.

Dans le tableau qui suit, apparaît le critère d'indépendance de la barrière de sécurité qui pourra être assuré de deux manières pour les barrières humaines :

- / 1) La tâche de sécurité est réalisée par une personne différente de celle qui a réalisé l'action d'exploitation : cela correspond à une forme d'indépendance « organisationnelle ».
- / 2) La tâche de sécurité s'inscrit dans une séquence de travail différente de l'action d'exploitation : cela correspond à une forme d'indépendance « temporelle ».

N°/NP	Intitulé	Fonctions de sécurité	Critères pour l'évaluation de la barrière
Côté fournisseur			
	Contrôle du chargement du produit à livrer par le fournisseur.	Prévenir une erreur de livraison, de produit transporté lors du chargement chez le fournisseur.	L'industriel ou l'exploitant n'a aucun moyen de vérifier ces deux points.
	Citerne dédiée à une seule nature de produit.	Éviter le mélange de produits chez le fournisseur.	
Côté exploitant			
1	Contrôle de l'orientation sur le site du camion depuis l'entrée jusqu'à la zone/point de raccordement par un accompagnement ou guidage* approprié	Prévention de l'erreur d'orientation du camion-citerne sur site (erreur du conducteur ou information erronée donnée lors de la réception sur site)	<p>Cette barrière est une barrière humaine réalisant une tâche de vérification (barrière de pré-dérive au sens de la fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010).</p> <p>Elle est composée des trois éléments suivants qui sont nécessaires à prendre en compte dans l'évaluation de son niveau de confiance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtention de l'information : présence d'un bon de commande, d'une étiquette, d'une pesée du camion, des plaques de signalisation, résultat de l'analyse chimique d'un échantillon (s'assurer de la bonne nature du produit), etc ; - Diagnostic et choix de l'action : comparaison des informations sur les produits livrés avec le point de dépotage ; - Accompagnement ou guidage du camion jusqu'à la zone de dépotage. <p>Vigilance sur le critère « Indépendance » : Indépendance entre la procédure d'accueil (exploitation) et le guidage sur site. Indépendance entre le guidage et le contrôle documentaire au droit du point de dépotage</p> <p>Vigilance sur les autres critères de performance : Les points suivants doivent être vérifiés pour valoriser cette barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de vérifier la totalité des camions ; - Personnel formé à la lecture des étiquetages ; - Absence de pression temporelle pour réaliser l'action au regard des multiples tâches qu'il doit effectuer au poste de réception.

* L'accompagnement ou le guidage sur site ne repose pas nécessairement sur une présence humaine ; il peut également prendre la forme d'un ensemble de dispositifs remplissant la même fonction, tels que des panneaux de signalisation, des marquages au sol (lignes de couleur, par exemple), ou encore un plan du site remis à l'accueil.

2	<p>Contrôle documentaire/ des marquages pour vérifier l'adéquation entre le contenu du camion et le point de raccordement / zone de dépotage.</p>	<p>Vérification de la cohérence entre les documents et marquages du camion-citerne (vérification des codes ONU, vérification de l'étiquetage du produit transporté avec celui de la cuve, plaque d'immatriculation, etc.) et la bonne borne de dépotage (lecture du numéro de cuve, du nom du produit...).</p>	<p>Cette barrière est une barrière humaine réalisant une tâche de vérification (barrière de pré-dérive au sens de la fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010). Ces actions sont réalisées par un opérateur du site.</p> <p>Elle est composée des trois éléments suivants qui sont nécessaires à prendre en compte dans l'évaluation de son niveau de confiance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtention de l'information : documents transmis par le réceptionnaire/chauffeur, étiquetage du camion et étiquetage de la borne de dépotage ; - Diagnostic et choix de l'action : vérification de l'adéquation du produit transporté avec les informations présentes sur la borne de dépotage (« nom du produit », pictogrammes, etc.) ; - Action : l'opérateur branche ou non le flexible. <p>Vigilance sur le critère « Indépendance » : Barrière indépendante de la barrière 1. Indépendance entre le contrôle du camion à l'entrée du site et le contrôle documentaire au droit du point de dépotage</p> <p>Vigilance sur les autres critères de performance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Séparation physique (trappes, cages) et éloignement des points de connexions ; - Tuyauteries et vannes identifiées pour chaque ligne de remplissage (attention à la lisibilité et à la bonne fixation des étiquettes) ; - Pression temporelle pour réaliser l'action au regard des multiples tâches qu'il doit effectuer. <p>Amélioration possible de la barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verrouillage mis en place ; - Détrompeur (sauf si Détrompeur valorisé comme barrière) ; - Distance minimale entre chaque point de connexion (séparer nettement les points de branchement d'une distance nécessitant le déplacement du camion).
3	<p>Clé de dépotage (détrompeur, clé de cadenas, bras de vannes etc.) à remettre par une entité tierce de l'opérateur sur site.</p>	<p>Prévenir le raccordement à une borne de dépotage autre que celle prévue pour la livraison considérée</p>	<p>Les clés de dépotage sont reconnues comme une bonne pratique pour la prévention du risque des mélanges incompatibles dans les documents internationaux et dans le REX français (cf. ARIA de novembre 2023).</p> <p>Vigilance sur le critère « Indépendance » : La personne en charge de remettre cette clé de dépotage doit être distincte de l'opérateur en charge du dépotage.</p> <p>Il peut s'agir de la personne en charge de l'analyse (4) ou celle qui réalise le contrôle à l'entrée (1).</p> <p>Les clés de dépotage peuvent prendre des formes différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - éléments de couplage (raccord) sur chaque point de connexion spécifique à chaque produit et de couleur différente ou avec un marquage explicite sur le détrompeur et le point de raccordement ; - différentes tailles de diamètres de tuyauteries ; - clé de type « informatique intégrée à la procédure de dépotage » (exemple : la libération de la possibilité d'ouverture de la vanne permettant le transfert vers la cuve de réception par une tierce personne dans un système informatisé). <p>La performance de cette bonne pratique dépend de nombreux facteurs liés au contexte tant technique, qu'humain et organisationnel. Une analyse spécifique pour identifier les causes de défaillances de ces dispositifs et de leur utilisation doit être menée en prenant notamment en compte les facteurs humains et organisationnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de détrompeurs gérés par le site peut être considérée comme une barrière humaine si les conditions suivantes sont réunies : son utilisation, encadrée par une procédure et une mise en œuvre par des personnes du site formées, doit couvrir l'ensemble du processus de réception et dépotage de la remise du détrompeur à son retour en fin d'opération ; - La procédure de dépotage doit décrire de manière adéquate le rôle de l'opérateur du site dans le contrôle de l'opération de connexion ; - On peut justifier que les dispositifs et la procédure d'utilisation limitent les possibilités de contournement avec des raccords standard ou en laissant les détrompeurs à poste. <p>Dans ces conditions, l'utilisation des détrompeurs est une barrière humaine.</p>

4	Analyse d'échantillon et autorisation de continuer la procédure	Vérifier que le produit livré correspond au produit contenu dans le réservoir.	<p>Cette barrière est une barrière humaine réalisant une tâche de vérification (barrière de pré-dérive au sens de la fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010).</p> <p>Elle est composée des trois éléments suivants qui sont nécessaires à prendre en compte dans l'évaluation de son niveau de confiance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtention de l'information : prise d'échantillon et analyse du produit ; - Diagnostic et choix de l'action : vérification des résultats de l'analyse et comparaison aux résultats d'analyse ; - Action : autoriser le dépotage ou non. <p>Vigilance sur le critère « Indépendance » : L'analyse préalable doit être indépendante de l'opération de dépotage. Cette indépendance est assurée si l'analyse est réalisée par une personne différente de celle qui effectue le dépotage. Toutefois, une même personne peut réaliser les deux étapes dans les conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une séparation temporelle suffisante est respectée entre l'analyse et le début du dépotage ; - la personne remettant la clé de dépotage (3) doit être distincte de celle qui le réalise. <p>Vigilance sur les autres critères de performance : Les points suivants doivent être vérifiés pour valoriser cette barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les paramètres à analyser dépendent de la substance et doivent être justifiés ; - S'assurer que l'équipement d'analyse est l'objet d'une politique de suivi et d'étalonnage ; - S'assurer que l'opérateur a la capacité d'interpréter facilement les résultats d'analyse ; - Dans le cas où le dépotage se fait à partir de plusieurs compartiments, l'analyse doit être effectuée sur tous les compartiments ou les citernes à dépoter. <p>Amélioration possible de la barrière : La prise d'échantillon n'est pas réalisée par le chauffeur mais par un opérateur formé.</p>
5	Analyseur sur la ligne d'arrivée de produit qui autorise le démarrage du dépotage sur une ligne de dépotage en déverrouillant une vanne ou l'alimentation en énergie des pompes / compresseurs après comparaison d'un ou plusieurs paramètres (pH-métrie, diffraction LASER, conductimétrie, densimétrie, chromatographie, spectrométrie, etc.) avec les paramètres attendus pour cette ligne de dépotage.	Empêcher le dépotage tant que le produit analysé ne correspond pas au produit enregistré pour le point de dépotage.	<p>Cette barrière est une barrière technique qui pourra être évaluée en fonction des critères qui suivent.</p> <p>Indépendance : Verrouillage par la vanne prioritaire sur la demande de démarrage du dépotage par le système de conduite.</p> <p>Description de la barrière : A titre d'exemple, la spectrométrie est basée sur l'identification du produit, elle peut être efficace quelle que soit la nature du produit (potentiellement présent sur le site) dépoté par erreur. D'autres technologies sont basées sur un paramètre qui peut être le même pour un autre produit incompatible. Ces barrières technologiques ne sont efficaces que pour des mélanges incompatibles prédéfinis (produits incompatibles présents sur site), a contrario des autres paramètres qui, eux, vont discriminer un produit par rapport à un autre.</p> <p>Conditions nécessaires pour valoriser la barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps de réponse : analyse réalisée avant l'opération de dépotage. - Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement : les paramètres mesurés doivent permettre de discriminer les produits entre eux, en prenant en compte les incertitudes de mesures et l'influence de l'environnement (température...); • Positionnement : sur la ligne d'alimentation de la cuve. Dans le cas où il est utilisé sur plusieurs lignes, s'assurer qu'il peut discriminer l'ensemble des produits ; • Contraintes spécifiques : s'assurer que l'équipement est adapté aux produits susceptibles d'être analysés et qu'il est protégé contre les agressions de l'environnement extérieur. - NC : <ul style="list-style-type: none"> • Concept éprouvé : vérifier que l'analyseur a été validé sur site de façon à s'assurer qu'il permet d'identifier le bon produit et de le discriminer de l'ensemble des produits qui peuvent entrer sur le site ; • Sécurité positive : Si la sortie du système de l'analyseur est à 0, le dépotage n'est pas autorisé. La sortie ne peut passer à 1 que lorsque le résultat de l'analyse réalisée est conforme ; • Gestion de l'indisponibilité du système : <ul style="list-style-type: none"> › En cas de défaut, aucun dépotage n'est possible ; › Vérifier qu'il existe une procédure de gestion des shunts et un dispositif de verrouillage pour éviter que l'analyseur soit shunté ; • Tests et maintenance : étalonnage et calibrage réguliers selon les recommandations du constructeur. <p>Amélioration possible de la barrière : Définir une architecture et sélectionner des équipements permettant d'obtenir un niveau SIL supérieur.</p>

5 bis	<p>Mise en contact entre le produit à dépoter et celui contenu dans le réservoir et arrêt dépotage - Bac tampon, bac de prémélange en amont de la cuve pour mettre en contact une petite quantité de produit à dépoter avec le produit encore contenu dans la cuve.</p>	<p>Limiter physiquement la quantité de gaz toxique produite en cas d'erreur de dépotage.</p>	<p>Cette barrière est une barrière technique qui pourra être évaluée en fonction des critères qui suivent.</p> <p>Indépendance : Barrière indépendante de la cause de l'accident et des autres barrières.</p> <p>Description de la barrière : Capacité tampon équipée d'un disque de rupture et installée entre le camion-citerne et la cuve de stockage dans laquelle un petit volume, qui provient du dépotage précédent, est présent. En cas d'erreur de dépotage, la réaction chimique libère un gaz qui entraîne la rupture du disque et la solution est canalisée vers une bache de récupération adéquate.</p> <p>Autre option : Des mesures de paramètres physico-chimiques autorisant l'ouverture d'une vanne entre le bac-tempo et la cuve de stockage.</p> <p>Conditions nécessaires pour valoriser la barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps de réponse : mélange réalisé avant l'opération de dépotage et attente d'une durée suffisante pour que la potentielle réaction ait lieu. - Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement : l'exploitant devra justifier le bon dimensionnement du dispositif (volume, temps de réaction, etc.) • Positionnement : sur la ligne d'alimentation de la cuve. • Contraintes spécifiques : s'assurer que l'équipement est adapté aux produits susceptibles d'être mélangés. • Volume résiduel limité à un événement sans effet hors site. - NC : <ul style="list-style-type: none"> - Concept éprouvé : s'assurer que le dispositif a été validé sur site de façon à s'assurer qu'il permet d'identifier un mélange incompatible. - Sécurité positive : s'assurer que tant que le dispositif n'a pas donné de résultat, le dépotage ne se fait pas. - Gestion de l'indisponibilité du système : <ul style="list-style-type: none"> • En cas de défaut, aucun dépotage n'est possible. • Vérifier qu'il existe une procédure de gestion des shunts et un dispositif de verrouillage pour éviter que le mélangeur soit shunté. - Tests et maintenance : suivi dans le temps de la dégradation. Pour une barrière instrumentée : test des capteurs. - Si l'action d'autorisation du dépotage est réalisée automatiquement sur la mesure d'un paramètre après un temps de mesure (température, pression...), ce temps devra être justifié (temps de réaction). - Si l'action de dépotage est réalisée manuellement par un opérateur : <ul style="list-style-type: none"> • Obtention de l'information : observation de la réaction ou paramètre lu sur des indicateurs locaux pendant un temps justifié. • Diagnostic et choix de l'action : observation de la réaction (bouillonnement, dégagement de produits...) ou lecture d'un paramètre sur un instrument local. • Action : autoriser le dépotage ou non. <p>Amélioration possible de la barrière : Définir une architecture et sélectionner des équipements permettant d'obtenir un niveau SIL supérieur</p>
-------	---	--	--

6	Détection d'une anomalie (pression, température, niveau, détection gaz...) et arrêt du dépotage.	Limiter les conséquences (via une limitation des quantités de produits introduits).	<p>Cette barrière est une barrière humaine de rattrapage au sens de la fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010.</p> <p>Cette barrière peut être technique, dans le cas d'une chaîne instrumentée de sécurité.</p> <p>Elle est composée des trois éléments suivants qui sont nécessaires à prendre en compte dans l'évaluation de son niveau de confiance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtention de l'information : mesure du paramètre susceptible de varier. - Diagnostic : détection de l'anomalie. - Action : arrêt du dépotage. <p>Vigilance sur le critère « Indépendance » :</p> <p>Pour que la barrière soit indépendante de la cause de l'accident, il est nécessaire que l'exploitant justifie le choix du système de détection (pression, température, analyseur en ligne, etc.) au regard de la réaction chimique redoutée.</p> <p>Vigilance sur les autres critères de performance :</p> <p>Les points suivants doivent être vérifiés pour valoriser cette barrière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps de réponse : en cohérence avec les enjeux, pour réduire les effets et arrêter au plus vite le dépotage. - Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement : le seuil de paramètre retenu doit être décelable en cas de réaction. • Contraintes spécifiques : s'assurer que le capteur (pression, température, niveau, détection gaz ...) est adapté aux produits susceptibles d'être détectés et qu'il est protégé contre les agressions potentielles (acide, base...). • En fonction des conditions initiales (niveau de la cuve, nature des produits), le temps de démarrage de la réaction et de variation de la grandeur mesurée peut être important, ce qui joue sur l'intensité du scénario résiduel - NC : <ul style="list-style-type: none"> • Concept éprouvé : vérifier que le détecteur a été validé sur site de façon à s'assurer qu'il permet d'identifier le bon produit et de le discriminer de l'ensemble des produits qui peuvent entrer sur le site. • Sécurité positive : en cas de perte d'alimentation ou de communication des détecteurs, automates ou vanne de dépotage, passage en position de replis (fermeture vanne). • Gestion de l'indisponibilité du système : <ul style="list-style-type: none"> › En cas de défaut, aucun dépotage n'est possible. › Vérifier qu'il existe une procédure de gestion des shunts et un dispositif de verrouillage pour éviter que le détecteur soit shunté. • Tests et maintenance : Test périodique de la barrière et maintenance associée (exemple de test : étalonnage et calibrage réguliers selon les recommandations du constructeur.) <p>Amélioration possible de la barrière :</p> <p>Définir une architecture et vérifier le choix des équipements.</p> <p>Cette barrière peut être technique dans le cas d'une chaîne instrumentée de sécurité. Dans ce cas, il conviendra de vérifier l'application des critères de l'Oméga 10.</p>
---	--	---	---

Estimation de la probabilité du mélange incompatible

Plusieurs méthodes sont possibles pour estimer la probabilité de créer un mélange incompatible lors d'une opération de dépotage. Celle-ci peut être déduite de la fréquence des événements initiateurs, ou déterminée directement à l'événement redouté central « mélange incompatible lors du dépotage » par l'utilisation de bases de données.

Plusieurs sources de données peuvent être utilisées pour déterminer les fréquences des ERC. Dans ce cas, cette fiche propose de se baser sur la base de données anglaise du HSE (FRED, Failure Rate and Event Data [6]).

Le document du HSE fournit la fréquence de survenue d'un accident lié à un mélange de produits incompatibles lors d'une opération de dépotage en fonction du niveau de maîtrise de risque mis en place sur le site industriel présentée dans le tableau suivant.

« Type de site »	Taux de défaillance par dépotage
« Moyenne basse »	6×10^{-6}
« Moyenne »	1×10^{-7}
« Moyenne haute »	5×10^{-8}

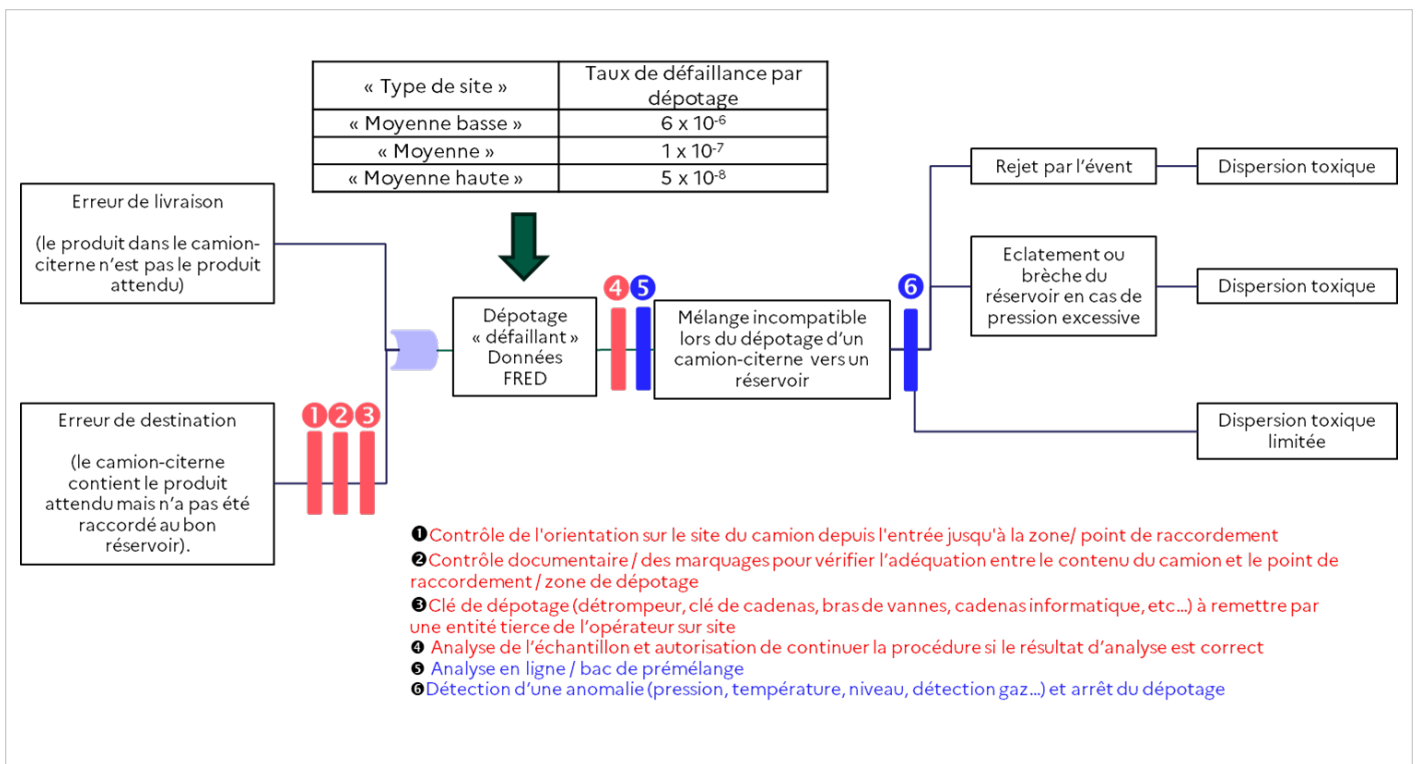
Les 3 niveaux de maîtrise du risque sont repris ci-dessous :

/ « Moyenne basse⁴ : La procédure pour accueillir et dépoter un camion-citerne sur le site n'est pas bien encadrée. Les lignes de connexions aux cuves pour

le déchargement ne sont pas verrouillées, espacées et correctement identifiées. Des systèmes de détrompeurs sont parfois utilisés.

/ Moyenne : La procédure pour accueillir et dépoter un camion-citerne sur le site est bien rédigée. Les lignes de connexions aux cuves pour le déchargement sont verrouillées et correctement identifiées. Des systèmes de détrompeurs sont toujours utilisés.

/ Moyenne haute⁵ : La procédure pour accueillir et dépoter un camion-citerne sur le site est bien rédigée. De plus, il est évident que le site met en place des actions pour maximiser et augmenter la sécurité de cette opération. Les lignes de connexions aux cuves pour le déchargement sont verrouillées et les clés sont contrôlées. Les lignes sont espacées et correctement identifiées. Des systèmes de détrompeurs sont toujours utilisés. Ces données par dépotage peuvent être utilisées dans le nœud papillon sous réserve de vérifier l'équivalence du niveau de maîtrise des risques du site avec l'un des niveaux définis en particulier au travers de la mise en œuvre des barrières 1, 2 et 3. Ceci permet d'estimer la performance du nouvel événement intermédiaire en amont du mélange incompatible. Par souci de correspondance avec la base de données anglaise, cet événement est intitulé « Dépotage défaillant ».



Références bibliographiques

- / [1] Ministère en charge du développement durable, Direction générale de la prévention des risques, service des risques et al. Accidents liés à des mélanges de produits incompatibles jusqu'au 31/12/2012. 56 p.
- / [2] Case Study. U.S. Chemical Safety and hazard investigation Board (CSB). Key lessons for preventing inadvertent mixing during chemical unloading operations. Chemical reaction and release in Atchinson, Kansas. Incident date: October 21, 2016. Published: December 2017.
- / [3] Arnulf Stoffel. Sulfuric acid leaks out of a tank at a chemical company in Oberhausen. RT [en ligne], 16 février 2017, Disponible à l'adresse : <https://www.rt.com/news/377533-acid-leak-germany-sulphuric/>.
- / [4] Responsible care, Cefic, ECTA, Fecc. Best Practice Guidelines for Safe (Un)Loading of Road Freight Vehicles [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.cefic.org/Documents/RESOURCES/Guidelines/Transport-and-Logistics/Best%20Practice%20Guidelines%20-%20General%20Guidelines/Best-Practice-Guidelines-for-Safe-Un-Loading-of-Road-Freight-Vehicles.pdf>.
- / [5] UFCC. Guide de bonnes pratiques dépotage en vrac de produits minéraux et de solvants liquides.
- / [6] FRED, Failure Rate and Event Data.
- / [7] Sécurité Sociale, Caisse régionale d'assurance maladie Alsace-Moselle. Chargement et déchargement de camions-citernes contenant des liquides dangereux [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.carsat-alsacemoselle.fr/sites/carsat-alsacemoselle.fr/files/vehicit.pdf>.
- / [8] BARPI. ARIA [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>.
- / [9] Commission européenne. eMARS [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content/>.

¹ D'autres approches de calcul peuvent être mises en œuvre dans le cadre d'une étude de sécurité ou de dangers.

² Cf. Oméga 20 page 31/49

³ La capacité de l'opérateur à se contrôler en cours de réalisation de l'action et à rattraper la situation en cas de détection d'une erreur est un processus inhérent à l'être humain et ne peut donc pas être considérée comme une action indépendante. Le contrôle doit être réalisé par une personne différente.

⁴ Autrement dit « en-dessous de la moyenne »

⁵ Autrement dit « au-dessus de la moyenne »