

Guide d'accompagnement pour la définition de dispositions
spécifiques et adaptées au titre de l'arrêté du 18 avril 2008
relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables
et à leurs équipements annexes

Edition de juin 2014

Avertissement

Ce document à usage professionnel ne doit pas être considéré comme exhaustif. Etabli de bonne foi, il doit être utilisé comme un guide qui devra dans chaque étude particulière être appliqué de manière circonstanciée en fonction de l'environnement du réservoir et de ses équipements annexes et de la vulnérabilité des intérêts et enjeux à protéger.

Le service des essences des armées, la société française Donges-Metz et le service national des oléoducs interalliés n'acceptent pas de responsabilité dans l'usage qui sera fait de ce document.

Le présent guide d'accompagnement reflète l'état des connaissances techniques au moment où il a été écrit. Il est composé de deux parties : une première partie présentant la démarche méthodologique et une deuxième partie exposant trois cas concrets illustratifs.

Gestion des modifications

Date	Référence version	Modification
22 mai 2014	20140522 V0	Document initial
16 juin 2014	20140616 V1	Page 6 paragraphes 2.1 et 2.2 Page 31 paragraphe 10.6 Page 34 paragraphe 12 Annexe D1 appendice 1

SOMMAIRE

1^{ère} partie : la démarche méthodologique

1. PREAMBULE.....	5
2. INTRODUCTION	6
2.1. CONTEXTE OFFICIEL DU GUIDE	6
2.2. BUT DU GUIDE.....	6
2.3. LIMITES DU GUIDE	7
3. CADRE REGLEMENTAIRE.....	7
3.1. HISTORIQUE DE LA REGLEMENTATION DES RESERVOIRS ENTERRES	7
3.2. EXIGENCES REGLEMENTAIRES ACTUELLES POUR LES RESERVOIRS ENTERRES	8
3.3. ANALYSE ET COMMENTAIRES SUR LA REGLEMENTATION DES RESERVOIRS ENTERRES	8
3.4. REGLEMENTATION GENERALE ET SECTORIELLE APPLICABLE	9
3.5. NECESSITE D’EVALUER LES RISQUES D’ACCIDENT PUIS DE DEMONTRER LEUR MAITRISE	10
4. LIGNE METHODOLOGIQUE DU GUIDE D’ACCOMPAGNEMENT	11
4.1. RAPPEL DE L’ENJEU PRINCIPAL.....	11
4.2. LIGNE METHODOLOGIQUE ET ARTICULATION RETENUE	12
4.2.1. <i>Objectifs fixés</i>	12
4.2.2. <i>Articulation retenue</i>	12
4.2.3. <i>Identification et analyse des risques au moyen de trois méthodes classiques</i>	12
4.2.4. <i>Estimation probabiliste des risques par une approche semi-quantitative</i>	13
4.2.5. <i>Evaluation des risques au moyen d’une matrice de criticité spécifique</i>	13
4.2.6. <i>Etude des mesures de réduction à la source par des approches adaptées</i>	14
4.2.7. <i>Utilisation de huit fonctions de sécurité comme fil conducteur de la démarche</i>	15
5. DEFINITION ET FONCTIONNEMENT D’UN RESERVOIR ENTERRE DE GRANDE CAPACITE	16
5.1. NOTION DE SYSTEME ETUDIE	16
5.1.1. <i>Définition d’un réservoir enterré</i>	16
5.1.2. <i>Définition des équipements annexes</i>	16
5.1.3. <i>Typologie de réservoirs enterrés</i>	18
6. FONCTIONNEMENT D’UN RESERVOIR ENTERRE DE GRANDE CAPACITE	18
6.1.1. <i>Les fonctions d’exploitation</i>	18
6.1.2. <i>Notion de procédé (industriel)</i>	19
6.2. LIQUIDES INFLAMMABLES CONCERNES	20
6.3. FONCTIONS D’EXPLOITATION ET EQUIPEMENTS D’UN RESERVOIR	20
7. CARACTERISATION DES DANGERS ET POTENTIELS DE DANGERS	21
7.1. DANGERS ASSOCIES AUX PRODUITS	21
7.2. DANGERS LIES AUX PERTES D’UTILITE	22
7.3. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX MODALITES OPERATOIRES.....	23
7.4. EQUIPEMENTS DANGEREUX	23
8. LES FONCTIONS DE SECURITE A ASSURER SUR UN RESERVOIR ENTERRE ET SES EQUIPEMENTS ANNEXES	24
8.1. DEFINITIONS	24
8.2. CARACTERISATION DES HUIT FONCTIONS DE SECURITE	24
9. COLLECTE DE DONNEES ET D’INFORMATIONS SUR L’ENVIRONNEMENT DU RESERVOIR.....	25
9.1. ENVIRONNEMENT NATUREL.....	26
9.1.1. <i>Éléments vulnérables à protéger</i>	26
9.1.2. <i>Agressions externes d’origine naturelle (les risques « Na Tech »)</i>	26

9.2.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE AUTOUR DU RESERVOIR	27
9.2.1.	<i>Eléments vulnérables à protéger</i>	27
9.2.2.	<i>Agressions externes liées à l'activité humaine</i>	28
10.	ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DU RESERVOIR	28
10.1.	USAGE EN PRELIMINAIRE D'UNE METHODE INDUCTIVE	29
10.2.	RESULTATS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	29
10.3.	USAGE D'UNE METHODE DEDUCTIVE	30
10.4.	EXPLOITATION D'UN ARBRE DE DEFAILLANCE	30
10.5.	ANALYSE PAR ARBRE D'EVENEMENTS OU DE CONSEQUENCES	31
10.6.	REPRESENTATION PAR NŒUD PAPILLON	31
10.7.	POINTS PARTICULIERS	32
11.	SYNTHESE	33
12.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	34
12.1.	TEXTES REGLEMENTAIRES	34
12.2.	AUTRES REFERENCES	34
13.	LISTE DES ANNEXES	36
ANNEXE A	Approches probabilistes qualitative, semi-quantitative et quantitative et facteurs de réduction de risque.	
ANNEXE B	Evaluation des probabilités d'occurrence.	
ANNEXE C	Détermination des objectifs de sécurité et appréciation du risque résiduel.	
ANNEXE D	Matrice de criticité pour réservoir enterré.	
ANNEXE D1	Cotation de la gravité pour l'environnement naturel.	
ANNEXE E1	Eléments de langage relatifs à la méthode Ω 10 pour l'évaluation des performances des barrières techniques de sécurité (BTS).	
ANNEXE E2	Présentation de la méthode INERIS oméga 10.	
ANNEXE E2A	Evaluation Ω 10 d'un dispositif passif de sécurité.	
ANNEXE E2B	Evaluation Ω 10 d'une barrière passive de sécurité.	
ANNEXE F1	Eléments de langage relatifs à la méthode Ω 20 sur une démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (BHS).	
ANNEXE F2	Présentation de la méthode INERIS oméga 20.	
ANNEXE G	Modèle de fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité.	
ANNEXE H1	Les barrières organisationnelles concernant les réservoirs enterrés.	
ANNEXE H2	Tableau comparatif de barrières organisationnelles associées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés.	
ANNEXE I	Les huit fonctions de sécurité à assurer pour un réservoir enterré et ses équipements annexes.	
ANNEXE J	Tableau comparatif de dispositions réglementaires répondant à des fonctions de sécurité liées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés.	
ANNEXE K	Logigramme de la démarche méthodologique.	

2^{ème} partie : cas concrets illustratifs

- i. Avant-propos
- ii. Cas concret de la DELPIA (direction de l'exploitation et de la logistique pétrolières) : réservoirs enterrés du dépôt essences de l'aéronautique navale (DEAN) de Landivisiau.
- iii. Cas concret de la SFDM (société française Donges Metz) : réservoirs enterrés du parc de stockage de Saint Baussant.
- iv. Cas concret du SNOI (service national des oléoducs interalliés) : réservoirs enterrés du parc de stockage de Belfort.

1. PREAMBULE

Ce guide, réalisé par un collègue animé par la DCSEA¹ et composé des trois principaux exploitants en France de réservoirs enterrés d'une capacité unitaire supérieure à 150 m³, présente une boîte à outils structurée autour des objectifs de protection de l'environnement fixés par le 2^{ème} alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008 réglementant les réservoirs enterrés de liquides inflammables et leurs équipements annexes soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la rubrique 1432 de la nomenclature ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement).

Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche qui ne prétend pas être exhaustif dans l'identification de tous les moyens existants et reconnus permettant d'atteindre les dits objectifs de sécurité environnementale. Document évolutif et révisable, il apporte des éléments conformes aux exigences de la réglementation en vigueur pour l'évaluation des risques présentés par les réservoirs enterrés de grande capacité et la démonstration de leur maîtrise, et en particulier des outils pratiques - facilitant la caractérisation des risques identifiés et la justification de leur réduction - adaptés à ce type d'installations industrielles spécifiques que sont les réservoirs enterrés ou semi-enterrés de plus de 150m³ de capacité unitaire de conception militaro-industrielle.

Le présent guide est le reflet de l'état de l'art, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. Les méthodes préconisées, dont l'intérêt est reconnu aussi bien par l'administration que par la profession pétrolière, sont présentées avec leur domaine de validité et des recommandations d'utilisation.

Ce guide d'accompagnement pour les réservoirs enterrés de plus de 150 m³ de capacité **est au centre d'un système documentaire** ayant notamment comme guides périphériques :

- le guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables (version du 08/10/2008), appelé « guide DLI » par la suite ;
- l'évaluation des barrières techniques de sécurité (rapport d'étude INERIS Ω 10 version du 01/09/2008) ;
- la démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (rapport d'étude INERIS Ω 20 version du 21/09/2009) ;
- les fiches pratiques pour l'intégration de la probabilité dans les études de dangers (rapport d'étude INERIS du 31/10/2008) ;
- le guide pratique pour les dépôts pétroliers de liquides inflammables (DLI) relatif à la quantification des phénomènes dangereux en probabilité (rapport d'étude INERIS n° DRA-09-102965-04675C du 15/06/2011) ;
- en tant que de besoin, divers éléments contenus dans les guides professionnels reconnus par le ministre chargé de l'environnement en application des arrêtés² « 1432/A » du 3 octobre 2010 et « risques accidentels » du 4 octobre 2010.

¹ Direction centrale du service des essences des armées.

² Arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des ICPE.
Arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des ICPE soumises à autorisation.

2. INTRODUCTION

2.1. Contexte officiel du guide

Depuis plusieurs années, le ministère en charge des installations classées diffuse ou reconnaît des guides sectoriels dans le cadre de la politique de prévention des risques industriels.

Ces guides sont le plus souvent issus de la réflexion et des échanges au sein d'un groupe de travail mis en place par le ministère, mais ils peuvent aussi être directement rédigés par les représentants d'une profession ou directement par les équipes du ministère et de l'inspection des installations classées.

Trois catégories de classification de ces guides existent au regard de la politique menée par l'administration. Ces catégories recouvrant des objectifs différents et ne constitue en rien une gradation de la longueur, de la qualité ou du niveau de reconnaissance de ces guides. La note de doctrine générale du 19 juin 2008 émanant de la DGPR³ les définit ainsi :

- type 1 : les guides de bonnes pratiques ;
- type 2 : les guides reconnus au sens de l'arrêté du 10 mai 2000 (principal texte officiel transposant les obligations de la directive Seveso) ;
- type 3 : les guides d'accompagnement par objectifs.

Dans ce cadre officiellement défini, le présent document relève à la fois de la 1^{ère} et 3^{ème} catégorie dans le sens où il est considéré par le ministre de la défense - qui a les pouvoirs et attributions dévolus au préfet en matière d'ICPE⁴ - comme constituant un recueil de bonnes pratiques (guide de type 1) et une boîte à outils structurée pour faciliter l'atteinte des objectifs fixés à l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008 (guide de type 3) que les exploitants de réservoirs enterrés d'une capacité supérieure à 150 m³ peuvent utiliser pour définir et justifier les mesures propres à assurer la conformité de leurs installations de stockage enterré aux exigences réglementaires.

Le guide d'accompagnement a été élaboré et mis en consultation auprès de la DMPA⁵ suite aux travaux d'un groupe de travail piloté par la DCSEA et constitué :

- des représentants des trois principaux exploitants de ce type de réservoir en France : SFDM (société française Donges-Metz), SNOI (service national des oléoducs interalliés) et le SEA ;
- d'opérateurs pétroliers : la société TRAPIL opératrice des dépôts du SNOI « par ordre et pour le compte de l'Etat » et la DELPIA (direction de l'exploitation et de la logistique pétrolières interarmées du SEA) ;
- d'un représentant du CGA/IIC⁶ en qualité d'auditeur libre.

Il convient de rappeler que la démarche méthodologique, qui constitue la première partie, avait fait l'objet – dans sa version du 24 octobre 2011 - de la décision⁷ n° 595/DEF/DMPA/SDIE/ ENV du 4 avril 2012 portant reconnaissance d'un guide professionnel relatif à la définition de dispositions spécifiques et adaptées pour les réservoirs enterrés d'une capacité supérieure à 150 m³ et leurs équipements annexes.

2.2. But du guide

Le guide d'accompagnement est un guide sectoriel en matière de maîtrise de risques environnementaux visant à faciliter l'application de dispositions réglementaires ; il se présente donc comme une boîte à outils méthodologiques et un recueil de bonnes pratiques professionnelles à l'usage d'une part, des

³ Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement (MEDDTL).

⁴ Articles L 517-1, R 517-1 et R. 517-2 du code de l'environnement.

⁵ Plus précisément le bureau environnement de la direction de la mémoire et du patrimoine et des archives (DMPA) du ministère de la défense.

⁶ Contrôle général des armées / groupe des inspections spécialisées / inspection des installations classées.

⁷ Le sous-directeur de l'infrastructure et de l'environnement de la DMPA a la délégation de signature du ministre de la défense en matière d'ICPE.

exploitants concernés et, d'autre part, du CGA/IIC dont ces exploitants relèvent en matière de police des installations classées.

Le but recherché par le groupe de travail à travers ce document est d'accompagner les exploitants dans leur démonstration, selon des critères clairement établis et des moyens reconnus, de l'atteinte des objectifs de sécurité environnementale fixés par le deuxième alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008 précédemment cité.

Le guide d'accompagnement est à considérer comme un référentiel pour l'analyse fonctionnelle de sécurité des réservoirs enterrés, semi-enterrés de liquides inflammables d'une capacité unitaire supérieure à 150 m³ utilisable dans les cas suivants :

- aider l'exploitant dans la mise au point de dispositions spécifiques et adaptées aux réservoirs de grande capacité unitaire à l'occasion de l'élaboration d'études demandées par l'administration (par exemple : étude de dangers, étude d'impact) ;
- aider l'exploitant dans la remise à niveau des dispositions spécifiques et adaptées aux réservoirs enterrés de grande capacité lors du réexamen⁸, au moins quinquennal, d'une étude de dangers d'un dépôt de stockage Seveso seuil haut ;
- aider l'exploitant dans le réexamen des dispositions spécifiques et adaptées aux réservoirs enterrés de grande capacité lors d'une démarche d'amélioration des dispositions de sécurité mises en œuvre dans un dépôt de stockage au moment, par exemple, de revues périodiques (mise en œuvre d'un système qualité) ;
- aider à la mise au point d'une grille d'analyse à l'occasion d'un processus de retour d'expérience sur un incident ou accident affectant un réservoir enterré de grande capacité ;
- faciliter l'instruction par le CGA/IIC des dossiers se rapportant à ce type de réservoirs enterrés.

Il est applicable à tous les réservoirs enterrés d'une capacité unitaire de plus de 150 m³ (voir § 5.1.3).

2.3. Limites du guide

Le guide d'accompagnement ne prétend pas identifier exhaustivement tous les moyens existants qui permettent de répondre aux objectifs de protection environnementale évoqués à l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008, qu'il s'agisse d'éléments de caractérisation des risques présentés par les réservoirs enterrés et leurs équipements annexes, de solutions techniques relatives aux mesures de maîtrise des risques pouvant être mis en place (sans chercher à prescrire l'utilisation d'une technique ou d'une technologie spécifique).

Il convient de noter que les pratiques et outils d'analyse fonctionnelle identifiés dans le guide ne sont les « meilleurs » que s'ils sont étroitement subordonnés au contexte environnemental du lieu d'implantation des réservoirs, à la culture professionnelle du responsable du parc de stockage et qu'ils soient en cohérence avec les moyens humains, techniques et financiers engagés par l'exploitant pour bâtir une architecture dédiée à la sécurité autour de ses réservoirs enterrés et de leurs équipements annexes.

Par ailleurs, le présent guide n'aborde pas les mises à l'arrêt temporaire ou définitif des réservoirs et de leurs équipements annexes.

3. CADRE REGLEMENTAIRE

3.1. Historique de la réglementation des réservoirs enterrés

Pour les dépôts enterrés de liquides inflammables classés au sens de la loi du 19 décembre 1917 relative aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes, l'instruction du 17 avril 1975 fixait les conditions à remplir par les réservoirs enterrés dans lesquels sont emmagasinés des liquides inflammables et définissait à cet effet deux types de réservoirs enterrés :

- les réservoirs enfouis dont toutes les parois sont flanquées de terre ;

⁸ Article R. 512-9-III du code de l'environnement.

- les réservoirs en fosse installés dans une enceinte étanche pouvant résister aux charges et aux poussées qu'elles sont appelées à supporter, les murs de la fosse étant soit enterrés soit semi-enterrés.

Cette typologie, bien que n'ayant plus de valeur réglementaire, présente toujours un intérêt pratique pour différencier les réservoirs enterrés de grande capacité.

La pollution constatée de nombreux terrains d'assiette de stations-service de distribution de carburants routiers, de stockages enterrés de combustible pour chaufferie lors des mises à l'arrêt définitif, a amené le ministre en charge des installations classées à porter un regard critique sur l'instruction de 1975 et redéfinir les dispositions propres à limiter les pertes de confinement dans les installations de stockage enterré de liquides inflammables placées pour l'essentiel sous le régime de la déclaration au titre de la police des ICPE.

L'arrêté du 22 juin 1998⁹ relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et de leurs équipements annexes abroge l'instruction technique de 1975. Il vise principalement le stockage en réservoirs à axe horizontal normalisés (d'une capacité maximum limitée à 100 m³) de liquides inflammables, la mesure phare étant le remplacement avant le 31 décembre 2010 des réservoirs enfouis à simple paroi par des réservoirs à double paroi également normalisés.

Les exploitants de réservoirs enterrés de plus de 150 m³ de capacité unitaire peuvent en continuer l'exploitation, à condition de justifier avant cette même date du 31 décembre 2010 de mesures alternatives présentant des garanties équivalentes au système de la double paroi ou de la fosse constituant une enceinte fermée étanche, associé à un système de détection de fuite.

3.2. Exigences réglementaires actuelles pour les réservoirs enterrés

Les modalités d'application des dispositions de cet arrêté telles qu'elles ont été constatées pendant environ une décennie, en particulier dans les stations-service, conjuguées aux évolutions réglementaires et normatives ont justifié d'une part l'actualisation de l'arrêté du 22 juin 1998 et, d'autre part, la parution¹⁰ de l'arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et à leurs équipements annexes soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la rubrique 1432 de la nomenclature des ICPE.

Ce dernier texte officiel est désormais opposable aux exploitants de réservoirs enterrés de grande capacité unitaire au titre de la rubrique 1432 de la nomenclature des ICPE, en lieu et place de l'arrêté du 22 juin 1998, avec les mêmes contraintes techniques et de calendrier : en effet, le préfet (ou ministre de la défense) « *peut, à la demande de l'exploitant, arrêter des dispositions spécifiques et adaptées sous réserve que ces dispositions garantissent des résultats au moins équivalents en matière de protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.* » (Cf. 2^{ème} alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008).

Les intérêts « protégés » par la législation des ICPE et recensés à l'article L. 511-1, sont la commodité du voisinage, la santé publique, la sécurité publique, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

3.3. Analyse et commentaires sur la réglementation des réservoirs enterrés

Sous une autre formulation, on peut dire qu'actuellement les exploitants de réservoirs normalisés d'une centaine de m³ de capacité – disponibles « sur étagère » – ont une simple **obligation de moyens**, définis dans la réglementation précédemment évoquée et précisés dans une circulaire du 1^{er} juillet 2008, pour justifier leur maîtrise des risques de pollution.

⁹ Publié au JO du 18 juillet 1998.

¹⁰ Publié au JO du 21 mai 2008.

L'expression du 2ème alinéa de l'article 1^{er} « ..., le préfet peut, à la demande de l'exploitant, arrêter » signifie que, dans l'hypothèse où les exploitants de réservoirs enterrés « hors normes » de plus de 150 m³ de capacité unitaire ne peuvent se soumettre aux dispositions de l'arrêté du 18 avril 2008 - en adoptant en particulier le dispositif normalisé de double enveloppe - pour des raisons techniques et économiques, ils ont alors, en proposant au préfet des dispositions spécifiques et adaptées, une stricte **obligation de résultats** exprimée ainsi : « ...sous réserve que ces dispositions garantissent des résultats au moins équivalents... ».

Dans ce contexte réglementaire, le verbe garantir a pour synonyme : certifier, prouver, justifier, démontrer,... des performances de sécurité environnementale amenant notamment à un niveau de risque résiduel – en ce qui concerne le risque de pollution de ces réservoirs de plus de 150 m³ et de leurs tuyauteries enterrées – au moins équivalent à celui qui serait obtenu avec la mise en place d'un dispositif double enveloppe équipé d'un système de détection de fuite, tel qu'il est présenté dans l'arrêté.

Dans les deux hypothèses – mise en place ou non d'un équipement double enveloppe - les réservoirs enterrés de grande capacité unitaire sont à examiner comme des installations industrielles particulières *présentant de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1* selon la définition des installations soumises à autorisation¹¹ ; en effet, les parcs concernés de stockage enterré relevant *a minima* du régime de l'autorisation voire du régime de l'autorisation avec servitudes d'utilité publique (dépôts Seveso seuil haut).

Sur ce dernier point, il convient de noter qu'un dépôt enterré sous le régime de la « simple » autorisation présente certes des potentiels de dangers¹² inférieurs à ceux d'un dépôt enterré Seveso seuil haut mais pas forcément un niveau de risque¹³ moindre, car la notion de risque fait intervenir l'environnement du dépôt et la vulnérabilité des intérêts devant être protégés.

3.4. Réglementation générale et sectorielle applicable

En France, la politique de prévention des risques technologiques repose principalement sur la réglementation des installations classées objet du **titre 1^{er} du livre V du code de l'environnement**. Elle fixe en particulier les règles pour la prévention des pollutions et des risques industriels.

En application du code de l'environnement, les réservoirs enterrés de plus de 150 m³ de capacité unitaire et leurs équipements annexes sont principalement visés :

- par les **dispositions législatives de l'article L. 512-1** dont les éléments importants à retenir sont :
 - les dangers et inconvénients doivent être prévenus par des mesures spécifiées dans l'arrêté préfectoral,
 - les risques avec lesquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement les intérêts protégés, sont précisés dans une étude, que la cause soit interne ou externe à l'installation,
 - **le contenu de l'étude doit être en relation avec l'importance des risques engendrés,**
 - **en tant que de besoin, une analyse de risques prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie explicite,**
 - l'étude définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.
- par les **dispositions réglementaires de l'article R. 512-8** dont les points essentiels à prendre en compte sont :

¹¹ Article L. 512-1 du code de l'environnement.

¹² Les dangers et potentiels de dangers sont définis au glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

¹³ La notion de risque est définie au glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

- le contenu de l'étude d'impact doit être en relation avec l'importance de l'installation et avec ses incidences prévisibles sur l'environnement, au regard des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1,
 - les mesures réductrices et compensatoires font l'objet d'une description des performances attendues, notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines.
- par les **dispositions réglementaires de l'article R. 512-9** dont les points essentiels à prendre en compte sont :
- l'étude justifie, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation,
 - le contenu de l'étude doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts protégés.

En outre, l'**arrêté du 29 septembre 2005** (arrêté « PCIG ») relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité, des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels **dans les études de dangers des installations soumises à autorisation** fixe des règles minimales pour la prise en compte de critères d'évaluation du risque, en particulier :

- l'évaluation de la probabilité s'appuie sur une méthode tenant compte de la spécificité de l'installation considérée et pouvant s'appuyer sur les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques (MMR), il peut être fait usage d'avis d'experts fondés, justifiés et confrontés au retour d'expérience (art. 2) ;
- les MMR, pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser (c'est-à-dire un temps de réponse adéquat), être testées et maintenues (art. 4) ;

De façon plus spécifique, l'**arrêté du 2 février 1998** (arrêté dit « intégré ») relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux **émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation**, avec sa circulaire du 17 décembre 1998 apportant des commentaires et des recommandations, précise en particulier :

- les règles générales à appliquer aux canalisations de transport de fluides dangereux et de collecte d'effluents pollués ou susceptibles de l'être (art. 4 - II) ;
- au titre des stockages, des règles complémentaires à l'article 4 s'appliquant aux collecteurs ou réseaux de collecte véhiculant des eaux polluées par des liquides inflammables ou susceptibles de l'être (art. 13).

Présentant un intérêt certain, la **circulaire DGPR du 10 mai 2010** (dite circulaire « COB ») récapitule les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source. Plus particulièrement dédiée aux établissements Seveso seuil haut, elle présente des règles qui sont aussi applicables, avec la proportionnalité à laquelle la réglementation incite, aux installations classées soumises à autorisation « simple » (cf. : « contenu de la circulaire » en page 2 de ladite circulaire).

A noter que l'**arrêté du 15 janvier 1962**¹⁴ relatif à la réglementation du ministère de l'industrie sur les canalisations d'usine peut, dans certains cas, s'appliquer à la tuyauterie sur site des parcs de stockage enterré.

3.5. Nécessité d'évaluer les risques d'accident puis de démontrer leur maîtrise

Dans l'hypothèse où les dispositions réglementaires rappelées au paragraphe 3.2 ne sont pas directement applicables pour des raisons techniques et économiques (cas le plus fréquent pour des

¹⁴ Réglementation des canalisations d'usines par l'arrêté du 15 janvier 1962 (paru au JO du 23 et rectificatif au JO du 31 janvier 1962) modifié par les arrêtés des 19 février 1979 (paru au JO du 10 mars et rectificatif au JO du 3 mai 1979), 30 septembre 1981 (paru au JO du 15 octobre) et 24 novembre 1982 (paru au JO du 9 décembre).

réservoirs enterrés de plus de 150m³ de capacité unitaire), l'atteinte - officiellement reconnue par le préfet - des objectifs de sécurité environnementale passe par la démonstration explicite, par l'exploitant, de la maîtrise à la source – à un niveau suffisant - des risques d'accidents associés à ses installations enterrées de stockage massif, et en particulier les risques de pollution, au moyen de mesures ou barrières de sécurité performantes. Ce sont ces mesures ou barrières qui représentent les « dispositions spécifiques et adaptées » reprises dans les prescriptions techniques de l'arrêté préfectoral, complémentaire ou non, réglementant l'exploitation d'un dépôt enterré soumis à autorisation.

Il convient de préciser que pour aborder convenablement une démarche de maîtrise des risques de pollution générés par ces installations dans le cadre de cette hypothèse, les deux notions liées - celle d'objectif et celle d'objet - ne doivent pas être confondues :

- l'objectif de cette maîtrise : il est bien de **prévenir, avec un niveau de confiance au moins égal à celui obtenu avec les dispositifs normalisés double enveloppe, l'apparition de dommages** sur les éléments vulnérables de l'environnement autour du réservoir et de ses équipements,
- l'objet même de cette maîtrise : il est de **bâtir une architecture de sécurité « spécifique et adaptée »** limitant la probabilité d'occurrence et/ou réduisant les effets des phénomènes dangereux (PhD) identifiés – notamment les effets dus aux pertes de confinement - de ces réservoirs enterrés de grande capacité et de leurs équipements annexes.

De façon générale dans le contexte d'un dépôt soumis à autorisation et de l'élaboration d'un dossier ICPE, l'exploitant doit être en mesure de justifier – pour que ses propositions propres au stockage enterré soient recevables - de l'examen effectué pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de ces installations de stockage, autant que techniquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux produits utilisés, liées au procédé d'exploitation pétrolière mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à chaque réservoir enterré et à ses équipements.

Il précise ensuite l'ensemble des mesures de maîtrise des risques à la source mises en œuvre pour les réservoirs enterrés et leurs équipements, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur du dépôt en limitant la probabilité d'occurrence et en réduisant les effets des événements redoutés ou phénomènes dangereux caractérisant les séquences accidentelles possibles identifiées.

Une telle **étude technique**, qui doit apporter, lors la phase d'évaluation, la démonstration d'un niveau suffisant de maîtrise à la source des risques de dommages aux éléments vulnérables de l'environnement, offre l'occasion à l'exploitant d'une réflexion approfondie sur les risques qui pourraient intervenir sur ses réservoirs enterrés et les mesures de prévention et de limitation nécessaires. L'étude, dont le cœur est une analyse de risques selon des méthodes et outils adaptés proposés par le présent guide, devient alors un document cohérent, utile et « intelligent » ayant un rôle démonstratif.

4. LIGNE METHODOLOGIQUE DU GUIDE D'ACCOMPAGNEMENT

4.1. Rappel de l'enjeu principal

L'enjeu principal pour l'exploitant est d'estimer (ou mesurer) puis de démontrer (ou évaluer) que le niveau de risque de pollution de ses installations enterrées (réservoir et tuyauteries) n'est pas supérieur à celui qui serait obtenu si ces mêmes installations étaient pourvues d'un dispositif normalisé double enveloppe avec système de détection de fuite, ensemble technique dont le niveau de performance est assuré par le respect des dispositions *ad hoc* de l'arrêté du 18 avril 2008 (articles 10 ; 14 et 15) ; le niveau de risque résiduel de pollution devant être également adapté à la vulnérabilité de l'environnement, ses installations étant sous le régime juridique de l'autorisation.

La démarche exige de l'exploitant de réservoirs enterrés d'une capacité unitaire de plus de 150 m³, la mise en œuvre d'un processus de gestion des risques industriels, dont l'analyse de risques est une étape clef, pour être en mesure de proposer en conclusion des dispositions « spécifiques » recevables par les

autorités d'inspection et de décision parce qu'elles sont reconnues comme étant correctement définies et adaptées, notamment en termes de performance.

4.2. Ligne méthodologique et articulation retenue

4.2.1. Objectifs fixés

La recherche d'exhaustivité du présent guide, en reprenant et commentant des méthodes et pratiques classiques dans la gestion des risques industriels des dépôts de liquides inflammables soumis à autorisation, avant d'aboutir au sujet central : la définition et la justification de dispositions spécifiques et adaptées aux réservoirs enterrés de grande capacité, répond à un double objectif :

- ✚ le 1^{er} objectif est de lisser les problèmes méthodologiques, réglementaires et techniques pouvant être rencontrés lors des échanges entre l'exploitant et le service d'inspection face à des installations industrielles de stockage atypiques de carburants et combustible soumises à autorisation ;
- ✚ le 2^{ème} objectif est de donner la possibilité à l'utilisateur du guide de s'approprier des pratiques et outils de gestion du risque industriel reconnus afin qu'il soit en mesure de définir de façon crédible et de justifier sur des critères clairement établis des dispositions spécifiques et adaptées d'un niveau de confiance estimé suffisant eu égard à la vulnérabilité des éléments environnementaux.

4.2.2. Articulation retenue

La méthodologie adoptée dans le guide d'accompagnement est articulée en trois phases principales :

- une phase d'**appréciation ou estimation (mesure)** des risques identifiés,
- une phase d'**évaluation** qui consiste à comparer les risques estimés à des critères de référence,
- une phase finale de **décision** portant sur la **réduction des risques identifiés à un niveau jugé tolérable ou acceptable**.

Cette articulation correspond à un processus classique de gestion ou de management¹⁵ des risques.

4.2.3. Identification et analyse des risques au moyen de trois méthodes classiques

Comme dit au § 3.3 (article L. 512-1), l'étude menée par l'exploitant doit permettre de définir et justifier les mesures propres à réduire la probabilité et les effets des accidents potentiels et, pour démontrer la maîtrise à la source de ces risques d'accident, il convient d'abord de les identifier et de les caractériser au moyen d'une analyse de risques dont la réalisation nécessite de mettre en œuvre une démarche structurée systématique. L'analyse de risques est au cœur de la démonstration attendue.

Le guide d'accompagnement propose donc, dans sa première partie, une démarche pour une analyse de risques industriels centrée sur les réservoirs enterrés de grande capacité en mettant en œuvre trois méthodes classiques d'analyse dont le caractère systématique permet d'identifier les situations de dangers et les événements redoutés ainsi que leur causes et conséquences de la manière la plus exhaustive possible. Elles permettent aussi d'apporter des éléments techniques pour apprécier la maîtrise des risques à la source, grâce notamment à l'identification de barrières de sécurité existantes ou à envisager face aux risques considérés.

Une maîtrise des risques ne peut effectivement être démontrée que si l'ensemble des causes et conséquences physiquement envisageables d'événements redoutés a été recensé.

Une première méthode d'usage très général comme **l'analyse préliminaire des risques (APR)** couramment utilisée pour l'identification des risques est adaptée au cas des réservoirs enterrés et de leurs équipements annexes dont le niveau de complexité n'est pas élevé et proportionnée aux enjeux.

¹⁵ Fascicule de documentation AFNOR FD X50-252 : « management du risque – lignes directrices pour l'estimation des risques » et guide ISO CEI 73 : « management du risque – vocabulaire – principes directeurs pour l'utilisation dans les normes », ce guide ISO étant plusieurs fois cité dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

Elle trouve sa pleine efficacité en étant mise en œuvre au sein d'un groupe de travail pluridisciplinaire animé par l'exploitant, et sa richesse, dans l'expérience réunie au niveau du groupe de travail.

Enfin, il convient de rappeler que plusieurs étapes indispensables constituent la démarche proprement dite d'analyse des risques :

- définition du système étudié (réservoir enterré de grande capacité et ses équipements annexes) ;
- présentation des fonctions d'exploitation, du procédé utilisé et des produits pétroliers relatifs au système étudié ;
- description de l'environnement naturel et humain autour du système étudié sous deux aspects : en tant qu'élément vulnérable et en tant qu'agresseur ;
- caractérisation des dangers et des potentiels de dangers présentés par le système étudié dus à la nature des produits exploités ;
- analyse des risques engendrés par les potentiels de dangers et les sources d'agression potentielles pour définir et caractériser les séquences accidentelles possibles qui en résultent au niveau du système étudié, recenser les mesures de sécurité afférentes ;
- estimation des risques liés aux phénomènes dangereux¹⁶ et accidents potentiels associés ;
- évaluation des risques selon des critères pré établis.

4.2.4. Estimation probabiliste des risques par une approche semi-quantitative

L'estimation (ou mesure) du risque implique la détermination d'un niveau de probabilité que le dommage survienne et d'un niveau de gravité de ce dommage.

Cependant, la mise en œuvre d'une approche probabiliste se heurte souvent dans la profession pétrolière à l'absence de données quantitatives fiables ; aussi, pour l'estimation d'un niveau de probabilité, le guide préconise le recours à une approche probabiliste semi-quantitative, qualifiée parfois « **d'approche¹⁷ barrière** », qui met l'accent sur la démonstration de la maîtrise des risques à l'aide du niveau de confiance de barrières de sécurité agissant sur des causes ou évènements initiateurs - dont l'estimation des niveaux de fréquence est réalisée en groupe de travail à partir des informations disponibles - et sur les effets des phénomènes dangereux potentiels.

L'**annexe A** « approches probabilistes qualitative, semi-quantitative et quantitative et facteurs de réduction de risque » expose les éléments de compréhension nécessaires pour mener une approche barrière.

L'**annexe B** « évaluation des probabilités d'occurrence » expose sous forme d'une note exégétique les difficultés inhérentes à l'usage de banques de données internationales et les précautions à prendre pour une approche quantitative des risques en appui de l'approche semi-quantitative.

4.2.5. Evaluation des risques au moyen d'une matrice de criticité spécifique

L'évaluation du risque désigne l'étape de comparaison du risque estimé à des critères de référence afin de décider si le risque est acceptable (ou moindre) ou s'il doit faire l'objet de mesures complémentaires¹⁸ de maîtrise.

La définition de critères d'acceptabilité qui sont aussi des critères de décision conditionne de fait une étape clef dans le processus de gestion du risque associé aux réservoirs enterrés, dans la mesure où cette étape va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et, rétroactivement, influencer la façon de mener l'analyse et l'estimation des risques. Par exemple, elle

¹⁶ Le phénomène dangereux (PhD) est défini en partie 3 « glossaire des risques technologiques » de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

¹⁷ § 2.3 du guide Ω 7 « méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle » (rapport d'étude INERIS du 13/10/2006) et § 3.3.4.5.3 du guide Ω 9 « l'étude de dangers d'une installation classée » (rapport d'étude INERIS du 10/04/2006).

¹⁸ Les mesures complémentaires et supplémentaires font l'objet d'une définition spécifique dans le glossaire de risques technologiques en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

peut révéler le besoin d'une analyse complémentaire plus approfondie, au moyen d'un **arbre**¹⁹ **des défaillances**, pour déterminer d'une part, l'enchaînement et les combinaisons d'événements initiaux et intermédiaires pouvant conduire à un événement redouté repéré comme particulièrement critique et, d'autre part, pour mener une étude plus détaillée de réduction de risques pour cet événement repéré.

L'**annexe C** « détermination des objectifs de sécurité et appréciation du risque résiduel » expose les éléments de compréhension nécessaires pour faire le lien en l'approche barrière ou semi-quantitative et l'usage d'une grille (ou matrice) de criticité pour apprécier un processus de réduction des risques.

L'**annexe D** « matrice de criticité pour réservoir enterré », ainsi que son complément **D1** relatif à la cotation de la gravité environnementale, donne les éléments indispensables pour utiliser cette matrice (ou grille) spécifique en tant **qu'outil permettant d'évaluer le bénéfice apporté par les barrières de sécurité en terme de réduction des risques**, de façon logique, systématique et cohérente **en vue de leur acceptation en tant que « dispositions spécifiques et adaptées »**.

4.2.6. Etude des mesures de réduction à la source par des approches adaptées

De façon générale, la réduction (ou maîtrise) du risque désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier. De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré n'est pas jugé acceptable (ou moindre). Les mesures de réduction de risque consistent souvent à mettre en place des barrières de sécurité – c'est-à-dire des dispositifs techniques et humains – qui assurent la maîtrise du risque et des barrières organisationnelles (ou mesures d'organisation) qui participent à cette maîtrise.

De manière plus ciblée, les mesures de maîtrise « à la source²⁰ » des risques pour un réservoir enterré se répartissent en :

- mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou prévenir la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter les effets d'un phénomène dangereux.

La réduction de risque effectivement apportée par les barrières de sécurité dépend de leur performance :

- l'**annexe E1** présente les éléments de langage relatifs à la méthode INERIS Ω 10 portant sur l'évaluation de la performance des barrières techniques de sécurité, elle est complétée par l'**annexe E2** qui propose un tableau de synthèse destiné à faciliter la mise en œuvre de l'évaluation ;
- l'**annexe F1** présente les éléments de langage relatifs à la méthode INERIS Ω 20 portant sur une démarche d'évaluation de la performance des barrières humaines de sécurité, elle est complétée par l'**annexe F2** qui propose un tableau de synthèse destiné à faciliter la mise en œuvre de la démarche ;
- l'**annexe G** « Modèle de fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité » est une proposition de fiche récapitulative des résultats de l'évaluation des barrières de sécurité à joindre à l'étude technique évoquée au § 3.5.

Dans bien des cas les barrières organisationnelles touchent en même temps, aussi bien des aspects de sécurité que des aspects d'exploitation pétrolière des réservoirs enterrés. Ceci peut rendre moins facile de réaliser une distinction claire entre la fonction d'exploitation et celle de sécurité, en particulier pour les aspects humains (barrières humaines de sécurité). Pour aider l'utilisateur du guide à bien faire la

¹⁹ C'est une démarche déductive arborescente où, à partir d'un événement jugé très critique, l'analyse porte sur l'identification des causes susceptibles de conduire à l'événement qu'elles soient simultanées ou non : on part d'un événement redouté pour remonter aux causes. Elle est menée en complément de l'APR qui est une démarche inductive où l'on part des causes pour identifier des événements redoutés, les événements initiateurs ou causes sont, en analyse préliminaire, considérés comme simples et indépendants.

²⁰ Une définition relative à la réduction du risque à la source est donnée en partie 3 du glossaire des risques technologiques de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

différence entre barrières de sécurité et barrières organisationnelles, une note monographique est proposée en **annexe H1**.

L'**annexe H2** « tableau comparatif de barrières organisationnelles associées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés » a pour but d'illustrer par des exemples tirés de la réglementation ICPE relative aux liquides inflammables, la notion de barrière organisationnelle (ou mesure d'organisation).

4.2.7. Utilisation de huit fonctions de sécurité comme fil conducteur de la démarche

La méthode suivie pour l'identification des fonctions de sécurité à assurer au sein d'un système « réservoir enterré et ses équipements annexes » est l'analyse fonctionnelle des dispositions de l'arrêté du 18 avril 2008 en tant que barrières de sécurité ou barrières organisationnelles s'opposant à des enchaînements accidentels potentiels pouvant conduire à une perte de confinement d'hydrocarbures liquides ou une libération d'énergie (combustion de vapeurs inflammables).

En effet, parmi les fonctions de sécurité²¹ recensées dans le guide DLI (cité en préambule), sept (7) sont ainsi identifiées après analyse fonctionnelle des dispositions officielles, comme devant être assurées pour un réservoir enterré de grande capacité et ses équipements annexes. Le tableau d'analyse en **annexe I** montre que le champ des prescriptions de l'arrêté de 2008 est bien couvert par ces 7 fonctions.

A titre d'illustration et de comparaison, l'**annexe J** propose également une analyse fonctionnelle semblable pour des dispositions réglementaires relatives aux réservoirs aériens relevant du régime de l'autorisation et qui présentent de nombreux points communs avec des réservoirs enterrés de grande capacité unitaire placés sous le même régime administratif.

Avec l'ajout d'une huitième fonction « prévenir la formation de vapeurs combustibles » qui découle de la catégorie de liquides inflammables concernée par le guide d'accompagnement (cf. : § 5.3 et remarque n° 2 du § 6.1), **ce sont huit fonctions de sécurité qui définissent le domaine d'application du présent guide d'accompagnement : c'est-à-dire la réduction des risques à la source lors de l'exploitation d'un réservoir enterré** (voir § 4.2.6 et § 7.2), en concordance avec le champ d'application de l'arrêté de 2008.

Néanmoins, chacune de ces huit fonctions de sécurité – formant un fil conducteur de l'étude technique demandée à l'exploitant - doit être approfondie à l'aide de l'analyse de risques :

- sur le plan spatial, afin de déterminer sur quelle partie du réservoir, à quel endroit des équipements annexes elle doit agir ;
- sur le plan opérationnel, dans le contexte d'un scénario accidentel précis, afin de :
 - vérifier le type de la fonction à assurer parmi les huit fonctions retenues,
 - déterminer un objectif de sécurité selon la criticité du scénario (voir § 9.1) évaluée à l'aide d'une matrice telle qu'évoquée au § 4.2.5 (et si besoin de critères nationaux pour les personnes extérieures au dépôt),
 - apprécier la performance globale de la fonction étudiée en vérifiant la performance propre des barrières déjà en place au titre de cette fonction, dans le contexte du scénario examiné, selon une approche probabiliste semi-quantitative,
 - estimer le risque résiduel associé à la fonction de sécurité ainsi appréciée,
 - définir les éventuelles mesures complémentaires pour atteindre l'objectif fixé de sécurité.

Ces études détaillées de fonction de sécurité sont le fondement de la définition et de la justification de dispositions spécifiques et adaptées. Elles imposent d'avoir identifié au préalable toutes les séquences accidentelles possibles pouvant être générés par le réservoir et ses équipements au cours de l'étape « analyse de risques » et de connaître la performance des barrières de sécurité existantes.

²¹ La notion de fonction de sécurité est définie dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

5. DEFINITION ET FONCTIONNEMENT D'UN RESERVOIR ENTERRE DE GRANDE CAPACITE

5.1. Notion de système étudié

Au regard d'un certain nombre de situations rencontrées dans les dépôts pétroliers enterrés, il s'avère nécessaire de préciser ce qu'on entend par « réservoir enterré d'une capacité supérieure à 150 m³ et ses équipements annexes » de façon à pouvoir différencier – dans l'approche par les risques sur laquelle se fonde le guide – les événements redoutés ou phénomènes dangereux qualifiés d'interne ou d'externe au système étudié.

Les définitions proposées par le guide sont en cohérence avec celles de l'arrêté du 18 avril 2008, à savoir : l'article 2 (réservoir enterré) et l'article 3 (équipements annexes) pour lequel l'emploi de l'adverbe « notamment » par le ministère en charge des IC montre que la définition officielle des équipements annexes d'un réservoir enterré reste ouverte. Elles sont complétées avec des éléments issus de l'instruction technique du 17 avril 1975 (présentés au § 3.1) pour mieux appréhender la réalité de ces installations spécifiques de stockage.

5.1.1. Définition d'un réservoir enterré

Un réservoir d'une capacité supérieure à 150 m³ est dit enterré lorsqu'il se trouve entièrement ou partiellement en dessous du niveau du sol environnant et recouvert d'un merlon ou équivalent, qu'il soit directement dans le sol (réservoir enfoui dont toutes les parois sont flanquées de terre) ou dans un ouvrage maçonné (réservoir installé dans un encuvement ou une fosse étanche ou non pouvant résister aux charges et aux poussées qu'il est appelé à supporter, les murs de l'encuvement ou de la fosse étant soit enterrés soit semi-enterrés).

Ce qui distingue, en particulier, un réservoir enterré d'un réservoir aérien²² qui se trouve entièrement au-dessus du niveau du sol environnant, c'est la difficulté intrinsèque pour assurer les fonctions de sécurité « prévenir une fuite » et « détecter une fuite » (fonctions explicitées au § 9.1).

Autrement, quel que soit leur type, ce sont des capacités fixes²³ destinées au stockage de liquides inflammables.

Remarque n° 1 :

Lorsque l'ouvrage maçonné ne peut être assimilé à une capacité de rétention, toutes les tuyauteries extérieures du réservoir enterré de grande capacité, dans un dépôt soumis à autorisation, sont visées par l'article 4-II de l'arrêté « intégré » de février 1998, quelle que soit leur fonction.

Si un collecteur d'effluents aqueux est placé en aval d'un système souterrain de drainage des eaux d'infiltration (système souterrain situé en partie inférieure de l'ouvrage et perméable par définition), il est visé, en compléments de l'article 4-II, par l'article 13 de l'arrêté intégré.

Remarque n° 2 :

Hormis pour le cas de perte de confinement par débordement (en comparaison avec un bac aérien placé en cuvette de rétention), un ouvrage maçonné est assimilable à une capacité de rétention quand sa capacité utile est au moins égale à la capacité du réservoir associé et que sa performance d'étanchéité répond aux exigences les plus appropriées des articles 22-1 et 22-2 de l'arrêté « 1432 » du 3 octobre 2010 compte tenu de la conformation des systèmes enterré ou semi-enterré de stockage.

5.1.2. Définition des équipements annexes

Les équipements annexes d'un réservoir enterré d'une capacité supérieure à 150 m³ sont notamment :

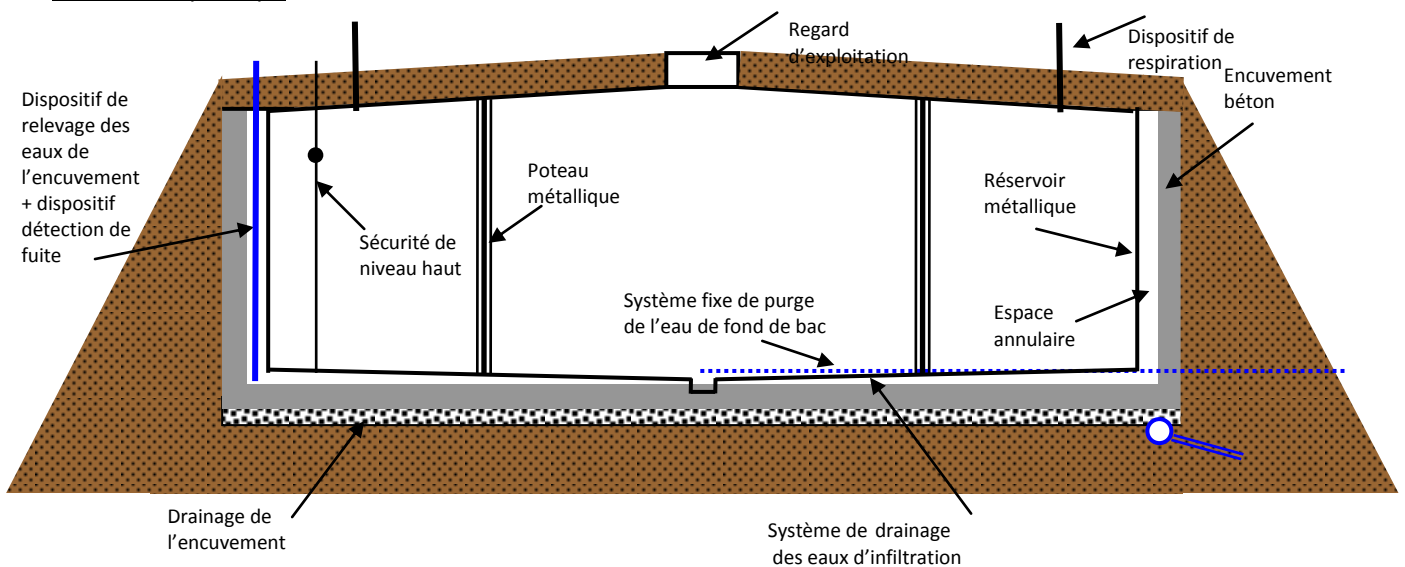
- les tuyauteries associées d'exploitation pétrolière (emplissage et soutirage) jusqu'au premier organe d'isolement inclus compté à partir du réservoir, hors piétement et tubulure ;
- le système de drainage des eaux d'infiltration ;

²² Définition du réservoir aérien donnée à l'article 2 de l'arrêté « 1432 » du 03/10/2010.

²³ Définition générale d'un réservoir donnée à l'article 2 de l'arrêté « 1432 » du 03/10/2010.

- le système de collecte des eaux d'infiltration et la ou les canalisations extérieures correspondantes jusqu'au, selon le cas de figure, premier organe de sectionnement inclus ou premier équipement de traitement ou d'épuration exclu ou premier dispositif de protection²⁴ contre le danger de propagation de flammes exclu ;
- le système fixe de purge de l'eau de fond de bac jusqu'au premier organe de sectionnement inclus compté à partir du réservoir, hors piétement et tubulure ;
- le dispositif de respiration ;
- le système de mesurage en exploitation ;
- le dispositif de premier niveau de sécurité (limiteur mécanique de remplissage ou alarme de niveau ou sécurité instrumentée) ;
- la sécurité de niveau très haut ;
- le dispositif de détection de fuite et ses alarmes ;
- le groupe électropompe selon le type de réservoir enterré.

Schéma de principe



Tous ces équipements annexes, comme le réservoir lui-même, ont en commun la notion de « fixité » en cohérence avec la définition générale d'une ICPE donnée à l'article L. 511-1 du code de l'environnement ; à titre d'exemple, des moyens mobiles que l'on assemble pour pouvoir effectuer la purge de l'eau de fond de bac ne sont pas des équipements annexes.

En outre, les définitions du réservoir et de ses équipements annexes ci-avant proposées n'évoquent explicitement, à l'instar des articles 2 et 3 de l'arrêté du 18 avril 2008, que les équipements en contact ou susceptibles d'être en contact avec des hydrocarbures. Toutefois, les accessoires et instruments connexes (système de jaugeage électronique, report d'alarme,...) - répondant aux dispositions des articles 12 et 15 de l'arrêté du 18 avril 2008, par exemple - sont aussi reconnus comme équipements annexes puisque l'énumération faite des équipements dits annexes reste ouverte.

Remarque n° 1 : Les définitions données ne sont pas des prescriptions : par exemple, le « premier » organe de sectionnement ne sous-entend pas qu'il en faut plusieurs sur tout tuyau d'exploitation d'un réservoir, la présence d'un système « fixe » de collecte d'eau de purge de fond de bac n'a pas de caractère obligatoire.

Remarque n° 2 : Une définition ouverte des équipements annexes d'un réservoir enterré de grande capacité permet de tenir compte de tous les cas de figure ; par exemple, le dispositif de jaugeage et le

²⁴ Dispositif demandé à l'article 13 de l'arrêté « intégré » du 2 février 1998 pour des eaux souillées ou susceptible d'être souillées.

système instrumenté de sécurité contre le risque de débordement peuvent être des équipements annexes dont certains de leurs composants sont à ...plusieurs centaines de kilomètres de la zone de stockage, en centre technique de contrôle et de régulation des opérations pétrolières (le *dispatching*) de la société mettant en œuvre un réseau constitué d'oléoducs et de dépôts.

5.1.3. Typologie de réservoirs enterrés

L'évolution des technologies, les choix techniques et opérationnels ont conduit au fil des années les exploitants à construire des réservoirs enterrés de grande capacité de conception différente. Quelques types de réservoir de conception militaro-industrielle sont présentés dans le tableau suivant :

TYPLOGIE	EXEMPLES
Réservoir à axe vertical composé d'une enveloppe et charpente métalliques placées dans un encuvement en béton (plus ou moins étanche) sans espace annulaire.	<i>Réservoirs SEA du centre de ravitaillement des essences (CRE) de Bouy, CRE de Chaumont (dépôt de la Meunière) - avec fût central. Réservoirs SNOI et SFDM.</i>
Réservoir à axe vertical composé d'une enveloppe et charpente métalliques placées dans un encuvement (réputé étanche) en béton avec espace annulaire. Trou d'homme recevant un groupe électropompe.	<i>Réservoir type 1310/D du SEA étudié sous forme de cas concret en 2^{ème} partie du guide.</i>
Réservoir à axe vertical composé d'une enveloppe et charpente métalliques placées dans un encuvement en béton comportant un dispositif de recueil des effluents.	<i>Réservoirs du dépôt SEA de Sarrebourg - Hesse.</i>
Réservoir de type caverne (axe horizontal) sous colline naturelle.	<i>Réservoirs du parc « marine » des Arènes à Toulon.</i>
Réservoir à axe horizontal double paroi construit selon la norme NF EN 12285.	<i>Réservoirs double enveloppe à axe horizontal supérieur à 150 m³ du SEA.</i>

6. FONCTIONNEMENT D'UN RESERVOIR ENTERRE DE GRANDE CAPACITE

6.1.1. Les fonctions d'exploitation

Les fonctions d'exploitation d'un réservoir enterré de grande capacité couvertes par le guide d'accompagnement sont au nombre de cinq :

FONCTIONS D'EXPLOITATION (réservoir enterré + équipements annexes)
<ul style="list-style-type: none"> - L'emplissage (<i>phase dynamique</i>) - Le stockage (<i>phase statique à la pression atmosphérique</i>) - Le soutirage (<i>phase dynamique</i>) - Les phases transitoires (<i>maintenance, tests, interventions extérieures,</i>) - La collecte d'effluents aqueux (<i>eaux d'infiltration, eaux de fond de réservoir</i>)

Le terme « transitoire » (*qui ne dure pas, qui remplit l'espace de temps entre deux états*) peut prêter à confusion : il ne s'agit pas d'une transition entre deux fonctions d'exploitation, mais d'une étape particulière dans la vie d'un réservoir durant laquelle des travaux, des opérations jugées critiques vont être menées. Ces interventions doivent être considérées – en terme de sécurité environnementale - comme des agresseurs potentiels du réservoir enterré et de ses équipements annexes, et doivent faire l'objet de procédures spécifiques de maîtrise des risques (cf. : § 7.2.4 du guide DLI).

La fonction « collecte d'effluents aqueux » est une fonction d'exploitation courante des réservoirs industriels (réservoir aérien à toit flottant, par exemple). Pour un réservoir enterré de grande capacité, cette fonction peut se décomposer en plusieurs sous-fonctions distinctes selon le type de réservoir enterré :

- collecte des eaux d'infiltration environnant le réservoir, captées en amont par un réseau de drainage fonctionnant en permanence ;
- collecte des eaux de purge (eaux en contact avec les hydrocarbures), phase épisodique d'exploitation pétrolière consistant à évacuer l'eau stagnante à l'intérieur des bacs ;
- collecte des eaux s'accumulant dans l'espace annulaire du réservoir (selon le type de construction), action temporaire ou permanente de maintenance selon la conception et l'équipement du réservoir enterré avec éventuellement un dispositif de traitement eau-hydrocarbure intégré.

6.1.2. Notion de procédé (industriel)

Les fonctions d'exploitation sont assurées sans transformation des produits : pas de réactions de transformation telles que celles rencontrées dans les activités industrielles à procédés plus sophistiqués que les procédés liés aux activités de stockage et de manipulation d'hydrocarbures liquides. Une éventuelle additivation en ligne de carburant ou combustible n'est pas considérée comme une transformation de produit générant des risques industriels entrant dans le champ d'application du guide d'accompagnement.

Plus précisément, si un procédé est *une méthode à suivre (une méthode d'exécution) pour obtenir un résultat* (en anglais : *process*), un procédé industriel est classiquement un procédé de nature mécanique ou chimique destiné à produire des objets ou à synthétiser des produits chimiques, en grande quantité et dans des conditions techniquement et économiquement acceptables. Ils sont notamment essentiels aux industries dites lourdes (par exemple, fabrication d'automobiles ou raffinage du pétrole brut).

Dans un dépôt disposant de réservoirs enterrés de stockage d'hydrocarbures liquides fonctionnant à la pression atmosphérique, le « procédé » (industriel) consiste en fait à emplir, stocker et soutirer la quantité voulue du produit désiré dans la capacité choisie sans perte de confinement et sans perte « d'intégrité » qui revient, pour les liquides inflammables visés par le présent guide (cf. : § 5.3), au **dépassement du seuil d'inflammabilité** des hydrocarbures liquides mouvementés. Ces deux événements indésirables étant des **événements redoutés centraux²⁵ (ERC)** que l'on retrouve, dans le cadre de l'analyse de risques, au centre des enchaînements accidentels.

A titre d'exemple, une perte classique de la maîtrise du procédé est le débordement de réservoir avec perte de confinement du produit mouvementé. Aussi, pour faciliter la maîtrise du procédé dans le cas des réservoirs enterrés de moins de 150 m³, les dispositions des articles 4 et 11 de l'arrêté du 18 avril 2008 prévoit la mise en place d'une signalétique - à proximité des orifices de dépotage des réservoirs - indiquant le « domaine de sûreté » ou la « plage de fonctionnement en sécurité » à l'opérateur pétrolier.

Pour les réservoirs enterrés à axe vertical, le « procédé » mis en œuvre est identique à celui des réservoirs aériens. A titre d'illustration, la notion de réception automatique²⁶ est la même : « approvisionnement réalisé sans intervention ni surveillance humaines locales sur les ouvertures et les fermetures des circuits de réception » ; cette définition fournissant de façon complémentaire celle d'une réception non automatique, situation la plus souvent rencontrée dans les parcs de stockage enterré.

Remarque n° 1 : Ces précisions sur la notion de procédé (industriel) lié à l'exploitation d'un réservoir enterré fournissent des repères utiles lors de l'appréciation des mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine²⁷. En effet, une attention particulière doit être portée sur la distinction

²⁵ L'évènement redouté central (ERC) est défini dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

²⁶ Définition de la réception automatique donnée à l'article 2 de l'arrêté « 1432/A » du 03/10/2010.

²⁷ Voir fiche n° 7 en partie 1 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

entre la fonction d'exploitation pétrolière liée au procédé et la fonction de sécurité, surtout quand – en amont – des barrières ou mesures organisationnelles touchent aussi bien des aspects de sécurité que des aspects de procédé (cf. : § 8.1.1 du guide DLI).

Remarque n°2 : Ce constat sur la similitude du procédé (industriel) entre réservoir enterré à axe vertical et réservoir aérien permet donc d'étendre, en tant que de besoin pour la démonstration de la maîtrise des risques, un certain nombre de dispositions officielles de l'arrêté sectoriel « 1432/A » du 3 octobre 2010 au cas des réservoirs enterrés de plus de 150 m³ de capacité et de leurs équipements annexes ; un exemple en étant déjà donné avec la remarque n° 2 du § 5.1.1.

6.2. Liquides inflammables concernés

Le présent guide d'accompagnement ne s'applique qu'aux réservoirs stockant des liquides inflammables dont le point d'éclair est au moins égal à 38° C et qui ne nécessitent pas de chauffage (voir § 6.1).

Les relevés réguliers de température dans la phase liquide des réservoirs enterrés de grande capacité, en application notamment de dispositions spécifiques de la réglementation des douanes, permet de constater depuis plusieurs dizaines d'années que la température des hydrocarbures liquides stockés dans ces réservoirs enterrés et semi-enterrés à axe vertical de plus de 150 m³ de capacité reste nettement inférieure à 38° C en France métropolitaine comme dans les départements d'outre-mer.

Cette catégorie de liquides inflammables (PE ≥ 38° C) permet d'envisager, dans la continuité du § 5.2.2, **la perte de confinement du système étudié comme l'évènement redouté central (ERC) le plus plausible, amenant au phénomène dangereux (PhD) d'épandage de produit pétrolier** – c'est-à-dire la « *libération de substances produisant des effets* » environnementaux pouvant donner naissance à une pollution en souillant des éléments vulnérables ou sensibles environnants - dont il convient de prévenir l'occurrence (cela correspond à la fonction de sécurité « prévenir une fuite ») et de prévoir la limitation des effets éventuels (fonction de sécurité « contrôler un épandage », voir § 7.2).

Un problème de conformité de produit peut être à l'origine du dépassement du seuil d'inflammabilité du mélange gazeux « air et vapeurs d'hydrocarbures » lors de l'exploitation du système étudié, cet ERC peut amener à un PhD sous forme de « *libération d'énergie produisant des effets* » thermiques et de surpression (feu et/ou explosion). Dans le cadre du champ d'application du guide d'accompagnement (voir § 4.2.7), il convient de prévenir ou d'éviter l'occurrence de ce PhD par les deux fonctions de sécurité « prévenir la formation de vapeurs combustibles » et contrôler la formation de vapeurs combustibles » sans négliger la fonction « prévenir les sources d'ignition » (voir § 7.2).

6.3. Fonctions d'exploitation et équipements d'un réservoir

Les réservoirs enterrés de plus de 150m³, objet du guide, sont de conception militaro-industrielle et présentent des caractéristiques variables selon les sites d'implantation, les périodes de construction, les diverses techniques déployées par les maîtres d'œuvre et les besoins exprimés par les maîtres d'ouvrage.

Pour comprendre le fonctionnement du réservoir étudié et de ses équipements annexes avec les différents flux de produits entrants et sortants, des éléments de description fonctionnelle et spatiale doivent être apportés de façon nécessaire et suffisante pour identifier les points sensibles et potentiellement dangereux relatifs aux différentes fonctions d'exploitation.

Le tableau suivant permet de répondre à ces exigences en identifiant de manière générique, pour chacune des fonctions d'exploitation, les équipements et accessoires utilisés selon les types de réservoirs enterrés, avec leurs principales caractéristiques et leur emplacement dans le système étudié (le réservoir et ses équipements annexes).

Cette présentation de l'activité d'un réservoir et des équipements en jeu par fonction d'exploitation offre un découpage fonctionnel facilitant l'étude des situations dangereuses et séquences accidentelles examinées lors de l'analyse de risques.

Fonction d'exploitation	Equipements et accessoires concernés du réservoir	Principales caractéristiques	Emplacement et délimitation
<i>Emplissage</i>	<i>Canalisation dédiée au réservoir Vannes automatisées (sécurité positive ou non) ou manuelles</i>	<i>DN 100 à 250 mm PMS jusqu'à 20 bars</i>	<i>Parc de stockage</i>

7. CARACTERISATION DES DANGERS ET POTENTIELS DE DANGERS

Dans la continuité du travail d'identification, autour du système étudié, des enjeux et agresseurs potentiels exposé au chapitre précédent, la caractérisation exhaustive des dangers et potentiels de dangers liés au réservoir enterré étudié et à ses équipements annexes contenant, ou appeler à contenir en cours d'exploitation, des liquides inflammables représente une nouvelle étape développée dans le présent chapitre.

Dans le guide, le terme de potentiel de danger ou source de danger ou élément dangereux désigne tout équipement du système étudié qui, par la nature des produits (notions d'inflammabilité, d'explosivité, de toxicité) qu'il contient ou les conditions particulières mises en œuvre pour ces produits (quantité stockée, débit, pression, phase de transition, ...) est susceptible d'entraîner des dommages aux éléments vulnérables à la suite d'une défaillance.

La caractérisation des dangers et potentiels de dangers du système étudié doit comprendre :

- les dangers associés aux produits ;
- les dangers liés aux pertes d'utilité ;
- les potentiels de dangers liés aux modalités et conditions opératoires ;
- les équipements potentiellement dangereux.

7.1. Dangers associés aux produits

Il s'agit de qualifier les dangers présentés par les produits, ce type d'identification passe par la connaissance des propriétés intrinsèques aux hydrocarbures liquides concernés en consultant les fiches de données de sécurité (phrases de risque propres à chaque produit).

Au-delà d'un simple relevé des caractéristiques dangereuses, une réflexion sur les dangers intrinsèques associés aux produits doit être conduite par l'exploitant et son groupe de travail en se posant en particulier les questions suivantes :

- quelles situations dangereuses pourraient conduire à des réactions (en particulier des réactions sur une durée plus ou moins longue comme, par exemple, le phénomène de corrosion) avec des matériaux du système étudié ?
- comment les conditions d'exploitation ou des modifications intervenant sur les paramètres de fonctionnement du dépôt et/ou du réservoir étudié pourraient conduire à des situations dégradées du fait des produits en présence ? Pour exemple, les valeurs de point d'éclair des produits movimentés en comparaison avec les températures habituelles de phase liquide du réservoir ; à noter que ce type de questionnement est plus particulièrement développé aux § suivants.

Le tableau récapitulatif ci-après permet de guider la réflexion de l'exploitant et de son groupe de travail sur une identification ciblée des dangers intrinsèques des produits exploités utile pour la suite de l'analyse de risques :

Désignation du produit	Rubrique Catégorie	Phrase de risque en R	Mention de danger en H	Point d'éclair	Tension de vapeur	LII - LSI	T°C d'auto inflammation	Matière/Matériau incompatibles à éviter
Carburéacteur F-35, F-34, F-63	1430 catégorie B	R-10 R-65 R-67 R-38 R-51/53	H226 H304 H315 H336 H411	≥ 38°C	< 8 hPa à 20°C	1,2 8,8	> 230°C	Oxydants forts
Gazole F-54	1430 catégorie C	R-40 R-38 R-20 R-65 R-51/53	H226 H304 H315 H332 H351 H411	≥ 55°C	< 1 kPa à 37,8°C	0,5 5	> 250°C	Oxydants forts
Gazole marine F-76, DML, DMA	1430 catégorie C	R-40 R-38 R-20 R-65 R-51/53	H226 H304 H315 H332 H351 H411	≥ 60°C	< 10 hPa à 40°C	0,5 5	> 250°C	Oxydants forts
Carburéacteur haut PE F-44	1430 catégorie C	R-65 R-67 R-38 R-51/53	H226 H304 H315 H336 H411	≥ 60°C	< 8 hPa à 20°C	0,7 5	> 230°C	Oxydants forts

Remarque n° 1 :

- les phrases de risque en R et les mentions de danger en H des liquides inflammables (en application du SGH²⁸ « système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques ») sont particulièrement représentatives des différents dangers engendrés par les propriétés intrinsèques des produits, elles sont d'ailleurs retenues comme facteurs discriminants dans les dispositions officielles des arrêtés « 1432/A » et « risques accidentels » ;
- certaines caractéristiques physico-chimiques peuvent être différentes pour un même produit suivant l'origine de l'information (fiches de données de sécurité des fournisseurs).

Remarque n° 2 :

L'argumentation basée sur la différence entre le point d'éclair des produits exploités et la température moyenne de la masse liquide dans un réservoir enterré est recevable comme justification de la maîtrise à la source du risque de formation de vapeurs combustibles, en conditions normales d'exploitation, que si la procédure de contrôle du point d'éclair avant la phase d'emplissage est d'un niveau de fiabilité en cohérence avec les enjeux locaux (contrôle qui relève de la fonction de sécurité « prévenir la formation de vapeurs combustibles, voir § 7.2).

7.2. Dangers liés aux pertes d'utilité

Les pertes d'utilités sont définies au § 8.1.2 (avec le renvoi de bas de page n° 37), elles sont souvent identifiées comme des modes communs de défaillance.

L'identification des situations dangereuses générées par une perte d'utilité au niveau du système étudié peut être présentée sous forme d'un tableau :

²⁸ Le règlement (CE) n° 1272/2008 du 16 décembre 2008, dit règlement CLP (*classification, labelling and packaging*), définit de nouvelles règles européennes de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques. Il est entré en vigueur le 20 janvier 2009.

Utilité	Fonction par rapport à l'exploitation du réservoir	Type de défaillance au niveau de l'exploitation et de la sécurité	Situation dangereuse
<i>Electricité</i>	<i>Emplissage</i>	<i>Perte d'information sur le niveau du réservoir</i>	<i>Risque de débordement</i>

7.3. Potentiels de dangers liés aux modalités opératoires

Il s'agit d'identifier les conditions opératoires pouvant présenter un danger intrinsèque ou augmenter la gravité d'un accident potentiel. Par exemple, il convient de repérer les équipements fonctionnant ou susceptibles de fonctionner à des pressions dynamiques élevées.

Les tableaux suivants permettent de conduire la réflexion de l'exploitant et de son groupe de travail.

Ce tableau est un complément logique au tableau du § 5.4 synthétisant le fonctionnement du système étudié :

Fonction d'exploitation	Produit concerné	Conditions opératoires	Equipements/accessoires	Evènements redoutés potentiels associés
<i>Emplissage</i>		<i>Livraison depuis un oléoduc, pression élevée ? Transfert entre réservoirs</i>	<i>Vanne régulatrice</i> ...	<i>Surpression</i> <i>Fuite avec effet aérosol du produit libéré</i> ...

Pour l'identification de situations dangereuses liées à des conditions transitoires et/ou particulières d'exploitation (exemple : interventions pour travaux) :

Equipements / Accessoires	Conditions particulières et/ou transitoires d'exploitation	Produits/Matériels supplémentaires par rapport à l'exploitation normale	Evènements redoutés associés
<i>Canalisation</i>	<i>Test de la canalisation en pression d'épreuve</i>	<i>Tuyaux flexibles, manchons supplémentaires, piquages</i>	<i>Perte de confinement brutale</i>

7.4. Equipements dangereux

Il s'agit d'identifier les équipements et accessoires qui sont susceptibles de contenir une quantité notable de produit dangereux dans des situations particulières ou non (par exemple, équipement contenant du produit pétrolier sous une pression statique potentiellement élevée).

Présentation possible des potentiels de dangers sous forme d'un tableau selon le modèle suivant :

Fonction d'exploitation / Localisation	Produit	Masse maximum présente	PhD potentiel (pouvant conduire à l'exposition d'enjeux)
<i>Tronçon isolé en statique soumis à élévation de T° (aérien ou enterré) par échange thermique avec le milieu ambiant</i>		<i>Dans ce cas la masse est indépendante de l'élévation de température.</i>	<i>Fuite sous pression.</i>

8. LES FONCTIONS DE SECURITE A ASSURER SUR UN RESERVOIR ENTERRE ET SES EQUIPEMENTS ANNEXES

8.1. Définitions

Les fonctions de sécurité ont pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système (cf. § 7.1 du GDLI et chapitre 1 du rapport INERIS oméga 10 sur l'évaluation des barrières techniques de sécurité).

Une même fonction de sécurité peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité et une fonction de sécurité peut se décomposer en plusieurs sous-fonctions de sécurité liées (cf. : rapport INERIS oméga 10 sur l'évaluation des barrières techniques de sécurité –§ 3.2 du chapitre 3).

Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents [*majeurs*] dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Eviter, supprimer, empêcher :

Selon le guide DLI (au § 7.1), il s'agit de rendre un évènement impossible ; alors que pour l'action « prévenir » il s'agit de limiter la probabilité d'occurrence d'un évènement non souhaité, sans toutefois pouvoir le rendre impossible.

En matière de limitation de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et de leur évaluation, l'article 4 de l'arrêté « PCIG » dispose que les mesures de maîtrise des risques (MMR) correspondantes (c'est-à-dire agissant sur la probabilité d'occurrence) doivent être efficaces avec un temps de réponse adapté, testées et maintenues pour influencer sur la probabilité d'occurrence des évènements. L'article 2 précise que l'on peut aussi s'appuyer sur le niveau de confiance²⁹ de ces MMR pour apprécier cette influence.

Contrôler :

Il s'agit de maîtriser le déroulement d'une dérive afin de ramener le système dans un état opérationnel en sécurité (cf. : § 7.1 du guide DLI).

Autre verbes également employer : juguler, contenir, maîtriser, récupérer, traiter.

Limiter :

L'action « limiter » ou « réduire » consiste à agir sur les conséquences d'un évènement afin d'en réduire la gravité (en anglais *to mitigate*) ; autre verbe employé : protéger (cf. : § 7.1 du guide DLI).

Détecter :

Il s'agit de détecter un évènement. Cette action seule ne suffit généralement pas à assurer la maîtrise de l'accident et doit être associé à d'autres actions comme contrôler ou limiter notamment (cf. : § 7.1 du guide DLI).

8.2. Caractérisation des huit fonctions de sécurité

Comme annoncé au § 4.2.7, huit (8) fonctions de sécurité génériques ont été identifiées pour les réservoirs enterrés de grande capacité (voir également les § 7.9 ; 7.10 ; 7.19 et 8.2.4 du guide DLI) :

²⁹ Les termes « efficacité, temps de réponse et niveau de confiance » sont définis dans le glossaire des risques technologiques, en partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010.

FONCTIONS DE SECURITE (réservoir enterré + équipements annexes)
<ul style="list-style-type: none"> - Eviter ou prévenir un débordement - Prévenir une fuite - Détecter une fuite ou un épandage - Contrôler un épandage - Prévenir la formation de vapeurs combustibles - Contrôler la formation de vapeurs combustibles - Prévenir les sources d'ignition - Prévenir les risques liés aux activités de la phase transitoire

Les trois fonctions de sécurité « éviter ou prévenir un débordement », « prévenir une fuite » et « prévenir la formation de vapeurs combustibles » se situent **en amont de l'ERC** (événement redouté central) qui est soit la perte de confinement soit le dépassement du seuil d'inflammabilité du produit inflammable exploité (voir § 5.2.2). Elles sont donc assurées par des barrières de sécurité **fonctionnant en prévention**.

La fonction de sécurité « prévenir les sources d'ignition » est une fonction de **prévention en amont du PhD** de libération d'énergie produisant des effets thermique et de surpression (voir § 5.3).

Les deux fonctions de sécurité « détecter une fuite ou un épandage », « contrôler un épandage » fonctionnent en **limitation des effets du PhD** d'épandage de produit pétrolier susceptible de produire des effets environnementaux pouvant donner naissance à une pollution plus ou moins importante, ou grave, selon la vulnérabilité de l'environnement

La fonction de sécurité « contrôler la formation de vapeurs combustibles » agit **en aval de l'ERC** « dépassement du seuil d'inflammabilité » **et en amont du PhD** « feu et/ou explosion » (libération d'énergie produisant des effets thermiques et de surpression) : les barrières remplissant cette fonction ont une finalité de **prévention**.

En **annexe J** « Tableau comparatif de dispositions réglementaires participant à des fonctions de sécurité liées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés », sont présentées des barrières humaines et techniques de sécurité remplissant des fonctions de sécurité pour des réservoirs enterrés et aériens telles qu'elles peuvent apparaître à travers les dispositions officielles de la réglementation sectorielle ICPE pour les liquides inflammables.

9. COLLECTE DE DONNEES ET D'INFORMATIONS SUR L'ENVIRONNEMENT DU RESERVOIR

Pour être en mesure de démontrer la maîtrise des risques inhérents à l'exploitation d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes (c'est-à-dire le système étudié, terme régulièrement employé dans le présent guide), il convient d'abord de connaître et d'analyser ces risques.

Cette démarche commence par une bonne connaissance du contexte d'implantation du réservoir. C'est une première étape qui consiste à collecter - de façon factuelle - l'ensemble des données et informations nécessaires et suffisantes sur l'environnement du système étudié.

Pour qu'elle prépare efficacement le passage aux étapes suivantes conduisant vers l'analyse de risques proprement dite, la description de l'environnement du réservoir et de ses équipements doit mettre en évidence deux préoccupations essentielles :

- certains éléments présents dans l'environnement du réservoir enterré étudié, en dehors et/ou à l'intérieur du dépôt en fonction de son lieu d'implantation sur le site, peuvent constituer des enjeux³⁰

³⁰ Définis dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

- ou des éléments vulnérables à protéger vis-à-vis des effets des phénomènes dangereux³¹ pouvant survenir au niveau du réservoir et de ses équipements annexes ;
- certains éléments extérieurs de l'environnement du réservoir enterré étudié, en dehors et/ou à l'intérieur du dépôt en fonction de son lieu d'implantation sur le site, peuvent constituer des potentiels d'agression susceptibles d'être des causes ou événements initiateurs³² d'accidents sur le réservoir et ses équipements annexes.

Remarque :

La notion de vulnérabilité est la résultante de nombreuses composantes relatives aux enjeux potentiels : telles que leur nature et leur localisation par rapport au système étudié,

La notion de sensibilité vise des agressions ciblées comme les atteintes par des hydrocarbures liquides, leur capacité à être mis hors d'atteinte des effets nocifs et dangereux, etc.

Des catégories d'événements extérieurs au système étudié peuvent être exclus des analyses de risques sous certaines conditions³³. En effet, dans la plupart des cas, ces événements font l'objet d'un arrêté ministériel et le respect strict, intégral et justifié des dispositions officielles afférentes permet de considérer qu'une démarche de maîtrise des risques a déjà été menée (exemple : l'application des dispositions relatives à la foudre³⁴ au réservoir enterré étudié et à ses équipements annexes).

9.1. Environnement naturel

9.1.1. Éléments vulnérables à protéger

Le recensement des enjeux ou intérêts naturels à protéger autour du système étudié est nécessaire pour :

- être en mesure de déterminer les conséquences des accidents possibles ;
- déterminer les objectifs³⁵ de sécurité attachés aux fonctions de sécurité, choisir et dimensionner les barrières³⁶ de sécurité permettant d'assurer les dites fonctions en vue d'atteindre les objectifs fixés ;
- juger de l'acceptabilité des risques.

Il s'agit d'un recensement précis et exhaustif des intérêts naturels à protéger, dans la zone autour du réservoir enterré et de ses équipements, susceptibles d'être affectés directement ou indirectement, en particulier :

- les milieux aquatiques accompagnés de leurs caractéristiques physiques et de leur potentiel d'usage : nappes souterraines, rivières et ruisseaux, plans d'eau, puits, ... ;
- les zones d'intérêt écologique ;
- les zones de production agricole particulières ou non (par exemple, appellation d'origine contrôlée) ;
- de façon générale, les intérêts naturels « protégés » de l'article L. 511-1 du code de l'environnement (voir article 3.2).

9.1.2. Agressions externes d'origine naturelle (les risques « Na Tech »)

Il s'agit de recenser les agressions externes naturelles pouvant entraîner :

- des évolutions des caractéristiques physico-chimiques des produits ;
- des modifications des caractéristiques mécaniques des équipements et des matériaux ;
- des contraintes mécaniques et thermiques additionnelles sur les structures et équipements ;
- des pertes d'utilités³⁷.

³¹ Les phénomènes dangereux ou phénomènes redoutés sont définis dans le glossaire technique en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

³² Définis dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

³³ Le récapitulatif des exclusions spécifiques pour certaines installations ou certains événements est en partie 4 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010, des règles particulières à suivre sont données au § 1.2 de la partie 1.

³⁴ Section III : dispositions relatives à la protection contre la foudre de l'arrêté « risques accidentels » du 4 octobre 2010.

³⁵ La notion d'objectif de sécurité ainsi que de risque résiduel fait l'objet de l'annexe C du présent guide.

³⁶ Définies dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

Les nature et niveaux d'agression envisageables sur le réservoir et ses équipements annexes permettent de fournir des éléments de dimensionnement des barrières et dispositifs de sécurité correspondants.

Ces évènements initiateurs sont les causes à l'origine des évènements redoutés centraux (ERC) comme la perte de confinement du produit contenu ou le dépassement de son seuil d'inflammabilité, ces deux ERC pouvant conduire respectivement à une pollution ou une explosion et/ou incendie.

Les agressions externes ou évènements initiateurs d'origine naturelle (consulter le site <http://cartorisque.prim.net/>) dans un dépôt et autour du système étudié peuvent être :

- des phénomènes météorologique de grande ampleur : fortes variations de température, fortes précipitations, tempêtes, gel, etc.
- les effets directs (impacts) et indirects (surtensions électriques et perturbations électromagnétiques) de la foudre ;
- les inondations par stagnation d'eaux pluviales, par débordement de cours d'eau, par ruissellement en secteur urbain, par submersion de zones lacustres ou littorales ;
- les crues torrentielles, les coulées boueuses ;
- les feux de forêt, de pinède, de broussaille ;
- les séismes (consulter le site <http://planseisme.fr/>) ;
- les mouvements de terrain liés à la présence d'une cavité naturelle ou artificielle (consulter les sites <http://www.bdmvt.net/> et <http://www.bdcavite.net/>), aux affaissements, aux effondrements, aux glissements, aux tassements, au retrait gonflement des argiles (consulter le site <http://www.argiles.fr/>);
- la poussée hydrostatique du sol et sous-sol environnant le réservoir enterré.

Rappel :

Comme déjà évoqué ci-avant, la circulaire COB du 10 mai 2010 définit, dans sa partie 1 - § 1.2.1, une liste non extensible d'évènements initiateurs qui peuvent faire l'objet d'un traitement spécifique dans les études remises par les exploitants. En effet, dans la plupart des cas, les évènements initiateurs mentionnés dans ce paragraphe (exemple typique concernant les réservoirs enterrés : les effets directs de la foudre) font l'objet d'une réglementation déterministe par ailleurs (arrêté ministériel pour la plupart).

En cohérence avec cette approche déterministe, il est considéré que le respect strict, intégral et justifié de cette réglementation permet de considérer qu'une démarche de maîtrise des risques importante a été menée et qu'il n'est pas opportun de les conserver pour mener la démarche méthodologique.

9.2. Environnement lié à l'activité humaine autour du réservoir

9.2.1. Eléments vulnérables à protéger

La nécessité de ce recensement est identique à celle exposée à l'article 8.1.1 ;

Il s'agit d'un recensement précis et exhaustif des éléments vulnérables à protéger liés à l'activité humaine, dans la zone autour du réservoir et de ses équipements, susceptibles d'être affectés directement ou indirectement, à savoir :

- les immeubles habités ou occupés par des personnes : en fonction du type d'immeuble (maison individuelle, camping, ...) et la densité ;
- les ERP (établissements recevant du public) : en fonction du type, de la capacité d'accueil, de la distance, de l'orientation, de la mobilité des personnes accueillies ;
- les lieux de rassemblement occasionnels : stades, foires, marchés, plage, baignade, etc.
- les zones proches du réservoir à l'intérieur du dépôt avec une présence de personnel, et notamment lorsque celles-ci constituent des éléments critiques en matière de sécurité (par exemple, point de rassemblement POI, salle de contrôle et de supervision de l'exploitation pétrolière,...) ;

³⁷ En gestion des risques industriels, on entend par « utilités » les ressources nécessaires aux activités de procédé et de sécurité : électricité, eau, carburant, émulseur, air comprimé, moyen de communication, ...

- les équipements publics vitaux : poste électrique, réservoirs et station d'épuration, caserne de pompiers, gendarmerie, centre téléphonique, etc.
- les installations sensibles du dépôt et proches du réservoir : équipements importants pour la sécurité de tout le dépôt ou fournissant des utilités importantes pour la bonne marche des installations, ... ;
- les autres établissements industriels à proximité : leur activité principale, le nombre de salariés pouvant être exposé, l'existence d'un risque d'effet domino éventuel ;
- les autres installations sensibles du dépôt pouvant générer des sur-accidents s'ils sont atteints par propagation ;
- la présence de voies de communication et de réseaux : en fonction des flux moyens et maximum, des possibilités d'évitement et dessertes de secours ;
- les zones de patrimoine national, historique, culturel.

9.2.2. Agressions externes liées à l'activité humaine

Par rapport à l'article 6.1.2, ce recensement a pour but de rassembler les informations permettant d'imaginer les agressions extérieures possibles comme les risques de propagation de phénomène dangereux d'une installation voisine vers le système étudié, les effets domino éventuels et, de façon plus générale, de connaître exhaustivement les agresseurs potentiels du réservoir étudié et de ses équipements annexes, à savoir :

- les autres établissements industriels à proximité : activités, existence d'un risque d'effet domino éventuel sur le réservoir étudié ;
- les autres installations sensibles du dépôt avec existence d'une propagation éventuelle vers le réservoir et ses équipements ;
- le transport de matières dangereuses sur une voie de communication, par canalisation ;
- les équipements collectifs pouvant présenter des dangers : faisceaux ferroviaires, aéroport, ... ;
- l'inondation par rupture d'ouvrage ;
- la communication du feu par les égouts, par des nappes ou des conduites ;
- les accidents potentiels de véhicules à proximité, les fausses manœuvres d'engins ;
- les chutes de lignes électriques ou d'éléments de grande hauteur ;
- les interventions pour travaux sur le système étudié ou à proximité.

Remarque : Pour un effet interne au dépôt, le terme « propagation d'un emplacement à un autre » est utilisé de préférence à « effet domino » car ce dernier terme est plutôt réservé aux interactions entre établissements (cf. : § 5.1 du guide DLI).

10. ANALYSE DES RISQUES LIÉS À L'EXPLOITATION DU RÉSERVOIR

(Référence : Rapport d'étude INERIS oméga 7 « méthodes d'analyse des risques engendrés par une installation industrielle » - 13/10/2006)

En rappel du § 4.2.3, l'analyse de risques liés à l'exploitation est au cœur de la démonstration par l'exploitant de la maîtrise des risques générés par le réservoir enterré et ses équipements annexes.

Elle s'appuie sur les éléments développés dans les paragraphes précédents (§ 8.1.2 ; § 8.2.2 ; § 6.1 ; § 6.2 ; § 6.3 ; § 6.4 et la note n° 39 en bas de page 29) qui représentent les « éléments dangereux » dans le contexte de cette analyse.

Plusieurs méthodes d'analyse de risques prises de façon combinée vont permettre de répondre aux objectifs attendus d'une telle analyse des risques visant des réservoirs enterrés et leurs équipements annexes.

10.1. Usage en préliminaire d'une méthode inductive

L'analyse de risques est un processus itératif commençant par une analyse dit préliminaire qui consiste à identifier le plus exhaustivement possible les séquences accidentelles ou scénarios d'accident³⁸ potentiels, suite à l'occurrence ou la survenance d'évènements (voir chapitre 8), conduisant vers un PhD au niveau d'un accessoire ou équipement du système étudié.

Dans un premier temps, le rôle du groupe de travail réuni autour de l'exploitant est d'identifier de la façon la plus exhaustive possible, les **situations de dangers** : c'est-à-dire des situations qui, si elles ne sont pas maîtrisées, peuvent conduire à exposer (ou « induire une exposition » dans le cadre de cette méthode inductive) des éléments vulnérables aux effets d'un ou plusieurs PhD engendrés par le système étudié. Pour cela le groupe s'appuie sur l'identification et le positionnement des « éléments dangereux » recensés en les confrontant à l'expérience, au retour d'expérience, à la connaissance des pratiques professionnelles de l'exploitation pétrolière sur un dépôt de stockage.

Dans un deuxième temps, et pour chaque situation de danger identifiée, le groupe de travail examine l'ensemble des causes, sans oublier d'identifier aussi celles consécutives à une agression par propagation ou effets domino provenant d'installations externes proches, et les conséquences ; puis, le groupe recense les fonctions de sécurité concernées et les sécurités existantes sur le système étudié.

L'usage de la matrice de criticité (cf. : § 4.2.5) permet d'évaluer les risques liés au PhD et accidents potentiels recensés et caractérisés par l'analyse puis de décider si des barrières de sécurité complémentaires sont à envisager pour améliorer la réduction des risques apportée par les fonctions de sécurité.

La construction des séquences accidentelles peut être améliorée en favorisant la réflexion du groupe de travail à l'aide des tableaux de risques types et des listes de termes guides proposés par le guide DLI, à savoir :

- le recensement des évènements redoutés (ER) - correspondant pour l'essentiel aux formes que peut prendre l'ERC « perte de confinement » selon l'équipement ou l'accessoire défaillant - dont une liste est proposée au § 4.2.3 du guide DLI ;
- la recherche pour chaque ER de ses causes ou EI (évènement initiateur), sachant que les EI se divisent (§ 4.2.2 du guide DLI) en deux grandes catégories sur un critère spatial : les EI internes et externes au système étudié, et en quatre types³⁹ selon un critère systémique : les EI d'origine naturel, les EI d'origine technologique, les EI d'origine humaine et sociale et les EI classés « autres » (surcharge, travaux, véhicules,...) ;
- les EI d'origines technologique, humaine et sociale se répartissent elles-mêmes en six domaines de défaillance possible, les arbres de défaillance du guide DLI (voir § 10.5) recensant plus d'une trentaine d'EI génériques au sein de ses six domaines ;
- un inventaire de PhD, à examiner en fonction du contexte local, est proposé au § 4.2.4 du guide DLI.

10.2. Résultats de l'analyse préliminaire des risques

L'utilisation d'un tableau en cours d'analyse préliminaire des risques (APR) constitue un support pratique pour mener la réflexion de façon systématique et résumer ainsi les résultats. Le tableau suivant, donné à **titre d'exemple**, est adapté aux objectifs du guide d'accompagnement :

³⁸ Les scénarios d'accident (majeur ou non) sont définis au glossaire technique en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

³⁹ Cette typologie des EI permet, en complément du chapitre 8 traitant des agressions externes, d'identifier les agressions internes au système étudié qui peuvent être intrinsèques comme, par exemple, la corrosion ou l'érosion ; liées au procédé comme la surpression ou la dépression ; en relation avec le facteur humain comme une erreur de manipulation ou une mauvaise utilisation (cf. : § 7.1 du guide DLI).

	Fonction exploitation	Elément potentiellement dangereux	Evènement initiateur	Evènement redouté central	Situation de dangers	Fonction sécurité	P	G	Barrières de prévention	Barrières de limitation	Barrières organisationnelles	P'	G'	Point critique
PHD1	Emplissage	Volume de carburant livré	<p>Creux insuffisant résultant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erreur de jaugage • Différence entre volume prévisionnel et volume livré • Erreur d'affectation de réservoir • Mauvaise étanchéité de vanes • Mauvaise définition du volume à approvisionner 	Perte de confinement résultant d'un débordement du réservoir	Pollution des sols et eaux	Eviter ou prévenir un débordement	B	3	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositif de mesure en continu du volume contenu dans le réservoir • Dispositif de détection niveau haut • Dispositif antidébordement • Procédure de jaugage journalier des réservoirs en exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel d'intervention antipollution 	<ul style="list-style-type: none"> • Personnel formé • Procédure de maintenance et tests des barrières techniques de sécurité 	D	1	Indépendance des barrières et maintenabilité des dispositifs techniques de sécurité

La synthèse des travaux permet d'identifier les enchaînements critiques qui doivent être étudiés de façon plus détaillée à l'aide d'un arbre des défaillances.

10.3. Usage d'une méthode déductive

L'analyse par arbre des défaillances, principale méthode déductive, vise à déterminer l'enchaînement, les successions et les combinaisons d'évènements pouvant conduire à l'évènement redouté central (ERC). Elle permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'ERC qui est le point de départ de la méthode dite « déductive ». La recherche systématique des causes immédiates, nécessaires et suffisantes est à la base de la construction de l'arbre. La mise en œuvre préalable d'une analyse préliminaire des risques (APR) de type inductif facilite grandement la recherche des défaillances pour l'élaboration de l'arbre.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple). Les conventions sont proposées dans la norme CEI 61025 « analyse par arbre de pannes ».

A l'aide de règles mathématiques, il est alors possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'ERC à partir des probabilités des évènements de base identifiés.

10.4. Exploitation d'un arbre de défaillance

La recherche des coupes minimales (ou chemins critiques) permet d'identifier les plus petites combinaisons d'évènements pouvant conduire à l'ERC. Elle est effectuée à partir des règles de l'algèbre de Boole en considérant qu'à chaque évènement de base correspond une variable booléenne. L'arbre représentant ces coupes minimales est appelé « arbre réduit ».

L'ordre d'une coupe est alors défini comme le nombre d'évènements combinés qui figurent dans cette coupe.

La définition des coupes minimales (ou chemins critiques) permet d'accéder directement aux évènements et combinaisons d'évènements les plus critiques du système étudié. En considérant tous les évènements équiprobables dans l'arbre des défaillances, l'exploitation qualitative montre dans quelle proportion une défaillance correspondant à un évènement de base peut se « propager » dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'ERC.

De manière intuitive, une défaillance se propageant à travers le système en ne rencontrant que des portes « OU » est susceptible de conduire très rapidement à l'ERC. A l'inverse, un cheminement s'opérant exclusivement à travers des portes « ET » indique que l'occurrence de l'ERC à partir de l'évènement ou la combinaison d'évènements de base est moins probable : une meilleure prévention de l'ERC se trouve ainsi démontrée.

Plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'ERC, en suivant ce chemin critique, peut paraître probable. L'introduction de portes « ET » (c'est-à-dire des barrières de sécurité) permet de

modifier l'arbre des défaillances en obtenant des coupes minimales d'ordre plus élevé : c'est un moyen de prévenir l'ERC

L'exploitation quantitative de l'arbre des défaillances vise à estimer la probabilité d'occurrence de l'ERC ainsi que des événements intermédiaires. Elle est mise en œuvre en vue de hiérarchiser les différentes causes possibles et de concentrer les efforts de prévention sur les causes les plus vraisemblables. Cette exploitation quantitative ne peut être effectuée qu'à partir d'un arbre réduit.

La réduction de la probabilité de l'ERC peut être envisagée en améliorant la fiabilité du système par l'ajout de portes « ET » (barrières de sécurité) entre l'ERC et les EI (événements initiateurs). Les portes « ET » placées au plus près de l'ERC permettent de traiter un maximum de coupes minimales (chemins critiques) et, le cas échéant, de traiter certaines causes qui n'auraient pas été envisagées.

10.5. Analyse par arbre d'évènements ou de conséquences

L'analyse par arbre d'évènements (ou de conséquences) apporte une aide précieuse pour traiter un réservoir enterré et ses équipements annexes comportant de nombreux dispositifs de sécurité ainsi que leurs interactions. A l'instar de l'analyse par arbre des défaillances dont elle s'inspire, elle permet d'estimer les probabilités d'occurrence de séquences accidentelles.

L'analyse par arbre d'évènements permet d'estimer la dérive du système étudié en envisageant de manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de limitation, Ces dispositifs peuvent concerner aussi bien des moyens automatiques qu'humains (interventions d'opérateurs) ou organisationnels (application de procédures).

La définition des événements redoutés secondaires (faisant suite à l'ERC) conduisant à des situations critiques s'appuie sur les scénarios accidentels mis en lumière par une APR.

Les fonctions ou sous-fonctions de sécurité assurées par des barrières ont en général pour objectif d'empêcher, dans la mesure du possible que les événements redoutés secondaires (ERS) soient à l'origine d'un accident grave. Elles se déclinent le plus souvent en :

- sous-fonction de détection de l'ERS,
- sous-fonction d'alarme de l'occurrence de l'ERS,
- fonction de limitation ou d'atténuation des effets dus à l'ERS.

Elles n'interviennent généralement pas simultanément, aussi il est important de déterminer dans quel ordre elles vont intervenir. Ces informations permettent ainsi de donner des indications quant au temps nécessaire pour la mise en place de mesures de sécurité.

La construction de l'arbre consiste à envisager soit le bon fonctionnement soit la défaillance de la première fonction ou sous-fonction de sécurité, puis de considérer la fonction ou sous-fonction de sécurité suivante, et ainsi de suite. Cette démarche chronologique permet d'identifier des séquences d'évènements susceptibles de conduire ou non à un accident grave en fonction des possibilités de limitation des effets des PhD et de protection des éléments vulnérables de l'environnement.

En résumé, l'arbre des évènements est un outil pour caractériser l'enchaînement des actions et des évènements pouvant conduire ou non à un accident de pollution suite à l'occurrence de l'ERC « perte de confinement ». Il trouve son utilité pour l'étude de l'architecture des moyens de sécurité existants ou pouvant être envisagés pour assurer, en particulier, la limitation d'effets environnementaux.

10.6. Représentation par nœud papillon

L'approche des risques générés par l'exploitation du réservoir par arbres de défaillances et d'évènements donne une bonne vision des enchaînements et permet de guider la recherche des solutions les plus efficaces de réduction du risque à la source, en particulier en termes de fréquences. Cette approche permet aussi de répondre au besoin de la réglementation sur l'estimation des probabilités des PhD.

Comme le montrent les trois cas concrets en 2^{ème} partie du guide, l'estimation probabiliste (approche semi-quantitative) d'un scénario d'accident donné, notamment un PhD découlant d'un ERC, se fait de manière simple et naturelle.

Ainsi, le nœud papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'évènement. Son point central dans le cadre de la présente démarche est l'ERC « perte de confinement ». La partie gauche de ce nœud papillon s'apparente alors à un arbre de défaillances s'attachant à identifier les causes de cette perte de confinement ; la partie droite s'attache quant à elle à déterminer les conséquences de cet évènement redouté central et s'apparente alors à un arbre d'évènements.

Chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine (évènements indésirables) jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des intérêts protégés (atteinte d'éléments vulnérables par des effets environnementaux) désigne un scénario d'accident pour un même ERC de perte de confinement. Avec l'ajout de barrières de sécurité représentées sous forme de barres verticales pour symboliser le fait qu'elles s'opposent au développement d'un scénario d'accident, le nœud papillon permet d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action de barrières de sécurité sur le déroulement d'un accident pouvant conduire à une pollution.

Pour une démonstration renforcée, dans des situations jugées critiques, de la maîtrise des risques de pollution, l'usage du nœud papillon est indispensable pour une visualisation concrète avec un bon niveau de détail des scénarios d'accidents, avec une mise en valeur de l'action des barrières de sécurité.

10.7. Points particuliers

Le PhD dont la probabilité est rendue suffisamment faible (classe E de probabilité d'occurrence annuelle de la matrice de criticité) peut être exclu de la phase d'évaluation en application du **filtre**⁴⁰ « **probabilité** » défini de la façon suivante :

- la classe de probabilité « E » pour le PhD repose sur une MMR « passive » (voir annexe E2) vis-à-vis de chaque enchaînement accidentel identifié aboutissant au dit PhD ;
- **ou** que cette classe de probabilité E repose sur au moins deux MMR pour chaque enchaînement accidentel identifié et que la classe de probabilité de chacun des enchaînements menant au PhD reste en E, même lorsque le niveau de confiance de la MMR la plus performante est porté à 0 (voir annexe E2 ou F2).

Lorsque la classe de fréquence d'occurrence des évènements initiateurs ou causes (voir annexe A - § 5) ne peut être connue de façon fiable, elle est alors considérée de niveau « F -1 » ou « F 0 ». L'exploitant et son groupe de travail doivent alors se concentrer sur le nombre, l'indépendance et les performances des barrières de sécurité. Si les performances sont bonnes, le niveau de confiance résultant est élevé pour les fonctions de sécurité correspondantes et le niveau de fréquence des causes revêt alors une importance secondaire.

Il s'agit d'une **approche prudente**⁴¹ qui vise à s'affranchir des incertitudes quant à la classe de fréquence des causes en calibrant les performances des barrières de sécurité, remplissant différentes fonctions de sécurité, sur l'estimation de la gravité potentielle des accidents (voir § 8.1.1 et § 8.2.1.). Une telle approche permet de traiter la quasi-totalité des cas.

Lorsque des évènements initiateurs (EI) doivent se réaliser simultanément pour pouvoir provoquer un évènement en aval – dans un arbre des défaillances, il s'agit du **traitement d'une connexion logique « ET » entre deux EI** - il convient d'utiliser la fiche pratique n° 4 (en approche semi-quantitative) relative à l'intégration de la probabilité dans les études de dangers (rapport⁴² INERIS du 31/10/2008) pour éviter une approche probabiliste simplifiée mais majorante.

⁴⁰ Le filtre « probabilité » est défini officiellement au § 3.1.1 du chapitre 3 (plan de prévention des risques technologiques) de la partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010.

⁴¹ § 3.3.4.6.2.1 du rapport Ω 9 « étude de dangers d'une installation classée » (rapport INERIS du 10/04/2006).

⁴² Guide « périphérique » au guide d'accompagnement, référencé dans le préambule (§ 1).

11. SYNTHÈSE

Pour aider un exploitant à garantir « *des résultats au moins équivalents en matière de protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code l'environnement* » lorsqu'il utilise des réservoirs (d'un volume unitaire de plus de 150 m³) et tuyaux enterrés non équipés d'un dispositif double enveloppe, le présent guide se propose de l'accompagner dans la mise au point de l'étude technique à présenter à l'administration en lui proposant des outils méthodologiques adaptés à ses installations enterrées de stockage et en particulier :

- une démarche d'analyse des risques basée sur le principe de l'exhaustivité avec l'identification de l'ensemble des potentiels de danger et d'agression en prenant en compte toutes les phases d'exploitation du système ;
- une approche probabiliste semi-quantitative des événements redoutés, spécifique au système étudié par le fait de remonter aux causes et de tenir compte des mesures de sécurité en prévention et en limitation des effets dangereux potentiels :

La combinaison de ces deux méthodes facilitant :

- un état des lieux et une estimation des risques d'accident pertinents pour fournir une évaluation fine de l'acceptabilité du réservoir vis-à-vis de son environnement ;
- une meilleure définition des mesures de prévention et de limitation à mobiliser pour une maîtrise des risques offrant les garanties nécessaires et suffisantes.

L'usage du guide d'accompagnement ne trouve sa pleine efficacité qu'en étant mis en œuvre avec l'aide d'un groupe de travail pluridisciplinaire animé par l'exploitant des réservoirs enterrés, et sa pertinence, à travers l'expérience réunie au niveau du groupe de travail.

Par ailleurs, **les huit fonctions de sécurité identifiées représentent le cœur de la démarche méthodologique** proposée dans le guide d'accompagnement, **elles fournissent** :

- un fil conducteur pour l'étude technique d'un réservoir enterré de grande capacité unitaire ;
- **une passerelle entre** :
 - **des dispositions types** visant des réservoirs enterrés à axe horizontal (**obligation de moyens**) et,
 - **un processus de maîtrise des risques à la source** pour des réservoirs enterrés à axe vertical soumis au régime de l'autorisation (**obligation de résultats**).

le logigramme d'une démonstration de maîtrise des risques (phases d'estimation, d'évaluation et de décision) pour un réservoir enterré est présenté en **annexe K**.

12. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

12.1. Textes réglementaires

1. Code de l'environnement (partie législative et partie réglementaire) Livre 1^{er} dispositions communes et livre V prévention des pollutions, des risques et des nuisances.
2. Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de danger des installations classées soumises à autorisation.
3. Arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et à leurs équipements annexes soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la rubrique 1342 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
4. Arrêté du 2 février 1998 modifié relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
5. Arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
6. Arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.
7. Arrêté du 22 juin 1998 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et de leurs équipements annexes modifié par l'arrêté du 16 décembre 2010 et par l'arrêté du 18 avril 2008.
8. Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de danger, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.
9. Réglementation des canalisations d'usines par l'arrêté du 15 janvier 1962 modifié par les arrêtés des 19 février 1979, 30 septembre 1981 et 24 novembre 1982.
10. Arrêté du 5 mars 2014 définissant les modalités d'application du chapitre V du titre V du livre V du code de l'environnement et portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel, d'hydrocarbures et de produits chimiques.
11. Circulaire du 17 juillet 1973 relative aux conditions à remplir pour les réservoirs enterrés dans lesquels sont emmagasinés les liquides inflammables, et notamment son article 3.1 « *définition d'un réservoir en fosse* ».

12.2. Autres références

1. Note de doctrine générale de la DGPR (direction générale de la prévention des risques) du 19 juin 2008 relative aux guides sectoriels en matière de risques industriels.
2. Note de doctrine générale de la DGPR du 2 octobre 2013 et son guide relatif aux mesures de maîtrise des risques instrumentés (MMRI).
3. Guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables – GDLI - (version octobre 2008).
4. Guide GESIP n° 2008/01 - révision 2012 - relatif à la réalisation des études de dangers des canalisations de transport et en particulier son annexe 12 (analyse de la gravité environnementale).

Guide dont la démarche méthodologique est reconnue par le ministère de l'environnement par décision BSEI n° 2012-150 du 17 décembre 2012.

5. Rapport INERIS OMGEA 7 : méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle (Version du 13 octobre 2010).
6. Rapport INERIS OMEGA 9 : l'étude de danger d'une installation classée (version du 10 avril 2006).
7. Rapport INERIS OMEGA 10 : évaluation des barrières techniques de sécurité (version du 1^{er} septembre 2008).
8. Rapport INERIS OMEGA 20 : Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (version du 21 septembre 2009).
9. Rapport INERIS n° EAT-DRA-34 –opération j- intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risques. Partie2 : données quantifiées du 27 mars 2006.
10. Rapport INERIS n° EAT-DRA 71- opération C2.1 - estimation des aspects probabilistes. Guide pour l'intégration de la probabilité dans les études de danger- version 1 du 12 septembre 2008.
11. Rapport INERIS n°DRA-08-85167-13165B du 31 octobre 2008 : fiches pratiques - intégration de la probabilité dans les études de danger.
12. Rapport INERIS n° DRA 09-102957-08289 B du 29 avril 2010 : benchmark stockage en raffineries - maîtrise du vieillissement des installations industrielles.
13. Rapport INERIS n° DRA09-102965-04675 C du 15 juin 2011 : quantification des phénomènes dangereux en probabilité –Guide pratique pour les dépôts pétroliers de liquides inflammables.
14. Guide professionnel DT 90 d'avril 2011 pour la définition du périmètre de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010.
15. Guide professionnel DT 92 de mai 2011 : guide de surveillance des ouvrages de génie civil et structure pour la définition du périmètre de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010.
16. Guide professionnel DT 93 de juillet 2011 : guide méthodologique pour la gestion et la maîtrise du vieillissement des mesures de maîtrise des risques instrumentés (MMRI).
17. Guide professionnel DT 94 d'octobre 2011 : guide d'inspection et de maintenance des réservoirs aériens cylindriques verticaux.
18. Guide professionnel DT 96 de janvier 2012 : guide technique professionnel pour l'inspection des tuyauteries en exploitation.
19. Guide de lecture des textes relatifs aux installations de stockage et de chargement/déchargement de liquides inflammables du MEDDL (ministère en charge des installations classées) - version d'octobre 2013.
20. BADORIS - DRA-09-103202-11979A de juin2010 - document de synthèse relatif à une barrière technique de sécurité : cuvette de rétention.
21. BADORIS : détecteurs de niveau - version avril 2005.
22. CCTG (cahier des clauses techniques générales) - fascicule 67 - titre III - étanchéité des ouvrages souterrains.
23. CCTG - fascicule 74 - construction des réservoirs en béton.
24. Guide de surveillance des ouvrages de génie civil et structures : caniveaux et fosses humides DT 100 Juin 2012.

25. Guide de lecture de la réglementation sur le stockage et le chargement /déchargement de liquides inflammables : rapport GESIP 2011/01 du 3 octobre 2011.
26. Norme NF EN 13160-1 à 7 : systèmes de détection de fuites.

13. LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	Approches probabilistes qualitative, semi-quantitative et quantitative et facteurs de réduction de risque.
ANNEXE B	Evaluation des probabilités d'occurrence.
ANNEXE C	Détermination des objectifs de sécurité et appréciation du risque résiduel.
ANNEXE D	Matrice de criticité pour réservoir enterré.
ANNEXE D1	Cotation de la gravité pour l'environnement naturel.
ANNEXE E1	Eléments de langage relatifs à la méthode Ω 10 pour l'évaluation des performances des barrières techniques de sécurité (BTS).
ANNEXE E2	Présentation de la méthode INERIS oméga 10.
ANNEXE E2A	Evaluation Ω 10 d'un dispositif passif de sécurité.
ANNEXE E2B	Evaluation Ω 10 d'une barrière passive de sécurité.
ANNEXE F1	Eléments de langage relatifs à la méthode Ω 20 sur une démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (BHS).
ANNEXE F2	Présentation de la méthode INERIS oméga 20.
ANNEXE G	Modèle de fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité.
ANNEXE H1	Les barrières organisationnelles concernant les réservoirs enterrés.
ANNEXE H2	Tableau comparatif de barrières organisationnelles associées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés.
ANNEXE I	Les huit fonctions de sécurité à assurer pour un réservoir enterré et ses équipements annexes.
ANNEXE J	Tableau comparatif de dispositions réglementaires répondant à des fonctions de sécurité liées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés.
ANNEXE K	Logigramme de la démarche méthodologique.

Annexe A : Approches¹ probabilistes qualitative, semi-quantitative et quantitative et facteurs de réduction de risque

1 Pourquoi un cadre probabiliste ?

L'étude menée sur les réservoirs enterrés et leurs équipements annexes avec l'aide du guide d'accompagnement permet d'identifier les phénomènes dangereux et les accidents susceptibles de survenir au sein du système étudié. Au-delà de l'identification de ces événements redoutés, on s'intéresse à l'occurrence de ceux-ci dans le temps et donc au risque de les voir survenir à un horizon temporel donné.

Or, compte tenu des connaissances, il n'est pas possible de prédire de façon exacte l'instant d'occurrence de ces événements. Leur occurrence est alors traitée dans un cadre probabiliste.

2 Rappel des exigences réglementaires pour des installations soumises à autorisation

Le choix de la méthode retenue pour l'estimation de la probabilité n'est pas imposé. L'article 2 de l'arrêté PCIG rappelle les points suivants :

- « **l'évaluation de la probabilité** s'appuie sur une méthode dont la pertinence est démontrée. »
- « Cette méthode utilise des **éléments qualifiés ou quantifiés** tenant compte de la spécificité de l'installation considérée. »
- « Elle peut s'appuyer sur la **fréquence des événements initiateurs** spécifiques ou génériques et sur les **niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques** agissant en prévention ou en limitation des effets. »
- « **A défaut de données fiables, disponibles et statistiquement représentatives**, il peut être fait usage de banques de données internationales reconnues, de banques de données relatives à des installations ou équipements similaires mis en oeuvre dans des conditions comparables, et **d'avis d'experts fondés et justifiés**. »
- « Ces éléments sont **confrontés au retour d'expérience** relatif aux incidents ou accidents survenus sur l'installation considérée ou des installations comparables. »

3 Notions de base

3.1 Approche déterministe ou probabiliste

Le déterminisme est une théorie selon laquelle les phénomènes sont causés par leurs antécédents, elle s'appuie donc sur le principe de causalité. Cela revient à considérer qu'à partir de l'apparition d'une cause initiale, l'évènement accidentel qui en découle est connu : d'une part il est certain, d'autre part, on en connaît les caractéristiques.

Ainsi, on entend par déterminisme soit l'idée que tout ce qui se produit est l'effet de causes déterminées, soit l'idée qu'on peut prévoir exactement les effets produits dans des conditions elles-mêmes déterminées. A titre d'illustration, la plupart des événements initiateurs spécifiques cités au § 1.2.1 en partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010 font l'objet d'une réglementation déterministe (exemple, la protection des installations classées contre la foudre).

¹ Références : Rapport d'étude INERIS du 31/10/2008 relatif à l'intégration de la probabilité dans les études de dangers – fiches pratiques ;
Rapport d'études INERIS du 12/09/2008 : guide pour l'intégration de la probabilité dans les études de dangers ;
Rapport d'étude INERIS du 25/04/2006 : principes et pratiques pour l'intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques.

A l'inverse, une approche probabiliste reconnaît que les événements consécutifs à la cause initiale peuvent ne pas être parfaitement déterminés, parce que la système étudié n'est pas suffisamment connu ou parce que les conditions initiales ne sont pas suffisamment précises.

3.2 Approche probabiliste qualitative, quantitative ou semi-quantitative

Dans une approche qualitative, il n'y a pas de calculs à proprement parler. Cette approche se base principalement sur le retour d'expérience, les dires d'experts et les bonnes pratiques.

L'approche quantitative consiste à un chiffrage de probabilités en nombre d'occurrence par an à partir d'une méthodologie et suivant des hypothèses.

Dans une approche semi-quantitative, le raisonnement est souvent similaire à celui d'une approche quantifiée : au lieu de manipuler des données de fréquences ou de probabilités précises, des ordres de grandeurs, des indicateurs ou des notes sont utilisées. C'est l'approche préconisée par le présent guide d'accompagnement.

3.3 Définitions probabilistes

Une probabilité est une donnée **inobservée**, sans unité (adimensionnelle), qui varie entre 0 et 1.

Du point de vue mathématique, la probabilité d'un événement E est le rapport des tailles de deux ensembles :

n (nombre de cas favorables à l'évènement E, c-à-d le nombre d'occurrences à considérer)

\bar{N} (nombre de cas possibles, c-à-d un nombre total d'occurrences)

La POA (probabilité d'occurrence annuelle) est une probabilité d'occurrence estimée sur une période de temps donnée, ici c'est l'année.

Une fréquence est une donnée **observée** de comptage issue de l'exploitation d'un retour d'expérience, d'avis d'expert, etc. qui traduit notre connaissance à un moment donné du processus d'occurrence de l'évènement étudié. Elle possède une unité (exprimé en an^{-1} , en opération^{-1} , etc. selon la caractéristique étudiée). Elle varie entre 0 et l'infini.

Dans le domaine du risque accidentel, étant donné la pauvreté des informations disponibles, la fréquence est généralement la seule information (c'est-à-dire la seule valeur) à disposition pour l'estimation de la probabilité (voir approche quantitative au § 4 ci-après) ou, à défaut de valeur déterminée, de l'estimation de la classe de probabilité (voir approche semi-quantitative au § 5 ci-après).

La mention des unités permet d'éviter des erreurs lors de l'estimation de la POA des phénomènes dangereux (PhD) et accidents potentiels : des erreurs ayant pour origine la confusion dans la nature des données que l'on traite, notamment entre fréquence annuelle (en an^{-1}) et probabilité (sans unité).

Dans une approche qualitative, la vraisemblance est une mesure de la confiance que l'on peut accorder à une proposition incertaine. Elle n'est pas une « mesure directe » d'une occurrence d'un événement et n'est déduite d'aucune observation directe permettant une mesure mais d'un « sentiment » associé à la propre expérience de l'exploitant et de son groupe de travail. Différentes probabilités peuvent alors être estimées en consensus par l'exploitant et son groupe sur la base du retour d'expérience en général, dans un but d'estimation semi-quantitative.

En fonction du contexte, la probabilité apparaît dans plusieurs définitions ainsi, au sens de l'**article L. 512-1** du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa probabilité d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Quant à la notion de probabilité conditionnelle, elle est définie de la façon suivante : la probabilité conditionnelle « P(A)/P(B) » est la probabilité d'observer un évènement A sachant qu'un autre évènement B s'est déjà produit ; on parle alors de probabilité de A conditionnellement à B, ou encore de probabilité de A sachant B.

La probabilité de défaillance d'une mesure de maîtrise des risques (MMR) est généralement traitée comme une probabilité conditionnelle : c'est la probabilité « A » d'avoir une défaillance de la MMR sachant que celle-ci est sollicitée (l'évènement redouté de probabilité « B » associé à la MMR se produisant). La probabilité finale (ou résiduelle) de l'évènement redouté devant être maîtrisé avec la MMR est la probabilité conditionnelle.

La probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux est obtenue par agrégation des probabilités des scénarios (ou causes) conduisant au PhD potentiel et il existe alors trois possibilités pour l'estimer :

- combinaison² des probabilités de ces scénarios (ou causes) selon des règles de logique Booléennes (démarche se rapprochant de celles menées en sûreté de fonctionnement, ici on exploite semi-quantitativement un arbre de défaillances élaboré pour un PhD jugé particulièrement critique³) ;
- chaque probabilité de scénario (ou cause) étant estimée, on retient la probabilité (ou classe) la plus élevée quel que soit le nombre de scénarios ;
- par analogie avec la grille⁴ d'analyse de la justification des MMR pour les établissements Seveso seuil haut, à partir de cinq (5) scénarios (ou causes) la probabilité (ou classe) d'occurrence du PhD potentiel est augmentée.

Cette probabilité d'occurrence correspond au final à la probabilité d'avoir des effets d'un type donné (et non des conséquences) ; par exemple, probabilité finale (ou globale) d'un épandage de produit au niveau d'un équipement donné du système étudié (réservoir enterré et ses équipements annexes) sans prendre en considération l'éventualité d'une pollution.

L'indépendance de deux évènements : deux évènements sont dits indépendants si l'occurrence de l'un n'influe pas sur la probabilité de l'autre.

4 Estimation de la probabilité d'occurrence annuelle du PhD ou de l'accident potentiel

Rappel des exigences réglementaires : la probabilité peut être déterminée selon les méthodes de type qualitatif ou de type semi-quantitatif ou de type quantitatif ; ces méthodes permettent d'inscrire les PhD et accidents potentiels sur l'échelle de probabilité à cinq (5) classes définie dans l'arrêté PCIG.

Les probabilités d'occurrence des accidents potentiels ou des PhD identifiés dans l'étude d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes doivent être considérées sur un intervalle de temps⁵ donné pour être rigoureux. Il se trouve que la fenêtre temporelle qui est retenue dans le cadre réglementaire et qui est rappelée dans l'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG est l'année.

Ainsi, un des objectifs de l'approche probabiliste est d'évaluer la POA (probabilité d'occurrence annuelle) des PhD et des accidents potentiels identifiés dans un cadre limité, où la fréquence annuelle est souvent la seule information disponible, en utilisant la relation suivante :

$$POA = 1 - e^{-f}$$

² Voir les fiches pratiques du rapport d'étude INERIS du 31/10/2008 relatif à l'intégration de la probabilité dans les études de dangers.

³ § 4.5.3 du rapport INERIS « oméga 7 » sur les méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle (rapport d'étude du 13/10/2006).

⁴ Circulaire du 10 mai 2010 – partie 2 - § 2.1.3 : situation n° 2 (le Nota Bene).

⁵ L'intervalle de temps choisi permet de « figer » les facteurs difficilement évaluables de l'approche probabiliste : les conditions d'exploitation, les pratiques professionnelles, l'état de la réglementation applicable, les risques liés au vieillissement, le NC des MMR, etc.

Lorsque la fréquence annuelle de l'évènement étudié est faible ($\leq 0,1$ par an), on montre que :

$$POA \approx f$$

Cette dernière relation explique pourquoi les notions de probabilité et de fréquence des PhD sont souvent confondues dans les études de dangers et cela sans conséquence apparente sur les valeurs des estimations retenues quand le nombre d'occurrences dans l'unité de temps n'est pas supérieur à 1. Ici, avec la fenêtre temporelle d'une année, on retient la notion de fréquence « faible » inférieure ou égale à 0,1 pour effectuer une assimilation avec une probabilité d'occurrence annuelle.

5 Traitement semi-quantitatif par classes de fréquence et de probabilité

Dans le cadre spécifique du traitement semi-quantitatif préconisé par le guide d'accompagnement, les données d'entrée pour caractériser les évènements initiateurs, les PhD et les accidents potentiels sont des classes.

Par souci de simplification, les définitions conventionnelles suivantes, rassemblées dans un tableau, sont retenues pour le traitement par classes de fréquence annuelle, une colonne supplémentaire fournit une traduction qualitative spécifique par classe pour permettre une approche semi-quantitative des évènements initiateurs en groupe de travail (voir aussi le § 4.3.2.1.2.2 du guide DLI) :

Niveau de fréquence (cologarithme de la fréquence)	Classe de fréquence annuelle	Traduction qualitative pour des évènements initiateurs
-2	$10^{-1} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-2} / \text{an}$ 10 à 100 fois par an	Evènement susceptible de se produire ou se produisant tous les jours ou toutes les semaines.
-1	$1 / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-1} / \text{an}$ 1 à 10 fois par an	Evènement susceptible de se produire ou se produisant tous les mois.
0	$10^{-1} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 1 / \text{an}$ 1 fois tous les 1 à 10 ans	Evènement susceptible de se produire ou se produisant tous les ans. S'est déjà produit sur le site ou de nombreuses fois sur d'autres sites.
1	$10^{-2} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-1} / \text{an}$ 1 fois tous les 10 à 100 ans	Evènement probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais a été observé de façon récurrente sur d'autres sites.
2	$10^{-3} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-2} / \text{an}$ 1 fois tous les 100 à 1000 ans	Evènement peu probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais quelques fois sur d'autres sites.
3	$10^{-4} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-3} / \text{an}$ 1 fois tous les 1000 à 10 000 ans	Evènement improbable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais très rarement sur d'autres sites
.....
n [colog (10^{-n})]	$10^{-n-1} / \text{an} \leq \text{fréquence} < 10^{-n} / \text{an}$	

En pratique, une valeur F_n de classe de fréquences « supérieure conventionnellement » à F2 (les fréquences annuelles correspondantes sont donc inférieures « mathématiquement » à celles de F2)

pour un évènement initiateur doit rester exceptionnelle (par exemple, chute de grue) et doit être justifiée.

Hors justification par un retour d'expérience précis, fourni et chiffré, la fréquence finale d'un évènement initiateur est rarement « supérieure » à F5 ou F6. Toutefois, s'il existe une porte de connexion logique « ET » entre deux évènements indépendants (par exemple, entre l'évènement et sa MMR), la classe de fréquence peut être en effet faible à très faible.

Ces définitions conventionnelles de classes de fréquence annuelle sont à retenir pour le traitement des classes de fréquence d'occurrence des évènements initiateurs ; et, quand des classes de fréquence annuelles sont utilisées plutôt que des valeurs, on a alors lorsque la classe de fréquence est faible, c'est-à-dire « supérieure par convention » à la classe de fréquence « 0 » (ou « inférieure » mathématiquement à la classe $[10^{-1} / \text{an} ; 1 / \text{an}]$) :

$$\text{Classe (fréquence)} = \text{classe (POA)}$$

Sinon, si la classe de fréquence annuelle est inférieure par convention à la classe de fréquence « 0 » (niveau F 0) elle ne peut être assimilée à une classe de probabilité annuelle et on aura par défaut :

$$\text{Classe (POA)} = [10^{-1} ; 1]$$

Pour le traitement par classes de probabilité d'occurrence annuelle (POA) des PhD, les définitions conventionnelles suivantes sont retenues ; la colonne de droite permet de faire la liaison avec les cinq classes de probabilité annuelle de l'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG :

Niveau de probabilité (cologarithme de la probabilité)	Classe de probabilité annuelle	Classe de probabilité annuelle de l'arrêté PCIG
0	$10^{-1} \leq \text{POA} < 1$	A
1	$10^{-2} \leq \text{POA} < 10^{-1}$	A
2	$10^{-3} \leq \text{POA} < 10^{-2}$	B
3	$10^{-4} \leq \text{POA} < 10^{-3}$	C
4	$10^{-5} \leq \text{POA} < 10^{-4}$	D
5	$10^{-6} \leq \text{POA} < 10^{-5}$	E
.....	E
n (n ≥ 0) [colog (10 ⁻ⁿ)]	$10^{-n-1} \leq \text{POA} < 10^{-n}$	

Ce formalisme est aussi retenu pour le traitement des classes de probabilité de défaillance à la sollicitation des MMR (voir ci-après).

6 Facteur⁶ de réduction de risque

L'évaluation finale des probabilités d'occurrence des PhD fait intervenir les facteurs de réduction induits par les barrières de sécurité mises en place pour réduire leur survenance, ces facteurs sont quantifiés à travers les niveaux de confiance (NC) accordés aux dites barrières.

Le NC d'une barrière ou mesure de sécurité correspond à une réduction de risques (RR) telle que :

$$10^{NC} < RR \leq 10^{NC+1}$$

Dans le cadre du guide d'accompagnement, on s'intéresse aux barrières techniques de sécurité fonctionnant à la sollicitation, pour lesquels les facteurs de réduction de risques sont évalués en s'inspirant du tableau issu de la norme NF EN 61511-1 pour le mode de fonctionnement à la sollicitation :

Niveau de confiance (NC)	Probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation (PFD_{avg})	Réduction du risque (RR)
3	$10^{-4} \leq PFD < 10^{-3}$	$1\ 000 < RR \leq 10\ 000$
2	$10^{-3} \leq PFD < 10^{-2}$	$100 < RR \leq 1\ 000$
1	$10^{-2} \leq PFD < 10^{-1}$	$10 < RR \leq 100$
0	$10^{-1} \leq PFD < 1$	$1 < RR \leq 10$

Sous une formulation plus générale, un niveau de confiance NC = i affecté à une MMR correspond à une classe de probabilité i de défaillance à la sollicitation.

La réduction de risque (RR) est liée à la notion de probabilité conditionnelle exposée au § 3.3 ci-avant. La barrière (ou mesure) de sécurité ne peut aboutir sur un facteur de réduction de risque que si son NC est déterminé. Quand c'est le cas, la barrière de sécurité est considérée comme une MMR (mesure de maîtrise de risque) par la profession pétrolière (Cf. § 7.4 du guide DLI).

Cependant, des barrières techniques de sécurité sur un réservoir enterré et ses équipements annexes pourraient être identifiées comme agissant en mode de fonctionnement continu. Dans ce cas, on s'intéresserait à la probabilité de défaillance de la barrière rapportée à une unité de temps (heure ou année).

Niveau de confiance (NC)	Probabilité des défaillances dangereuses par heure (PFH)	Réduction du risque (RR)
3	$10^{-8} \leq PFH < 10^{-7}$	$1\ 000 < RR \leq 10\ 000$
2	$10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$	$100 < RR \leq 1\ 000$
1	$10^{-6} \leq PFH < 10^{-5}$	$10 < RR \leq 100$
0	$10^{-5} \leq PFH < 10^{-4}$	$1 < RR \leq 10$

Il convient de rappeler que la méthode relative à l'évaluation de la performance des barrières techniques de sécurité « oméga 10 », retenue dans le guide d'accompagnement, ne traite que des BTS fonctionnant à la sollicitation.

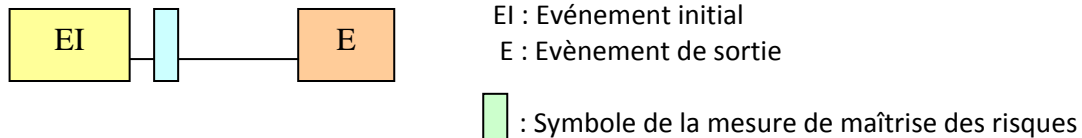
⁶ Références : § 4.5.1 du rapport d'étude Ω 10 « évaluation des barrières techniques de sécurité » ; Chapitre 6 du rapport d'étude INERIS du 27/03/2006 « Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques » - partie 2 : données quantifiées.

7 Traitement du cas où une ou plusieurs MMR s'appliquent à un même évènement

(cf.: fiche pratique n° 3 du rapport d'étude INERIS du 31/10/2008)

Dans le cas où une ou plusieurs MMR s'appliquent à un évènement ou phénomène lorsqu'on applique la démarche proposée par le guide d'accompagnement, il est utile de connaître les règles de calcul de base pour une approche semi-quantitative.

L'exemple proposé est le suivant :



La MMR fonctionnant à la sollicitation, l'évènement de sortie E se réalise si EI déjà se réalise et si la MMR ne fonctionne pas quand elle se trouve ainsi sollicitée (notion de probabilité conditionnelle de défaillance à la sollicitation)

Traitement de l'exemple par une approche semi-quantitative

Les données d'entrée de l'approche semi-quantifiée sont :

- la classe de fréquence annuelle (EI) pour l'évènement étudié est sa donnée d'entrée ;
- pour la MMR, le NC comme donnée d'entrée indique la classe de probabilité de la défaillance à la sollicitation

La classe de fréquence annuelle de l'évènement de sortie est estimée de la façon suivante :

$$\text{Classe de fréquence (E)} = \text{NC} + \text{classe de fréquence (EI)}$$

Si la classe de fréquence de E est supérieure par convention à la classe de fréquence « 0 », on obtient :

$$\text{Classe de POA de E} = \text{NC} + \text{classe de fréquence (EI)}$$

Sinon classe (POA de E) = $[10^{-1} ; 1]$.

Généralisation à n mesures de maîtrise des risques s'appliquant à un EI

Pour les n MMR, les nouvelles données d'entrée sont NC_k pour $k = 1$ à n.

La classe de fréquence annuelle de l'évènement de sortie est estimée de la façon suivante :

$$\text{Classe de fréquence (E)} = \sum \text{NC}_k + \text{classe de fréquence (EI)} \text{ pour } k = 1 \text{ à } n$$

Si la classe de fréquence de E est supérieure par convention à la classe de fréquence « F 0 », on obtient :

$$\text{Classe de POA de E} = \sum \text{NC}_k + \text{classe de fréquence (EI)}$$

Sinon classe (POA de E) = $[10^{-1} ; 1]$.

Avertissement n° 1 :

La règle probabiliste énoncée ci-dessus ne prend pas en compte les éventuels modes communs⁷ de défaillance des MMR. Or, lorsque le nombre de MMR s'appliquant à un même évènement initial devient conséquent, le poids des modes communs de défaillances augmente de sorte que la règle probabiliste citée ci-dessus devient très optimiste. En pratique sur un dépôt, l'intégration des modes communs de défaillance conduit à un plafonnement de la réduction des risques.

Avertissement n° 2 :

Comme l'indique l'intitulé du titre II de l'arrêté PCIG, il ne faut pas utiliser l'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG comme une échelle de fréquence pour caractériser les évènements initiateurs. Les libellés qualitatifs qui y sont proposés (« évènement possible mais non rencontré », « évènement probable sur site », etc.) et qui sont mis en relation avec des classes semi-quantitatives ont été définis en cohérence avec la faible probabilité d'occurrence des PhD et des accidents visés par le titre II ; l'échelle PCIG est donc conçue pour eux et non pour permettre un classement semi-quantitatif d'évènements initiateurs qui sont par nature plus fréquents que le PhD ou l'accident.

La dernière colonne du tableau du paragraphe 5 permet une traduction semi-quantitative des évènements initiateurs.

Avertissement n° 3 :

Ne pas assimiler probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux (PhD) associé : la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des éléments vulnérables (ou enjeux environnementaux). L'assimilation sous-entend que les éléments vulnérables sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique du scénario permet une mise en sécurité des éléments vulnérables.

Avertissement n° 4 :

Ne pas estimer la fréquence des évènements initiateurs en prenant en compte le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques en prévention ; le risque est de comptabiliser deux fois la MMR au moment de l'étude de la réduction du risque.

En revanche, la collecte d'information de retour d'expérience (RETEX ou REX) sur le nombre de sollicitation d'une MMR sur une période d'observation donnée peut permettre d'évaluer la fréquence annuelle de l'évènement initiateur en amont de cette mesure.

⁷ Les modes communs de défaillance correspondent à des évènements qui, de par leur nature ou la dépendance de certains composants installés dans le dépôt, provoquent simultanément des états de panne sur plusieurs des composants du système « réservoir enterré et ses équipements annexes ». Les pertes d'utilités sur le dépôt (exemple typique de l'énergie électrique) ou des agressions externes majeures constituent, dans de nombreux cas, des modes communs de défaillance affectant l'architecture de sécurité du système étudié.

Annexe B : évaluation¹ des probabilités d'occurrence

1 Exigences réglementaires pour les installations soumises à autorisation

(Référence : article 2 de l'arrêté PCIG)

L'évaluation de la probabilité s'appuie sur une méthode dont la pertinence est démontrée. Cette méthode utilise des éléments qualifiés ou quantifiés **tenant compte de la spécificité de l'installation considérée**.

A défaut de données fiables, disponibles et statistiquement représentatives, il peut être fait **usage de banques de données internationales reconnues, de banques de données relatives à des installations ou équipements similaires** mis en œuvre dans des conditions comparables.

2 Pré-requis

L'étape d'identification et de caractérisation des séquences accidentelles et des phénomènes dangereux (PhD) est un pré-requis indispensable à l'estimation probabiliste des événements redoutés au niveau d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes. En effet, la pertinence de la méthode d'évaluation de la probabilité (exigée à l'art. 2 de l'arrêté PCIG) se démontre par la connaissance des causes en amont de ces événements redoutés : les données probabilistes qui se rattachent aux causes vont, de fait, prendre en compte les spécificités du réservoir enterré et de ses équipements annexes.

3 Sources de données et quantification probabiliste

Les sources de données européennes et internationales disponibles pour aider à la quantification probabiliste des PhD ou accidents potentiels sur un réservoir enterré et ses équipements annexes sont multiples, couvrent des domaines d'activités divers et traitent d'événements de nature variée. Cette abondance prend ses origines dans la multiplicité des situations et des éléments qui doivent être traités pour fournir une vision claire des phénomènes complexes et rares que sont les accidents.

La principale difficulté pour un exploitant est alors l'appréciation de leur pertinence au moment du choix et de l'utilisation de sources aussi variées dans le cadre du guide d'accompagnement. Pour vaincre cette difficulté, il convient de mieux connaître ces sources pour apprécier leur cadre d'application et pouvoir utiliser correctement les données qui les composent.

4 Typologie des sources de données

Les sources de données susceptibles d'entrer dans le champ d'application du guide d'accompagnement des réservoirs enterrés se divisent en deux familles :

- les sources de données descriptives présentant des descriptions d'événements, n'ayant pas pour vocation d'être exploitées à des fins quantitatives, ce sont des bases de données d'accidentologie pour que « les erreurs qui ont été commises ne soient pas répétées demain », l'usage le plus répandu et le plus naturel de ces sources de données d'accidentologie est l'identification des scénarios d'accident et l'extraction - au titre de l'évaluation demandée de probabilités - de fréquences d'occurrence d'accidents et de fréquences de défaillance d'équipements reste un exercice difficile ;
- les sources de données quantitatives capitalisant directement des données quantitatives ou ayant vocation à servir pour des traitements quantitatifs, trois types de sources sont à distinguer dans cette famille :
 - les analyses ponctuelles en réponse à une problématique précise de l'analyse de risques,
 - les bases de données organisées et structurées selon un protocole pré-établi,
 - les guides méthodologiques qui associent à des données capitalisées leur mode d'exploitation.

Parmi ces trois types de sources, deux catégories de données sont à distinguer :

- les données brutes issues directement du terrain, capitalisées dans un contexte donné et pour un objectif fixé (exemple : données capitalisées pour des besoins de maintenance pour optimiser la

¹ Références : - Guide pour l'intégration de la probabilité dans les études de dangers (rapport d'étude INERIS du 12/09/2008).

- Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques – partie 2 : données quantifiées (rapport d'étude INERIS du 27/03/2006).

fréquence de contrôle des équipements); ces données sont souvent rares et couvrent peu de secteurs d'activité, elles se concentrent sur des équipements et des modes de défaillance précis ;

- les données génériques qui peuvent être des moyennes de données brutes ou combinaison de données brutes et d'autres données génériques, des jugements d'experts ou combinaison de jugements d'experts, la combinaison de ces deux classes d'information ;

5 Base de données quantitatives génériques

Les données brutes étant rares et difficiles à collecter, l'usage est de les compléter par des données génériques qui sont plus abondantes.

Ainsi, des données de fiabilité sur les équipements au sein d'installations fixes peuvent être fournis par la base de données **FRED** (*failure rate equipment data*) du HSE (*health and safety executive* organisme responsable de la régulation de la santé et de la sécurité en Grande Bretagne). Les données proposées dans FRED sont des données génériques calculées à partir d'autres données issues d'autres bases génériques et de publications de la littérature spécialisée, l'objectif poursuivi est de fournir des éléments permettant d'uniformiser les données d'entrée, en particulier sur des taux de défaillance générique pour assister le jugement d'experts lors d'évaluation des risques.

Une version simplifiée est publique (une autre partie est en accès restreint) et peut être une source de données présentant un intérêt potentiel dans le cadre de l'utilisation du guide d'accompagnement comme le montrent les paragraphes 8 et 9 ci-après.

6 Guides méthodologiques pour l'estimation quantitative ou semi-quantitative

Les données génériques présentées dans ces guides ont vocation à alimenter une méthode d'analyse de risque prédéfinie. Comme la base de données FRED, le Purple Book présenté ci-après fait référence aujourd'hui dans le monde du risque accidentel.

Le **Purple Book** développé par le CPR (*committee for the prevention of disasters*) en 1999 et géré par le RIVM (institut national pour la santé publique et l'environnement aux Pays-Bas) fournit des modèles et des données pour servir de support aux méthodes de calcul des risques liés aux substances dangereuses dans les transports et les installations fixes en Hollande. Il harmonise les méthodes et les données utilisées dans les études de dangers en se basant sur un consensus entre les industriels et les instances officielles compétentes. Cette base de données est aussi utilisée au Québec et de plus en plus en France pour les études probabilistes.

Les données capitalisées dans le Purple Book sont issues de l'étude COVO, de publications scientifiques, d'avis d'experts, d'études pilotées par les autorités des Pays-Bas selon une approche qui intègre implicitement les barrières de prévention, l'impact de ces barrières étant supposé être comptabilisé dans les fréquences génériques des événements redoutés.

En particulier, l'**étude COVO**, réalisée par le cabinet *Cremer and Warner consulting chemical engineers*, constitue une bonne présentation de l'état de l'art de l'analyse des risques sur les installations de stockage de substances dangereuses en 1979 aux Pays-Bas, elle fournit de nombreuses fréquences de défaillance (conduisant à des fuites) et probabilités d'accidents (à partir d'une source d'ignition). Son objectif est - à partir d'une sélection de six (6) installations industrielles « à risques » représentatives choisies dans la région portuaire du Rijnmond (Rotterdam) - la mise en place et l'évaluation d'une méthode d'analyse quantitative des risques.

Le Purple Book, comme le Handboek Kanscijfers appliqué en Belgique (les données qui y sont capitalisées sont principalement issues du Purple Book), sont des guides méthodologiques rédigés ou validés par les instances réglementaires compétentes. Leur utilisation pour la réalisation des études de dangers étant obligatoire en Hollande et dans la partie flamande de la Belgique, ils favorisent l'harmonisation et la simplification des études de dangers quantitatives sur les territoires visés (approche standardisée par des scénarios génériques directement applicables pour les principaux équipements d'une installation type, pas forcément complètement représentative de la réalité d'une installation précise étudiée, exemple de scénario représentatif standard : vidange du réservoir en 10 minutes).

7 Limites des données quantitatives

Au-delà des difficultés pour trouver des références quantitatives qui correspondent aux événements que l'on souhaite quantifier, deux obstacles peuvent surgir lorsqu'il est envisagé d'utiliser ces données dans la démarche d'analyse de risques présentée dans le guide d'accompagnement des réservoirs enterrés:

- la robustesse des données peuvent être faibles compte tenu de la rareté des événements étudiés (accidents, etc.) ;
- les données peuvent être inapplicables : en effet, une donnée choisie peut concerner un tout autre type d'installation et peut être inadaptée à la configuration analysée (un réservoir enterré de grande capacité et ses équipements annexes) ; ceci étant, si l'impact de la configuration sur les fréquences d'événements reste difficile à apprécier, en revanche les facteurs les plus déterminants – et souvent mal appréciés – lorsque l'on utilise une source de données sont eux connus, en particulier :
 - les normes de conception,
 - les conditions de construction,
 - les conditions d'exploitation,
 - les conditions d'entretien et de maintenance.

En outre, une donnée générique ne peut pas prendre en compte – par définition - les spécificités locales, comme par exemple un événement initiateur singulier, la présence de mesures de maîtrise des risques ou une organisation de la sécurité propre au site.

Ces conditions, spécifiques à chaque installation de stockage, peuvent conduire à de grandes variations sur les fréquences d'événements non désirés.

Néanmoins, les données génériques sont beaucoup plus nombreuses et généralement plus faciles d'utilisation que les données brutes, leur pratique est particulièrement répandue lors du calcul de fréquence de fuite.

Il est important de noter que l'emploi des données génériques correspond en fait à un raisonnement bien spécifique : ces données sont des « moyennes » qui synthétisent un grand nombre de conditions de fonctionnement des installations traitant de substances dangereuses, elles traduisent ainsi un « état de l'art moyen » de leur sécurité.

Appliquer ce type de données pour les analyses de risques réalisées en application du guide d'accompagnement revient à considérer les réservoirs enterrés et leurs équipements comme relevant tous de cet « **état de l'art moyen** » sauf que :

- les variations de fréquences d'accidents en fonction des conditions de fonctionnement des installations ne sont pas prises en compte ;
- il est difficile d'une part, de définir cet « état de l'art moyen » pour des réservoirs enterrés et donc de se situer en référence à celui-ci et, d'autre part, par voie de conséquence, de pouvoir compléter la présentation de données génériques dans une étude d'une définition de cet état de l'art moyen.

C'est pourquoi, il est courant d'utiliser (voir paragraphe 9 ci-après), pour un événement redouté central (ERC), une donnée générique comme base pour quantifier sa fréquence (ou probabilité d'occurrence) et d'y appliquer un certain nombre de facteurs correctifs dépendant par exemple, de la substance dangereuse traitée, de l'environnement de l'installation, du type de sollicitation de l'équipement, etc. Ces facteurs correctifs étant essentiellement définis par jugements d'experts afin d'ajuster la donnée générique à l'installation étudiée.

8 Estimation des fréquences des événements initiateurs

Des valeurs usuelles peuvent être utiles à connaître pour certains types de causes (ou événements initiateurs) dans le cadre de la démarche de type barrières développée dans le guide d'accompagnement. Dans cette démarche, il est rappelé que l'évaluation des fréquences des ERC (pertes de confinement) s'appuie sur les fréquences de leurs événements initiateurs (ou causes) et les probabilités de défaillance des barrières en prévention de ces ERC.

Un tableau est présenté ci-après à toutes fins utiles, donnant des valeurs usuelles proposées par différentes sources pour des événements initiateurs (ou causes), à savoir :

- **LOPA** : *layer of protection analysis, simplified process risk assessment*, CCPS (*center for chemical process safety*) organisme dépendant de l'AICHE (*american institute of chemical engineers*) – 2001; cette méthode « d'analyse des niveaux de protection » est dite intégrée dans le sens où elle vise à répondre à travers une même démarche à plusieurs questions que se posent les acteurs de l'évaluation des risques et à apporter des outils pour faciliter l'analyse et l'estimation des risques ; la méthode LOPA peut être décomposée en six principales étapes dont l'étape 3 relative à l'identification des fréquences d'évènements initiateurs qui va s'appuyer sur des données internes ou issues de la littérature ;
- **safety report assessment guide** (chlore et GPL) et **PCAG 6K** (*planning case assessment guide*) d'août 2004 : deux guides développés par le HSE britannique ;
- **rapport INERIS DRA 41** – appui technique pour la mise en œuvre des PPRT (note de réflexion sur l'estimation de la probabilité des scénarios dans le cadre des PPRT expérimentaux du 18 juin 2004).

Comme il existe des différences entre les sources, les valeurs utilisées pour un dépôt donné doivent être validées en groupe de travail (jugement d'experts). De plus, certaines données ne peuvent pas être utilisées sans réflexion puisqu'elles dépendent fortement du contexte du site (possibilité de feu, nature de l'environnement, politique de maintenance, formation des opérateurs, etc.). Par ailleurs, pour certaines causes, il faut être vigilant sur l'évaluation de la taille de l'ERC qui s'y rattache par un enchaînement causal : par exemple, pour une défaillance de canalisation ou une fuite sur vanne qu'elle est la dimension de la brèche associée ? Rupture guillotine, brèche de taille moyenne, petite fuite,

Type de cause	Fréquence d'occurrence par an		
	LOPA	HSE	INERIS DRA 41
Causes internes			
Causes internes génériques			
Rupture catastrophique de réservoirs		3×10^{-6}	
Défaillance réservoir atmosphérique	10^{-3} à 10^{-5} 10^{-3}		
Défaillance de canalisation – 100 m – rupture guillotine	10^{-5} à 10^{-6} 10^{-5}		
Fuite sur canalisation (10% de section équivalente) – 100 m	10^{-3} à 10^{-4} 10^{-3}		
Enlèvement joint ou garniture	10^{-2} à 10^{-6} 10^{-2}		Niveau F2
Défaillance flexible (dé)chargement			Niveau F1
Feu de garniture		2×10^{-4} / équip.	
Fente périphérique sans inflammation		3×10^{-4} / équip.	
Fente périphérique avec explosion		$< 3 \times 10^{-5}$ / équip.	
Causes internes dues au procédé			
Ouverture intempestive d'une soupape	10^{-2} à 10^{-4} 10^{-2}		
Défaillance du circuit de refroidissement eau	10^{-1} à 10^{-2} 10^{-1}		
Perte générale d'utilité			Niveau F1
Défaillance régulateur	10^{-1} 10^{-1}		Niveau F1
Défaillance d'un capteur de niveau		50×10^{-6} / H	
Défaillance d'un capteur de débit		40×10^{-6} / H	
Erreur humaine			
Erreur opérateur (procédé de routine, bien entraîné, sans stress ni fatigue)	10^{-1} à 10^{-3} / opération 10^{-2} / opération		
Erreur opératoire			Niveau F2

Intervention humaine			
Intervention d'un tiers (impact par véhicule, etc.)	10^{-2} à 10^{-4} 10^{-2}		Niveau F3
Chute de grue	10^{-3} à 10^{-4} / op. levage 10^{-4} / op. levage		Niveau F2
Feu externe de faible ampleur	10^{-1} à 10^{-2} 10^{-1}		Niveau F1
Feu externe de grande ampleur	10^{-2} à 10^{-3} 10^{-2}		Niveau F1

NOTA : La première ligne dans les données de la colonne LOPA est un intervalle issu de la littérature, la deuxième ligne est un exemple de chiffre retenu par un exploitant qui applique la méthode LOPA.

9 Estimation des fréquences des évènements redoutés centraux (ERC)

9.1 Avantages et limites de l'approche semi-quantitative des causes ou EI

En complément de ce qui est écrit au paragraphe 8, le guide d'accompagnement vise en effet la détermination des ERC à partir des causes et des barrières, en privilégiant l'approche semi-quantitative qui consiste à évaluer la classe de probabilité des ERC (des fuites) en s'appuyant sur les classes de fréquences d'occurrence des causes (ou évènements initiateurs) et des classes de probabilité de défaillance des barrières de sécurité (notion de niveau de confiance) qui interviennent en prévention, que la classe de probabilité de l'ERC pour le système étudié (réservoir enterré et ses équipements annexes) dépende d'une cause unique ou d'un ensemble de causes.

L'avantage de l'approche semi-quantitative des causes et des barrières de sécurité est de pouvoir, pour un exploitant et son groupe de travail, déterminer sur la base de leur propre retour d'expérience l'estimation la plus proche de la réalité du site de stockage. Elle ne n'impose pas de données génériques, sauf pour les risques naturels qui ne font pas l'objet d'une approche déterministe prévue par la réglementation ; de plus, ce type d'approche permet de s'interroger sur les MMR en place sur le système étudié.

Une démarche semi-quantitative s'appuie généralement sur un travail de groupe, la constitution d'un groupe pertinent est donc fondamentale afin que le choix des classes de fréquence ou de probabilité le soit, pertinence fondée sur le retour d'expérience (RETEX ou REX) du site et dans la mesure du possible du REX du secteur industriel du stockage d'hydrocarbures liquides (voir, sur ce point, le paragraphe 10 ci-après).

En tout état de cause, l'approche barrière nécessite un investissement substantiel en temps.

9.2 Avantages et limites de l'estimation directe des fréquences d'ERC

En utilisant des bases de données d'ERC, l'estimation directe de la fréquence d'occurrence d'un ERC est aussi possible : ces données sont pour l'essentiel issues de documents provenant des pays où la maîtrise de l'urbanisation s'appuie sur des méthodes d'évaluation quantitative des risques individuels et sociétaux de type QRA (*quantitative risk assessment*).

Ces données génériques peuvent servir à initier ou appuyer la réflexion lors de la démarche d'analyse de risques prévue dans le guide d'accompagnement, réflexion qui doit être approfondie et étayée par la suite.

Des exemples de chiffres de fréquence d'occurrence d'ERC sont présentés ci-dessous issus de trois sources :

- le **Purple Book**² déjà cité au paragraphe 6 ci-avant, dont la référence officielle est CPR 18^E « *guidelines for quantitative risk assessment* » ;
- le **guide PCAG** (cité au paragraphe 8), issu de la base anglaise FRED (citée au paragraphe 5) ; la base du PCAG est utilisée pour définir les périmètres de maîtrise de l'urbanisation autour des sites industriels ;

² Les autres « *coloured books* » sont le « *Red Book* » qui porte sur la méthodologie probabiliste générale, le « *Green Book* » sur l'évaluation des effets thermiques, toxiques et de surpression sur l'homme et le « *Yellow Book* » qui traite du calcul des conséquences d'un accident. Ces 4 ouvrages couvrent tous les domaines nécessaires à la réalisation d'un QRA.

- le **projet européen ARAMIS** (*accidental risk assessment methodology for industries in the framework of Seveso II directive*) dont l'INERIS a assuré la coordination de 2002 à 2004, projet pour lequel la faculté polytechnique de Mons (Belgique) a réalisé une étude bibliographique des données disponibles.

Les données génériques pour les ERC, en s'affranchissant de l'étape de l'analyse détaillée des risques, permettent donc une évaluation plus rapide de la fréquence (ou classe de fréquence) des ERC mais sans données sur l'état de l'art, en considérant une « moyenne » des substances exploitées, des installations, des dispositifs de sécurité. De ce fait, pour un réservoir enterré donné et ses équipements annexes, il n'est pas possible d'évaluer si le chiffre générique utilisé est supérieur ou inférieur à la réalité ; par ailleurs, une barrière de sécurité pouvant ainsi être prise en compte en deux fois, l'estimation de la probabilité s'en trouve donc erronée.

Tous ces éléments doivent être analysés dans le cadre d'une étude spécifique menée par l'exploitant et son groupe de travail afin de pouvoir évaluer la validité d'un chiffre générique, sachant que la validation du chiffre reste difficile à effectuer en l'absence de référence.

Deux tableaux « stockage atmosphérique » et « défaillances sur canalisations » de données génériques sur des fréquences annuelles d'ERC sont proposés en fin de la présente annexe.

Quelques remarques générales complémentaires peuvent toutefois être faites concernant ces données génériques chiffrées :

- en fonction des équipements, l'unité de fréquence d'occurrence est en fréquence / an (majorité des cas), fréquence / mètres de canalisation / an, fréquence / opération / an ; des opérations arithmétiques élémentaires sont alors à effectuer³ pour ramener en fréquence / an ;
- pour un équipement donné, la question de savoir quels composants de l'équipement sont inclus dans le chiffre générique (exemple : brides, piquages pour instrumentation, ...) peut parfois se poser ;
- dans certains cas, les chiffres sont spécifiques à une industrie mettant en oeuvre des substances données ;
- les conditions d'application sont sources d'interrogation, conditions pour lesquelles il faut être vigilant : corrosion, érosion, vibration, contrainte mécanique interne due à des changements cycliques de température, etc. ; en cas de corrosion, par exemple, il est proposé d'appliquer un facteur de 3 à 10.

10 Valeurs guides d'évènements du guide DLI

Le guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables (guide DLI du 8 octobre 2008) propose – dans son paragraphe 10.6 – six tableaux de valeurs guides : cinq relatifs à de la perte de confinement (fuites sur bacs, sur tuyauteries, sur vannes, sur brides et autres) et un tableau sur des phénomènes dangereux liés à une source d'ignition (feu, explosion et *boil over*).

En dehors de sources de données déjà citées (HSE britannique et le *Purple Book*), les données les plus nombreuses, relatives aux fuites sur tuyauteries, vannes et brides, proviennent d'une étude DNV.

Det Norske Veritas est une fondation indépendante fondée en 1864 en Norvège qui a pour objectif la préservation de la vie, de la propriété et de l'environnement, elle a depuis établi plus de 300 structures dans une centaine de pays différents et emploie 7 000 personnes ; DNV est un des plus importants organismes de certification au plan mondial et un prestataire global de solutions en management des risques.

La source de données DNV utilisée dans le guide DLI est vraisemblablement la **WOAD (world offshore accident databank)** qui contient des détails sur environ 4 000 accidents graves des unités offshore de pétrole ou de gaz à l'échelle internationale : accidents causant des dommages significatifs sur les unités offshore, fuites majeures d'hydrocarbures et accidents entraînant mort d'homme.

Les données stockées depuis 1970 sont continuellement mises à jour à partir des dernières informations fournies par les autorités, les publications officielles, les rapports d'enquête, les journaux, les autres bases de données à disposition, les propriétaires de plate-forme offshore et les opérateurs.

WOAD est une base de données destinée à évaluer les risques en offshore et à mettre en place des plans d'urgence, en se basant sur le retour d'expérience issu des accidents passés.

³ Voir fiches pratiques du rapport d'étude INERIS du 31/10/2008 relatif à l'intégration de la probabilité dans les études de dangers.

Stockage atmosphérique				
Source de données	Rupture catastrophique	Brèche dans la paroi		
		« large »		« moyenne »
Purple Book	<u>Simple paroi</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{an}$	Fuite de la totalité du contenu en 10 minutes (débit constant) : <u>Simple paroi</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{an}$		Diamètre de 10 mm (fuite continue) : <u>Simple paroi</u> : $10^{-4} / \text{an}$
Base PCAG pour grands réservoirs de liquides inflammables	$5 \times 10^{-6} / \text{an}$	<u>Fuite majeure</u> : $10^{-4} / \text{an}$ Diamètre de 500 mm pour $450 < V < 4\ 000 \text{ m}^3$ Diamètre de 750 mm pour $4\ 000 < V < 12\ 000 \text{ m}^3$ Diamètre de 1 000 mm pour $V > 12\ 000 \text{ m}^3$		<u>Fuite mineure</u> : $2,5 \times 10^{-3} / \text{an}$ Diamètre de 150 mm pour $450 < V < 4\ 000 \text{ m}^3$ Diamètre de 225 mm pour $4\ 000 < V < 12\ 000 \text{ m}^3$ Diamètre de 300 mm pour $V > 12\ 000 \text{ m}^3$
Diverses sources bibliographiques (cf. ARAMIS)	<u>Simple paroi</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{an}$ <u>Enterrés</u> : $10^{-8} / \text{an}$ <u>Sous-talus</u> : $10^{-8} / \text{an}$	Diamètre de 100 mm : <u>Simple paroi</u> : $1,2 \times 10^{-5} / \text{an}$ <u>Enterrés</u> : $2 \times 10^{-8} / \text{an}$ <u>Sous-talus</u> : $2 \times 10^{-8} / \text{an}$ Diamètre de 50 mm pendant 10 minutes : <u>Simple paroi</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{an}$ <u>Enterrés</u> : / <u>Sous-talus</u> : /	Diamètre de 35 mm : <u>Simple paroi</u> : $1,8 \times 10^{-5} / \text{an}$ <u>Enterrés</u> : $4 \times 10^{-8} / \text{an}$ <u>Sous-talus</u> : $4 \times 10^{-8} / \text{an}$	Diamètre de 10 mm : <u>Simple paroi</u> : $5,1 \times 10^{-5} / \text{an}$ à $10^{-4} / \text{an}$ <u>Enterrés</u> : $10^{-7} / \text{an}$ <u>Sous-talus</u> : $10^{-7} / \text{an}$

Défaillances sur canalisations				
Sources de données	Rupture guillotine	Fuite de la canalisation		
		« large »	« moyenne »	« petite »
Purple Book	En fonction du diamètre de la canalisation : <u>D < 75 mm</u> : $10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>75 < D < 150 mm</u> : $3 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>D > 150 mm</u> : $10^{-7} / \text{m} / \text{an}$			Diamètre de fuite égal à 10% du diamètre de la canalisation (maxi 50 mm) : <u>D < 75 mm</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>75 < D < 150 mm</u> : $2 \times 10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>D > 150 mm</u> : $5 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$
Base PCAG	En fonction du diamètre de la canalisation : <u>D < 49 mm</u> : $10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>50 < D < 149 mm</u> : $5 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>150 < D < 299 mm</u> : $2 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>300 < D < 499 mm</u> : $7 \times 10^{-8} / \text{m} / \text{an}$ <u>500 < D < 1 000 mm</u> : $4 \times 10^{-8} / \text{m} / \text{an}$	Diamètre de fuite égal à 33% du diamètre de la canalisation : <u>D < 49 mm</u> : / <u>50 < D < 149 mm</u> : / <u>150 < D < 299 mm</u> : $4 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>300 < D < 499 mm</u> : $2 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>500 < D < 1 000 mm</u> : $10^{-7} / \text{m} / \text{an}$	Diamètre de la fuite égale à 25 mm : <u>D < 49 mm</u> : $5 \times 10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>50 < D < 149 mm</u> : $10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>150 < D < 299 mm</u> : $7 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>300 < D < 499 mm</u> : $5 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>500 < D < 1 000 mm</u> : $4 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$	Diamètre de fuite de 4 mm pour $D > 150 \text{ mm}$ ou 3 mm si $D < 149 \text{ mm}$. <u>D < 49 mm</u> : $10^{-5} / \text{m} / \text{an}$ <u>50 < D < 149 mm</u> : $2 \times 10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>150 < D < 299 mm</u> : $10^{-6} / \text{m} / \text{an}$ <u>300 < D < 499 mm</u> : $8 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$ <u>500 < D < 1 000 mm</u> : $7 \times 10^{-7} / \text{m} / \text{an}$

Annexe C : Détermination des objectifs de sécurité et appréciation du risque résiduel

Rappel

La maîtrise des risques liés à l'exploitation d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes est assurée (et démontrée) par la performance des barrières de sécurité qui interviennent dans le processus de réduction des risques à travers les fonctions de sécurité qu'elles remplissent. Les facteurs de réduction de risque sont liés à la probabilité conditionnelle de défaillance à la sollicitation de ces barrières (Cf. : § 3.3 de l'annexe A).

Niveau de risque résiduel

Pour un scénario d'accident étudié, c'est l'ensemble des fonctions de sécurité intervenant dans la maîtrise du risque qui est considéré pour l'estimation (ou mesure) du risque résiduel.

Le niveau de ce risque résiduel est étroitement dépendant de la performance des fonctions de sécurité, cette performance étant elle-même corellée à celles des barrières de sécurité participant aux dites fonctions dans le scénario étudié,

Choix des objectifs de sécurité

Dans un processus de maîtrise et de réduction des risques, un objectif de sécurité à atteindre est attribué à chaque fonction de sécurité; cet objectif est fixé par l'exploitant du dépôt pétrolier au regard de la criticité du scénario potentiel d'accident examiné.

Ainsi, dans le déroulement de ce processus de gestion des risques, un facteur majeur de la démonstration de la maîtrise des risques générés par le réservoir enterré étudié et ses équipements annexes est la prise en compte de leur implantation. Elle intervient en effet de façon déterminante dans le choix des objectifs de sécurité qui, dans un dépôt pétrolier, offrent la typologie suivante (cf. : § 5.1 du guide DLI) :

- objectif de protection des personnes extérieures et du personnel œuvrant sur l'emprise autour du système étudié ;
- objectif de protection des installations sensibles et des éléments vulnérables situés aux alentours ;
- objectif de prévention du risque de propagation des effets de phénomènes dangereux (voire des PhD eux-mêmes – incendie, explosion par exemple) du système étudié à une autre installation voisine et du risque d'effets domino vers l'extérieur du site d'implantation.

Définition des objectifs de sécurité

Les objectifs de sécurité choisis par l'exploitant du dépôt pétrolier sont définis en fonction d'un contexte local précis, surtout quand les seuils d'intensité et/ou les durées d'exposition associés aux phénomènes dangereux sont susceptibles d'atteindre des niveaux estimés dangereux pour l'environnement humain et naturel autour du système étudié, selon ses propres critères de hiérarchisation des risques (Cf. : § 4.2 du guide DLI).

L'objectif de sécurité ainsi défini par l'exploitant pour chaque fonction de sécurité facilite la mise en évidence de celles dont le niveau de performance apparaît plus sensible en termes de prévention (éviter ou limitation de la probabilité d'événements indésirables) ou de limitation (limitation de l'intensité d'effets de phénomènes dangereux) ou de protection (diminution de la vulnérabilité de cibles potentielles) au regard du risque à maîtriser.

Pour chaque fonction ainsi caractérisée, les barrières ou mesures de sécurité afférentes sont à valoriser et/ou à compléter pour obtenir une performance globale de sécurité environnementale de la fonction, compatible avec un niveau de risque résiduel jugé acceptable ou modéré¹. Il faut donc connaître la performance des barrières ou mesures de sécurité en jeu.

¹ La notion de risque résiduel modéré est évoquée au paragraphe 2.1.3 (situation n° 3) en partie 1 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

Nécessité d'évaluer la performance des barrières de sécurité

Les trois conditions pour qu'une barrière de sécurité - indépendante du procédé d'exploitation et de la cause du scénario accidentel - assure la fonction de sécurité attendue, sont :

- l'efficacité : la barrière est dimensionnée pour assurer la fonction ;
- le temps de réponse est compatible avec la cinétique de l'accident et l'objectif de maîtrise du risque ;
- le niveau de confiance (NC) : la barrière est fiable, sa probabilité de défaillance à la sollicitation est compatible avec l'objectif de réduction du risque.

L'évaluation de la performance des barrières de sécurité en s'appuyant sur les normes de sûreté de fonctionnement NF EN 61508 et NF EN 61511 (méthodes INERIS oméga 10 et 20 présentées en annexe E et F) permet :

- d'en détecter les faiblesses puis de les améliorer pour une sécurité accrue ;
- de s'assurer qu'elles peuvent effectivement assurer les fonctions attendues et qu'elles peuvent ainsi être retenues pour la réduction des risques ;
- une optimisation de leur management pour une meilleure démonstration de la maîtrise des risques.

Atteinte des objectifs de sécurité et appréciation des risques résiduels

Les barrières ou mesures de sécurité qui assurent des fonctions de sécurité sont considérées comme des mesures de maîtrise des risques (MMR) à partir du moment où elles respectent des critères de performance dans leur contexte d'utilisation (cf. : § 7.4 du guide DLI).

L'approche réglementaire « par objectif », telle que celle demandée par le 2^{ème} alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008, nécessite d'établir une correspondance entre objectif de sécurité et MMR (cf. : § 1.2 du guide DLI) pour pouvoir valider une démarche de maîtrise et de réduction des risques.

Dans une séquence accidentelle, les MMR en prévention permettent de réduire la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux (PhD) en tenant compte de leur fiabilité caractérisée par leur probabilité de défaillance à la sollicitation (voir exemple ci-dessous). Les autres MMR en limitation ou en protection – lorsqu'elles fonctionnent – conduisent à réduire les effets des phénomènes dangereux, ces effets sont alors évalués en tenant compte des caractéristiques desdites MMR notamment du temps de réponse et de l'efficacité.

Aussi, pour vérifier l'atteinte de ses objectifs de sécurité, l'exploitant du parc de stockage enterré doit apprécier les risques résiduels ou finaux après mise en place d'une architecture de sécurité, pour des réservoirs enterrés et équipements annexes, bâtie avec des barrières reconnues comme MMR (Cf. : § 9.4 du guide DLI) :

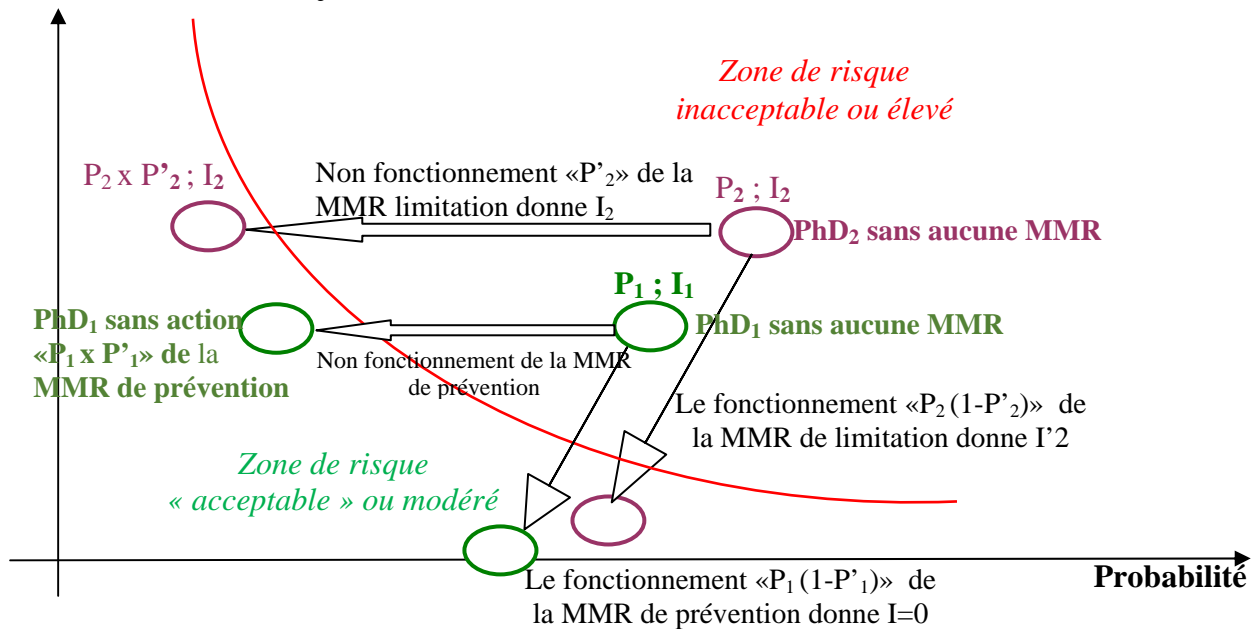
- dans l'hypothèse de leur bon fonctionnement,
- dans l'hypothèse de leur dysfonctionnement (quantifié par la probabilité conditionnelle de défaillance à la sollicitation).

Par exemple, dans le cas d'une MMR réduisant l'intensité des effets d'un PhD (exemple ci-dessous avec PhD₂), il doit s'assurer – en passant par deux étapes - que le risque résiduel est compatible avec l'objectif de sécurité qu'il s'est fixé, à savoir :

- vérification (au niveau des effets) de l'acceptabilité possible de l'occurrence « P₂ » du PhD ayant des effets non maîtrisés d'intensité « I₂ » dans la séquence accidentelle : c'est-à-dire que le risque résiduel est évalué avec la MMR ne fonctionnant pas ; donc, la probabilité de défaillance P'₂ de cette MMR au moment d'une sollicitation (de probabilité P₂) doit être suffisamment faible, grâce à un NC adapté à l'objectif de sécurité, pour qu'un tel évènement soit acceptable ;
- vérification (toujours au niveau des effets) de l'acceptabilité des effets du PhD maîtrisés d'intensité « I'₂ »: le risque résiduel est alors évalué avec la MMR « effective » entraînant bien une limitation des effets du PhD dont la probabilité d'occurrence est égale à P₂.

Remarque : La réduction de la probabilité et de l'intensité correspond à une réduction du risque environnemental « à la source² ». Cette réduction s'apprécie selon des critères formalisés par la grille ou matrice de criticité de l'exploitant (voir annexe D), matrice qui a pour finalité de fournir une indication de la compatibilité des réservoirs enterrés et de leurs équipements annexes avec leur environnement humain et naturel.

Intensité / Gravité (si enjeux identifiés)



P'1 et **P'2** représentent les probabilités de défaillance des mesures de maîtrise des risques (MMR) associées aux PhD1 (MMR de prévention) et PhD2 (MMR de limitation des effets).

² La notion de réduction du risque à la source est définie au glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010 et explicitée en page 2 de ladite circulaire.

Annexe D : matrice de criticité pour réservoir enterré

(Référence : rapport d'étude INERIS du 16 mars 2004 sur l'analyse de l'état de l'art sur les grilles de criticité)

1. Intérêt d'une matrice de criticité pour la démonstration de la maîtrise des risques

La démarche proposée par le guide d'accompagnement a pour objet d'aider l'exploitant de réservoirs enterrés de grande capacité à démontrer la maîtrise des risques liés à son activité par des dispositions spécifiques et adaptées. La démonstration attendue qui permet de définir et justifier ces dispositions comprend :

- la description des éléments vulnérables et des agresseurs potentiels autour du réservoir étudié et de ses équipements annexes;
- la caractérisation des séquences accidentelles – pouvant être engendrées par la nature des produits exploités, le mode d'exploitation et les agresseurs possibles identifiés - au moyen d'une analyse de risques se voulant exhaustive ou à défaut systématique ;
- la définition et la justification des barrières de prévention et de limitation propres à maîtriser à la source – en assurant les fonctions de sécurité décrites dans le guide - ces risques d'accident recensés.

Dans le cadre de cette démarche de gestion des risques générés par les réservoirs enterrés, il est nécessaire de faire apparaître clairement au cours de la démonstration, plus précisément lors de l'évaluation des risques d'accident, l'ensemble des scénarios étudiés, en précisant pour chacun, la probabilité ou fréquence d'occurrence et la gravité potentielle avec ou sans les mesures de prévention et de limitation existantes ou envisagées par l'exploitant.

Les matrices (ou grilles) de criticité - en intégrant les trois dimensions : probabilité, gravité et niveau de risque dans le but d'homogénéiser et d'harmoniser leur lecture – répondent à ce souci de clarté (voir § 4.3.3 du guide DLI). En présentant les conclusions de l'analyse de risques, ces matrices de criticité sont en fait des outils d'aide multicritère à la concertation et à la décision pour :

- la hiérarchisation des séquences accidentelles et la définition d'objectifs de sécurité associés aux fonctions de sécurité participant à la maîtrise à la source des risques d'accident identifiés ;
- la définition et la justification, pour chaque fonction de sécurité, de mesures de réduction des risques (à la source) qui sont de fait les « dispositions spécifiques et adaptées » pour les réservoirs enterrés de grande capacité ;
- l'évaluation des risques résiduels, après application des mesures de réduction, au regard de ce qui est considéré comme risque acceptable ou non.

2. Notion de risque acceptable

La notion d'acceptabilité du risque permet de distinguer ce qui peut être, dans les dommages occasionnés par la réalisation d'un accident sur le réservoir enterré et/ou sur ses équipements annexes, perçu comme tolérable par les parties prenantes ; cette notion pouvant évoluer avec le temps. Elle devient appréhendable au niveau de la matrice de criticité - à travers un ensemble de critères - et permet d'améliorer, de réviser ou de proposer des mesures de réduction du risque.

Le terme « risque acceptable » peut prendre des significations différentes.

Dans un pays précurseur en la matière, l'Angleterre (avec le *Health and Safety Executive* – HSE évoqué en annexe B), le risque acceptable est celui qui est « négligeable » tandis que le risque qualifié de « tolérable » n'est pas négligeable et peut cependant être accepté (« toléré ») s'il est ressenti comme étant sous contrôle et procurant des bénéfices. Dans ce cas, des limites maximales admises encadrent le risque tolérable avec la condition que des mesures « raisonnables » et/ou « praticables » soient mises en place pour tendre vers le négligeable.

Dans un autre pays précurseur comme les Pays-Bas (avec le *Netherlands ministry of spatial planning, housing and the environment* - VROM), il existe officiellement une série de limites de risques « acceptable » et « négligeable » selon les circonstances. Les risques au-dessus de la limite acceptable sont interdits et il convient de les réduire jusqu'à la limite du risque négligeable ; dans ce cas, le niveau est fixé à 100 fois inférieur à la limite acceptable pour tenir compte des incertitudes associées à l'évaluation des risques et aux conséquences possibles de l'exposition cumulative à différents risques.

En France, l'acceptation¹ du risque dépend des critères de risques retenus par la personne qui prend la décision (guide ISO/CEI 73 : management du risque – vocabulaire) ; le regard porté par cette personne tient compte du « ressenti » et du « jugement » qui lui sont associés. De façon complémentaire, le risque « tolérable² » résulte d'une mise en balance des avantages et des inconvénients liés à une situation qui sera soumise à révision régulière afin d'identifier, au fil du temps et chaque fois que cela sera possible, les moyens permettant d'aboutir à une réduction du risque.

A noter que les approches du HSE et du VROM restent très similaires et sont toutes les deux basées sur le concept ALARA (as low as reasonably achievable – aussi bas que raisonnablement réalisable) et ALARP (as low as reasonably practicable – aussi bas que raisonnablement atteignable) développés au niveau international dans le domaine nucléaire. Ce concept ou principe ALARA/ALARP signifie que les critères de décision tiennent compte des bénéfices attendus d'actions de maîtrise de risque par rapport au coût qu'elles engendrent ; aussi, quand le principe ALARP/ALARA est appliqué, le risque résiduel est un risque tolérable. Ce concept ne permet cependant pas de résoudre le problème de la définition de la limite acceptable du risque.

3. Exemple de matrice de criticité pour l'étude des réservoirs enterrés

Dans un souci d'exhaustivité, la méthode proposée pour la mesure de la gravité prend en compte les conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement, elle est exprimée à l'aide d'une échelle ordinaire composée de six (6) niveaux qualitatifs sur la base d'un référentiel évènementiel qui est le voisinage du réservoir dans et hors emprise du dépôt selon la position du réservoir étudié sur le site de stockage.

L'usage de cette échelle ordinaire de gravité pour l'évaluation des conséquences se fait par passage d'une évaluation « distinguée » des conséquences (conséquence sur les personnes, conséquence sur les biens et équipements, conséquences sur l'environnement) à une évaluation globale des conséquences. La logique d'agrégation des conséquences est la règle du maximum parmi les évaluations distinguées.

En rappel des annexes A et B, on peut préciser que la démarche d'évaluation de la probabilité d'occurrence annuelle (POA) dépend fortement de la quantité, de la nature de l'information et des données à disposition ; deux grands types de démarche sont possibles :

- la démarche statistique fondée sur des événements redoutés passés, ou à un existant, avec des informations disponibles en quantité suffisante, alors la classe de probabilité annuelle - par rapport à cet historique - est basée sur une classe de fréquence annuelle ;
- la démarche par expertise (l'exploitant et son groupe de travail) lorsque les données ne sont pas suffisantes ou font référence à un événement « potentiel », on utilise dans ce cas une « classe de probabilité subjective » car il n'y a pas de statistique historique pleinement exploitable ; l'expertise est soit directe (selon les critères qualitatifs de l'arrêt PCIG), soit indirecte (estimation de classes de fréquence des causes et agrégation des classes de fréquence des causes conduisant aux événements redoutés).

Le croisement entre la probabilité et la gravité a une forme qualitative et fournit un niveau de criticité : indésirable, améliorable et acceptable. Le passage vers le risque acceptable de scénarios d'accident correspond à l'atteinte des objectifs de sécurité que s'est fixé l'exploitant, et le jugement sur l'acceptabilité du risque va tenir compte du choix de barrières de sécurité performantes, barrières qui sont à l'origine des réductions de risque permettant d'assurer les fonctions de sécurité identifiées.

¹ L'acceptation du risque est définie dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

² Le risque toléré est défini dans le glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010.

La grille (ou matrice) de criticité en facilitant la visualisation des PhD (phénomènes dangereux) et accidents potentiels dans les cases, et en faisant réagir les différentes parties prenantes sur les possibilités d'atteindre les objectifs de protection environnementale assignés aux réservoirs enterrés de grande capacité et leurs équipements annexes, représente bien une base de concertation pour la définition et la justification de dispositions spécifiques et adaptés. La matrice de criticité est un outil d'appréciation des résultats de la démarche de maîtrise des risques à la source préconisée par le guide d'accompagnement.

A titre d'exemple, la grille (5 X 6) présentée *in fine* propose une cartographie selon trois niveaux³ de risque :



Risque « acceptable » ou moindre : compte tenu des MMR en place, le risque résiduel est modéré ;



Risque « améliorable » ou intermédiaire : des MMR - dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus – sont à mettre en place ;



Risque « indésirable » ou élevé : les MMR sont à améliorer et/ou à compléter pour sortir de la zone de risque élevé.

³ Voir, avec la proportionnalité à laquelle la réglementation incite, le chapitre 2.1 « règles générales sur l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source » en partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010.

EXEMPLE DE MATRICE (OU GRILLE) DE CRITICITE POUR UN RESERVOIR ENTERRE

Perte substantielle ou totale d'activité. Destruction du stockage.	Dommages sévères et persistants avec répercussion à l'échelle locale	Morts multiples ou indisponibilités permanentes.	5					
Perte partielle opérationnelle. Endommagement de l'état du système. Atteinte d'un équipement dangereux ou de sécurité critique dans le dépôt.	Nuisances étendues nécessitant des travaux lourds de restauration. Atteinte critique de zones vulnérables.	Des effets critiques (létaux ou irréversibles) possibles au niveau des zones du dépôt comportant les niveaux d'occupation les plus importants.	4					
Arrêt partiel des activités sans aggravation générale des conséquences. Atteinte de la capacité du réservoir à être exploiter.	Dommages affectant le voisinage. Travaux de dépollution notables.	Des effets critiques possibles limités aux postes d'exploitation proches.	3					
Interruption brève des opérations. Atteinte à des équipements de sécurité ou d'exploitation non critiques. Intervention extérieure nécessaire avant remise en service.	Dommage sans effets durables entraînant une action limitée pour contenir des polluants.	Des effets sur des personnes peuvent être observés de façon très localisée à proximité du réservoir et de ses équipements annexes.	2					
Continuité des opérations assurée. Pas d'effet significatif sur les équipements du réservoir.	Impact limité au dépôt. Pas d'atteinte significative à l'environnement mais surveillance.	Blessure bénigne, gêne passagère pour une personne à proximité du réservoir et de ses équipements annexes.	1					
Aucun dommage.	Aucun effet.	Aucun impact santé. Aucune blessure.	0					
Impact / conséquence sur les biens / les équipements Perte d'exploitation	Impact / conséquence sur l'environnement (gravité des épandages de produit sur l'environnement naturel : voir annexe D1 pour la méthode de cotation)	Impact / conséquence sur la sécurité des personnes	Gravité	« Evènement possible mais non rencontré au niveau mondial » : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	« Evènement très improbable » : s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité de ce PhD ou accident.	« Evènement improbable » : un évènement similaire déjà rencontré sur des réservoirs enterrés de grande capacité, sans que les corrections intervenues apportent une garantie de réduction de sa probabilité.	« Evènement probable sur un réservoir enterré et ses équipements annexes » : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	« Evènement courant » : se produit sur le réservoir et équipements annexes considérés et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.
				E	D	C	B	A
				$10^{-5}/\text{an}$	$10^{-4}/\text{an}$	$10^{-3}/\text{an}$	$10^{-2}/\text{an}$	
Probabilité du phénomène dangereux (PhD) ou de l'accident potentiel								

Annexe D₁ : Cotation de la gravité pour l'environnement naturel

1 Avertissement

La méthode de détermination de la gravité présentée ci-après est un exemple de cotation qui pourra évoluer dans le temps en fonction de nouvelles dispositions réglementaires et/ou du retour d'expérience consécutif à l'instruction de dossiers traitant d'installations enterrées de stockage au titre de la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.

Les seuils définis en annexe II pourront eux aussi évoluer en fonction du retour d'expérience et de la mise en application sur différents dépôts pétroliers. Leurs valeurs ainsi que les différents milieux caractérisés (Cf. tableau pour le facteur « S ») ne sont donc pas nécessairement définitifs à ce stade.

2 Introduction

Une fuite accidentelle de produit exploité dans un réservoir enterré et ses équipements annexes peut avoir des effets sur la faune et la flore (altération, destruction), sur les sols, les eaux de surface et les eaux souterraines (pollution).

Les éléments naturels visés, dans la présente analyse de gravité environnementale, sont donc ceux pouvant être impactés par un ruissellement en surface et/ou par pénétration dans le sol du produit relâché ; en particulier, lorsqu'il s'agit d'espaces naturels protégés ou reconnus (les zones labellisées de biodiversité dite « remarquable ») ou de zones agricoles « labellisées » comme les AOC (appellation d'origine contrôlée) et les IGP (indication géographique protégée).

Dans la méthode mise en œuvre pour l'estimation, autour du système étudié, de la gravité potentielle sur l'environnement naturel des effets dus à un épandage accidentel du produit exploité, les éléments suivants sont prépondérants :

- la nature du produit stocké,
- le volume de produit "relâché",
- la nature des terrains environnants,
- la distance entre le point de fuite et le ou les élément(s) vulnérable(s) de l'environnement naturel,
- la nature du ou des éléments vulnérables environnants, leur sensibilité aux hydrocarbures liquides.

L'échelle proposée pour la cotation de la gravité environnementale d'un PhD « épandage » suite à une perte de confinement d'un équipement du système étudié - échelle de cotation qui synthétise les résultats de la méthode d'analyse exposée ci-après - est une adaptation de celle présentée dans l'annexe 12 du guide GESIP n° 2008/01 - révision 2012 - relatif à la réalisation des études de dangers des canalisations de transport. Guide dont la démarche méthodologique est reconnue par le ministère de l'environnement par décision BSEI n° 2012-150 du 17 décembre 2012 (publiée au bulletin officiel n° 2013/3 du MEDDE).

3 Données préalables nécessaires

3.1 Données préalables aux enjeux

Une cartographie des enjeux naturels (ou éléments vulnérables de l'environnement naturel) autour du ou des réservoirs enterrés et de leurs équipements annexes est réalisée à partir de la collecte de données et d'informations sur l'environnement du réservoir réalisée conformément à la démarche méthodologique en première partie du présent guide.

On entend par enjeux « naturels », les intérêts protégés au sens de l'article L.511-1 du code de l'environnement (présentés dans la partie méthodologique) ayant trait à la commodité du voisinage, la santé publique et la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et des paysages et la conservation des sites.

Ces enjeux naturels ainsi définis sont répartis en quatre (4) grands "milieux" :

- ✓ les eaux de surface : c'est-à-dire les enjeux vulnérables à un ruissellement superficiel du produit exploité : rivières, lacs, mer, ... ;
- ✓ les eaux souterraines : c'est-à-dire les enjeux vulnérables à une pénétration ou infiltration dans le sol du produit exploité : captages, nappes souterraines, ... ;
- ✓ les zones terrestres « labellisées » : en particulier, les espaces naturels protégés ou reconnus de biodiversité dite « remarquable » référencés Natura 2000, les zones soumises à un arrêté de biotope, les parcs nationaux, régionaux ; les zones agricoles et viticoles type AOC ou IGP, ;

- ✓ les captages publics ou privés (officiellement répertoriés), notamment ceux destinés à l'alimentation en eau potable (AEP) comportant des périmètres de protection.

Ces éléments vulnérables ou enjeux étant identifiés, les données complémentaires suivantes sont nécessaires pour établir la cartographie :

- les distances par rapport au système étudié des captages, la profondeur des nappes, ...,
- les distances par rapport aux différentes eaux de surface,
- la localisation des zones labellisées par rapport au système étudié.

L'ensemble des données nécessaires pour établir une cartographie des enjeux autour du système étudié s'inscrit dans un périmètre initial d'étude défini de la manière suivante :

Milieux	Périmètre initial d'étude
Zones terrestres	Zones terrestres et enjeux associés à moins de 500 m d'un point de fuite du système étudié (réservoir et ses équipements annexes)
Eaux de surface	Eaux de surface répertoriées à moins de 500 m du point de fuite. Prélèvement d'eau de surface dans un canal, une rivière jusqu'à environ 20 km de rayon du point de fuite si leur sens d'écoulement est défavorable.
Eaux souterraines	Nappes à moins de 50 m de profondeur par rapport aux points bas du système étudié avec examen de la perméabilité des couches intermédiaires pour apprécier la vulnérabilité de la nappe (Cf. : annexe I)
Captages d'eaux souterraines notamment ceux destinés à l'alimentation en eau potable ou alimentaire ¹	Effets environnementaux d'un épandage d'hydrocarbures liquides susceptibles d'affecter le périmètre de protection éloigné autour d'un puits de captage AEP. Point de captage d'eaux souterraines répertorié à moins de 500 m du siège de la fuite.

3.2 Données préalables aux voies de transfert

Pour un ruissellement ou écoulement en surface, les données relatives à la topographie du terrain et à l'hydrographie, ainsi que - pour une pénétration ou infiltration dans le sol - les données géologiques et hydrogéologiques, permettent de travailler sur les écoulements (quel volume, dans quelle direction,) (*Voir annexe I*) pour apprécier une atteinte potentielle d'enjeux naturels afin d'estimer la gravité environnementale correspondante.

En particulier, pour une pénétration dans le sol, sont examinés les paramètres suivants :

- La perméabilité et l'épaisseur des différentes couches de terrain ;
- Les vitesses de transfert vertical (zone non saturée) et horizontal (zone saturée ou aquifère).

Ces paramètres permettent d'estimer les temps de transfert et donc d'atteinte potentielle des enjeux par des hydrocarbures liquides ; dans la mesure du possible, l'orientation des transferts est recherchée.

3.3 Données préalables à la source

Dans le cas d'un débordement de produit sur le sol, dû à une perte de confinement par excès de remplissage d'un réservoir enterré, le volume relâché est estimé en fonction du débit d'emplissage, du temps de détection de l'événement redouté, du temps de réaction pour la mise en œuvre de mesures de limitation (ou de mitigation) : par exemple, arrêt des pompes et fermeture des vannes. Ces mesures ayant elles-mêmes un temps de réponse avant d'être efficaces.

Dans le cas d'une fuite de produit en dessous du sol environnant caractérisant un PhD « épandage » dû à une perte de confinement d'un équipement du système étudié, le volume relâché est estimé en fonction du temps de réponse (ou de réaction) des dispositifs techniques (et/ou organisationnels) de détection (ou de diagnostic) d'une perte de confinement ; il en va de même, pour les mesures de limitation ou de mitigation.

Pour un phénomène dangereux « d'épandage » donné, les volumes d'atteinte potentielle des différents intérêts protégés (au sens de l'article L.511-1 du code de l'environnement) sont fonction du volume relâché (ou répandu) et des volumes retenus (ou perdus) au cours du transfert des hydrocarbures liquides dans des milieux intermédiaires.

La méthode de cotation développée ci-après permet d'apprécier, en termes de nuisances, les quantités de produit relâché pouvant impacter (les volumes d'atteinte) les enjeux naturels

¹ Les captages AEP font partie des captages à "usage sensible", famille dans laquelle sont référencés (*selon la nomenclature mise en œuvre dans la base de données <http://www.ad.es.eaufrance.fr/> du BRGM*) : captage AEP, eau collective, eau individuelle, eau domestique, et eau agricole pour cheptel ou irrigation. Cette base de données permet d'obtenir l'implantation et les caractéristiques de ces captages.

précédemment définis – en tenant compte de celles retenues (ou « perdues ») dans le sol, ou en surface de par le transfert - à partir d'une formule donnée au paragraphe 4.3 et de valeurs discrètes choisies dans deux tableaux propres respectivement aux facteurs « V » (nombre adimensionnel dépendant du volume potentiellement relâché) et « M » (mobilité liée aux caractéristiques du produit et de son mode de transfert : en surface ou par pénétration) présentés en annexe II.

4 Déroutement de la méthode de cotation

4.1 Principes de la méthode

Trois types de phénomènes dangereux (PhD) possibles sont retenus pour un réservoir enterré et ses équipements annexes :

- PhD « épandage » avec des effets environnementaux caractérisés par un écoulement (ou ruissellement) en surface du produit relâché ;
- PhD « épandage » avec des effets environnementaux caractérisés par une pénétration (ou infiltration) dans le sol du produit relâché ;
- PhD « épandage » avec des effets environnementaux caractérisés à la fois par ruissellement en surface et par une pénétration dans le sol du produit relâché.

Chacun de ces phénomènes dangereux est envisagé de façon séparée, l'agrégation des PhD n'est pas retenue. A noter néanmoins qu'un même réservoir peut donner lieu à l'occurrence d'un ou de plusieurs des phénomènes dangereux susmentionnés.

Pour chaque phénomène dangereux, seul l'enjeu naturel le plus contraignant en termes de sensibilité, susceptible d'être impacté, est retenu pour la cotation en gravité.

En considérant les données préalables aux enjeux (§ 3.1) et aux voies de transfert (§ 3.2), les effets environnementaux d'un épandage d'hydrocarbures liquides peuvent, en fait, influencer sur les éléments vulnérables de l'environnement naturel :

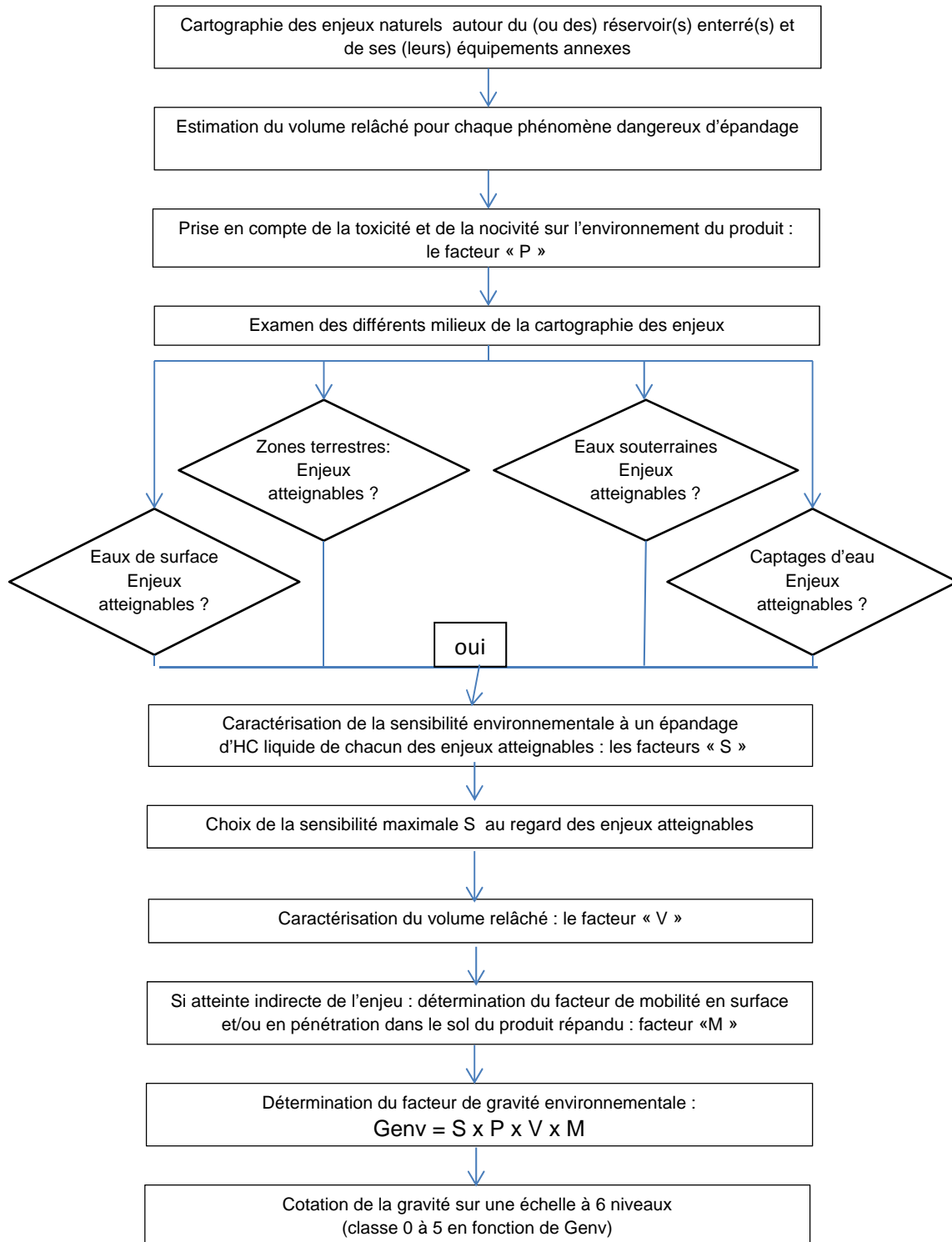
- de façon directe : atteinte immédiate de l'enjeu en cas de fuite d'un équipement du système étudié, le volume d'atteinte de l'enjeu est alors égal au volume relâché et le facteur V n'est alors pas corrigé par le facteur M (voir § 3.3 ci-dessus et annexe II ; la valeur de M est fixée à 1) ;
- de façon indirecte : atteinte différée de l'enjeu par écoulement et/ou pénétration du produit par voie de transfert et donc après un certain temps.

4.2 Volume à considérer pour la cotation

La méthode nécessite de disposer, au point de départ, d'une estimation du volume relâché (*volume émis calculé selon les indications du § 3.3*).

Dans une première approche, il est possible de considérer que le volume d'atteinte est égal au volume relâché, et d'affiner ensuite en fonction de l'accès ou non à des données caractéristiques du terrain.

4.3 Méthode



La gravité environnementale (G_{env}) est estimée en utilisant la formule suivante (les valeurs des coefficients sont choisies à partir des tableaux de l'annexe II)

$$G_{env} = S \times P \times V \times M$$

G_{env} dans laquelle :

S = caractérise la sensibilité environnementale de l'enjeu naturel.

P = tient compte de la toxicité du produit répandu.

V = nombre adimensionnel qui caractérise l'impact potentiel lié à la quantité relâchée.

M = tient compte de la "mobilité" du produit pour une atteinte indirecte de l'enjeu ; si l'atteinte est directe, M est égal à 1 (le volume relâché correspond au volume d'atteinte de l'enjeu).

Pour chaque réservoir enterré et ses équipements annexes, l'estimation de la gravité environnementale est faite en tenant compte du scénario accidentel majorant d'épandage caractérisé par la conjugaison:

- d'une sensibilité environnementale maximale « S » parmi les enjeux identifiés comme potentiellement atteignables;
- d'un volume maximal de produit susceptible d'atteindre l'enjeu naturel sensible identifié.

Dans l'échelle de cotation, six classes de gravité environnementale sont définies:

- ❖ classe 0 : $G_{env} = 0$;
- ❖ classe 1 : $0 < G_{env} \leq 2\,500$;
- ❖ classe 2 : $2\,500 < G_{env} \leq 7\,500$;
- ❖ classe 3 : $7\,500 < G_{env} \leq 12\,500$;
- ❖ classe 4 : $12\,500 < G_{env} \leq 25\,000$;
- ❖ classe 5 : $G_{env} > 25\,000$.

La classe 0 correspondant au cas où la gravité environnementale est évaluée comme négligeable :

- par défaut d'enjeu naturel potentiellement atteignable,
- par défaut de vecteur de transfert utilisable par une quantité de produit relâché,
- par défaut d'un volume substantiel de produit relâché,
- par combinaison des facteurs précédents.

La classe 1 reprend la borne haute du guide GESIP n° 2008/01 modifié.

Les classes 2 et 3 ($2\,500 < G_{env} < 12\,500$) sont le résultat d'un partage arithmétique à 7500 de la classe 2 initiale du guide GESIP cité au § 2 et reconnu par l'Administration.

Les deux classes 4 et 5 sont également le résultat d'un partage d'une classe du guide GESIP ($G_{env} > 12\,500$).

La classe 5, avec la borne de 25 000, a été choisie pour représenter une situation critique à savoir une sensibilité maximale de $S = 100$, un produit très toxique $P = 20$, un volume important entre 100 et $1\,000\text{ m}^3$ d'où $V = 25$ et une mobilité médiane de 0.5 pour prendre en compte les deux principaux types de phénomène dangereux (fuite sous le sol et débordement - § 4.1). Pour relativiser cette borne, il convient de noter que la borne maximale de la formule est de 200 000.

Les bornes supérieures (inclusives) sont en adéquation avec le système de cotation du guide GESIP (dans sa nouvelle version de 2014).

5 APPENDICES

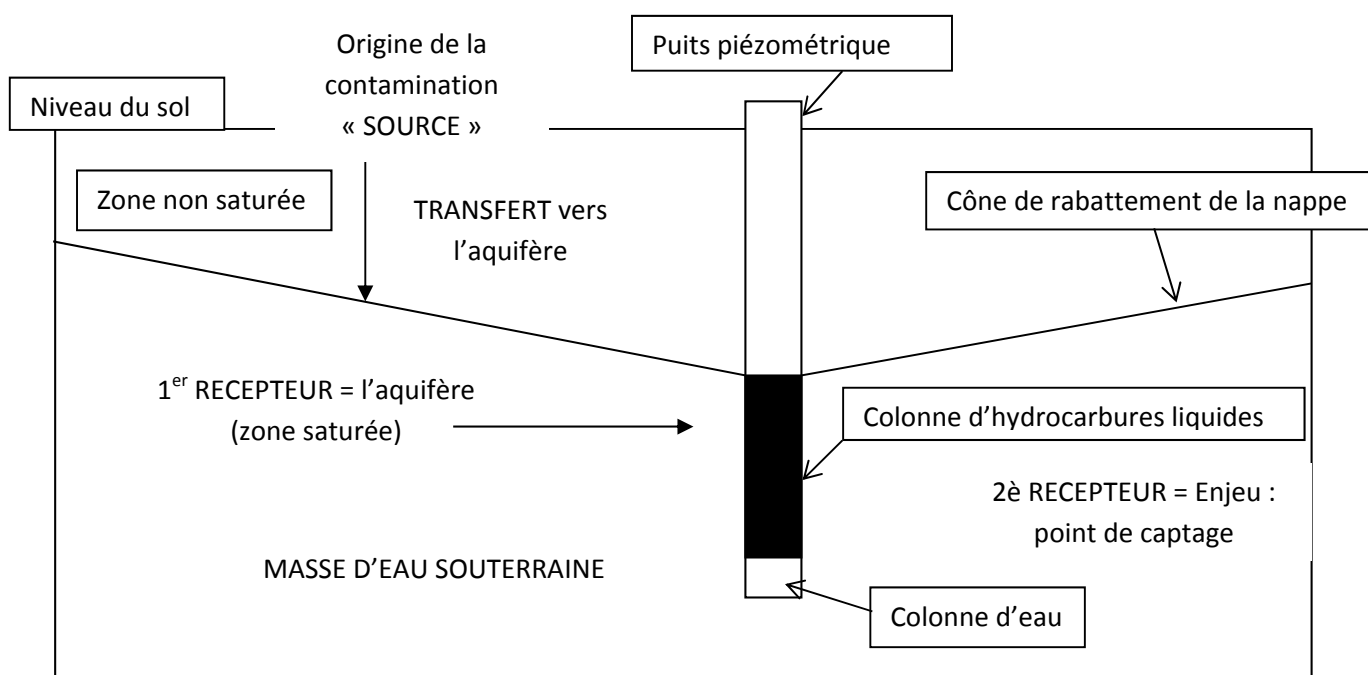
- I - Pollution des eaux souterraines : informations générales sur les voies de transfert dans le sol.
- II - Tableaux des facteurs à considérer pour la cotation de la gravité de l'impact environnemental.

Appendice I

POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES : INFORMATIONS GENERALES SUR LES VOIES DE TRANSFERT DANS LE SOL

Le risque de contamination d'une masse d'eau souterraine à partir d'une fuite d'hydrocarbures liquides en surface ou sous le niveau du sol dépend :

- de l'épaisseur et de la nature des couches de terrain traversées au-dessus du premier récepteur qu'est l'aquifère². Ces données (*épaisseur, nature des couches de terrain*) conditionnent, le temps de transfert vertical et le niveau de concentration atteint dans l'aquifère.
- des caractéristiques de l'aquifère lui-même : nature de l'aquifère, perméabilité, caractéristiques de l'écoulement de la nappe, paramètres influant sur la vitesse de transfert horizontal dans les eaux souterraines et la capacité de filtration du milieu.



Le risque de contamination d'une masse d'eau souterraine par transfert vertical d'hydrocarbures liquides vers la nappe peut être caractérisé de façon simplifiée à partir de cinq classes de vulnérabilité et par l'estimation de la perméabilité des couches supérieures de terrain - traversées par le produit accidentellement relâché - en quatre catégories.

Ces couches supérieures de terrain constituent le milieu non saturé au droit d'une fuite de produit pénétrant (ou s'infiltrant) dans le sol (*voir tableau ci-dessous*).

Lithologie	Perméabilité de la zone non saturée (m/s)	Vulnérabilité potentielle
Karst et calcaires très fissurés	Non quantifiée	Forte à très forte
Galets, graviers, sables grossiers et moyens	$>10^{-4}$	Forte à très forte
Sables fins à silteux, silts, sables et argiles, calcaires (non karstifiés)	10^{-4} à 10^{-8}	Moyenne à faible
Limons, silts argileux et argiles	$<10^{-8}$	Faible à très faible

² Aquifère : corps (*couche, massif*) de roches perméables comportant une zone saturée – ensemble du milieu solide et de l'eau contenue – suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables. Un aquifère peut aussi comporter une zone non saturée.

Le niveau de sensibilité des points de captage d'eau à un épandage d'hydrocarbures liquides peut être établi en fonction de quatre classes de perméabilité de l'aquifère (ou de la zone saturée) et de la « distance horizontale ». Ces informations intègrent la notion de temps que mettra la pollution à atteindre le point de captage (*voir tableau ci-après*).

Lithologie	Perméabilité de la zone saturée (m/s)	Vitesse de transfert horizontal (m/jour)	Sensibilité potentielle des captages
Karst et calcaires très fissurés	>10	>10 m/j	Forte à très forte
Milieu fissuré (<i>craie, granite, ...</i>) Alluvions grossières, galets, graviers gros et moyens	de 10^{-1} à 10^{-4}	5 à 10 m/j	Forte à très forte
Sables grossiers et graviers	de 10^{-4} à 10^{-7}	1 à 5 m/j	Moyenne à faible
Sables fins et très fins, sables argileux, calcaires non fissurés	< 10^{-7}	<1 m/j	Faible à très faible

Remarque :

Les valeurs ci-dessus concernant la perméabilité de la zone non saturée et la perméabilité de l'aquifère (zone saturée) sont données à titre d'information, leur utilisation n'est pas intégrée dans la méthode de cotation de la gravité environnementale.

Elles sont susceptibles d'être utilisées dans le cadre d'une estimation des temps de transfert des volumes d'hydrocarbures liquides accidentellement rejetés et d'une évaluation plus fine de la sensibilité des enjeux (*à noter, par ailleurs, que d'autres paramètres seraient susceptibles d'être pris en considération dans une telle évaluation : solubilité de l'hydrocarbure dans l'eau de la nappe, par exemple, densité de l'hydrocarbure, ...*).

Nota bene

(Référence : guide de lecture GESIP 2011/01 - fiche n° 5 « étanchéité cuvette »)

Sachant que la définition de la vulnérabilité des eaux souterraines est « l'ensemble des caractéristiques d'un aquifère qui détermine la plus ou moins grande facilité d'accès à ce réservoir et de propagation dans celui-ci d'une substance considérée comme indésirable », c'est une étude hydrogéologique qui va permettre de caractériser cette vulnérabilité.

L'étude doit notamment déterminer si la nappe d'eaux souterraines représente une cible (pompage eau potable / agricole / alimentation du bétail, ...) ou un vecteur de transfert d'un polluant vers d'autres cibles (rivière sur laquelle s'exercent des activités nautiques / baignades ou captage d'eau potable).

Appendice II

FACTEURS A CONSIDERER POUR LA COTATION DE LA GRAVITE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Facteur S

Ce coefficient caractérise la sensibilité environnementale de l'enjeu à un épandage d'hydrocarbures liquides.

Milieu	Périmètre initial de l'étude	Caractéristiques observées		Sensibilité S
Tous enjeux	Cf. § 3.1	Pas de zone sensible ou captage (eau souterraine ou de surface) atteignable		0
zones ³ terrestres	< 500 m	Zone Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) V et VI	Parc naturel national - zone d'adhésion	25
			Parc naturel régional	
			Site Natura 2000 ⁴	
			Zones humides d'importance internationale (convention de RAMSAR)	
			Espace naturel sensible	
			Espaces de conservatoires régionaux	
			Espaces boisés classés	
		Zone UICN IV	Parc naturel marin	50
			Réserve nationale de chasse et de la faune sauvage	
			Réserve naturelle nationale, hors réserve forestière et géologique	
			Zone à protection de biotope	
			Réserve biologique dirigée	
		Zone agricole « labellisée »	Terrain cultivé ou vignoble de type AOC ou IGP	50
			Zone UICN I, II et III	Réserve forestière nationale / forêt de protection
		Parc naturel national - zone cœur et/ou réserve intégrale		
		Réserve biologique intégrale		
		ZNIEFF de type 1		
		Réserve de biosphère		
		Réserve naturelle géologique		
		Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) ou zone de protection spéciale (ZPS - oiseaux)		
		Site inscrit ou site classé		

³ La définition et la hiérarchisation des zones en trois catégories utilisent les méthodes de classification proposées par l'UICN (*Union Internationale pour la Conservation de la Nature*), méthodes décrites plus particulièrement dans deux documents :

- « Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées ». Y sont définies des catégories d'aires protégées (*6 en tout*), associées à une "hiérarchisation" des aires de gestion,
- « Les espaces protégés français, une diversité d'entités au service de la protection de la biodiversité », dans lequel on trouve des correspondances entre les "espaces protégés français" et les catégories de l'UICN.

⁴ Les parties des sites Natura 2000 faisant l'objet d'une autre classification doivent être classées selon la zone la plus contraignante.

Milieu	Périmètre initial de l'étude	Caractéristiques observées	Sensibilité S
Eaux de surface	< 500 m	Atteinte d'eaux de surface (identifiées sur une carte IGN) dont littoral maritime.	50
Eaux souterraines	Profondeur nappe > 50 m	Hors du périmètre initial d'étude et de la cartographie des enjeux (Cf. : § 3.1)	0
	Profondeur nappe < 50 m	Atteinte très improbable de la nappe	0
	Profondeur nappe < 50 m	Atteinte potentielle de la nappe souterraine	25
Captages d'alimentation en eau potable (AEP) ou alimentaire	Périmètre de protection éloigné	Atteinte potentielle des captages d'eaux potables	75
Captages d'eaux souterraines	< 500 m	Atteinte potentielle des eaux captées	25

Facteur P

Ce coefficient permet de tenir compte de la toxicité et de la nocivité du produit sur l'environnement.

Phrases de risque en R et mentions de danger en H	P
R50 - R50/53 ou mentions de danger H400 et H410	20
R51 - R51/53 - R54 - R55 - R56 ou mention de danger H411	10
R52 - R53 - R52/53 - R57 - R58 ou mentions de danger H412 et H413	5
Pas de phase R	1

Facteur V

Ce coefficient caractérise un impact potentiel sur l'environnement naturel lié à une quantité de produit relâchée.

Estimation du volume de produit relâché	V
$Q \leq 1 \text{ m}^3$	1
$1 \text{ m}^3 < Q \leq 10 \text{ m}^3$	5
$10 \text{ m}^3 < Q \leq 100 \text{ m}^3$	10
$100 \text{ m}^3 < Q \leq 1.000 \text{ m}^3$	25
$Q > 1.000 \text{ m}^3$	100

Dans le cas où l'enjeu est atteint de façon "indirecte", il est possible de corriger le facteur V par le facteur M pour tenir compte de la mobilité du produit.

Facteur M

L'utilisation de M est différenciée suivant que l'on traite :

- d'un ruissellement ou écoulement au niveau du sol (*vers des zones terrestres, vers des eaux de surface*),
- d'une pénétration ou infiltration dans le sol (*vers des eaux souterraines*).

Caractéristique du produit	Ruissellement en surface	Pénétration dans le sol
Produit lourd (brut lourd/bitume/fuel)	1	0.3
Produit « moyen » (la plupart de bruts)	0.6	0.5
Huile légère (gasoil/FOD/bruts légers)	0.5	0.6
Huile très légère (essence/naphta/jet) Produits chimiques usuels de faible viscosité (organiques ou en phase aqueuse)	0.3	1

Annexe E1 : éléments de langage relatifs à la méthode Ω 10 pour l'évaluation des performances des barrières techniques de sécurité (BTS)

Ce rapport d'études « Ω 10 », sur lequel s'appuie le guide méthodologique, comprend des propositions ou recommandations et ne se substitue pas au pouvoir de décision du gestionnaire du risque accidentel, il s'intègre dans un programme d'appui technique financé par le ministère en charge des installations classées intitulé « formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs » et fait partie d'un recueil de méthodes de travail proposé par l'INERIS (institut national de l'environnement industriel et des risques).

Le document Ω 10 a pour objectif d'exposer une méthode relativement simple permettant :

- à l'exploitant de disposer d'une méthodologie applicable en groupe de travail pour évaluer la performance des barrières (ou mesures) techniques de sécurité (BTS) par rapport à des risques donnés, méthodologie retenue par la profession pétrolière (cf. : article 9.1 du guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables) ;
- à l'inspection des installations classées et à des organismes tiers experts de disposer d'outils permettant d'apprécier l'évaluation faite par l'exploitant de la performance de ses BTS.

Les BTS sont évalués dans la méthode Ω 10 à travers l'analyse des critères efficacité, temps de réponse, niveau de confiance en tenant compte des possibilités de maintenance et de testabilité : ce sont cinq points qui portent la performance d'une BTS ; la connaissance de la performance étant nécessaire pour que la barrière (ou mesure) puisse être prise en compte dans la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents selon les articles 2 et 4 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels (appelé « arrêté PCIG »).

Des éléments d'évaluation par dispositif de sécurité sont fournis sur le site www.ineris.fr/badoris en complément des principes généraux d'évaluation présentés par la méthode oméga 10. A noter l'existence du site de l'EXERA (association des exploitants d'équipements de mesure, de régulation et d'automatismes créée en 1974 avec le soutien du ministère de l'industrie) www.exera.com.

Il est utile de préciser que la démarche Ω 10 reste qualitative et semi quantitative – c'est-à-dire qu'elle est différente des méthodes quantitatives basées sur des calculs de fiabilité nécessitant des données peu disponibles dans l'industrie pétrolière – ainsi, les principes d'évaluation du niveau de confiance ne se substituent pas aux normes NF EN 61508 (sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité) et NF EN 61511 (sécurité fonctionnelle – systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur de l'industrie de *process*) qui sont des références internationales dans le domaine.

Oméga 10 est cependant adaptée pour l'évaluation d'une classe de probabilité et permet la détermination semi quantitative d'un facteur de réduction de risque associé au niveau de confiance d'une BTS fonctionnant à la sollicitation*, niveau de confiance qui ne dépasse pas 3 dans la démarche proposée.

Pour pouvoir s'affranchir des approches quantitatives lourdes à mettre en œuvre développées dans les deux normes internationales susmentionnées, la démarche Ω 10 exige « en contrepartie » que des caractéristiques de systèmes ayant un impact sur les facteurs relatifs à la fiabilité comme, par exemple, la mise en œuvre de dispositifs éprouvés faisant l'objet d'une maintenance et de tests adaptés (donc avec des taux de défaillances acceptables), soient bien pris en compte afin « de justifier » l'absence d'approches quantitatives lourdes.

Les principes généraux d'évaluation qualitative de la méthode oméga 10 restent applicables à tous les types de dispositifs (actifs, passifs, systèmes instrumentés). Le questionnement qualitatif sur l'efficacité, le temps de réponse et le niveau de confiance facilite la validation de la performance et met en lumière d'éventuelles faiblesses sur les barrières (ou mesures) afin de les corriger.

* Voir page 26 du rapport INERIS oméga 10.

Un système de sécurité fonctionne à la sollicitation lorsqu'une action spécifiée (par exemple, fermeture d'une vanne) est effectuée en réponse aux conditions du processus ou à d'autres sollicitations.

Annexe E2 : présentation de la méthode INERIS oméga 10

La présentation sous forme d'un tableau a pour objet de faciliter l'approche de la démarche proposée par l'INERIS pour évaluer la performance des barrières techniques de sécurité mises en place sur un site industriel pour maîtriser les risques.

Pour appliquer cette méthode d'analyse qualitative et semi quantitative, notamment en groupe de travail, il convient de se reporter aux pages correspondantes du rapport INERIS indiquées entre parenthèses dans le tableau.

Préalablement à l'application de la démarche Ω 10, l'ensemble des situations dangereuses ainsi que les fonctions de sécurité permettant de prévenir ou limiter les conséquences de ces situations dangereuses auront été identifiées au cours d'une analyse de risques.

Type de BTS à évaluer	Vérification préalable	Etude détaillée de la performance d'une barrière technique de sécurité (BTS)	
Evaluation des performances des dispositifs actifs qui mettent en jeu des mécanismes pour remplir leur fonction de sécurité (page 14) et des systèmes instrumentés de sécurité (SIS) qui sont des combinaisons de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs pour remplir une fonction ou sous fonction de sécurité (pages 14 à 17)	Ces deux types de barrière technique de sécurité peut être retenu pour un scénario étudié, sur la base de deux conditions minimales : - l' <u>indépendance</u> par rapport à l'évènement initiateur (induisant le scénario étudié) pouvant conduire à sa sollicitation (pages 19 et 53); - l' <u>utilisation pour la sécurité</u> : la BTS est conçue pour un usage dédié à la sécurité (pages 20 et 53). Lorsque ces deux conditions sont remplies, la barrière peut être retenue comme BTS pour une fonction de sécurité donnée et l'étude de sa performance peut commencer en analysant trois critères.	<u>1^{er} critère de performance</u> : l'efficacité (pages 20 et 53) : - dans un contexte d'utilisation donné ; - pour un scénario d'accident précis (identification de la fonction de sécurité à assurer) ; - pour une durée donnée de fonctionnement. C'est l'aptitude de la BTS à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie. La mesure de l'efficacité s'exprime en % d'accomplissement. L'efficacité est maintenue dans le temps à l'aide d'un système de management de la sécurité (page 21). L'évaluation de l'efficacité repose sur trois paramètres (page 21).	<u>Principe de dimensionnement adapté</u> (liste de questions page 21) - la BTS est conçue sur la base de normes et standards reconnus ; - le dimensionnement est réalisé sur la base de conditions de fonctionnement adaptées au site ; - le dimensionnement doit également tenir compte des évènements redoutés à maîtriser. <u>Principe de résistance aux contraintes spécifiques</u> (liste de questions page 22) - contraintes liées aux produits mis en jeu ; - contraintes liées à des causes spécifiques (environnement naturel et activités humaines); - contraintes liées à des effets de phénomènes dangereux (surpressions, effets thermiques,...). <u>Positionnement adéquat</u> (page 23) - pour cette évaluation, des documents pourront être nécessaires ; - possibilités de réaliser des opérations de maintenance, contrôle,
		<u>2^{ème} critère de performance</u> : temps de réponse (pages 23 et 53) - entre la sollicitation de la BTS et la réalisation de la fonction de sécurité.	Le temps de réponse intègre trois éléments (page 23). Le temps de réponse peut être obtenu de deux façons (page 24).
		<u>3^{ème} critère de performance</u> : le niveau de confiance (pages 25 et 54) Le NC répond à des attentes d'évaluation simple à partir de paramètres qualitatifs s'appuyant sur l'architecture d'un SIS fonctionnant à la sollicitation. Le NC permet la détermination semi quantitative d'un facteur de réduction de risque (RR), tel que $10^{NC} < RR \leq 10^{NC+1}$ (page 25).	<u>Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte</u> (pages 28 et 54) - concept éprouvé : tests de qualification ou bon retour d'expérience (pages 7 et 28) ; - principe de sécurité positive : principe qui peut être rédhibitoire (des questions page 29) ; - mise en service de la BTS – gestion des shunts (liste de questions page 30) ; - tests périodiques de fonctionnement et BTS correctement maintenue (pages 28 ; 49 et 54). <u>Principe d'attribution des NC selon 3 paramètres caractérisant les contraintes d'architecture</u> (page 30) - la proportion de défaillance en sécurité d'un système dédié à la sécurité (page 31) ; - estimation de la tolérance aux anomalies matérielles pour l'exécution d'une fonction de sécurité dans un scénario identifié (page 32) ; - le type de sous-système (simple ou complexe) : avec ou sans microprocesseurs ou logiciels (page 33) ; <u>Evaluation des NC à partir de chaque sous-système du SIS</u> (page 34) - évaluation des NC unitaires et évaluation du NC d'un dispositif actif (page 34 et tableau page 33) ; - évaluation des systèmes complets (page 35) ; - analyse des modes communs de défaillance (liste de questions page 38).
Evaluation des performances d'un dispositif passif qui ne met en jeu aucun mécanisme (page 13) et assure seul une fonction de sécurité (page 39)	S'assurer, pour une fonction de sécurité donnée, que le dispositif passif : - est conçu pour une utilisation en sécurité (page 39) ; - n'est pas affecté par la phase accidentelle (indépendance).	<u>Evaluation de l'efficacité</u> : (page 40) - dans son contexte d'utilisation ; - pendant une durée donnée de fonctionnement.	Principe de dimensionnement adapté (page 40) Principe de résistance aux contraintes spécifiques Positionnement adéquat
		<u>Evaluation du temps de réponse</u> (page 40)	Ce critère n'est pas pertinent pour les dispositifs passifs.
		<u>Evaluation du niveau de confiance</u> (page 40) L'évaluation du NC ne s'appuie pas sur des normes de sûreté de fonctionnement contrairement aux dispositifs actifs et SIS (page 39), il reste cependant associé à un facteur de réduction de risque.	Evaluation du NC d'un dispositif passif se fait à partir d'un NC réputé égal à 2 (page 41) voire un NC égal à 3 s'il y a des mesures complémentaires (liste en page 42 et maintenance page 49).
Evaluation des performances des barrières mettant en œuvre une mesure potentiellement passive et des mesures techniques et/ou humaines (page 42)	Il faut prendre en compte l'évaluation des mesures associées pour l'évaluation globale d'une barrière de sécurité « passive » assurant une fonction de sécurité (page 42).	Les deux situations suivantes sont possibles : - défaillance des mesures associées conduisant à la perte <u>totale</u> de la fonction de sécurité (page 42) ; - défaillance des mesures associées conduisant à une perte <u>partielle</u> de la fonction de sécurité, c'est-à-dire que la partie « passive » de la BTS assure seule la fonction (page 43).	L'évaluation des performances est faite en y intégrant les éléments associées, deux situations sont alors considérées : fonctionnement ou défaillance de la fonction de sécurité et les critères de performance sont alors évalués par rapport à l'exécution de la fonction de sécurité (page 42).
			L'évaluation des performances peut se faire selon deux approches (page 43) : - en ne considérant que le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité en jeu ; - en dissociant les éléments constitutifs de la barrière et en les évaluant séparément (approche présentant deux avantages en page 43).

Rappel : C'est à partir de la performance de chacune des barrières de sécurité mises en œuvre pour remplir une fonction de sécurité que la maîtrise des risques d'une installation peut être démontrée, notamment par la diminution du risque apportée par les barrières de sécurité.

Annexe E2_a : Evaluation Ω 10 d'un dispositif passif de sécurité assurant seul une fonction de sécurité

(Réf. : rapport d'étude INERIS du 01/09/2008 – évaluation des barrières techniques de sécurité - Ω 10)

1. Définition

Un dispositif passif de sécurité est en général un élément unitaire, autonome ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité dans sa globalité.

Le dispositif est passif car il ne met en jeu, pour remplir sa fonction de sécurité, aucun système mécanique, ne nécessite ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe.

On retrouve dans cette catégorie, à titre d'exemple, la cuvette de rétention, le disque de rupture, l'arrête-flamme, le mur coupe-feu, le talus de réservoir, l'évent de réservoir (sans ressort), l'ignifugeage.

2. Vérification préalable des critères minimaux

Le dispositif passif est identifié comme étant de « sécurité » par une vérification préalable portant sur deux critères minimaux sélectifs :

- une utilisation dédiée à la sécurité : le dispositif est conçu pour une utilisation pour la sécurité ;
- l'indépendance : le fonctionnement du dispositif ne doit pas être affecté par la phase accidentelle, il est indépendant de l'évènement initiateur (EI) pouvant conduire à sa sollicitation pour pouvoir être retenu en tant que dispositif passif de sécurité agissant sur le scénario d'accident induit par l'EI, ses performances ne doivent pas être dégradées par l'occurrence de cet EI.

Par exemple, si une chaîne de pression haute est raccordée sur le même capteur que celui utilisé pour la régulation de pression du procédé, on ne pourra pas considérer cette chaîne comme une barrière technique de sécurité agissant (en prévention) sur un évènement critique initié par une défaillance de la régulation de pression.

Lorsque ces deux conditions sont remplies, le dispositif peut être retenu comme dispositif passif de sécurité et l'étude de ses performances peut être réalisée en analysant les deux critères : efficacité et niveau de confiance (NC) sachant que le critère « temps de réponse » n'est généralement pas pertinent pour un dispositif défini comme étant passif.

3. Evaluation du critère de performance « efficacité »

L'efficacité est l'aptitude du dispositif passif de sécurité à remplir la fonction de sécurité pour laquelle il a été choisi dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement (par exemple, la propriété coupe-feu d'un mur sera maintenue pour une durée limitée). L'efficacité est évaluée notamment pour un scénario d'accident précis (exemples : rupture brutale de bac, incendie de cellules de stockage d'aérosols).

La mesure d'efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction de sécurité définie en considérant un fonctionnement normal du dispositif passif (non dégradé). Le pourcentage d'efficacité peut varier pendant la période de sollicitation du dispositif passif de sécurité.

L'évaluation de l'efficacité repose en premier lieu sur les principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques, le principe de positionnement adéquat peut également, selon le dispositif étudié, influencer sur l'efficacité ainsi que d'autres paramètres.

3.1 Principe de dimensionnement adapté

Le dispositif passif de sécurité est dit satisfaire au principe de dimensionnement adapté lorsqu'il est conçu sur la base de normes et standards reconnus et lorsque le dimensionnement est réalisé sur la base de conditions de fonctionnement adaptées au site. Son dimensionnement doit également tenir compte des événements redoutés à maîtriser et doit répondre à un cahier des charges spécifiques.

L'évaluation du dimensionnement adapté du dispositif se fait à partir des réponses aux questions suivantes (liste non exhaustive) :

- existe-t-il des notes de calcul, des études spécifiques sur le dimensionnement du dispositif passif de sécurité ?
- quelles sont les hypothèses qui ont servi de base pour le dimensionnement de ce dispositif ?
- des essais ont-ils été réalisés ?
- quel est le retour d'expérience sur l'utilisation de ce dispositif ?
- est-ce que le dispositif mis en place est bien dimensionné par rapport aux événements susceptibles de se produire ?
- existe-t-il des normes ou des standards professionnels concernant ce dispositif ?

3.2 Principe de résistance aux contraintes spécifiques

Ce principe consiste à vérifier que le dispositif passif de sécurité a été conçu pour résister aux contraintes spécifiques liées :

- aux produits mis en jeu (corrosifs, ...) ;
- à l'environnement (conditions météorologiques, risques sismiques, chute d'avion, ...) ;
- à l'exploitation (pression de service élevée, température élevée, ...) ;
- à la tenue, le cas échéant, à des surpressions, aux effets thermiques,

La résistance aux contraintes spécifiques doit être validée par des notes de calcul, des essais ou par des attestations du constructeur.

La liste non exhaustive des questions suivantes permet de caractériser le principe de résistance aux contraintes spécifiques :

- le dispositif est-il conçu pour résister aux contraintes liées à son utilisation (produit, exploitation, environnement ...) en situation normale et en situation dégradée du fait de l'accident ?
- est-ce que le dispositif est adapté pour la maîtrise des risques liés aux produits mis en jeu ?
- est-ce que le dispositif est apte à travailler dans des conditions particulières (de météorologie, de température, de pression ...) notamment celles dans lesquelles l'installation peut se trouver en fonctionnement normal ou dégradé ?

3.3 Principe de positionnement adéquat

Dans certains cas, le positionnement du dispositif permet d'optimiser son aptitude à remplir la fonction qui lui est dévolue. Il s'agit par exemple de la position du conduit d'extraction, du mur coupe-feu, etc.

Pour l'évaluation du principe de positionnement adéquat, les documents suivants pourront être nécessaires :

- descriptif technique du dispositif ;
- notes de calculs, études spécifiques ;
- résultats d'essais ;
- « standards » de la profession, quand ils existent.

On note que le positionnement adéquat et l'accessibilité du dispositif passif interviennent également dans la réalisation des opérations de maintenance, de contrôle (état général, efficacité maintenue dans le temps ?), qui ont une influence sur ses performances.

4. Attribution d'un niveau de confiance (NC)

Contrairement aux autres barrières techniques de sécurité (dispositifs actifs et systèmes instrumentés de sécurité), l'évaluation du NC d'un dispositif passif de sécurité ne s'appuie pas sur des normes de sûreté de fonctionnement (NF EN 61508 et NF EN 61511).

Bien que les dispositifs passifs soient généralement considérés comme « extrêmement fiables », les bases de données génériques ne précisent pas suffisamment les contextes d'utilisation et les valeurs moyennes données sont difficilement exploitables car difficilement justifiables en comparaison des situations étudiées.

Pour prendre en considération le fait que ce type de barrière est relativement fiable, et qu'en sûreté de fonctionnement la notion d'architecture et celle de contrainte quantitative deviennent complémentaires (tolérance aux anomalies matérielles pouvant être améliorée par une redondance éventuelle de système), le NC égal à 2 est retenu par défaut sur les dispositifs passifs de sécurité. Ce choix permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie du dispositif passif (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance, ...).

Néanmoins, des mesures complémentaires peuvent être prises pour réduire les possibilités de défaillance du dispositif au moment où il sera sollicité, par exemple :

- accréditations des entreprises réalisant les installations ;
- suivi de standards de conception, de fabrication, d'installation ou de construction ;
- des contrôles spécifiques menés en interne par l'exploitant ou externalisés auprès d'un organisme expert sur la base de procédures lors de la fabrication, de l'installation, des visites périodiques ;
- gestion des modifications selon des procédures.

Lorsque ces types de mesures existent, il est possible d'augmenter le NC jusqu'à 3, après examen au cas par cas.

A contrario, le NC du dispositif passif de sécurité peut être réduit à moins de 2 après analyse des défaillances possibles au moment de la sollicitation du dispositif.

5. Evaluation du temps de réponse

Le temps de réponse correspond à l'intervalle de temps entre le moment où un dispositif passif de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicité et le moment où la fonction de sécurité assurée par ce dispositif est réalisée dans son intégralité.

Mais ce critère de performance est généralement non pertinent pour un dispositif passif de sécurité.

6. Evolution des performances dans le temps

La performance des dispositifs passifs de sécurité est susceptible de se dégrader dans le temps lorsque aucune maintenance n'est mise en place. Le maintien des performances dans le temps doit être assuré par la mise en œuvre d'une maintenance et d'une inspection adaptée.

En cas de modification du dispositif ou des conditions d'exploitation du réservoir enterré, il faut s'assurer par une bonne gestion des modifications (application de procédures notamment, Cf. § 4 ci-avant) que les performances du dispositif passif de sécurité ne soient pas dégradées.

6.1 Maintenance

La maintenance préventive est destinée à garantir le maintien des performances dans le temps. Ces opérations, dont l'effectivité doit être prouvée, peuvent prendre la forme d'opérations d'entretien (exemple : action manuelle de vidange régulière de l'eau de pluie d'une cuvette de rétention) ou d'opérations plus lourdes de maintenance pouvant conduire à une indisponibilité du dispositif passif de sécurité.

La périodicité de la maintenance doit être justifiée et notamment en fonction :

- des données du constructeur ;
- du retour d'expérience de l'exploitant, donc de l'utilisation du dispositif dans ses conditions réelles de fonctionnement ;
- des agressions de l'environnement naturel ;
- des agressions liées à l'exploitation des réservoirs enterrés, à la localisation du dispositif ;
- des résultats des vérifications ;
- etc.

6.2 Gestion des modifications

Une bonne gestion des modifications des dispositifs passifs de sécurité d'un réservoir enterré de grande capacité doit être obtenue afin de garantir le maintien des performances des dispositifs passifs de sécurité dans le temps.

Ainsi, les modifications doivent – comme dit précédemment - faire l'objet de procédures spécifiques, mais également, conduire à une (nouvelle) analyse du fonctionnement des dispositifs passifs de sécurité.

Annexe E2_b : Evaluation $\Omega 10$ d'une barrière passive de sécurité

(Réf. : rapport d'étude INERIS du 01/09/2008 – évaluation des barrières techniques de sécurité - $\Omega 10$)

1. Définition

Une barrière passive de sécurité se compose de deux parties pour assurer une fonction de sécurité:

- la mesure potentiellement passive qui est un dispositif passif qui ne met en jeu aucun système mécanique, ne nécessite ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe, pour contribuer à la fonction de sécurité ;
- des mesures techniques et/ou humaines associées pour pouvoir assurer, en complément du dispositif passif, la fonction de sécurité dans sa totalité; leur défaillance conduisant à la perte (totale ou partielle) de la fonction de sécurité.

On retrouve dans cette catégorie, à titre d'exemple, un mur coupe-feu avec des passages équipés de portes coupe-feu assurant une fonction de limitation de la propagation d'un incendie, une enceinte de confinement et un extracteur assurant une fonction de réduction des effets de dispersion au niveau du sol.

2. Vérification préalable des critères minimaux

Les éléments potentiellement passifs, et ceux qui y sont associés en complément, de la barrière étudiée sont d'abord identifiés comme étant de « sécurité » par une vérification préalable portant sur deux critères minimaux sélectifs :

- une utilisation dédiée à la sécurité : les éléments passif et associés sont conçus pour une utilisation pour la sécurité ;
- l'indépendance : le fonctionnement des éléments (ou mesures) passif et associés ne doit pas être affecté par la phase accidentelle, ils sont indépendants de l'évènement initiateur (EI) pouvant conduire à leur sollicitation pour pouvoir être retenus, ensemble, en tant que barrière passive de sécurité agissant sur le scénario accidentel induit par l'EI, leurs performances ne doivent pas être dégradées par l'occurrence de cet EI.

3. Principe d'évaluation des barrières passives de sécurité

Lorsque les deux conditions minimales sont remplies, la barrière passive peut être retenue comme barrière passive de sécurité et l'évaluation de ses performances prend en compte d'une part, l'évaluation des performances de la mesure passive (comme un dispositif passif de sécurité) et, d'autre part, l'évaluation des performances des mesures techniques (dispositifs actifs de sécurité, systèmes instrumentés de sécurité) et/ou des mesures humaines (c'est-à-dire des barrières humaines de sécurité) associées.

Deux situations possibles sont alors envisagées.

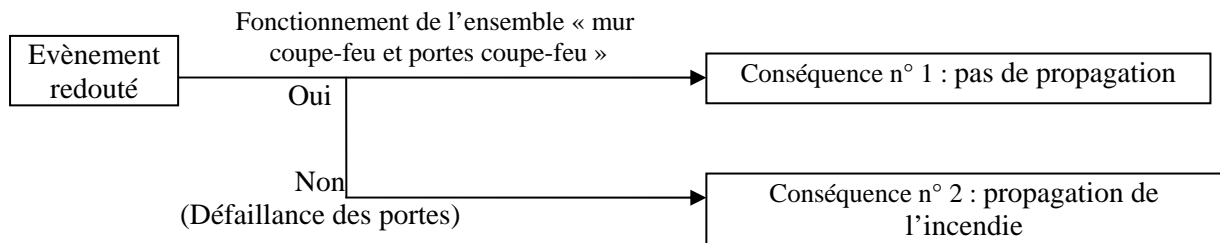
3.1 Perte totale de la fonction de sécurité par défaillance des mesures associées

Lorsque la défaillance des mesures associées amène probablement à la perte totale de la fonction de sécurité normalement assurée à la barrière passive de sécurité étudiée, on ne considère alors que deux hypothèses pour l'évaluation des performances de ladite barrière : la fonction de sécurité est assurée ou bien la fonction de sécurité n'est plus assurée.

Dans cette première situation, l'évaluation globale des performances de la barrière passive de sécurité est faite en intégrant les performances de chaque mesure composant la barrière

selon les trois critères : efficacité, temps de réponse et niveau de confiance (c'est-à-dire la probabilité conditionnelle de défaillance à la sollicitation – voir annexe A), au regard de la fonction de sécurité considérée.

Par exemple, pour un mur coupe-feu dont les passages sont équipés de portes coupe-feu, l'arbre des évènements (sur une période inférieure au degré coupe-feu du mur) est le suivant :



3.2 Perte partielle de la fonction de sécurité par défaillance des mesures associées

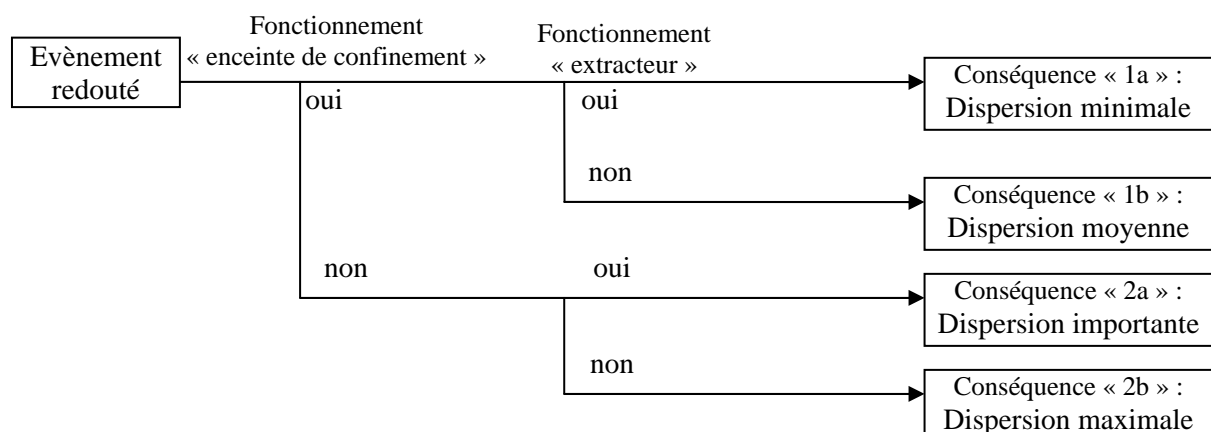
La perte partielle de la fonction de sécurité signifie qu'une fonction de sécurité reste assurée *a minima* par la partie « passive » de la barrière ; par exemple, une enceinte de confinement assure une réduction des effets de dispersion au niveau du sol même en cas de défaillance du système d'extraction associé.

Dans cette situation de perte partielle, l'évaluation des performances peut être également menée comme dans la situation précédente (perte totale) mais il peut aussi être retenu de réaliser l'évaluation globale de la barrière passive de sécurité, en dissociant les différentes mesures constitutives qui la composent et en les évaluant séparément selon les trois critères : efficacité, temps de réponse et niveau de confiance (c.-à-d. défaillance à la sollicitation), au regard de la fonction de sécurité liée à la mesure (ou élément) étudiée.

Cette deuxième approche, un peu plus complexe dans sa présentation, présente deux avantages notables qui peuvent justifier son utilisation :

- elle permet de faire apparaître des conséquences d'intensité et de probabilité graduées ;
- elle permet de faire apparaître clairement – dans le cas, par exemple, de la démonstration de la maîtrise à la source des risques d'accidents majeurs - les évènements associés à la défaillance de la mesure passive (ou dispositif passif).

Pour l'exemple susmentionné de la réduction d'effets de dispersion au niveau du sol, la représentation détaillée de cette 2^{ème} approche, au moyen d'un arbre des évènements, se présente de la façon suivante :



Une barrière passive de sécurité est une architecture construite pour assurer une fonction de sécurité globale avec des éléments passifs et associés ayant chacun leur propre fonctionnalité de sécurité. Aussi, l'évaluation du niveau de confiance (NC) de la barrière passive à partir du NC de chacun des éléments – NC d'élément, déterminé au regard de la fonction de sécurité et de la séquence accidentelle étudiée – s'effectue en respectant des règles particulières d'agrégation¹.

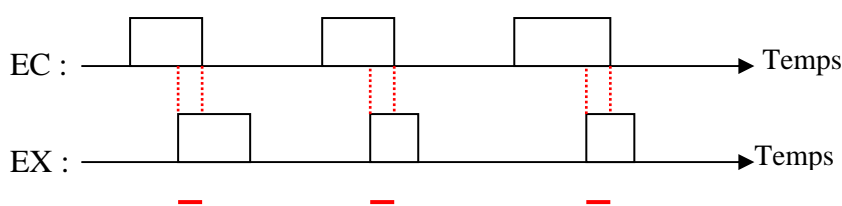
Pour ce faire, la réalisation d'un arbre des événements apporte une aide précieuse pour traiter une barrière passive de sécurité comportant des mesures passives et actives ainsi que leurs interactions. Elle permet de déterminer la probabilité d'occurrence des différentes conséquences à partir de séquences identifiées, à condition de disposer de la probabilité d'occurrence de l'évènement redouté et de la probabilité de défaillance à la sollicitation des mesures composant la barrière passive.

Dans l'exemple de la réduction des effets de dispersion, le traitement de la séquence accidentelle « 2b » donne en fait le NC de la barrière passive de confinement pour la fonction de sécurité « réduire les effets de dispersion au niveau du sol », cette séquence correspond à la situation de perte totale de la fonction de sécurité, situation présentée au § 3.1.

Quant à la conséquence « 2b », elle se réalise si les deux événements en amont apparaissent simultanément (dans un arbre des défaillances, cela correspondrait à la connexion logique « et »), à savoir :

- non fonctionnement de l'enceinte de confinement (EC) au moment de sa sollicitation : la donnée d'entrée est la probabilité de défaillance à la sollicitation (PFD_{EC}) ou la classe de probabilité de défaillance à la sollicitation représentée par le NC_{EC} ;
- non fonctionnement de l'extracteur (EX) au moment de sa sollicitation : la donnée d'entrée est la probabilité de défaillance à la sollicitation (PFD_{EX}) ou la classe de probabilité de défaillance à la sollicitation représentée par le NC_{EX} (voir § 5 et 6 de l'annexe A du guide méthodologique).

Mais, l'étude de la simultanéité d'occurrence en amont de la conséquence 2b, à l'aide des seules classes de probabilité d'occurrence annuelle (POA) de défaillance, ne suffit pas. Elle nécessite une analyse plus détaillée du mode de défaillance de l'enceinte de confinement (EC) et de l'extracteur (EX) en utilisant les deux axes temporels suivants :



Les instants d'occurrence de non fonctionnement et leur durée sont représentés par des créneaux. Les bandes (et traits) rouges correspondent aux périodes de risque de dispersion maximale (conséquence 2b).

De façon simple mais majorante, un premier traitement semi-quantitatif consiste à appliquer la règle présentée au paragraphe 7 de l'annexe A du guide méthodologique :

¹ Voir en particulier : 1^{er}) La fiche n° 4 « traitement d'une porte « et » entre deux événements initiateurs (EI) » dans le recueil de fiches pratiques : intégration de la probabilité dans les études de dangers (rapport d'étude INERIS du 31 octobre 2008) ; 2^{ème}) L'étape additionnelle illustrant la fiche n° 4 située page 48/53 de ce rapport INERIS.

Classe (POA de la conséquence 2b) = classe (POA de non fonctionnement de l'EC) + classe (POA de non fonctionnement de l'EX) ou classe (POA 2b) = $NC_{EC} + NC_{EX}$

Cependant l'application de cette règle ne traduit pas le non fonctionnement simultané de EC et EX. En effet, cette somme de deux niveaux de classe de probabilité d'occurrence annuelle (voir paragraphe 5 de l'annexe A du guide méthodologique) donne en réalité un intervalle de probabilité d'occurrence de non fonctionnement de l'EC et de l'EX au cours de la même année, mais aucunement la classe de probabilité d'occurrence de non fonctionnement en même temps.

Donc, de façon plus rigoureuse, le traitement semi-quantitatif exige comme données d'entrée non seulement la classe POA de non fonctionnement sur sollicitation (ou le NC) de EC et EX, mais aussi le ratio de temps « α » correspondant à la durée « d » de non fonctionnement - ramené à l'année - de EC et EX :

$\alpha = d / t$ avec $t = 365$ jours (soit un an)

Si, par exemple, des contrôles mensuels sont pratiqués, le non fonctionnement possible de EC s'inscrit – avec une approche majorante - dans un délai d'un mois maximum avant d'être détecté, alors :

$$\alpha_{EC} = 30 / 365 = 8 \times 10^{-2}$$

Si, par exemple, en fonction de la périodicité des tests, et dans une approche majorante, le non fonctionnement possible d'EX est détecté au bout de 10 jours maximum, alors :

$$\alpha_{EX} = 2,7 \times 10^{-2}$$

Quand la durée des évènements initiateurs, comme le non fonctionnement de EC et EX, est considérée comme « petite » comparée à la période de référence fixée à une année – c'est-à-dire inférieure à 1/10 de l'année soit 36,5 jours – la classe de probabilité de non fonctionnement simultané (ou en même temps) peut être estimée en deux étapes.

Pour la 1^{ère} étape, on retient d'abord la borne supérieure des classes de probabilité de défaillance à la sollicitation de EC et EX ; par exemple : avec $NC_{EC} = 2$ la borne supérieure est 10^{-2} et avec $NC_{EX} = 1$ la borne supérieure est 10^{-1} (voir § 6 de l'annexe A du guide méthodologique) ; puis, on applique la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{POA (conséquence 2b)} &= 10^{-2} \times 10^{-1} \times [\alpha_{EC} + \alpha_{EX}] \\ &= 10^{-2} \times 10^{-1} [8 \times 10^{-2} + 2,7 \times 10^{-2}] \\ &= 0,7 \times 10^{-4} / \text{an} \end{aligned}$$

Puis, la 2^{ème} étape consiste à affecter une classe de POA en utilisant l'échelle des POA de l'annexe A du guide méthodologique :

Pour $0,7 \times 10^{-4}$, le NC est 4 ramené à 3 pour la barrière passive de sécurité destinée à assurer la réduction des effets de dispersion au niveau du sol, en application de l'annexe E1 du guide méthodologique relative aux limites de la méthode oméga 10.

Ainsi, le résultat obtenu par calcul conduit à une estimation semi-quantitative plus faible de la probabilité d'occurrence annuelle de défaillance à la sollicitation, par rapport à l'approche simplifiée, et ce, bien qu'ayant considéré des périodes annuelles de défaillance potentielle des deux éléments composant la barrière passive relativement longues (un mois et dix jours respectivement).

Pour les deux autres séquences exprimant une efficacité variable dans la fonction de réduction des effets de dispersion de la part de la barrière passive de sécurité, on peut noter que :

- l'occurrence de la conséquence 1b a une probabilité liée au NC de l'extracteur,
- l'occurrence de la conséquence 2a a une probabilité liée au NC de l'enceinte de confinement.

4. Evolution des performances dans le temps

La performance des barrières passives de sécurité est susceptible de se dégrader dans le temps lorsque aucune maintenance n'est mise en place. Le maintien des performances dans le temps doit être assuré par la mise en œuvre d'une maintenance et d'une inspection adaptée.

En cas de modification du dispositif ou des conditions d'exploitation du réservoir enterré, il faut s'assurer par une bonne gestion des modifications que les performances de la barrière passive de sécurité ne soient pas dégradées.

4.1 Maintenance

La maintenance préventive est destinée à garantir le maintien des performances dans le temps. Ces opérations, dont l'effectivité doit être prouvée, peuvent prendre la forme d'opérations d'entretien (exemple : graissage ou revissage de certains boulons) ou d'opérations plus lourdes de maintenance pouvant conduire à une indisponibilité du dispositif passif de sécurité.

La périodicité de la maintenance doit être justifiée et notamment en fonction :

- des données du constructeur ;
- du retour d'expérience de l'exploitant, donc de l'utilisation de la barrière passive dans ses conditions réelles de fonctionnement ;
- des agressions de l'environnement naturel ;
- des agressions liées à l'exploitation des réservoirs enterrés, à la localisation de la barrière passive de sécurité ;
- des résultats des vérifications ;
- etc.

4.2 Gestion des modifications

Une bonne gestion des modifications au niveau d'un réservoir enterré de grande capacité doit être réalisée afin de garantir le maintien des performances des barrières passives de sécurité dans le temps.

Les modifications doivent faire l'objet de procédures spécifiques et conduire à une analyse (nouvelle) du fonctionnement des barrières passives de sécurité.

Annexe F1 : éléments de langage relatifs à la méthode Ω 20 sur une démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (BHS)

Ce rapport « Ω 20 », sur lequel s'appuie le guide d'accompagnement, comprend des propositions ou recommandations et ne se substitue pas au pouvoir de décision du gestionnaire du risque accidentel, il s'intègre dans un programme d'appui technique financé par le ministère en charge des installations classées intitulé « formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs » et fait partie d'un recueil de méthodes de travail proposé par l'INERIS (institut national de l'environnement industriel et des risques).

Le rapport répond à un double objectif :

- proposer une démarche pour caractériser les BHS et estimer leur performance, en s'inspirant de celle développée dans le rapport Ω 10, selon des critères compatibles avec une démarche semi quantifiée (en classe de probabilité annuelle) d'évaluation des risques ;
- fournir des outils à des techniciens du risque (analyste ou évaluateur de risques ou de sûreté qu'il soit exploitant ou consultant externe pour l'exploitant) non-spécialiste des facteurs humains pour évaluer la performance des BHS, cette évaluation répondant à deux enjeux :
 - * *un enjeu de sécurité* : les dispositions mises en place par les exploitants pour aider leurs agents à remplir efficacement leur mission de sécurité doivent être évaluées afin de s'assurer de leur adéquation vis-à-vis des performances de sécurité recherchées et du niveau de risque accepté ;
 - * *un enjeu réglementaire* : l'évaluation de la performance est nécessaire pour que la barrière (ou mesure) puisse être prise en compte dans la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents selon les articles 2 et 4 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels (appelé « arrêté PCIG »).

Les caractéristiques de la méthode Ω 20 ont été développées pour répondre à ce double objectif et sont donc spécifiques de ce cadre d'utilisation précis. En particulier, l'approche ergonomique des situations de travail est faite selon trois principes :

- le principe d'évaluation des tâches humaines de sécurité : étant conçue pour le plus grand nombre de barrières humaines, Ω 20 est élaboré à partir d'une vision du travail de l'homme proche du fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité (SIS), l'homme se présente ainsi en trois systèmes associés à des trois sous tâches : sensoriel (détection ou obtention de l'information), cognitif (diagnostic permettant le choix de l'action de sécurité) et moteur (action - ou enchaînement d'actions - manuelle ou relayée par un système technique) ;
- le principe d'évaluation de l'environnement de travail : l'homme étant considéré comme un utilisateur des ressources et moyens mis à sa disposition pour lui permettre de remplir sa mission, Ω 20 vise à évaluer l'adéquation ou l'insuffisance des ces moyens et ressources vis-à-vis des objectifs à atteindre à partir d'un ensemble de facteurs généraux déterminant la fiabilité humaine ; l'identification de ces facteurs s'effectue par la comparaison entre des données théoriques, formelles et prescriptives sur la tâche et des données plus informelles et plus subjectives sur le contexte et les pratiques réelles de travail, l'analyse du caractère facilitant ou perturbateur des facteurs ainsi identifiés permet d'apprécier qualitativement le risque d'échec de chacune des sous tâches ; il s'agit ensuite de « traduire » à l'aide d'outils de la méthode Ω 20 le risque d'échec de chaque sous tâche de la BHS en taux d'échec global de la mission confiée à l'opérateur, exprimé quantitativement.
- le principe de quantification des BHS : la probabilité de défaillance d'une BTS fonctionnant à la sollicitation (démarche Ω 10) peut être étendue à l'action humaine pour évaluer la probabilité de défaillance de l'action de sécurité d'un opérateur se trouvant sollicité ; mais les facteurs réels d'influence sur l'activité mentale d'un opérateur relevant de réalités complexes, la démarche Ω 20 est *a priori* conservatrice en considérant, pour effectuer une quantification par classe de

probabilité, une probabilité initiale de défaillance humaine de 10^{-2} minimum, défaillance revue ensuite à la hausse selon les facteurs perturbateurs identifiés lors de l'analyse de la situation de travail.

L'approche développée dans le rapport oméga 20 est dictée par une finalité pragmatique de transfert pour des non experts des disciplines des facteurs humains, mais experts dans le domaine des risques industriels. Ces choix impliquent deux limites majeures :

- une vision simplifiée de l'homme et de son travail : la vision simplifiée « détection, diagnostic et action » ne prend pas en compte d'autres caractéristiques de l'homme et de son comportement comme ses capacités d'anticipation des aléas et de récupération de ses propres erreurs, l'influence de sa culture de sécurité, sa confiance dans les procédures, sa rigueur, sa personnalité, ... ; par exemple, les dimensions affectives, sociales et culturelles peuvent avoir une influence sur la performance d'une BHS symbolique reposant sur le respect d'une interdiction (interdiction de fumer, de pénétrer dans un local,...) plus importante que les dimensions cognitives et physiologiques prises en compte dans Ω 20 ;
- une prise en compte limitée de l'organisation : les BHS sont des systèmes sociotechniques conçus, maintenus et contrôlés par un ensemble de processus accompagnant leur évolution et leur cycle de vie (mise à jour de consignes, formation et maintien des compétences, audit, ...) et la démarche Ω 20 considère que la performance de chaque BHS est sous la dépendance de la performance de barrières organisationnelles (que l'on retrouve par exemple dans un système de management de la sécurité) ; oméga 20 ne permet pas *a priori* d'évaluer la performance d'une procédure, d'un ensemble de moyens organisationnels (par exemple, le plan d'organisation interne – POI) ou d'un processus de gestion comme la maintenance et la formation : **seules les dispositions opérationnelles, en application de procédures, peuvent être évalués par la méthode Ω 20.**

A noter que la démarche exposée dans ce rapport est retenue par la profession pétrolière, aussi bien pour les définitions et les concepts qui y sont développés que pour la méthode elle-même estimée « suffisamment simple d'utilisation » (cf. : articles 7.2 et 9.1 du guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables).

Le rapport d'étude oméga 20 est complémentaire de la fiche n° 7, en partie 1 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, notamment au sujet du niveau de confiance (NC) pouvant être attribué à une BHS en apportant des éléments de justification.

A titre d'information, il existe d'autres méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine. La plus connue est la méthode THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) qui utilise des tables de fiabilité de l'industrie nucléaire. La difficulté réside dans l'extrapolation de ces valeurs à un site industriel pétrolier.

Une autre méthode, le « modèle » TESEO, consiste à décomposer une tâche humaine en plusieurs tâches unitaires. Pour chaque tâche unitaire, on évalue si la tâche conduit à une situation accidentelle ; si c'est le cas, une estimation de sa fiabilité est réalisée à partir de paramètres d'influence (utilisation de tables pour obtenir des facteurs de probabilité d'erreur), à savoir :

- nature de la tâche ;
- temps disponible pour la réaliser ;
- formation de l'opérateur ;
- stress généré (gravité de l'accident) ;
- facteurs d'ergonomie.

Pour évaluer la probabilité de défaillance de chaque opération, il faut multiplier les différents coefficients, puis la probabilité de la tâche globale s'en déduit en additionnant les probabilités de chaque tâche jugée dangereuse.

Référence : Rapport d'étude du 21/09/2009 « démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité »

Rappel des étapes de la démarche d'évaluation oméga 20 :

- préalablement à l'application de la démarche, l'ensemble des situations dangereuses ainsi que les fonctions de sécurité permettant de prévenir ou limiter les conséquences de ces situations dangereuses auront été identifiées au cours **d'une analyse de risques** ;
- **analyse qualitative de la situation de travail correspondant à la mise en œuvre de la BHS** (comparaison de la situation de travail telle qu'elle est prévue et la situation de travail telle qu'elle est réellement gérée), selon le jugement et l'expertise d'un groupe de travail, pour mettre en évidence les facteurs aidant ou perturbant la réalisation des missions de sécurité confiées aux hommes ;
- **mise en œuvre d'un système de cotation s'appuyant sur l'analyse qualitative**, pour répondre au besoin d'évaluation quantifiée de la performance de la BHS, afin de définir une classe de probabilité de défaillance de la barrière de sécurité.

Pour appliquer cette méthode qui propose une approche des facteurs humains accessible aux gestionnaires du risque pour évaluer la performance des BHS, il convient de se reporter aux pages correspondantes du rapport INERIS indiquées en parenthèses dans le tableau.

Définitions : Les BHS, comme les BTS, se définissent par la fonction de sécurité qu'elles assurent vis-à-vis d'un scénario d'accident. Elles sont constituées d'une activité humaine (une ou plusieurs opérations) qui s'oppose à l'enchaînement d'événements susceptibles d'aboutir à un accident (page 13).

Pour identifier les BHS, l'homme est considéré – dans un système industriel – dans sa fonction de prévenir ou de rattraper les dérives d'un procédé ou d'une activité à risques. L'application de ce principe conduit à identifier **deux types d'actions susceptibles d'être considérées comme indépendantes** (page 15) :

- celles qui interviennent en amont d'une activité : la fonction de sécurité est de vérifier que les conditions d'occurrence d'un scénario d'accident sont maîtrisés préalablement à une activité à risques, ces BHS sont appelées « **barrières de vérification** » ;
- celles qui prennent place au cours (ou en aval) de l'activité ou du procédé susceptible de présenter des risques d'accident et dont la fonction de sécurité est de détecter une dérive prévue et d'agir en vue de limiter ses conséquences, ces BHS sont appelées « **barrières de rattrapage** ».

<p>1^{re} étape d'analyse qualitative préalable : (page 25) décomposition fonctionnelle et collecte des données utiles pour l'évaluation de la BHS</p> <p>Il s'agit de procéder au découpage « détection, diagnostic, action » en identifiant les éléments qui décrivent chaque sous tâche.</p> <p>Il s'agit aussi de collecter un ensemble suffisant d'informations pertinentes pour renseigner les différents critères d'évaluation proposés par la méthode.</p>	<p>La « situation de travail » analysée est un système formé de trois ensembles : la tâche de sécurité, l'ensemble des moyens conçus pour permettre aux opérateurs de satisfaire les exigences de la tâche, les autres facteurs susceptibles d'en perturber la réalisation. (page 29)</p> <p>Il s'agit donc de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - analyser les exigences (modalités) de la tâche à partir de sa décomposition fonctionnelle en trois sous fonctions ; - collecter les données relatives à la situation de travail afin de mettre en évidence les facteurs facilitant ou perturbant la réalisation des missions de sécurité confiées aux hommes. (usage d'outils de la Qualité page 30) 	<ul style="list-style-type: none"> - exigences (ou modalités) pour la détection, l'obtention de l'information ; (page 29) - exigences pour le diagnostic, le choix de l'action de sécurité ; - exigences de l'action, de la réalisation de l'action de sécurité (c'est-à-dire des tâches permettant de s'opposer au scénario d'accident étudié). (page 30) - identification des moyens prévus pour la réalisation de la tâche de sécurité ; (page 30) - identification des éléments de contexte.
<p>2^{ème} étape de sélection par critères minimaux (ou sélectifs) : (page 25) les données collectées en 1^{ère} étape permettent de « sélectionner » la BHS pour une fonction de sécurité donnée en s'assurant qu'elle satisfait à trois critères minimaux.</p>	<p>Vérification du principe d'indépendance : (pages 25 ; 31) La BHS doit être indépendante de la cause du scénario ou du scénario lui-même pour être retenue comme BHS, la performance ne doit pas être dégradé par l'occurrence de l'évènement : c'est-à-dire que l'opérateur en charge de la BHS et les éléments techniques dont il se sert sont indépendants. Cela revient à vérifier l'indépendance entre la tâche de sécurité et la tâche d'exploitation. (notions d'indépendances organisationnelle ou temporelle page 31)</p> <p>Evaluation de l'efficacité ou capacité de réalisation (pages 26 et 32) : C'est l'aptitude de la BHS à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle est choisie dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement. L'efficacité est à considérer par rapport à tous les éléments composant la BHS. Par analogie avec les BTS, l'évaluation de l'efficacité repose sur l'adaptation de deux principes.</p> <p>Temps de réponse (pages 26 et 33) (peut être sans objet dans certains cas - page 34) Il correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une BHS, dans son contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité est réalisée dans son intégralité. Pour qu'une BHS soit retenue, le temps de réponse doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène à maîtriser ; c'est-à-dire significativement inférieur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pour le cas des barrières de rattrapage, le mode de dépendance éventuel est souvent aisé à identifier ; - pour le cas des barrières de vérification, cela peut être plus délicat, les fonctions de sécurité et d'exploitation étant structurellement moins séparées que dans le domaine technique. (page 31) - principe de dimensionnement adapté : les besoins sont-ils identifiés et pourvus (questions en pages 32 et 33) ? - principe de résistance aux contraintes spécifiques : remise en question du fonctionnement des éléments constitutifs de la BHS (questions page 33) ? - Le temps de réponse intègre les trois temps nécessaires : (page 33) <ul style="list-style-type: none"> - pour la détection de l'incident ou de l'information ; - au diagnostic permettant le choix de l'action de sécurité ; - à la réalisation de l'action de sécurité assurant la fonction de sécurité. (recommandations en page 34)
<p>3^{ème} étape d'évaluation de la performance : le niveau de confiance (page 26) Le NC permet de déterminer un facteur de réduction de risques induit par la BHS avec une correspondance conservatrice : la réduction de risques est égale à 10^{NC}. L'évaluation du NC s'effectue en trois étapes correspondant aux trois sous tâches (ou sous fonctions) de la BHS.</p>	<p>Dans $\Omega 20$ le NC est pris initialement égal à 2 et, selon le niveau de décote associé à la BHS analysée, le NC final peut être de 2, 1 ou 0. (pages 26 et 35)</p> <p>Pour chaque sous fonction, un tableau permet d'associer une décote en fonction des caractéristiques de la situation de travail analysée. Le choix de la décote s'appuie en particulier sur l'identification qui est faite des facteurs déterminants, aidant ou perturbant, vis-à-vis de la réussite de la tâche de sécurité évaluée. (page 35)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1^{ère} sous fonction : obtention de l'information selon deux cas : rôle passif ou actif de l'opérateur (page 36) (tableaux pages 36 et 37) ; - 2^{ème} sous fonction : diagnostic permettant le choix de l'action à réaliser (tableau page 38) ; - 3^{ème} sous fonction : action de sécurité à réaliser (tableau page 39). Condition de décote complète de la BHS (page 39).
<p>Application au cas des barrières mixtes à composantes techniques et humaines : les systèmes à action manuelle de sécurité (SAMS) (page 40)</p>	<p>Evaluation séparée de chacune des composantes du SAMS selon les critères précédemment évoqués et en utilisant la méthode $\Omega 10$ pour la composante technique.</p>	<p>Evaluation globale du SAMS (page 40).</p>
<p>Agrégation des BHS (page 41)</p>	<p>Examen de l'existence de mode commun de défaillance entre les BHS à agréger (page 41).</p>	<p>Agrégation sur un scénario d'accident de BHS assurant la même fonction de sécurité (page 42).</p>

Recommandations : La qualité de l'évaluation dépendra d'une part, du niveau de compréhension de la dimension réelle de la situation de travail et, d'autre part, de la capacité des utilisateurs de la méthode à intégrer ces éléments de compréhension et de connaissance dans l'appréciation des critères génériques d'oméga 20.
En outre, une visite de terrain et la constitution d'un groupe de travail, animé par un garant de la méthode et comprenant des représentants des différentes fonctions concernés par la tâche de sécurité et ses enjeux sont requises.

Annexe G : modèle de fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité

(Références : méthodes INERIS Ω 10 et Ω 20 d'évaluation des barrières de sécurité)

Barrière technique ou humaine ou mixte de prévention ou de limitation

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

.....

Fonction de sécurité à assurer :

.....

Séquence d'action (pour une BTS) ou tâche de sécurité assurée (pour une BHS) :

Décrire précisément la séquence d'action assurée par la BTS (exemple : détection d'un niveau suivi de la fermeture automatique d'une vanne de sectionnement) ou décrire la tâche de sécurité de la BHS (décomposition fonctionnelle selon le découpage « détection, diagnostic, action »).

Liste des éléments (BTS) ou description de la situation de travail (BHS) participant à la fonction de sécurité :

Liste des différents éléments participant à la mise en œuvre de la fonction de sécurité (exemple pour une BTS : détecteur + unité de traitement + actionneur + vanne) ou identification des trois ensembles constituant la « situation de travail » : la tâche de sécurité, l'ensemble des moyens permettant à l'opérateur de satisfaire aux exigences de la tâche et les autres facteurs susceptibles d'en perturber ou faciliter la réalisation.

-
-
-

Etat de l'art / Techniques de référence :

.....

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable	Etude de la performance	
Dispositif actif et système instrumenté de sécurité	Indépendance. Utilisation pour la sécurité.	Efficacité	Principe de dimensionnement adapté Principe de résistance aux contraintes spécifiques Positionnement adéquat
Dispositif passif		Temps de réponse	Intégration de trois éléments
Barrière passive		Niveau de confiance	Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte. Principe d'attribution des NC

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité :

Analyse qualitative préalable	Exigences de la tâche de sécurité pour les sous fonctions : détection, diagnostic et action. Facteurs facilitant ou perturbant.	
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	Cas des BHS de rattrapage. Cas des BHS de vérification.
	Capacité de réalisation	Principe de dimensionnement adapté. Principe de résistance aux contraintes spécifiques.
	Temps de réponse	Trois temps : détection, diagnostic et action
Evaluation de la performance	Niveau de confiance égal à 2 au maximum	Conditions de décote par sous fonction et globale

Références documentaires européennes / internationales :

Points réglementaires :

Annexe H1 : les barrières organisationnelles concernant les réservoirs enterrés

1 Présentation des barrières organisationnelles

1.1 Rappel sur l'approche par barrière de sécurité et la réduction de risque

1.1.1 Notion de niveau (ou ligne) de défense

Historiquement, le concept de barrière est apparu avec celui de défense en profondeur utilisée aux Etats-Unis par l'agence internationale de l'énergie atomique dans les années 1960 pour concevoir la sécurité des premiers réacteurs nucléaires. Ce concept vise à la sécurisation d'un système par la mise en place d'un ensemble de mesures (ou de niveaux de défense) successives et indépendantes les unes des autres - englobant les dispositions en matière de conception, construction, maintenance et mesures d'urgence – permettant de prévenir ou de maîtriser les incidents possibles et d'en limiter les conséquences.

Plus récemment, suite à la catastrophe d'AZF Toulouse en septembre 2001, le rapport parlementaire de F. Loos et J.Y. Le Déaut¹ dresse un bilan des pratiques en termes de gestion des risques d'accidents majeurs sur les sites industriels. Ce rapport fait notamment apparaître la nécessité de :

- mettre en place des lignes de défense successive, première condition d'une prise en compte des probabilités d'occurrence des événements redoutés (cf. : partie 1 ; § 1.C.2b, et à plus long terme, propositions 9 et 13) ;
- prendre en compte les aspects organisationnels dans l'évaluation des risques (cf. : partie 1 ; § 1.C.3a).

A titre d'exemple, les niveaux (ou lignes) de défense relatives au risque de mauvaise conception d'un réservoir enterré incluent les lignes intervenant aux différentes étapes du projet : la conception (par le bureau d'études) en suivant les règles de l'art, la réalisation par des entreprises compétentes, la réception de l'installation. Une ligne (ou barrière) importante sur ce type de risque est l'épreuve hydraulique réalisée avant la mise en service. Dans cet exemple, l'estimation d'un niveau de confiance global nécessiterait de s'interroger aussi bien sur la compétence des personnes intervenant en conception, en réalisation et à la réception que sur l'existence de contrôles internes ou externes, le suivi de procédures, etc.

Un autre exemple possible est la mise en sécurité du réservoir enterré et de ses équipements annexes vis-à-vis du risque inondation. Ces installations peuvent être conçues et exploitées pour ne pas générer de risque en cas d'inondation : les deux niveaux de défense face au risque inondation sont alors la conception sûre des installations et la mise en sécurité du site avant l'arrivée de l'inondation pour éviter les phénomènes accidentels. Ce dernier niveau de défense pourrait être estimé qualitativement en fonction de divers paramètres :

- temps disponible pour mettre le site en sécurité (temps d'arrivée des premières eaux) ;
- façon dont l'exploitant peut être prévenu de l'occurrence de l'évènement ;
- paramètres physiques attendus de l'évènement (hauteur d'eau, cinétique du phénomène, durée, etc.) ;
- caractéristiques des barrières de sécurité en place sur le site.

1.1.2 Approche par barrière de sécurité et la réduction de risque associée

le guide d'accompagnement développe, de façon adaptée, une approche par barrières s'appuyant sur la performance de barrières de sécurité mises en place pour maîtriser les enchaînements accidentels susceptibles d'être engendrés par un réservoir enterré et ses équipements annexes ; l'approche développée consiste tout d'abord à vérifier, sur la base de certains critères de sélection, si une barrière de sécurité peut être retenue pour un scénario étudié, puis à attribuer un facteur de réduction de risques à la barrière de sécurité sélectionnée en fonction de l'évaluation qui est faite de sa performance.

En prenant l'exemple de barrières de sécurité agissant en prévention, c'est en effet la combinaison de la fréquence d'occurrence des événements initiateurs et des facteurs de réduction de risques (RR) des barrières de prévention agissant sur un même scénario qui permet au final d'estimer une classe de probabilité d'occurrence pour l'évènement redouté ou le phénomène dangereux potentiel.

¹ Rapport parlementaire fait au nom de la commission d'enquête sur la sûreté des installations industrielles et des centres de recherche et sur la protection des personnes et de l'environnement en cas d'accident majeur.

Selon une formulation plus technique (voir annexe A), la classe de probabilité d'occurrence de l'évènement redouté ou du phénomène dangereux est évaluée en considérant le dysfonctionnement (ou la défaillance) de la ou des barrières de sécurité concernées lorsqu'elles sont sollicitées. La probabilité de défaillance à la sollicitation est déterminée par le niveau de confiance (NC) attribué à la barrière de sécurité et correspond au facteur de réduction de risque selon l'approche semi-probabiliste appelée aussi approche « barrières ».

Dans cette approche par barrière, l'intérêt des méthodes INERIS Ω 10 et Ω 20 est d'apporter des outils à l'exploitant pour déterminer un facteur de réduction de risque associé à chaque barrière de sécurité en fonction de son niveau de confiance.

Il convient cependant de noter que la désignation « barrière de sécurité » utilisée dans les méthodes INERIS Ω 10 et Ω 20 se restreint aux seuls systèmes actifs ou passifs, techniques ou humains, assurant une fonction de sécurité : c'est-à-dire les barrières techniques, humaines et mixtes de sécurité ; ces deux méthodes ne permettant pas d'évaluer la performance de barrières organisationnelles participant à la sécurité.

1.2 Distinction entre barrière de sécurité et barrière organisationnelle

Le ministère en charge des IC définit à son niveau² les barrières (ou mesures) de sécurité simplement comme un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité ; les procédures organisationnelles couvrent les « activités humaines », ces activités étant complémentaires des « éléments techniques de sécurité ».

Ces barrières (ou mesures) de sécurité étant définies, on peut ensuite les distinguer selon leur utilisation ou finalité : la prévention, la limitation et la protection. La réduction du risque « à la source » - finalité du guide d'accompagnement - est obtenue avec des barrières de prévention (réduction de la probabilité) et/ou de limitation (réduction de l'intensité des effets).

A partir de la terminologie officielle, la profession pétrolière propose une approche plus spécifique, cohérente avec les pratiques de terrain, en considérant trois catégories de barrières :

- les barrières humaines de sécurité,
- les barrières techniques de sécurité,
- les barrières organisationnelles.

L'observation des systèmes de management de la sécurité en place dans les dépôts montre que les caractéristiques des barrières humaines et techniques de sécurité sont le plus souvent indissociables des « barrières organisationnelles » (ou mesures d'organisation) qui, par nature les régissent (cf. : article 7.1 du guide DLI). D'ailleurs, en application du concept de niveau de défense présenté au § 1.1.1, les barrières organisationnelles sont représentées dans les arbres de défaillance au même titre que les barrières de sécurité (cf. § 10.5 du guide DLI).

En fait, les barrières organisationnelles participent simultanément à la garantie et au maintien de la performance des mesures techniques et humaines à destination du procédé industriel et à destination de la sécurité. Au titre de la sécurité par exemple, pour une mesure de maîtrise des risques (MMR) - c'est-à-dire une barrière qui remplit une fonction de sécurité en respectant des critères de performance - la performance doit justement être maintenue dans le temps pour que le niveau de confiance (NC) final qui est associé à la fréquence de défaillance de la barrière reste équivalent au NC initial (cf. : art. 7.4 du guide DLI).

A noter que l'API 353³, cité dans le guide DLI, propose - à la différence des méthodes oméga 10 et 20 de l'INERIS - une approche hybride intégrant une estimation des effets des barrières organisationnelles mises en oeuvre en amont des barrières de sécurité ; ce guide traite en effet de notions de gestion globale des risques sur un parc de bacs de stockage et propose des méthodes d'évaluation des risques pour différentes pertes de confinement (cf. : article 9.1 du guide DLI).

² Cf. : glossaire des risques technologiques en partie 3 de la circulaire DGPR du 10 mai 2010 – définitions relatives aux MMR (mesures de maîtrise des risques), aux fonctions de sécurité et à la réduction du risque à la source.

³ American petroleum institute 353: *managing systems integrity of terminal and tank facilities* – 1^{ère} édition de novembre 2006 – 316 pages.

1.3 Caractérisation des barrières organisationnelles

Dans bien des cas les barrières organisationnelles touchent en même temps, aussi bien des aspects de sécurité que des aspects de procédé industriel. Ceci peut rendre moins facile de réaliser une distinction claire entre la fonction du procédé et celle de sécurité, en particulier pour les aspects humains (barrières humaines de sécurité). L'exploitant y prêtera donc une attention particulière (cf. : article 8.1.1 du guide DLI).

Les barrières organisationnelles dans un dépôt pétrolier sont entre autres :

- la conception des barrières techniques : l'exploitant choisit les normes et codes adéquats en recherchant les meilleures techniques disponibles économiquement acceptables ;
- l'inspection et maintenance des barrières techniques ;
- la conception des barrières humaines : elles s'appuient sur la mise au point des divers types de procédures ;
- la formation et le contrôle des compétences des opérateurs mettant en œuvre les barrières humaines ;
- la gestion des modifications, qui comprend également la maîtrise des documents (techniques et opérationnels) ;
- le plan d'opération interne.

Ces éléments sont généralement gérés par l'exploitant à travers un système de gestion type SMS (système de management de la sécurité), SIES (système international d'évaluation de la sécurité) ou autre. Pour les dépôts Seveso seuil haut, le SGS (système de gestion de la sécurité) est *a minima* appliqué.

Par ailleurs de bonnes pratiques sont mises en œuvre et peuvent être formalisées dans des guides professionnels (guides de l'union des industries chimiques, du groupe d'études pour la sécurité des industries pétrolières et chimiques, etc.).

2 Barrières organisationnelles concernant les réservoirs enterrés

2.1 Inspection

Le plan d'inspection (cf. : art. 8.2.2 du guide DLI)

Le plan d'inspection ou système équivalent garantit l'intégrité des équipements susceptibles, en cas de défaillance, d'engendrer un accident.

Les inspections et le suivi des actions décidées sont enregistrés.

Les barrières de sécurité sont couvertes par le plan d'inspection.

Selon l'article 29-1 de l'arrêté « 1432 » du 3 octobre 2010, le plan d'inspection d'un réservoir définit la nature, l'étendue et la périodicité des contrôles à réaliser en fonction des produits contenus et du matériau de construction du réservoir et tenant compte des conditions d'exploitation, de maintenance et d'environnement.

Au titre des dispositions relatives à la prévention des risques liés au vieillissement de certains équipements, le plan d'inspection ou de surveillance se présente comme un document qui définit l'ensemble des opérations prescrites pour assurer la maîtrise de l'état et la conformité dans le temps d'un équipement ou un groupe d'équipements soumis à surveillance. Le terme plan de surveillance est employé pour les équipements ne relevant pas d'un service d'inspection. (cf. : art. 2 de l'arrêté « risques accidentels » du 4 octobre 2010).

Un plan d'inspection de réservoir comprend : des visites de routine, des inspections externes détaillées et des inspections détaillées hors exploitation (voir articles 29-1 à 29-6 de l'arrêté « 1432 »).

Le programme d'inspection et de surveillance est un échéancier définissant, sur une période pluriannuelle, pour les équipements concernés, les dates et type de visite, d'inspection ou de surveillance à effectuer (définition issue de l'article 2 de l'arrêté du 04/10/2010).

2.2 Maintenance

Le plan de maintenance (cf. : art. 8.2.3 du guide DLI)

Par maintenance, il faut entendre toutes les interventions effectuées sur les équipements pour leur conserver le niveau de performance adapté à l'usage.

Le plan de maintenance ou système équivalent porte sur les équipements, il fixe les acteurs, la nature (test, remplacement de pièces) et la périodicité des opérations de maintenance.

Les opérations et le suivi des actions décidées sont enregistrés.

Le plan de maintenance s'appuie sur une analyse préalable de criticité, formelle ou non, de chaque équipement afin de déterminer le niveau de maintenance à assurer.

Maintenance et tests des barrières techniques de sécurité (cf. : chapitre 6 du rapport INERIS Ω 10)

Il s'agit d'une maintenance préventive avec des opérations d'entretien éventuelles et une périodicité justifiée.

Les tests doivent concerner toute la barrière et en corrélation avec les opérations de maintenance, ils sont effectués par du personnel qualifié avec des procédures d'étalonnage écrites quand nécessaire.

En cas de modification, il faut mettre en oeuvre une procédure de gestion des modifications.

2.3 Intervention extérieure

Les procédures travaux et opérations critiques (cf. : art.8.2.4 du guide DLI)

Les travaux neufs et les opérations de maintenance jugées critiques (opérations liées à la dangerosité du produit pétrolier contenu) doivent être considérés – en terme de sécurité environnementale – comme des agresseurs potentiels du réservoir et de ses équipements annexes.

Ces interventions doivent faire l'objet de procédures spécifiques de maîtrise des risques en grande partie réglementées dans le code du travail : article R. 4511-1 et suivants, articles L. 4522-1 et 4522-2 pour les dépôts Seveso seuil haut, les plans de prévention écrits (article R. 4512-7 et arrêté du 19 mars 1993 fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi un plan de prévention par écrit).

Les trois systèmes de qualification (ou référentiels) reconnus pour les entreprises extérieures intervenant dans les réservoirs sont le MASE (manuel d'amélioration sécurité des entreprises), le GEHSE (guide d'engagement hygiène, sécurité, environnement) et l'UIC DT 78 (union des industries chimiques – document technique n° 78) selon la circulaire du ministère en charge des IC du 1^{er} juillet 2008 relative aux installations classées, accompagnant l'arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés.

2.4 Maîtrise des sources d'ignition

La maîtrise des sources d'ignition (cf. : art. 8.2.5 du guide DLI)

Les sources d'ignition génériques sur un dépôt sont : les surfaces chaudes, voire des étincelles produites mécaniquement ; l'électricité statique ; les installations électriques ; les flammes et gaz chauds ; des courants transitoires (protection cathodique contre la corrosion) ; la foudre.

Divers consignes particulières sur ce sujet sont portés à la connaissance des opérateurs et du personnel des entreprises extérieures (par exemple, à travers la procédure aboutissant à la délivrance d'un permis feu) et des règles générales de sécurité sont appliquées (par exemple, le zonage ATEX sur le dépôt et sa signalisation, la vérification périodique des installations électriques et le suivi des rapports de contrôle, la suite donnée aux recommandations de l'étude foudre).

2.5 Circulation des véhicules

Le plan de circulation des véhicules (cf. : art. 8.2.6 du guide DLI)

A l'initiative du chef de site, un plan de circulation interne pour le trafic habituel est mis au point et communiqué aux personnes concernées, en particulier pour des interventions faisant l'objet d'un plan de prévention écrit ; il indique en particulier les zones de circulation et de stationnement, la vitesse maximale autorisée, etc.

La signalisation par panneau et le marquage au sol vont matérialiser sur le site les zones de stationnement et les vitesses maximales autorisées.

Annexe H2 : tableau comparatif de barrières organisationnelles
associées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés

(Tableau rempli de façon non exhaustive)

Remarque : Le présent tableau met simplement en lumière les mesures ou barrières organisationnelles qui transparaissent à travers des dispositions officielles, sans tenir compte de la notion d'installation nouvelle ou existante, discrimination administrative reposant sur la date de parution de ces deux arrêtés relatifs à des règlements techniques de sécurité.

Barrières organisationnelles	Mesures ou barrières organisationnelles de l'arrêté « 1432/A » du 3 octobre 2010 modifié	Mesures ou barrières organisationnelles de l'arrêté du 18 avril 2008
Inspection	<ul style="list-style-type: none"> - essai initial en eau avec rapport dans le dossier de suivi (art. 8) ; - inspection des rétentions (art. 22-2) ; - dossier de suivi individuel de réservoir (art. 28) ; - un plan d'inspection par réservoir (art. 29-1) ; - inspection détaillée hors exploitation (art.29-4) ; - écarts constatés par écrit (art. 29-5) ; - guide professionnel (art. 29-6) ; - vérification périodique des matériels de sécurité (art.37) ; - programme de surveillance des rejets (art. 54-6). 	<ul style="list-style-type: none"> - plan d'implantation à jour (art. 4) ; - contrôle d'étanchéité du réservoir simple paroi (art. 17) ; - contrôle d'étanchéité tuyaux enterrés simple enveloppe (art. 19) ; - contrôler l'étanchéité avant remise en service (art. 7) ; - contrôles initiaux des réservoirs et tuyaux (annexe I).
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - maintenance des rétentions (art. 22-2) ; - espace annulaire pour la maintenance (art. 25-1) ; - dossier de suivi individuel de réservoir (art.28) ; - enregistrement et analyse des pertes de confinement, des dépassements de niveau de sécurité, des défaillances de BTS (art. 33) ; - maintenance des matériels de sécurité (art. 37) ; - réseau de collecte des effluents curable (art.53) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - procédure à respecter suite à une intervention lourde (art.7).
Travaux et opérations critiques	<ul style="list-style-type: none"> - fiches de données de sécurité des produits (art. 30) ; - consignes à jour pour le personnel du dépôt et des entreprises extérieures (art. 31) ; - permis de travail (art. 41) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - plan d'implantation à jour (art. 4) ; - entreprise en démarche qualité (art. 5) ; - neutralisation en eau (art. 6) ; - entreprise qualifiée pour la transformation (art. 16) ; - dégazage, nettoyage par entreprise qualifiée (art. 17) ;
Maîtrise des sources d'ignition	<ul style="list-style-type: none"> - vérification périodique des installations électriques (art. 37) ; - zones ATEX et recensement (art. 38) ; - permis de feu (art. 41) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - pas de matières combustibles stockées à proximité du réservoir (annexe I - &1).
Circulation des véhicules	<ul style="list-style-type: none"> - définition d'un accès (art. 2) ; - interdiction d'accès (art. 4) ; - deux accès, pas de gêne aux engins des services de secours (art. 5) ; - une voie « engins » (art. 6) ; - accès des moyens publics dans les meilleures conditions (art. 36-1). 	<ul style="list-style-type: none"> - aménagement supérieur du réservoir résistant aux charges (annexe I - &1).
Conception des moyens techniques	<ul style="list-style-type: none"> - conformité des réservoirs aux normes et codes (art. 8) ; - distances minimum aux limites de site (art.3) ; - clôture de 2,5 m de haut (art. 4) - tuyaux, robinets, accessoires aux normes (art. 26-1) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - réservoir aux normes avec système de détection de fuite (art. 10) ; - tuyauteries aux normes à pente descendante (art. 14) ; - distances minimales horizontales (art. 9 et 13).
Conception des moyens humains (formation, contrôle des compétences)	<ul style="list-style-type: none"> - inspecteurs certifiés (art. 29-6). 	<ul style="list-style-type: none"> - agrément des organismes de contrôle d'étanchéité (art. 8).
Plan d'urgence	<ul style="list-style-type: none"> - deux accès au moins (art. 5) ; - mise à disposition d'une voie engins (art. 6) ; - conduite à tenir en cas de fuite (art. 32) ; - recensements de dangers (art. 38 et 39) ; - défense contre l'incendie (art. 43 et suivants) ; - isolement des réseaux (art.53). 	
Gestion des modifications	<ul style="list-style-type: none"> - dossier de suivi de réservoir (art. 28). 	<ul style="list-style-type: none"> - transformation des réservoirs simple enveloppe (art. 16).

Annexe I : les huit fonctions de sécurité à assurer pour un réservoir enterré et ses équipements annexes

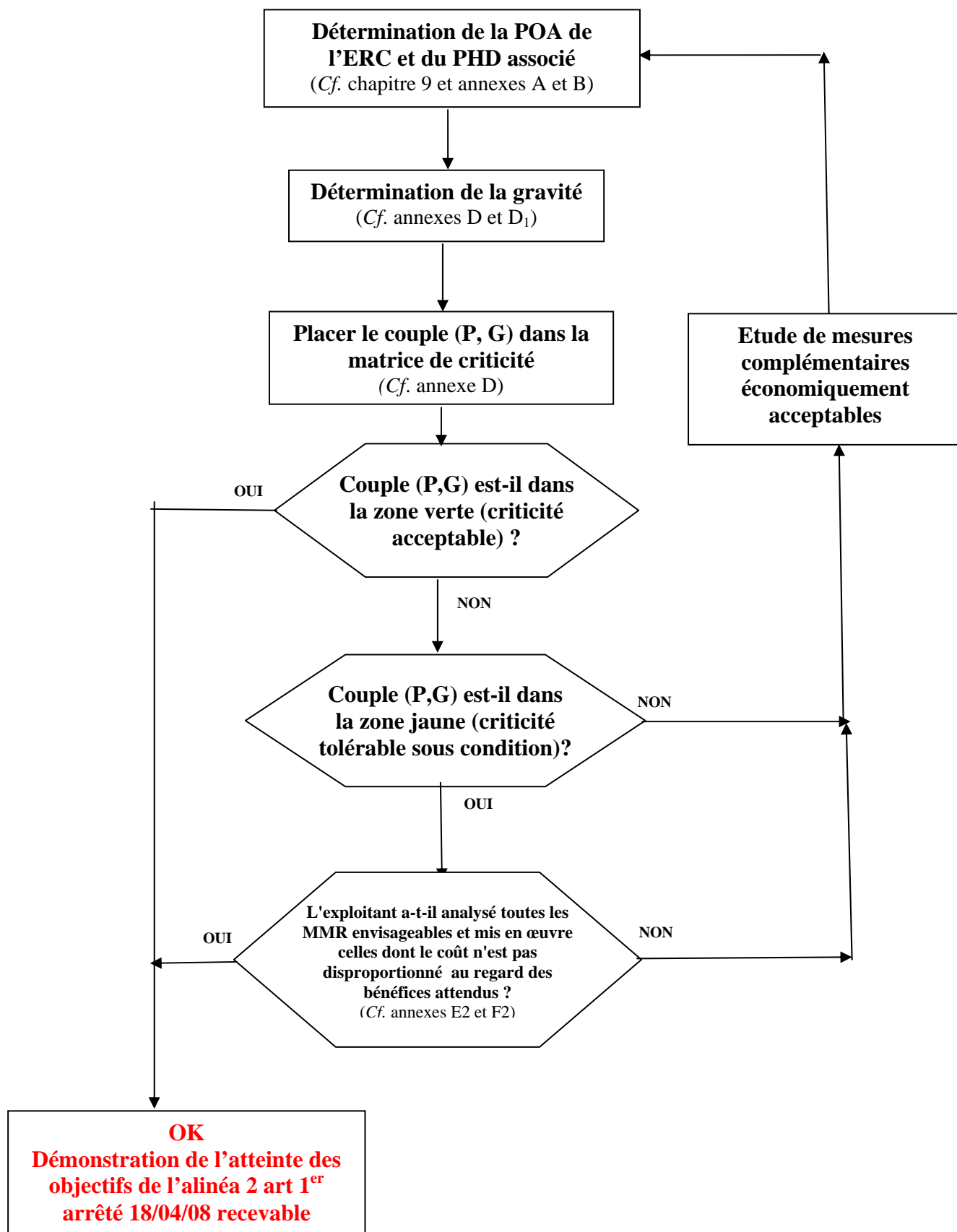
Fonctions de sécurité	Éléments fonctionnels concourant à assurer ou remplir la fonction de sécurité	Barrières de sécurité (humaines et techniques) et barrières organisationnelles de l'arrêté du 18 avril 2008
Éviter ou prévenir un débordement	Empêcher un dépassement de la capacité disponible (erreur d'affectation de produit dans un bac, creux disponible inadapté à la cargaison) en appliquant des procédures étudiées pour l'emplissage Prévoir des dispositions constructives et techniques adaptées	- plan d'implantation à jour et signalétique adaptée au niveau de chaque orifice de livraison ou dépotage (art. 4) ; - dispositif de contrôle de remplissage normalisé avec information à l'orifice de dépotage (art. 11) ; - dispositif pour connaître le volume à tout moment (art. 12) ; - suivi hebdomadaire du volume stocké avec traçage formalisé (art. 18) ; - conditions pour une tuyauterie commune de remplissage à plusieurs réservoirs (annexe I – & 4) ; - tampon hermétique du tube de jaugeage (annexe I – & 3) ; - accessoires en partie supérieure (annexe 1 - & 5).
Prévenir une fuite	Garantir, conserver, maintenir l'intégrité du réservoir et de ses équipements.	- réservoir en fosse (art.2) ; - procédure à respecter suite à une intervention lourde (art. 7) ; - prévenir les agressions externes (art.9) ; - réservoir à double paroi (art. 10) ; - éviter les variations de pression interne en phase dynamique (art. 13) ; - tuyauterie double enveloppe (art.14) ; - transformation en double enveloppe (art.16) ; - aménagement supérieur résistant aux charges (annexe I - & 1) ; - résistances des accessoires aux agressions (annexe 1 - & 5).
	Contrôler l'existence éventuelle de défaut.	- contrôler l'étanchéité par organisme agréé avant remise en service (art. 7) ; - contrôle d'étanchéité du réservoir simple paroi (art. 17) ; - contrôle d'étanchéité tuyaux enterrés simple enveloppe (art.19) ; - contrôles initiaux des réservoirs et tuyaux (annexe I - & 2).
Détecter une fuite ou un épandage	Réagir au plus vite Rechercher toutes anomalies	- système normalisé de détection de fuite, accessible pour contrôle, déclenchant une alarme visuelle et sonore (art. 10) vue et entendue du personnel, avec contrôle quinquennal par un tiers agréé, test annuel par l'exploitant et traçage des actions (art. 15) ; - événements visibles depuis l'aire de livraison ou dépotage (art. 13) ; - tuyauteries enterrées double enveloppe installées à pente descendante et contrôle hebdomadaire des points bas avec suivi formalisé (art. 14) ; - contrôle hebdomadaire points bas des réservoirs simple paroi avec suivi formalisé (art. 18) ;
Contrôler un épandage	Limiter le temps de fuite Retenir, contenir le produit répandu	- suivi de façon formalisée du volume stocké (art. 12 et 18) ; - contrôle hebdomadaire des points bas (art. 14 et 18) ; - alarme de détection de fuite entendue et vue du personnel exploitant (art. 15) ; - réservoir en fosse (art. 2) ; - pas de cavité (sous-sol, excavation) en dessous d'un réservoir (annexe I – & 1).
Contrôler la formation de vapeurs combustibles	Disposer d'une implantation, d'accessoires et d'équipements adaptés Respecter des consignes d'exploitation	- neutralisation des réservoirs par un solide physique inerte (art. 5) et à l'eau temporairement (art. 6) ; - stockage essence interdit en milieu urbain confiné (art. 9) ; - événements indépendants ou isolés (art. 13) ; - respect de distances horizontales (art. 13) - dégazage et nettoyage (art. 17) ; - tampon hermétique du tube de jaugeage et transfert de vapeurs (annexe I – & 3) ; - obturateur étanche à l'orifice du tuyau de remplissage (annexe I - & 4) ; - oxygène et air comprimé interdits en exploitation (annexe I - & 4).
Prévenir les sources d'ignition	Disposer d'accessoires et d'équipements adaptés Respecter des consignes d'exploitation Intervenir avec du personnel qualifié	- arrêté-flamme normalisé pour le stockage essence (art. 13) ; - entreprise intervenante qualifiée (art. 17) ; - pas de stockage proche de matière combustible (annexe I - & 1) ; - mise à la terre (annexe I - & 6).
Prévenir les risques liés aux activités de la phase transitoire	Définir les tâches à effectuer Repérer les risques d'interférence Préciser les consignes propres aux opérations Former, qualifier les intervenants	- mise à l'arrêt définitif par une société en démarche qualité (art. 5) ; - mise à l'arrêt temporaire (art. 6) ; - intervention touchant à l'étanchéité (art. 7) ; - les qualifications des entreprises intervenantes (art. 8) ; - entreprises qualifiées pour revêtement, stratification et transformation (art. 16 et annexe III) ; - dégazage, nettoyage, contrôle visuel par intervenants qualifiés et formés (art. 17).
Prévenir la formation de vapeurs combustibles	Vérifier le point d'éclair du carburant ou combustible emmagasiné	Guide d'accompagnement – partie méthodologique : - paragraphe 5.3 relatif aux liquides inflammables concernés ; - paragraphe 6.1 relatif aux dangers associés aux produits.

Annexe J : tableau comparatif de dispositions réglementaires répondant à des fonctions de sécurité liées à l'exploitation de réservoirs de liquides inflammables aériens et enterrés
(Tableau rempli de façon non exhaustive)

Fonctions de sécurité	Mesures ou barrières de sécurité de l'arrêté « 1432 » du 3 octobre 2010 modifié (humaines et techniques)	Mesures ou barrières de sécurité de l'arrêté du 18 avril 2008 (humaines et techniques)
Eviter ou prévenir un débordement	<ul style="list-style-type: none"> - dans le cas de réceptions non automatiques, un dispositif indépendant du système de mesurage en exploitation, constituant le 1^{er} niveau de sécurité (art. 16) ; - une mesure de niveau haut avec alarme, du personnel, des consignes plus une sécurité de niveau très haut, indépendante de la mesure, asservissant le remplissage (art. 25-4). 	<ul style="list-style-type: none"> - signalétique adaptée au niveau de chaque orifice de livraison ou dépotage (art. 4) ; - dispositif de contrôle de remplissage normalisé avec information à l'orifice de dépotage (art. 11) ; - dispositif pour connaître le volume à tout moment (art. 12) ; - suivi hebdomadaire du volume stocké avec traçage formalisé (art. 18) ; - conditions pour une tuyauterie commune de remplissage à plusieurs réservoirs (annexe I – & 4) ; - tampon hermétique du tube de jaugeage (annexe I – & 3) ; - accessoires en partie supérieure (annexe 1 - & 5).
Prévenir une fuite	<ul style="list-style-type: none"> - réservoir conforme aux codes et normes (art. 8) ; - revêtement interne anti-corrosion (art.9) ; - dispositif de respiration limitant les pressions et dépressions internes et événements de pressurisation (art.15) ; - évacuer les eaux s'accumulant dans les rétentions (art. 24) ; - tuyauteries, robinets, accessoires conformes aux codes et normes (art. 26-1) ; - passage à travers mur béton (art. 26-4) ; - vanne de pied de bac obligatoire (art. 26-5) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - réservoir en fosse (art.2) ; - prévenir les agressions externes (art.9) ; - réservoir à double paroi (art. 10) ; - éviter les variations de pression interne en phase dynamique (art. 13) ; - tuyauterie double enveloppe (art.14) ; - transformation en double enveloppe (art.16) ; - aménagement supérieur résistant aux charges (annexe I - & 1) ; - résistances des accessoires aux agressions (annexe 1 - & 5).
Détecter une fuite ou un épandage	<ul style="list-style-type: none"> - détection de présence de liquide inflammable (art.22-9) ; - espace annulaire avec détection de liquide adaptée (art. 25-3) ; - gardiennage et télésurveillance (art. 36-1) ; - inventaire (art. 30) ; - puits piézométriques de contrôle (art. 55). 	<ul style="list-style-type: none"> - système normalisé de détection de fuite, accessible pour contrôle, déclenchant une alarme visuelle et sonore (art. 10) vue et entendue du personnel, avec contrôle quinquennal par un tiers agréé, test annuel par l'exploitant et traçage des actions (art. 15) ; - événements visibles depuis l'aire de livraison ou dépotage (art. 13) ; - tuyauteries enterrées double enveloppe installées à pente descendante et contrôle hebdomadaire des points bas avec suivi formalisé (art. 14) ; - contrôle hebdomadaire points bas des réservoirs simple paroi avec suivi formalisé (art. 18) ;
Contrôler un épandage	<ul style="list-style-type: none"> - capacité de rétention (art. 20-1) ; - rétention déportée (art.21) ; - rétention étanche (art.22-1) ; - rétention bien conçue et entretenue (art.22-2) ; - intervention dans les 30 minutes (art. 22-9) ; - évacuer les eaux accumulées dans les rétentions (art. 24) ; - cloisonnement des caniveaux (art. 26-2) ; - dispositions en cas de fuite (art. 32) ; - gardiennage, télésurveillance, surveillance (art. 36-1) ; - isolement des réseaux de collecte d'effluents pollués (art. 53) ; - séparation des réseaux (art. 54-1) ; - sectionnement du réseau en cas de sinistre (art.54-3) ; - emplacement d'équipement pétrolier sur sol étanche (art. 54-5). 	<ul style="list-style-type: none"> - suivi de façon formalisée du volume stocké (art. 12 et 18) ; - contrôle hebdomadaire des points bas (art. 14 et 18) ; - alarme de détection de fuite entendue et vue du personnel exploitant (art. 15) ; - réservoir en fosse (art. 2) ;
Contrôler la formation de vapeurs combustibles	<ul style="list-style-type: none"> - distance des parois à 30 m mini des limites de site (art. 3) ; - distances minimales entre réservoirs selon catégorie de liquide inflammable (art. 10) ; - détecteur de présence de liquide inflammable (art. 22-9) ; - dispositions à l'égard de l'accumulation de vapeurs (art. 40). 	<ul style="list-style-type: none"> - neutralisation des réservoirs par un solide physique inerte (art. 5) et à l'eau temporairement (art. 6) ; - stockage essence interdit en milieu urbain confiné (art. 9) ; - événements indépendants ou isolés (art. 13) ; - dégazage et nettoyage (art. 17) ; - tampon hermétique du tube de jaugeage et transfert de vapeurs (annexe I – & 3) ; - obturateur étanche à l'orifice du tuyau de remplissage (annexe I - & 4) ; - oxygène et air comprimé interdits en exploitation (annexe I - & 4).
Prévenir les sources d'ignition	<ul style="list-style-type: none"> - site clôturé de 2,5 m de hauteur (art. 4) ; - remplissage en « pluie » impossible (art. 17) ; - sécurité contre l'échauffement anormal des pompes (art. 27) ; - interdiction d'apporter du feu (art. 41) ; - mise à la terre et équipotentialité (art. 42) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - arrêté flamme normalisé pour le stockage essence (art. 13) ; - mise à la terre (annexe I - & 6).
Prévenir la formation de vapeurs combustibles	<ul style="list-style-type: none"> - ventilation par des ouvertures (art. 13) ; - toit flottant (art.14). 	

Annexe K : logigramme de la démarche méthodologique

Logigramme illustrant le § 4.2.2 « ligne méthodologique et articulation retenue » de la démarche méthodologique en montrant le déroulement et l'articulation des phases d'estimation, d'évaluation et de décision.



Avant-propos

Les trois cas concrets, présentés par les exploitants ayant participé à la mise au point de la 1^{ère} partie, ont vocation à illustrer par l'exemple des points cruciaux de la démarche méthodologie exposée ; la finalité du guide - avec ses deux parties - étant d'accompagner les exploitants dans leur démonstration, selon des critères clairement établis et à l'aide d'outils reconnus, d'une maîtrise à la source des risques liés à l'exploitation de réservoirs enterrés de grande capacité unitaire et de conception militaro-industrielle.

Seule une maîtrise probante des risques à la source permet de justifier un risque résiduel acceptable au regard des objectifs de protection environnementale fixés par le ministre en charge des installations classées (Cf. article 1^{er} - 2^{ème} alinéa de l'arrêté du 18 avril 2008). Elle permet en particulier de tenir la comparaison *mutatis mutandis* avec le niveau de sécurité attendu des dispositifs double enveloppe assorti d'un système de détection de fuite équipant les réservoirs enterrés normalisés à axe horizontal.

Les mesures de sécurité mises en œuvre par l'exploitant pour obtenir le niveau requis de maîtrise des risques à la source représentent de fait les « dispositions spécifiques et adaptées » demandées par l'administration au titre des règles de protection de l'environnement applicables aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et à leurs équipements annexes soumis à autorisation.

Le choix de ne centrer les trois cas concrets que sur les points cruciaux de la démarche méthodologique se traduit de la manière suivante :

- quatre fonctions de sécurité sur les huit recensées dans la méthodologie sont traitées : ce sont celles* dont l'étude permet notamment de définir et de justifier les dispositions spécifiques et adaptées aux particularités de construction et d'exploitation des réservoirs enterrés de conception militaro-industrielle, l'approche des autres fonctions étant globalement semblable à celle des réservoirs aériens de la profession pétrolière ;
- développement ciblé - en cohérence avec les fonctions de sécurité sélectionnées - des analyses de risques ;
- présentation des phases d'exploitation - selon la même cohérence - centrée sur l'emplissage, le stockage et le soutirage des produits exploités ;
- présentation restreinte de fiches de caractérisation de barrières de sécurité pour conserver le caractère illustratif de cette 2^{ème} partie sans alourdir inutilement le document qui a une vocation de guide professionnel à caractère méthodologique.

* Il s'agit des quatre fonctions de sécurité suivantes :

- éviter ou prévenir un débordement,
- prévenir une fuite,
- détecter une fuite ou un épandage,
- contrôler un épandage.

CAS CONCRET SEA



Etude technique
des réservoirs situés au
DEAN de Landivisiau

Juin 2014



*Direction de l'Exploitation et de la
Logistique Pétrolières Interarmées*



Gestion des modifications

Date	Référence version	Modification
04/06/2014	20140604_V0	- Document initial
16/06/2014	20140616_V1	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à jour des pieds de page et de la page de garde - Page 2 : ajout de la gestion des modifications - Pages 12 et 13 : remplacement de DEA par DEAN - Page 38 : modification de la dénomination des barrières n°7, 8 et 9 et ajout des barrières n°10, 11 et 12 - Page 41 : Modification de la figure 13 (nœud papillon) - Pages 42-45 : modification de l'évaluation du volume et de la cotation de la gravité - Pages 46 à 48 : modification du tableau de synthèse - Pages 49 à 51 : modification des matrices de criticité et du tableau p°49 - Mise à jour du sommaire <p><u>Annexe 1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Modification de la cotation de la gravité avant barrières pour le scénario n°4 <p><u>Annexe 2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajout d'un sommaire - Modification de la numérotation des barrières - Modification de la dénomination des barrières n°7, 8 et 9 - Ajout des barrières n°10 et 11

Sommaire

	Pages
1 PREAMBULE	5
2 DEFINITION DU SYSTEME ETUDIE	6
2.1. PRESENTATION SUCCINCTE DU DEAN ET DE CES INSTALLATIONS	6
2.2. SYSTEME ETUDIE	8
3 PRESENTATION DU PROCEDE ET DES FONCTIONS D'EXPLOITATION, INVENTAIRE DES PRODUITS PETROLIERS	10
3.1. FONCTIONS D'EXPLOITATION	10
3.2. PROCEDE INDUSTRIEL DU DEAN	10
3.3. LIQUIDES INFLAMMABLES CONCERNES	11
4 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL ET HUMAIN	12
4.1. ENVIRONNEMENT NATUREL	14
4.1.1. <i>Eléments vulnérables à protéger</i>	14
4.1.2. <i>Agressions externes d'origine naturelle (les risques « Na Tech »)</i>	18
4.2. ENVIRONNEMENT HUMAIN AUTOUR DU RESERVOIR	20
4.2.1. <i>Eléments vulnérables à protéger</i>	20
4.2.2. <i>Agressions externes liées à l'activité humaine</i>	22
4.3. SYNTHESE DES ELEMENTS VULNERABLES	23
4.4. SYNTHESE DES SOURCES D'AGRESSION	25
5 CARACTERISATION DES DANGERS ET DES POTENTIELS DE DANGERS	26
5.1. DANGERS ASSOCIES AUX PRODUITS	26
5.2. DANGERS LIES AUX PERTES D'UTILITE	27
5.3. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX MODALITES OPERATOIRES	29
5.4. EQUIPEMENTS POTENTIELLEMENT DANGEREUX	30
6 ANALYSE DES RISQUES	31
6.1. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	31
6.2. ARBRES DE DEFAILLANCES	34
7 BARRIERES DE SECURITE ET MAITRISE DES RISQUES	37
7.1. BARRIERES DE SECURITE ET FONCTIONS DE SECURITE	37
7.1.1. <i>Fonction de sécurité : « Eviter ou prévenir un débordement »</i>	37
7.1.2. <i>Fonction de sécurité : « Prévenir une fuite »</i>	37
7.1.3. <i>Fonctions de sécurité : « Détecter une fuite » et « contrôler un épandage »</i>	38
7.2. NŒUDS PAPILLONS AVEC BARRIERES	38
7.3. COTATION DE LA GRAVITE	42
7.3.1. <i>Sensibilité</i>	42
7.3.2. <i>Toxicité</i>	42
7.3.3. <i>Volume de produit pouvant atteindre l'enjeu</i>	42
7.3.4. <i>Mobilité du produit</i>	44
7.3.5. <i>Détermination de la gravité</i>	45
7.4. TABLEAU DE SYNTHESE	45
8 EVALUATION DES PERFORMANCES DES MESURES DE SECURITE	49
8.1. MATRICE DE CRITICITE AVEC PRISE EN COMPTE DES BARRIERES DE SECURITE EXISTANTES	49
8.2. CONCLUSION	50
9 SYNTHESE ET CONCLUSION	51

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Récapitulatif des réservoirs de stockage enterrés du parc Est	6
Tableau 2 : Récapitulatif des réservoirs de stockage enterrés du parc Ouest	6
Tableau 3 : Réservoirs concernés par l'étude	8
Tableau 4 : Profondeur de la nappe	14
Tableau 5 : Captages d'eaux souterraines recensées aux alentours de la BAN	16
Tableau 6 : Inventaire des zones naturelles à proximité du DEAN	17
Tableau 7 : ICPE recensées à moins de 500 mètres des parcs Est et Ouest	21
Tableau 8 : Effets de surpression en cas de BLEVE d'une citerne	22
Tableau 9 : Synthèse de la vulnérabilité du voisinage	24
Tableau 10 : Synthèse des sources d'agression externes	25
Tableau 11 : Caractéristiques du carburéacteur	26
Tableau 12 : Dangers liés aux pertes d'utilité	28
Tableau 13 : Potentiels de dangers liés aux modalités opératoires	29
Tableau 14 : Potentiels de dangers liés à des conditions transitoires/particulières d'exploitation	30
Tableau 15 : Equipements dangereux	30
Tableau 16 : Tableau APR	32
Tableau 17 : Matrice préliminaire de criticité	32
Tableau 18 : Echelle de cotation de la probabilité utilisée pour l'APR	33
Tableau 19 : Echelle de cotation de la gravité utilisée pour l'APR	33
Tableau 20 : Barrières de prévention d'une perte de confinement par excès de remplissage	37
Tableau 21 : Barrière de prévention d'une perte de confinement en dessous du sol environnant	38
Tableau 22 : Barrières limitant l'intensité des effets des PhD	38
Tableau 23 : Seuils de la détection de fuite de réservoir	44
Tableau 24 : Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux avec barrières	45
Tableau 25 : Matrice de criticité sans barrières	50
Tableau 26 : Matrice de criticité résiduelle (avec barrières)	50
Tableau 27 : Synthèse des PhD avec MMR	51

Liste des figures :

Figure 1 : Plan du parc Est (DPE) et du parc Ouest (PO)	7
Figure 2 : Plan en coupe d'un réservoir de type 1310/D	9
Figure 3 : Schéma de fonctionnement de l'exploitation du DEAN de Landivisiau	11
Figure 4 : Voisinage du DEAN	13
Figure 5 : Sens d'écoulement des eaux souterraines Parc est	15
Figure 6 : Sens d'écoulement des eaux souterraines Parc Ouest	15
Figure 7 : Captages d'eau potable	16
Figure 8 : Courbe de température du carburéacteur stocké dans le réservoir R10	27
Figure 9 : Arbre de défaillances « perte de confinement du système par excès de remplissage »	35
Figure 10 : Arbre de défaillances « perte de confinement en dessous du sol environnant »	36
Figure 11 : Nœud papillon « perte de confinement du système par excès de remplissage »	39
Figure 12 : Nœud papillon « perte de confinement du système en dessous du sol environnant » (1/2)	40
Figure 13 : Nœud papillon « perte de confinement du système en dessous du sol environnant » (2/2)	Erreur !

Signet non défini.

Liste des annexes :

Annexe 1 : Analyse préliminaire des risques

Annexe 2 : Fiches de caractérisation des barrières

1 Préambule

Les réservoirs enterrés du DEAN de LANDIVISIAU sont des réservoirs simple enveloppe de plus de 150 m³, en fosse étanche constituée d'un encuvement béton. Ce dernier est doté d'un espace annulaire et d'un point bas de collecte permettant de recueillir le produit des fuites éventuelles de carburéacteur provenant des réservoirs. La dimension industrielle (par rapport aux stations-service) du DEAN implique, pour l'application de l'arrêté du 18 avril 2008 à ses installations enterrées de stockage, de définir des dispositions spécifiques et adaptées comme mentionné à l'article 1^{er} du dit arrêté.

L'objet de cette étude technique est de démontrer que le niveau de risque résiduel présenté par les réservoirs manufacturés enterrés (et leurs équipements annexes) de plus de 150 m³ exploités au DEAN de LANDIVISIAU, avec la mise en œuvre de « dispositions spécifiques et adaptées », permettant d'assurer les quatre fonctions de sécurité « éviter ou prévenir un débordement », « prévenir une fuite », « détecter une fuite ou un épandage » et « contrôler un épandage », répond à l'objectif de protection environnementale portant sur les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement (alinéa 2 de l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008).

L'étude ne prend pas en compte les fonctions de sécurité « contrôler la formation de vapeurs combustibles », « prévenir les sources d'ignition », « prévenir la formation de vapeurs combustibles » et « prévenir les risques liés aux activités humaines de la phase transitoire », qui sont traitées dans l'étude de dangers dans le cadre du dossier de demande d'autorisation d'exploiter du site.

Cette étude technique concerne les réservoirs existants (pour lesquels la maîtrise de leur vieillissement est prise en compte) et les réservoirs nouveaux du DEAN.

Elle est menée en suivant la démarche méthodologique présentée en 1^{ère} partie du guide.

2 Définition du système étudié

2.1. Présentation succincte du DEAN et de ces installations

Le DEAN est à l'intérieur de la Base de l'Aéronautique Navale (BAN) de Landivisiau, situé à cheval sur les communes de Bodilis et de St Servais (dans le département du Finistère (29)). Le DEAN est constitué de deux emprises distinctes au sein de la BAN :

- le parc Est (PE) localisé sur la commune de Bodilis ;
- le parc Ouest (PO) localisé sur la commune de St Servais.

Les deux parcs disposent à la fois de réservoirs enterrés autorisés à être exploités par un arrêté ministériel antérieur au 8 avril 2008, et d'autres réservoirs construits sans autorisation d'exploiter (et non exploités). Les réservoirs enterrés présentés au titre de cette étude technique sont donc :

Parc Est

- Quatre réservoirs de stockage

N°	Capacité (m ³)	Produit	Hauteur (m)	Ø (m)	Epaisseur (mm)			Pompe immergée		Events avec arrête flamme	Date de l'autorisation d'exploiter	Date de mise en service
					1 ^{ère} virole	Toit	Fond	Exploitation	Purges			
R1	1 000	F-35 ¹	5	16	6	6	8	1 x 80 m ³ /h	Non	2xDN ² 100	Non autorisé	/
R2	1 000	F-35	5	16	6	6	8	1 x 80 m ³ /h	Non	2xDN 100	Non autorisé	/
R10	2 000	F-34 ³	6,5	20	6	6	8	-	Non	2xDN 100	29/09/1987	29/09/1987
R11	2 000	F-34	5,3	22	10	6	8	1 x 80 m ³ /h	Non	2xDN 100	Non autorisé	/

Tableau 1 : Récapitulatif des réservoirs de stockage enterrés du parc Est

Parc Ouest

- Un réservoir de stockage

N°	Capacité (m ³)	Produit	Hauteur (m)	Ø (m)	Epaisseur (mm)			Pompe immergée		Events avec arrête flamme	Date de l'autorisation d'exploiter	Date de mise en service
					1 ^{ère} virole	Toit	Fond	Exploitation	Purges			
R12	2 000	F-35	6,4	20	6	6	8	1 x 80 m ³ /h	Non	2xDN 100	12/08/1992	18/11/1992

Tableau 2 : Récapitulatif des réservoirs de stockage enterrés du parc Ouest

¹ Carburéacteur pour turbomachines d'aviation sans antiglace (conforme à la spécification DCSEA 134/C de novembre 2008), équivalent à du Jet A1

² Diamètre nominal

³ Carburéacteur pour turbomachines d'aviation avec antiglace (conforme à la spécification DCSEA 134/C de novembre 2008), équivalent à du Jet A1 avec de l'additif anti glace.

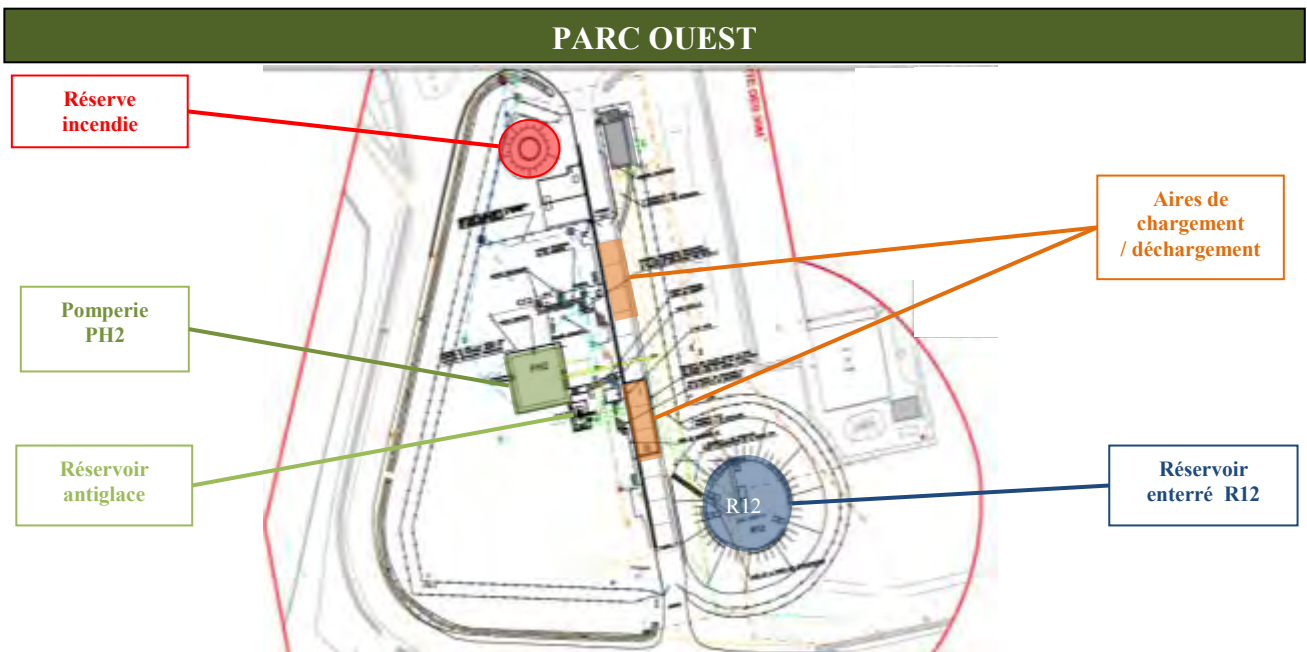
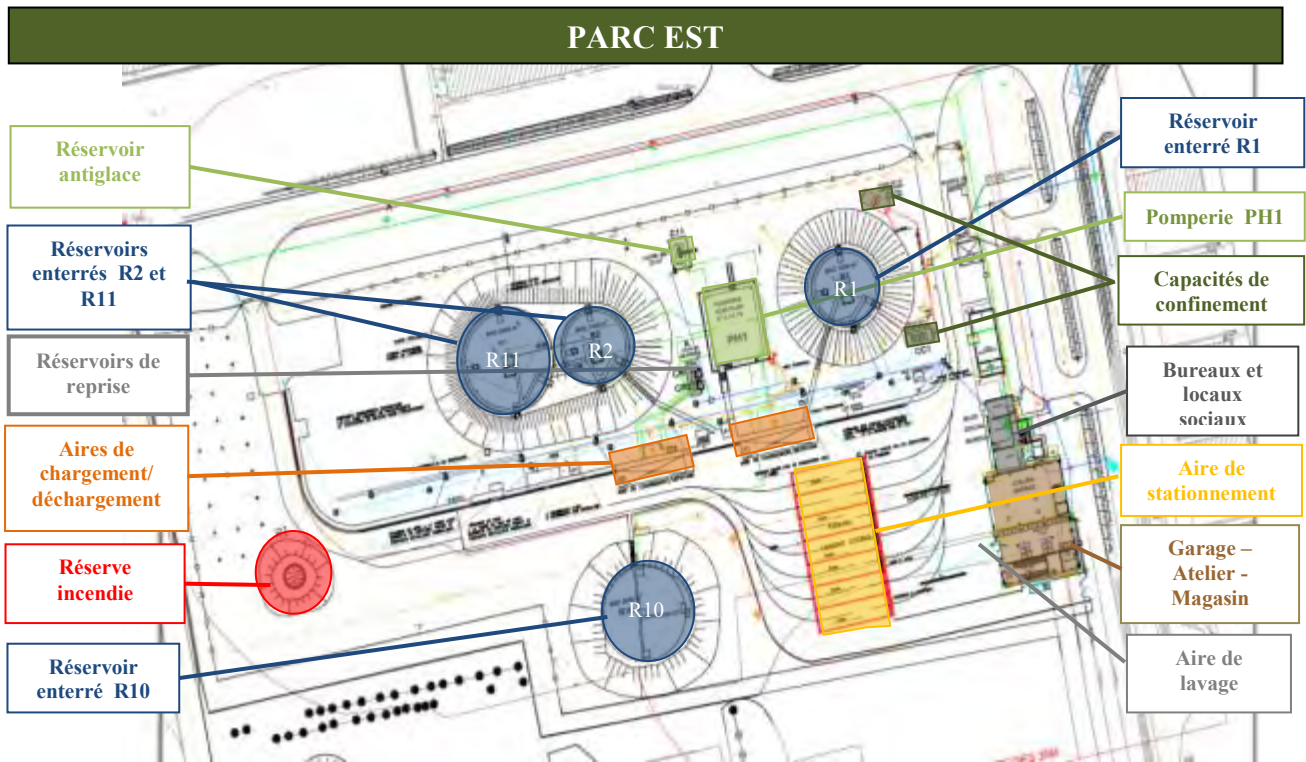


Figure 1 : Plan du parc Est (DPE) et du parc Ouest (PO)

2.2. Système étudié

Les installations de stockage visées par la présente étude sont :

- les réservoirs enterrés de plus de 150 m³ qui ne sont pas des installations double enveloppe avec système de détection de fuite conforme à la norme EN13160 (réf. : arrêté du 18 avril 2008) mais qui font l'objet de dispositions spécifiques et adaptées permettant de préserver l'environnement ;
- leurs équipements annexes.

Les installations et leurs équipements annexes représentant le « système étudié » sont donc :

☆ Les réservoirs suivants (cf. figure 2) :

N°	Capacité (m ³)	Produit	Hauteur (m)	Ø (m)
R1	1 000	Carburéacteur F-35	5	16
R2	1 000	Carburéacteur F-35	5	16
R10	2 000	Carburéacteur F-34	6,5	20
R11	2 000	Carburéacteur F-34	5,3	22
R12	2 000	Carburéacteur F-35	6,4	20

Tableau 3 : Réservoirs concernés par l'étude

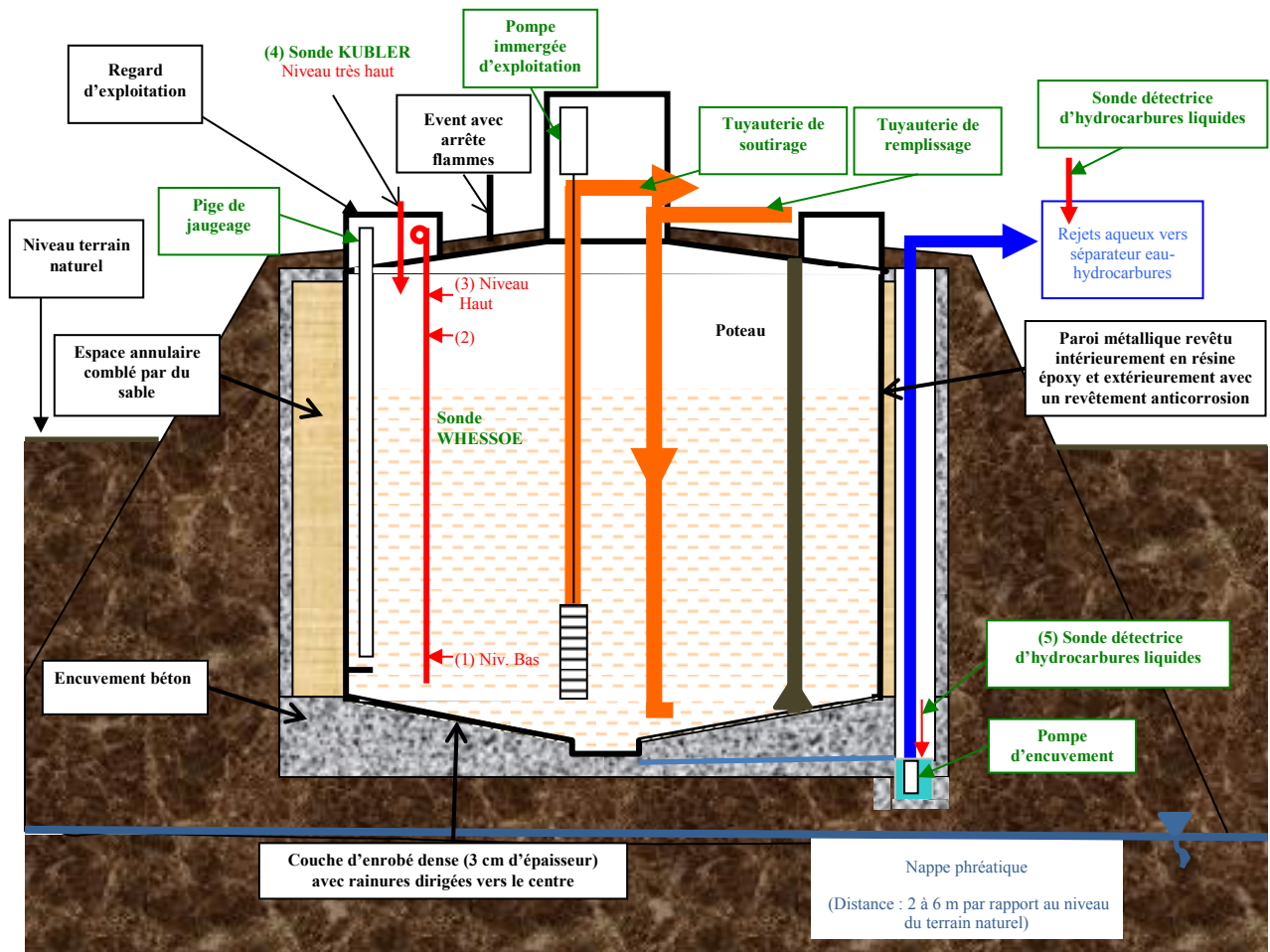
Ces réservoirs métalliques, en acier soudé, à axe vertical sont en fosse étanche constituée d'un encuvement béton. Ce dernier est doté d'un espace annulaire et d'un point bas de collecte permettant de recueillir le produit des fuites éventuelles de carburéacteur provenant des réservoirs.

De plus, les réservoirs sont recouverts par un merlon de terre, d'épaisseur 1 mètre, qui assure un durcissement des installations contre les actes de guerre tout en protégeant les réservoirs des effets thermiques d'un incendie.

Les réservoirs considérés étant de conception similaire et situés à moins de 100 m de distance les uns des autres (pour le parc Est), le « système étudié » correspond aux réservoirs enterrés de chaque parc.

☆ Leurs équipements annexes :

- Les tuyauteries associées d'exploitation pétrolière (emplissage et soutirage) jusqu'au premier organe d'isolement inclus compté à partir du réservoir, hors piétement et tubulure,
- Les événements,
- Les groupes électropompes avec pompe immergée (à l'exception du réservoir R10),
- Le dispositif de mesurage en continu doté des dispositifs de niveau bas, du 1^{er} niveau d'alarme, et du niveau haut, ainsi que les alarmes associées à ces niveaux,
- Le dispositif de niveau très haut,
- Le dispositif de détection de produit dans l'encuvement béton et son alarme.



COMMENTAIRE :

- 1 : alarme visuelle et sonore + arrêt pompe d'exploitation (éviter le désamorçage de la pompe)
- 2 : alarme visuelle et sonore (1^{er} niveau d'alarme)
- 3 : alarme visuelle et sonore + arrêt pompe + fermeture vanne pilotée (niveau haut : 1^{er} niveau de sécurité)
- 4 : alarme visuelle et sonore + arrêt pompe + fermeture vanne pilotée (niveau très haut redondant : 2^{ème} niveau de sécurité)
- 5 : présence hydrocarbures liquides dans encuvement + arrêt pompe d'encuvement + alarme visuelle et sonore (détection de fuite)

Figure 2 : Plan en coupe d'un réservoir de type 1310/D

3 Présentation du procédé et des fonctions d'exploitation, inventaire des produits pétroliers

3.1. Fonctions d'exploitation

Les fonctions d'exploitation des réservoirs enterrés du DEAN de Landivisiau sont au nombre de cinq :

FONCTIONS D'EXPLOITATION (réservoir enterré + équipements annexes)
<ul style="list-style-type: none">- L'emplissage (<i>phase dynamique</i>)- Le stockage (<i>phase statique à la pression atmosphérique</i>)- Le soutirage (<i>phase dynamique</i>)- Les phases transitoires (<i>maintenance, tests, interventions extérieures,...</i>)- La collecte d'effluents aqueux (<i>eaux d'infiltration, eaux de fond de réservoir</i>).

3.2. Procédé industriel du DEAN

Dans le cadre d'une recherche systématique des causes potentielles d'accident, les fonctions d'exploitation et le procédé industriel mis en œuvre au niveau d'un réservoir sont détaillés dans les tableaux d'analyse préliminaire des risques (cf. annexe 1).

Au DEAN de Landivisiau, le procédé industriel consiste à emplir, stocker, additiver du carburéacteur en antiglace et soutirer la quantité voulue du produit désiré dans la capacité choisie sans perte de confinement et sans dépassement du seuil d'inflammabilité des hydrocarbures liquides mouvementés.

Les fonctions d'exploitation sont assurées sans transformation des produits. Le mélange en ligne du carburéacteur F-35 (équivalent à du Jet A1) avec 0,1 à 0,15% d'additif XS-1745 (composé d'additif antiglace S-1745 et d'additif anticorrosion améliorant le pouvoir lubrifiant S-1747) pour obtenir du carburéacteur F-34 n'est pas considérée comme une transformation de produit générant des risques industriels particuliers. L'additivation est réalisée par une pompe doseuse lors de transfert de produit.

Les opérations d'exploitation sont réalisées prioritairement de manière manuelle (disposition du circuit de transfert, démarrage de la pompe,...). Les quelques systèmes automatiques utilisés sont prioritairement dédiés à des fonctions de sécurité. Il y a toujours une présence humaine lors de l'exploitation des réservoirs et cela quelle que soit la fonction d'exploitation mise en œuvre.

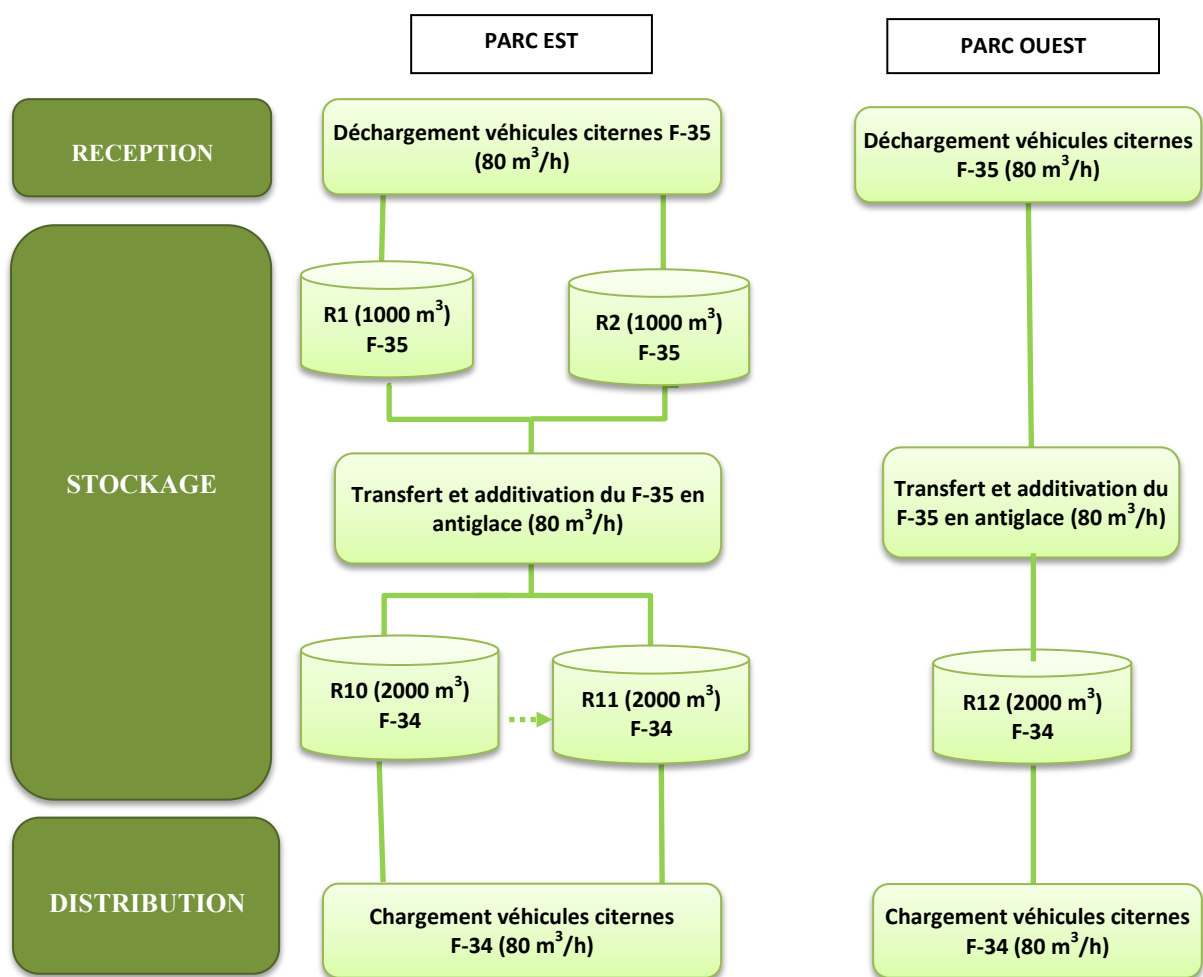


Figure 3 : Schéma de fonctionnement de l'exploitation du DEAN de Landivisiau

3.3. Liquides inflammables concernés

Les produits stockés dans les réservoirs étudiés sont :

- du carburéacteur pour turbomachines d'aviation sans antiglace F-35 (équivalent à du Jet A1),
- du carburéacteur pour turbomachines d'aviation avec antiglace F-34.

Le point d'éclair de ces produits est supérieur ou égal à 38°C (produit de catégorie B selon la rubrique 1430 « définition des liquides inflammables » de la nomenclature ICPE).

4 Description de l'environnement naturel et humain

Pour être en mesure de démontrer la maîtrise des risques inhérents à l'exploitation d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes (le système étudié), il convient d'abord de connaître et d'analyser ses risques.

Cette démarche commence par une bonne connaissance du contexte d'implantation du réservoir. C'est une première étape qui consiste à collecter - de façon factuelle - l'ensemble des données et informations nécessaires et suffisantes sur l'environnement du système étudié.

Le recensement des éléments vulnérables à protéger, des éléments extérieurs pouvant constituer des potentiels d'agression doit être précis et exhaustif.

Pour pouvoir appliquer ce principe, les éléments présentés dans le présent chapitre sont issus de l'étude d'impact et de l'étude de dangers du DEAN de Landivisiau.

Les réservoirs R1, R2, R10 et R11 du parc Est étant très proches (situés à moins de 100 m de distance les uns des autres), la description de leur environnement se fait en étudiant par assimilation l'environnement du parc Est, d'une part, et celui du parc Ouest d'autre part.

Le voisinage du DEAN est présenté sur la figure suivante.

4.1. Environnement naturel

4.1.1. Eléments vulnérables à protéger

- Eaux souterraines

Sur le plan géologique, les deux parcs du DEAN reposent sur des formations d'âge primaire appartenant au massif Armoricaïn :

- Parc Est : schistes cristallifères et micaschistes sains surmontés d'argiles brunâtres à beiges d'altération sur une épaisseur d'environ 30 m ;
- Parc Ouest : granites gris sains surmontés par des micaschistes altérés en argiles localement sableuses beiges sur environ 15 m d'épaisseur.

Sur le plan hydrogéologique, les nappes d'eaux souterraines, en Bretagne, sont principalement contenues dans les fractures et fissures des formations du massif Armoricaïn (schistes, granites,...), qui favorisent l'émergence de nombreuses sources caractérisées par de faibles débits. Ces aquifères sont nommés « aquifère de socle ».

Ces nappes sont captées vers 30 m de profondeur en moyenne et sont alimentées par les nappes « superficielles » contenues dans les formations altérées (argiles sableuses) présentes au-dessus du substratum sain.

Les eaux souterraines, rencontrées vers 3 m de profondeur par rapport au niveau du sol, correspondent aux nappes dites « superficielles » qui sont en relation avec l'aquifère discontinu du substratum présent dans les formations du massif Armoricaïn. La circulation des eaux se fait à la faveur des fractures et fissures présentes dans ces formations.

Au droit des parcs, l'aquifère contenu dans les formations du substratum est de type fissuré avec une perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m/s. La nappe est de type libre. Son niveau piézométrique varie entre 2 et 6 m de profondeur par rapport au niveau du sol.

Réservoir	Profondeur de la nappe par rapport au niveau du sol	Hauteur totale du réservoir	Hauteur du réservoir par rapport au niveau du sol (hors merlon)	Distance minimale entre le fond du réservoir et la nappe
R1	Entre 4 et 6 m	5 m	2,50 m	≥ 1,50 m
R2	Entre 4 et 6 m	5 m	2,50 m	≥ 1,50 m
R10	Entre 4 et 6 m	6,50 m	3,10 m	≥ 0,60 m
R11	Entre 4 et 6 m	5,30 m	2,50 m	≥ 1,20 m
R12	Entre 2 et 5 m	6,40 m	5,80 m	≥ 1,40 m

Tableau 4 : Profondeur de la nappe

Le fond du réservoir n'est jamais en contact avec la nappe.

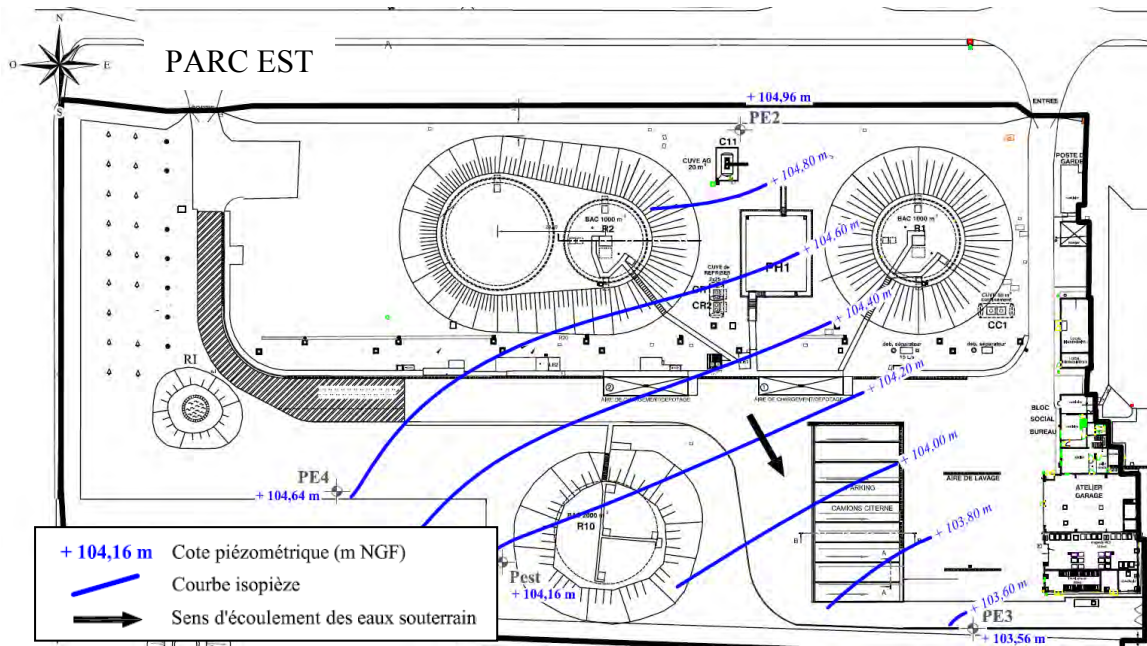


Figure 5 : Sens d'écoulement des eaux souterraines Parc est

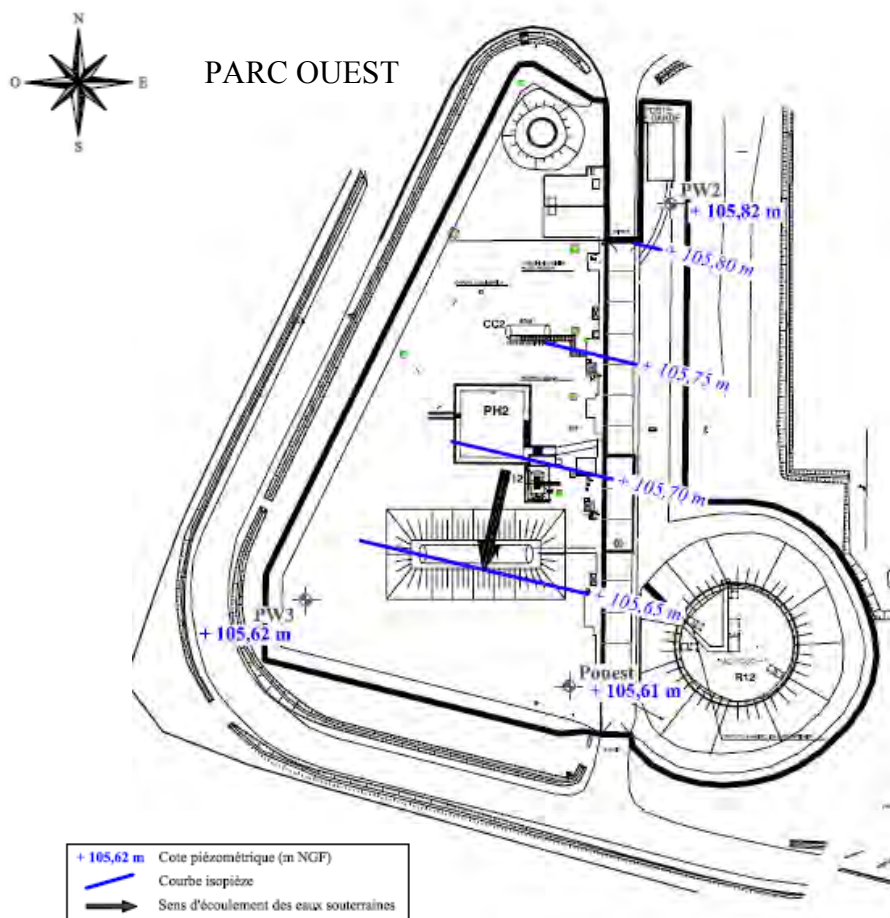


Figure 6 : Sens d'écoulement des eaux souterraines Parc Ouest

L'étude de vulnérabilité de l'environnement hydrogéologique, réalisée au DEAN en 2002, a permis de mettre en évidence l'existence d'une bonne protection naturelle de la nappe d'eaux souterraines présente au droit du DEAN et circulant au sein des discontinuités (schistosité, fissures,...) du substratum micaschisteux, recouvert localement par des niveaux d'altération de nature argileuse (faible vulnérabilité de la nappe).

A proximité immédiate de la Base de l'Aéronautique Navale (BAN) de Landivisiau, les deux seuls captages présents sont ceux des groupements privés de Langéoguer et Créac'h Iller :

Nom	Localisation par rapport au réservoir R1	Prof/sol	Exploitant	Emplacement hydraulique
Captage de Créac'h Iller - Créac'h Iller	3 km au sud-est	-	Privé (particulier)	Aval hydraulique du DEAN
Captages de Langéoguer - Plougar	2,5 km au nord-est	-	Privé (particulier)	Amont hydraulique de du DEAN

Tableau 5 : Captages d'eaux souterraines recensées aux alentours de la BAN

La BAN de Landivisiau ne dispose pas de forage d'eau industrielle et n'est pas concernée par un périmètre de protection lié à un captage d'eau.



Figure 7 : Captages d'eau potable

- Eaux de surface (cours d'eau, rivières et ruisseaux)

La BAN de Landivisiau est situé à la limite de deux bassins versant. Le bassin versant de l'Elorn au sud et le bassin versant de la Flèche au nord. L'Elorn est un fleuve côtier de 57 km de long qui se jette dans la rade de Brest. Le cours d'eau de la Flèche prend sa source à 1 km au nord du parc Est. Ce fleuve se jette dans la Grève de Goulven à 15 km au nord de la BAN.

Le cours d'eau le plus proche du parc Est est le ruisseau de Penguilly, un affluent de l'Elorn situé à 540 m au sud-est du parc. Le cours d'eau le plus proche du parc Ouest, est également un affluent de l'Elorn situé à 510 m au sud du parc.

Compte tenu de l'éloignement des cours d'eau, rivières et ruisseaux, ceux-ci ne sont pas vulnérables à un épandage de carburant sur le sol.

- Zones naturelles

Les zones naturelles localisées dans l'environnement du DEAN sont :

Type	Nom	Distance par rapport au réservoir R1	Distance par rapport au réservoir R12
ZNIEFF ⁴ type I	Tourbière de queleron vraz -coat lestremeur		> 3 km à l'ouest
Sites Natura 2000	Rivière Elorn	3,7 km au sud	
	Réseau hydrographique du Midou et du Ludon		2 km au sud-est
ZICO ⁵	/	/	/
Forêts domaniales	/	/	/
Zone à protection de biotope	Tourbière de Lann gazel	8,5 km à l'ouest	
RAMSAR ⁶	/	/	/
Parc Naturel Régional	Parc Naturel Régional d'Armorique.	9,6 km au sud	

Tableau 6 : Inventaire des zones naturelles à proximité du DEAN

Compte tenu de l'éloignement des zones naturelles, celles-ci ne sont pas vulnérables à un épandage de carburant sur le sol.

- Zones agricoles et appellations d'origine contrôlée

Le tableau ci-après répertorie les appellations recensées pour les communes de Bodilis et de Saint Servais :

LIBELLE	PRODUIT
Indication Géographique Protégée	Cidre de Bretagne ou Cidre breton
Indication Géographique Protégée	Farine de blé noir de Bretagne - Gwinizh du Breizh
Indication Géographique Protégée	Volailles de Bretagne

⁴ Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique

⁵ Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux

⁶ Zone humide reconnue d'un intérêt international pour la migration des oiseaux d'eau (territoire classé en application de la convention internationale de RAMSAR du 2 février 1971)

Le parc Est est implanté au sein d'une plaine, qui compte de multiples parcelles de culture agricole. Les activités agricoles traditionnelles sont la culture du blé, du maïs, d'orge et d'oléagineux, de légumes-fleurs et quelques parcelles éparses de vignes. Les espaces agricoles les plus proches sont à moins de 100 m du DEAN.

Compte tenu de la proximité de zones agricoles et d'Indications Géographiques Protégées, ceux-ci sont vulnérables à un épandage de carburant sur le sol.

4.1.2. Agressions externes d'origine naturelle (les risques « Na Tech »)

- Température

Les températures extrêmes rencontrées à Landivisiau sur la période 1981-2010 sont :

- 35,3°C (août 2003),
- -9,1°C (janvier 1987).

- Précipitations

Les précipitations sont assez fréquentes et réparties sur toute l'année. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1165,1 mm sur la période 1981-2010.

- Tempêtes

Des rafales de vent historiques à plus de 200 km/h ont été relevées en octobre 1987.

- Foudre

La densité de foudroiement N_g prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 sur le département du Finistère. La densité de foudroiement est déduite de la densité d'arcs par la formule suivante : $N_g = D_a/2,1$, soit **$N_g = 0,05$** (avec $D_a = 0,1$). Une analyse du risque foudre a été menée. Elle a conduit à la réalisation d'une étude technique foudre. Les prescriptions de cette étude ont été mises en œuvre pour le système étudié.

- Inondations

D'après le site internet <http://macommune.prim.net> et Cartorisque, les communes de St Servais et de Bodilis sont en dehors de la couche de synthèse inondation. Par conséquent, le DEAN n'est pas concerné par le risque inondation.

- Crues torrentielles, coulées boueuses

Sans objet.

- Feux de forêts

D'après le site internet <http://macommune.prim.net>, il apparaît que les communes de St Servais et de Bodilis ne sont pas concernées par le risque de feu de forêt.

- Séismes

D'après la base de données Sis France, les séismes ressentis historiquement par les communes de Bodilis et Saint-Servais sont au nombre de 4 avec une intensité maximale dans les communes de 4,5 (séisme du 02 Janvier 1959 - CORNOUAILLE).

Le séisme maximum historique a généré des secousses fortes entraînant le réveil des dormeurs, des chutes d'objets et parfois de légères fissures dans les plâtres (niveau 5 et plus).

- Mouvements de terrain

D'après le site internet <http://macommune.prim.net>, les communes de St Servais et de Bodilis ne sont pas concernées par le risque de mouvements de terrain.

- Poussée hydrostatique et contraintes admissibles

La nappe est présente autour de 2 à 6 m sous le niveau du sol. Les mesures suivantes permettent de prendre en compte une éventuelle évolution de la profondeur de la nappe :

- Toute construction de réservoir fait préalablement l'objet d'une étude de sol (étude géotechnique et hydraulique) ;
- Le volume des terres de fouilles est égal au volume des terres à mettre en œuvre pour réaliser le talus. Ce dernier présente une pente maximum de 1/3 et recouvre le toit du réservoir de 1 m de terre (0,10 m minimum de sable + 0,80 m de remblai + 0,10 m minimum de terre végétale) en suivant la pente du toit ;
- Le fond du réservoir n'est pas à un niveau inférieur à celui de la nappe phréatique hautes eaux ;
- L'épaisseur du mur d'encuvement est déterminée pour résister à la poussée des terres et à l'épreuve hydraulique ;
- En cas d'infiltration d'eau à l'intérieur de l'encuvement, la pompe de relevage permet d'éviter la stagnation de l'eau et donc un phénomène de poussée hydrostatique sur le réservoir métallique.

4.2. Environnement humain autour du réservoir

4.2.1. Eléments vulnérables à protéger

L'établissement est localisé au sein de la base aéronavale, en zone militaire.

- Habitations

A l'extérieur de la BAN, les premières habitations sont localisées :

- Pour le parc Est : à 500 m en direction Sud – Est (au niveau des lieux-dits Lescoat Eozen, Coat Reun),
- Pour le parc Ouest : à moins de 125 m à l'Ouest (au niveau des lieux-dits Richou, Clastrinec, Gamer Braz, Brétiez, Drévers).

Par ailleurs, sur la BAN, il est à noter que les bâtiments d'hébergement militaire (zone vie) sont implantés à environ 100 m au Sud du parc Est du DEAN.

- Etablissements Recevant du Public (ERP)

Les établissements recevant du public les plus proches sont tous situés à plus d'1 km du DEAN. Il s'agit :

- Pour le parc Est : le groupe scolaire, 2 stades de sport, la mairie, l'agence postale, la bibliothèque municipale, la Maison pour tous, une salle de réunion, l'église catholique et le cimetière (1,45 km à l'est) ;
- Pour le parc Ouest : la salle polyvalente, la mairie, une bibliothèque, un stade de foot, un musée, une école et un centre de loisirs (1,15 km au sud).

- Lieux de rassemblement occasionnels

Sans objet.

- Installations sensibles du dépôt

Les installations sensibles du DEAN sont :

- les points de rassemblement ;
- le bâtiment des bureaux du Parc Est ;
- le poste de garde du Parc Ouest.

- Equipements publics vitaux

Le DEAN étant implanté au sein de la BAN, il n'y a pas d'équipement public vital dans son environnement proche (postes électriques, pompiers, gendarmerie, centre téléphonique...).

- Etablissements industriels

D'après le site internet <http://macommune.prim.net>, il apparaît que les communes de St Servais et de Bodilis ne sont pas concernées par le risque industriel.

A l'intérieur de la BAN, les installations classées les plus proches sont :

N° de nomenclature			Autorisation ou Déclaration	Bâtiment	Critère de classement	Distance entre ces ICPE et les emprises du DEAN
<i>Dépôt Est</i>						
2930	1	b	D	06H4	Atelier avions 2865 m ²	180m
2710	2		D	0109	Déchetterie (40x25 = 1000 m ²)	10m
1180	1		D	041E	Transfo PCB 115 L (T3 MT n°02)	360m
<i>Dépôt Ouest</i>						
2930	1	B	D	06H1	Atelier avions 2865 m ²	125m
2931	/		A	0093	Banc d'essais réacteurs de poussée 82 kN	350m
1180	1		D	041F	Transfo PCB 115 L (T2 MT n°02)	225m

Tableau 7 : ICPE recensées à moins de 500 mètres des parcs Est et Ouest du DEAN de Landivisiau au sein de la BAN

A l'extérieur de la BAN, l'environnement est principalement constitué d'élevage, le plus proche est à environ 1 200 m du parc Ouest et à 900 m du parc Est. Les industries sont à plus de 3 km des deux parcs.

Un épandage ou une fuite de carburacteur au niveau du système étudié n'est pas susceptible de générer des sur-accidents au niveau des autres établissements industriels.

- Autres installations du dépôt pouvant générer des sur-accidents (effets de propagation)

Un épandage ou une fuite de carburacteur au niveau du système étudié n'est pas susceptible de générer des sur-accidents au niveau des autres installations du dépôt.

- Réseau routier

La BAN est desservie principalement par la RD30 via son embranchement « rue de la Base de l'Aéronautique Navale » à l'est et la RD32a au sud.

Les voies de circulation, les plus proches des dépôts sont donc :

- les routes d'accès RD32 et RD30 qui passent respectivement à environ 700 mètres du parc Ouest et à 900 mètres du parc Est ;
- la route RN12 qui passe au plus près à 2 km au sud des installations du dépôt.

- Réseau ferroviaire

La commune de Landivisiau est traversée par une voie ferrée (voyageurs et fret) empruntée notamment par des TER (Train Express Régionaux) : ligne de Morlaix – Brest. Cette voie passe à environ 4 km au sud du DEAN.

- Voies navigables/desserte maritime

Sans objet.

La Base de l'Aéronautique Navale de Landivisiau ne dispose pas de desserte maritime. L'océan atlantique est à 28 km à l'ouest du site et la Manche à 17 km à l'est.

- Aéroports

Le DEAN est localisé au sein de la BAN de Landivisiau. Un épandage ou une fuite de carburéacteur au niveau du système étudié est susceptible d'avoir un impact sur l'activité de la BAN.

Les aéroports civils les plus proches du dépôt sont situés respectivement à 21 km à l'ouest (Aéroport de Brest Bretagne) et à 26 km à l'est (Aéroport de Morlaix Ploujean).

- Sites, monuments et patrimoine archéologique

D'après la base de données MERIMEE, les communes de Bodilis et Saint-Servais comptent 3 monuments historiques, tous situés à plus de 1 km du DEAN.

D'après le site internet de la Sous-direction des espaces protégés et de la qualité architecturale, seules 28 ZPPAUP (Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysage) existent sur le département du Finistère. Elles ne concernent pas le secteur d'étude.

D'après les informations de la DRAC BRETAGNE, le DEAN de Landivisiau est en dehors des zones de présomption de prescriptions archéologiques.

4.2.2. Agressions externes liées à l'activité humaine

- Etablissements industriels

Les installations industrielles à proximité sont les installations classées de la BAN listées dans le tableau 7. Un incident au niveau de ces installations n'est pas susceptible de générer un épandage ou une fuite de carburéacteur au niveau du système étudié.

- Autres installations du dépôt avec existence d'une propagation éventuelle vers le réservoir et ses équipements annexes

Sans objet.

- Transport de matières dangereuses sur une voie de communication

Le principal danger serait un accident lié aux transports de matières dangereuses sur les routes (effet domino). L'accident majeur susceptible de se produire sur une route est le BLEVE d'un camion-citerne (gaz inflammables liquéfiés). D'après la circulaire DGPR du 10 mai 2010 – Fiche n°4 : Phénomène de BLEVE, les effets attendus pour un BLEVE de camion-citerne de butane ou de propane sont :

Quantité de gaz (taille de la citerne)	Effets de surpression (200 mbar) Distance d'effet
20 t	45 m
9 t	35 m
6 t	30 m

Tableau 8 : Effets de surpression en cas de BLEVE d'une citerne

Nota : Les seuils d'effets présentés correspondent au seuil des effets dominos.

En ce qui concerne les effets thermiques du BLEVE d'une citerne, il s'agit d'un flash thermique instantané non susceptible de générer des effets dominos.

- Equipements collectifs (faisceaux ferroviaires, aéroport,...)

Le DEAN est localisé au sein de la BAN de Landivisiau. Le trafic aérien de la base est de 20 049 mouvements (posé et décollé) d'avions par an (données 2012). Il est donc retenu comme source d'agression potentielle.

- Inondation par rupture d'ouvrage (barrages)

D'après la base de données prim.net, les communes de St Servais et de Bodilis ne sont pas exposées au risque de rupture de barrage.

- Communication du feu par les égouts, par des nappes ou des conduites

Des avaloirs du réseau d'eau pluviale de la base sont présents à proximité du parc Est du DEAN. Un déversement sur le sol de carburéacteur, en provenance du système étudié, pourrait potentiellement se propager par ce biais au sein de la base.

- Chutes de lignes électriques ou d'éléments de grande hauteur

Aucune ligne électrique aérienne, ni élément de grande hauteur, n'est présent à proximité des implantations du DEAN.

- Interventions pour travaux

Des travaux sont susceptibles d'être menés à proximité immédiate ou au sein même des installations pétrolières des deux parcs.

4.3. Synthèse des éléments vulnérables

La notion de vulnérabilité est la résultante de nombreuses composantes propres aux enjeux potentiels : leur nature et localisation par rapport au système étudié, leur sensibilité éventuelle à certaines agressions, leur capacité à être mis hors d'atteinte des effets dangereux, etc... La vulnérabilité des milieux est indispensable à l'évaluation de la gravité d'un événement. En effet, un phénomène dangereux peut être de faible gravité si le contexte local est peu vulnérable alors qu'il peut être de gravité importante dans un contexte très vulnérable.

Milieu		Contexte	Retenu	Contexte	Retenu
		Parc Est		Parc Ouest	
Eau	Superficielle	540 m Pas de liens directs	Non	510 m Pas de liens directs	Non
	Souterraine	Nappe à 4 à 6 m de profondeur	Oui	Nappe à 2 à 5 m de profondeur	Oui
	Captages	DEAN hors périmètre de protection de captage	Non	DEAN hors périmètre de protection de captage	Non
Agriculture	Cultures	Eloignement : 100 m	Oui	Eloignement : 100 m	Oui
	AOC/IGP	Eloignement : 500 m	Oui	Eloignement : 100 m	Oui
Zones naturelles	ZNIEFF	Eloignement > 3 km	Non	Eloignement > 3 km	Non
	NATURA 2000	Eloignement > 3 km	Non	Eloignement > 3 km	Non
	ZICO	/	Non	/	Non
	Forêts domaniales	/	Non	/	Non
	Zone à protection de biotope	Eloignement : 10 km	Non	Eloignement : 8,5 km	Non
	RAMSAR	/	Non	/	Non
	Parc naturel régional	Eloignement : 10 km	Non	Eloignement : 10 km	Non
Humain	Habitations	Eloignement : 500 m	Oui	Eloignement : 125 m	Oui
	ERP	Eloignement > 1 km	Non	Eloignement > 1 km	Non
	Lieux de rassemblement occasionnels	/	Non	/	Non
	Installations sensibles du dépôt	A l'intérieur du DEAN	Non	A l'intérieur du DEAN	Non
	Equipements publics vitaux	/	Non	/	Non
	Autres installations	Réservoirs enterrés	Non	Réservoirs enterrés	Non
	Réseau routier	Eloignement > 900 m	Non	Eloignement > 700 m	Non
	Réseau ferroviaire	Eloignement > 4 km	Non	Eloignement > 4 km	Non
	Voies navigables/desserte maritime	/	Non	/	Non
	Aéroports	DEAN sur BAN	Oui	DEAN sur BAN	Oui
	Sites et monuments	Eloignement > 1 km	Non	Eloignement > 1 km	Non
	Patrimoine archéologique	/	Non	/	Non

Tableau 9 : Synthèse de la vulnérabilité du voisinage

La vulnérabilité du voisinage est globalement jugée moyenne pour le parc Est et le parc Ouest du DEAN de Landivisiau. A noter que le DEAN est implanté au sein de la BAN. La cotation de la gravité est réalisée lors de l'analyse préliminaire des risques au vu de ce tableau de synthèse.

4.4. Synthèse des sources d'agression

Les sources d'agression naturelles et humaines retenues sont :

Type d'agression	Source	Contexte	Retenu
Naturelles	Conditions météorologiques	Respect des règles neige et vent	Non
	Foudre	Protection foudre	Non
	Inondations	Hors zone inondable	Non
	Crues torrentielles, coulées boueuses	Non concerné	Non
	Feux de forêts	Hors zone d'aléas feux de forêt	Non
	Séismes	Intensité historique maximale : 4,5	Non
	Mouvements de terrain	Aucun recensé dans la commune	Non
	Poussée hydrostatique	Profondeur de nappe : 2 à 6 m	Non
Humaines	Etablissements industriels	Pas de risque spécifique lié aux activités des voisins industriels au sein de la BAN	Non
	Autres installations du DEAN	Phénomènes dangereux environnementaux	Non
	Voies de circulation <ul style="list-style-type: none"> - Routes - Voies ferrées - Desserte maritime - Couloirs aériens 	Eloignement > 700 m Eloignement > 4 km Néant Sur base	Non Non Non Oui
	Barrages	Néant	Non
	Lignes électriques	Pas de ligne aérienne	Non
	Réseau d'égouts DEAN	Réseaux séparatifs Siphon coupe-feu	Non
	Réseau d'égouts base		Oui ⁷
	Travaux	Travaux possibles	Oui

Tableau 10 : Synthèse des sources d'agression externes

⁷ Propagation potentielle d'un épandage avec ruissellement sur le sol

5 Caractérisation des dangers et des potentiels de dangers

5.1. Dangers associés aux produits

Le DEAN de Landivisiau stocke et met en œuvre du carburéacteur F-35 et F-34 au sein des installations concernées par la présente étude.





Produit	Caractéristiques physico-chimiques	Phrases de risques	Etiquetage
F-34 F-35 <i>Kérosène</i>	<p>Liquide fluide Point d'éclair : 38°C Température d'auto-inflammation : 250°C Point d'ébullition : 195°C Masse volumique : 775 à 840 kg/m³ à 15°C Pression de vapeur : 14 hPa à 37,8°C Limite inférieure d'explosibilité (LIE) : 0,7 Limite supérieure d'explosibilité (LSE) : 6</p> <p>Matières à éviter : Agents oxydants puissants (acide chromique, acide nitrique chaud, permanganate de potassium (en milieu alcalin), mélanges sulfonitriques, peroxydes, oxygène liquide ou sous pression,...).</p> <p>Produits de décomposition dangereux : Monoxyde de carbone et dioxyde de carbone. En cas de combustion incomplète : suies, hydrocarbures variés et leurs produits de dégradation oxygénés (aldéhydes, acides,...).</p>	<p>H226 Liquide et vapeurs inflammables</p> <p>H304 Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires</p> <p>H315 Provoque une irritation cutanée</p> <p>H336 Peut provoquer somnolence ou vertiges</p> <p>H411 Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme</p>	<p>Règlement (CE) n° 1272/2008</p>  <p>GHS07</p>  <p>GHS09</p>  <p>GHS08</p>  <p>GHS02</p>

Tableau 11 : Caractéristiques du carburéacteur

Conformément au règlement CE n°1272/2008, le carburéacteur :

- est un liquide inflammable (catégorie 3),
- peut entraîner des irritations cutanées (catégorie 2),
- est toxique pour certains organismes cibles (exposition unique, catégorie 3),
- présente des dangers par aspiration (catégorie 1),
- est toxique chroniquement pour le milieu aquatique (catégorie 2).

Le carburéacteur est stocké à une température très inférieure à son point d'éclair (38°C). Par exemple, si on relève les températures dans le réservoir R10 sur les deux dernières années, on obtient :

- une température maximale de 19°C dans la masse liquide ;
- une température moyenne de 12,9°C dans la masse liquide.

En mode de fonctionnement normal, le point d'éclair ne sera jamais atteint.

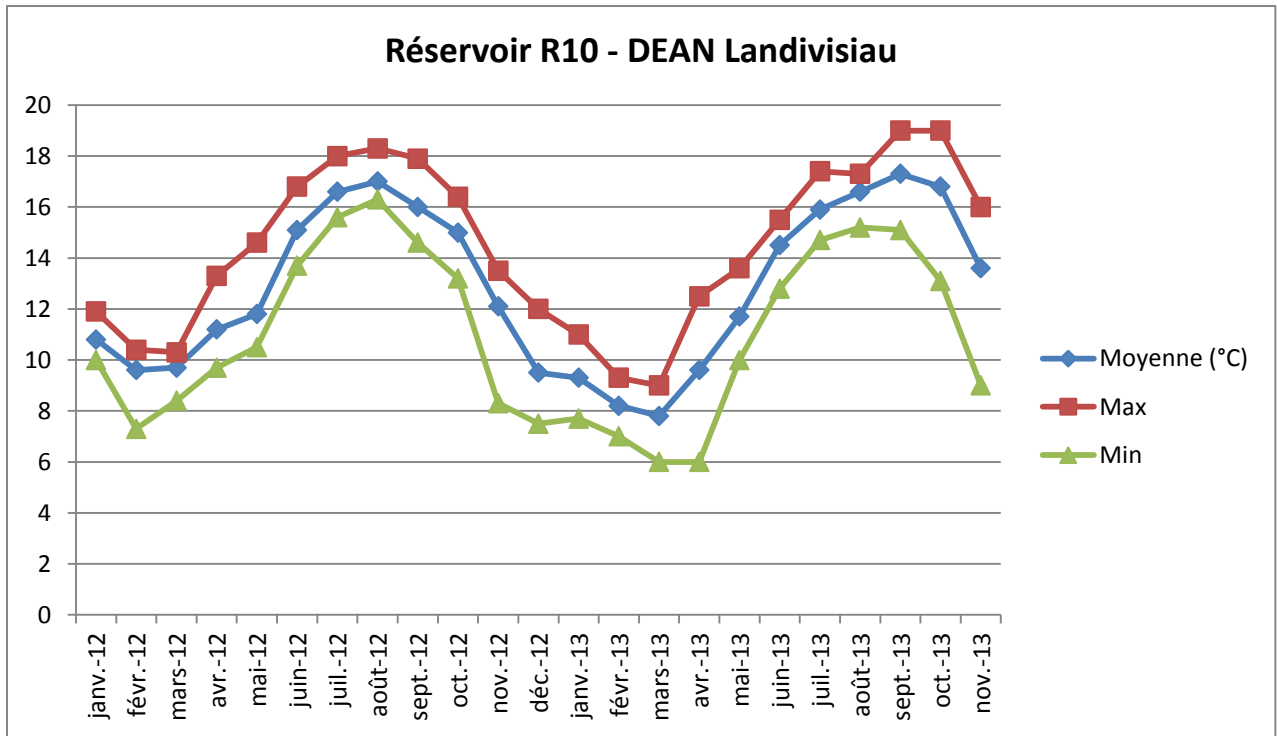


Figure 8 : Courbe de température du carburéacteur stocké dans le réservoir R10

Le risque d'inflammation du produit est maîtrisé avec un produit conforme aux spécifications (point d'éclair $\geq 38^{\circ}\text{C}$).

5.2. Dangers liés aux pertes d'utilité

La perte de l'un des fluides d'utilité perturbe l'exploitation normale du DEAN et peut potentiellement être une cause de défaillance ou une source de dangers pour le système étudié.

Le tableau ci-dessous regroupe les utilités, les principaux dysfonctionnements susceptibles de se produire et leurs conséquences. Les mesures de prévention et de protection associées sont également rappelées.

Utilité	Fonction d'exploitation	Type de défaillance au niveau de l'exploitation et de la sécurité	Situation dangereuse	Mesures de prévention/protection
Electricité	Emplissage	Perte d'information sur le niveau du réservoir	Perte de confinement par excès de remplissage	En cas de perte de l'électricité sur le dépôt, les installations sont mises en sécurité positive. Les moteurs sont arrêtés et les vannes sont fermées automatiquement par un dispositif mécanique. En cas de nécessité, le dépôt peut être alimenté par un groupe électrogène mobile de la base.
	Stockage	Dispositif de contrôle de présence de liquide dans l'encuvement béton inopérant	Perte de confinement en dessous du sol environnant	
Eau	Stockage Phase transitoire	Pas d'alimentation en eau incendie (réseau de la BAN)	Impossibilité d'alimenter les poteaux incendie	Le parc Est dispose d'une borne incendie alimentée par une réserve d'eau incendie de 60 m ³ . Une seconde réserve d'eau incendie de 60 m ³ est située à proximité du dépôt. Le parc Ouest dispose d'une borne incendie alimentée par une réserve d'eau incendie de 60 m ³ . Une seconde réserve d'eau incendie de 300 m ³ est située à proximité du dépôt.
Carburant	/	/	/	/
Emulseur	/	/	/	Le dépôt dispose de 5 400 litres de réserves d'émulseurs répartis entre les deux parcs.
Air comprimé	/	/	/	/
Moyens de communication	/	/	/	Il y a toujours du personnel présent sur le dépôt lors de l'exploitation des réservoirs

Tableau 12 : Dangers liés aux pertes d'utilité

Le dépôt est alimenté en électricité par la BAN. Certaines coupures d'énergie programmées ont parfois lieu. Dans ce cas, le dépôt est prévenu et prend ses dispositions pour ne pas avoir à effectuer d'opération d'exploitation pétrolière pendant la période de coupure d'énergie. Les coupures électriques intempestives sur le dépôt sont rares.

5.3. Potentiels de dangers liés aux modalités opératoires

Il s'agit d'identifier les conditions opératoires pouvant présenter un danger intrinsèque ou augmenter la gravité d'un accident potentiel, ainsi que les équipements et accessoires utilisés avec leurs principales caractéristiques.

Fonctions d'exploitation	Produit concerné	Conditions opératoires	Équipements/ accessoires utilisés	Principales caractéristiques des équipements/ accessoires	Événement redouté central potentiel associé
Emplissage	F-35/F-34	Transfert entre réservoirs	Tuyauterie d'emplissage	DN ⁸ 150 PN ⁹ : 16 bars PMS ¹⁰ : 3 bars	Perte de confinement par excès de remplissage d'un réservoir enterré
			Vanne	Vanne motorisée	
			Pompe de transfert (immergée)	Débit : 80 m ³ /h	
Emplissage	F-35/F-34	Approvisionnement par véhicules citernes	Tuyauterie d'emplissage	DN 150 PN : 16 bars PMS : 3 bars	Perte de confinement par excès de remplissage d'un réservoir enterré
			Vanne	Vanne motorisée	
			Pompe immergée	Débit : 80 m ³ /h	
Stockage	F-35/F-34	Suivi du stock			Perte de confinement en dessous du sol environnant d'un réservoir enterré
Soutirage	F-35/F-34	Chargement de véhicules citernes	Tuyauterie de soutirage	DN 150 PN : 16 bars PMS : 3 bars	Perte de confinement en dessous du sol environnant d'un réservoir enterré
			Pompe immergée	Débit : 80 m ³ /h	
			Vanne	Vanne motorisée	

Tableau 13 : Potentiels de dangers liés aux modalités opératoires

⁸ Diamètre nominal

⁹ Pression nominale

¹⁰ Pression maximale de service

L'identification de situations dangereuses liées à des conditions transitoires et/ou particulières d'exploitation est présentée dans le tableau suivant :

Equipements/accessoires	Conditions particulières et/ou transitoires d'exploitation	Produits/matériels supplémentaires par rapport à l'exploitation normale	Evénement redouté central associé
Réservoir	Contrôle interne périodique d'un réservoir	Appareils électriques	Présence de vapeurs inflammables
Réservoir	Travaux à l'intérieur du réservoir (intervention sur l'échelle, la plaque de touche...) et remplissage		Perte de confinement en dessous du sol environnant (après remplissage du réservoir enterré)
Réservoir	Maintenance périodique/tests	Sondes niveau haut Sonde niveau très haut	Perte de confinement par excès de remplissage (sondes hors service)
		Sonde de détection d'hydrocarbures dans l'espace annulaire	Perte de confinement en dessous du sol environnant (sonde hors service)
Tuyauterie	Epreuve de la tuyauterie		Perte de confinement en dessous du sol environnant

Tableau 14 : Potentiels de dangers liés à des conditions transitoires/particulières d'exploitation

5.4. Equipements potentiellement dangereux

Il s'agit d'identifier les équipements et accessoires qui sont susceptibles de contenir une quantité notable de produit dangereux dans des situations particulières ou non (par exemple, équipement contenant du produit pétrolier sous une pression statique potentiellement élevée).

Fonction d'exploitation/ Localisation	Produit	Masse maximum présente	PhD potentiel (pouvant conduire à l'exposition d'enjeux)
Néant (produit stocké et manipulé à température ambiante, stockage et mouvement en enterré limitant la variation des conditions de température)			

Tableau 15 : Equipements dangereux

6 Analyse des risques

6.1. Analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques consiste à identifier le plus exhaustivement possible les séquences accidentelles ou scénarii d'accident potentiels, suite à l'occurrence ou la survenance d'éléments dangereux, conduisant vers un phénomène dangereux au niveau du système étudié.

Les seuls phénomènes dangereux étudiés au titre de cette étude technique sont l'épandage/la fuite de carburéacteur sur le sol ou en dessous du sol environnant. Il s'agit des phénomènes dangereux les plus difficiles à appréhender pour les réservoirs enterrés et leurs équipements annexes (divergences par rapport aux réservoirs aériens ou aux réservoirs enterrés de capacité inférieure à 150 m³).

L'utilisation d'un tableau de synthèse (APR) constitue un support pratique pour mener la réflexion et identifier les situations critiques ou nécessitant une attention particulière requérant une étude plus détaillée.

Groupe de travail

L'identification des séquences accidentelles et des phénomènes dangereux associés a été réalisée lors d'une réunion d'analyse de risques.

Le groupe de travail était composé de :

- Ingénieur principal Benoît Visine : Adjoint du bureau infrastructure (DELPIA) ;
- Capitaine Julie de Cambourg : Bureau infrastructure – chef de section « études environnementales » (DELPIA) ;
- Anne-Catherine Marty : Responsable métier Risques Industriels (ANTEA GROUP) ;
- Cyril PUJOL : Directeur métier Risques Industriels (ANTEA GROUP).

Cette analyse de risques a concerné toutes les étapes du fonctionnement du DEAN, en prenant en compte les phases de fonctionnement normal et les phases transitoires, et en centrant la réflexion sur l'épandage/la fuite de carburéacteur.

L'analyse de risques est basée sur l'expérience des membres du groupe de travail et prend en compte l'analyse des potentiels de dangers, de l'accidentologie et des sources de dangers liées à l'environnement.

Tableaux APR

Ces tableaux sont complémentaires à ceux de l'étude de dangers et se focalisent sur la protection de l'environnement suite à un épandage (ou rejet accidentel) de carburéacteur.

Ils sont présentés de la manière suivante :

Fonction/phase d'exploitation :				Equipement concerné :						
N°	Evénement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures de sécurité existantes	P'	G'	Observations

Tableau 16 : Tableau APR

Les tableaux APR complétés sont présentés en annexe 1.

Chaque phénomène dangereux identifié lors de l'APR est coté avec une échelle de probabilité et gravité propre à l'APR (cf. tableaux 18 et 19). Une approche qualitative est utilisée pour la cotation de la probabilité et de la gravité. Les phénomènes dangereux identifiés sont positionnés dans la matrice préliminaire de criticité suivante (définie par l'exploitant) :

5					
4					
3					
2					
1					
0					
Gravité	E	D	C	B	A
	Probabilité du phénomène dangereux (PhD) ou de l'accident potentiel				

Tableau 17 : Matrice préliminaire de criticité

Les scénarii majorants (dont le PhD est positionné dans les cases jaunes) font l'objet d'une analyse détaillée des risques.

Cotation de la probabilité

Pour aider à l'évaluation de la probabilité, l'étude de l'accidentologie est utilisée (cf. étude de dangers du DEAN de Landivisiau). Une synthèse est fournie en annexe 1.

Les scénarii étudiés lors de l'APR sont cotés selon la grille de cotation de la probabilité suivante :

Niveaux	Occurrence	Définition
E	Extrêmement peu probable	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années
D	Très improbable	S'est déjà produit dans la profession pétrolière mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité
C	Improbable	Un événement similaire déjà rencontré dans la profession pétrolière au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité
B	Probable	S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie du système étudié
A	Courant	S'est produit sur le dépôt considéré et/ou peut de produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie du système étudié malgré d'éventuelles mesures correctives

Tableau 18 : Echelle de cotation de la probabilité utilisée pour l'APR

Cotation de la gravité

Les scénarii étudiés lors de l'APR sont cotés selon la grille de cotation de la gravité suivante :

Niveaux	Conséquences	Milieu naturel
1	Négligeables	Epandage sur zones en rétention, impact maîtrisé
2	Sérieuses	Epandage contrôlé dans la durée, sur zone revêtue avec possibilité de contamination légère sol
3	Importantes	Epandage contrôlé dans la durée, zone géographique limitée, possibilité de pollution du sol
4	Majeures	Epandage contrôlé dans la durée, quantité importante de produit déversé dans le milieu naturel, pollution importante du sol
5	Critiques	Epandage incontrôlé dans la durée, grande zone géographique touchée, pollution grave et persistante du sol

Tableau 19 : Echelle de cotation de la gravité utilisée pour l'APR

Points particuliers

Les fonctions de sécurité « prévenir la formation de vapeurs combustibles », « contrôler la formation de vapeurs combustibles », « prévenir les risques liés aux activités humaines de la phase transitoire » et « prévenir les sources d'ignition » ne sont pas étudiées. En effet, conformément à l'étude de dangers du DEAN, la température dans les réservoirs est peu soumise aux variations climatiques et est très inférieure au point éclair du carburéacteur (ex : 13°C en moyenne contre 38°C pour R10). De plus, le matériel utilisé dans les atmosphères explosives gazeuses répond aux exigences générales de construction, d'essais et de marquage du matériel électrique et des composants Ex définis dans la

norme NF EN 60079. Les points chauds et sources d'ignition potentiels sont gérés à travers l'établissement de permis feu valable 4 h et validés par le chef de dépôt.

Ces fonctions de sécurité ont été étudiées dans l'étude de dangers du DEAN.

Conclusion de l'APR

Au vu de la matrice préliminaire de criticité obtenue (cf. annexe 1), les scénarii suivants nécessitent une analyse détaillée des risques :

- Emplissage d'un réservoir par transfert (+ additivation éventuelle) entre réservoirs conduisant à un épandage de carburéacteur. L'ERC est « perte de confinement par excès de remplissage » ;
- Fuite de carburéacteur en phase de stockage d'un réservoir. L'ERC est « perte de confinement en dessous du sol environnant ».

6.2. Arbres de défaillances

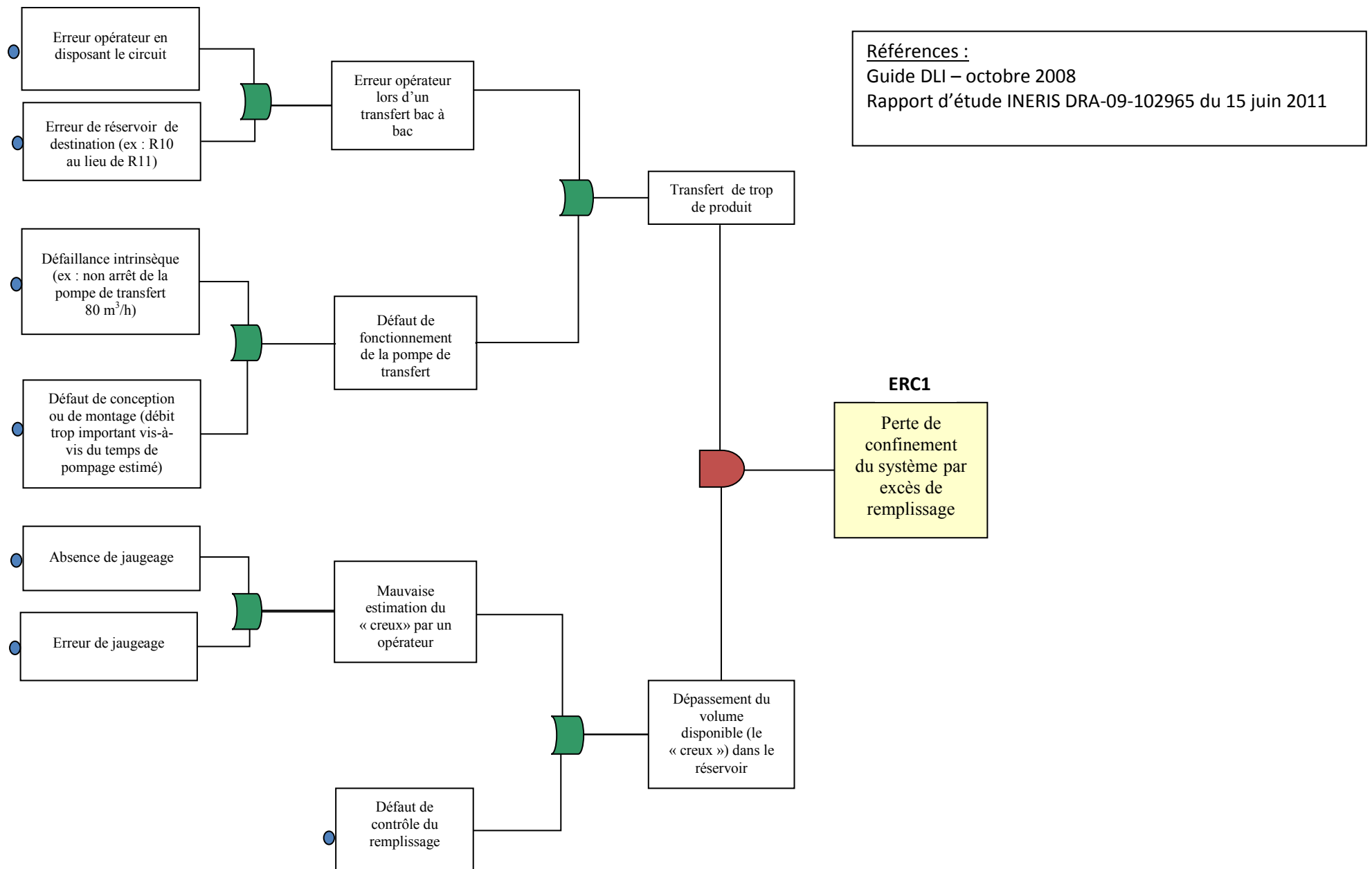
Comme précédemment dit, les situations critiques ou nécessitant une attention particulière, identifiées au moyen de l'APR et nécessitant une étude plus détaillée, sont :

- Perte de confinement du système enterré par excès de remplissage,
- Perte de confinement du système enterré en dessous du sol environnant.

Ces situations accidentelles sont analysées de façon détaillée suivant une méthode déductive adaptée au système étudiée : l'analyse par arbre de défaillances.

Ces arbres de défaillances sont développés à partir d'arbres génériques issus de guides professionnels et de rapports d'étude INERIS et adaptés au contexte local.

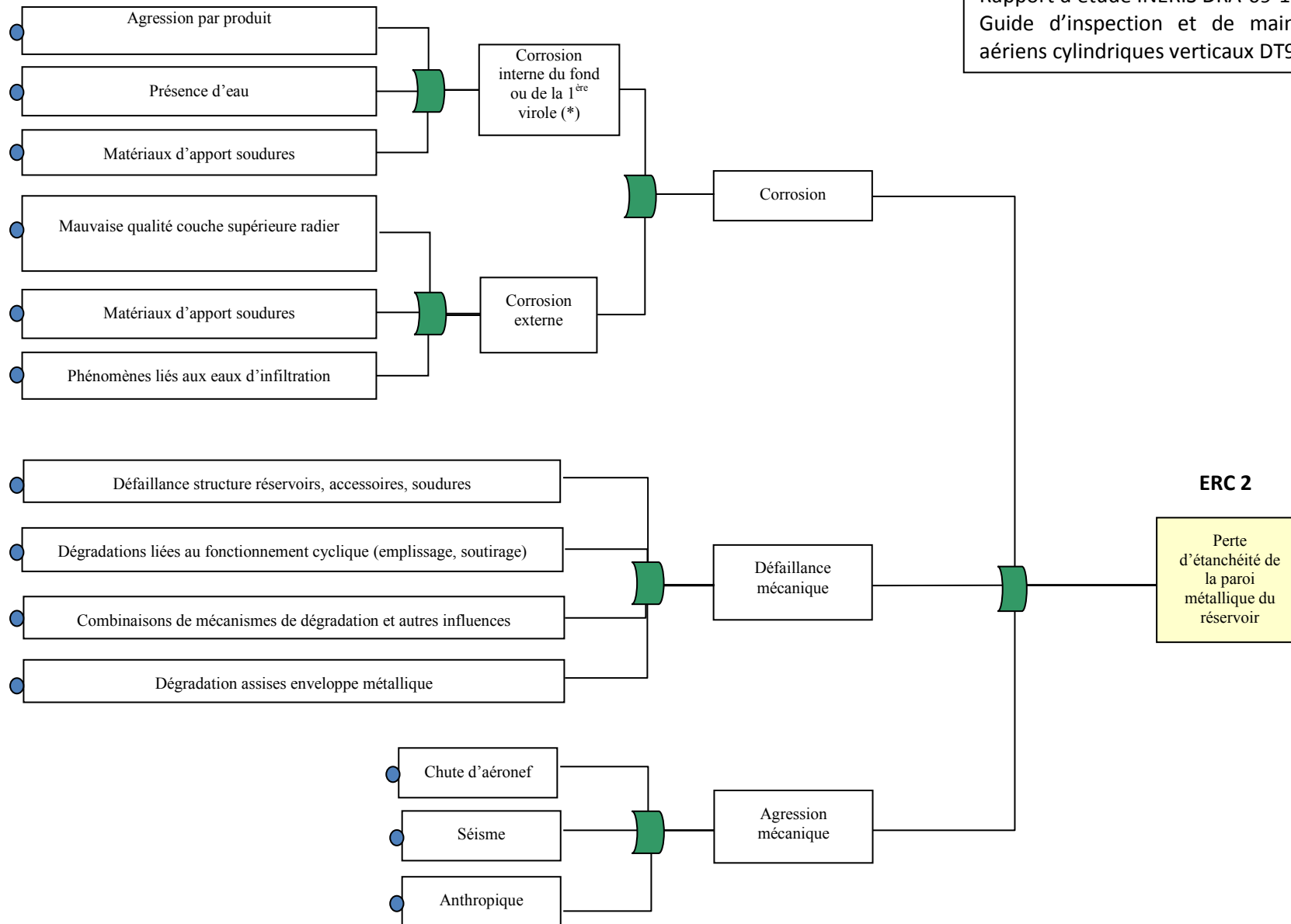
Dans un premier temps, l'analyse par arbres de défaillances a été réalisée sans mise en place des mesures de maîtrise des risques.



Références :
 Guide DLI – octobre 2008
 Rapport d'étude INERIS DRA-09-102965 du 15 juin 2011

Figure 9 : Arbre de défaillances « perte de confinement du système par excès de remplissage »

Références :
 Guide DLI – octobre 2008
 Rapport d'étude INERIS DRA-09-102965 du 15 juin 2011
 Guide d'inspection et de maintenance des réservoirs
 aériens cylindriques verticaux DT94 – octobre 2011



(*) D'après le retour d'expérience de la profession pétrolière, les fuites interviennent majoritairement en fond de réservoir, sur la 1^{ère} virole ou sur la jonction fond de réservoir/1^{ère} virole (en raison de la présence d'eau en fond de réservoir). On étudie donc cet événement majeur.

Figure 10 : Arbre de défaillances « perte de confinement en dessous du sol environnant »

7 Barrières de sécurité et maîtrise des risques

La maîtrise des risques liés à l'exploitation d'un réservoir enterré et de ses équipements annexes est assurée et démontrée par la performance des barrières de sécurité qui interviennent dans le processus de réduction des risques à travers les fonctions de sécurité qu'elles remplissent. Les facteurs de réduction de risque sont liés à la probabilité de défaillance de ces barrières et donc au niveau de confiance qui leur est attribué.

7.1. Barrières de sécurité et fonctions de sécurité

Toutes les barrières sont mises en place pour assurer une exploitation de l'infrastructure pétrolière la plus sûre possible. Elles constituent des mesures de maîtrise des risques (MMR) conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Le but de l'étude étant de montrer que les barrières mises en place au sein du DEAN de Landivisiau permettent d'atteindre un niveau de risque au moins équivalent à celui que présentent les installations « civiles » d'exploitation pétrolière, nous étudierons en détail les barrières permettant de statuer selon des critères clairement établis sur ce niveau de risque. Ainsi, seules les barrières qui ont été cotées avec un niveau de confiance ≥ 1 en utilisant les méthodes INERIS $\Omega 10$ ou $\Omega 20$ sont prises en compte. Cependant, d'autres barrières sont mises en œuvre au DEAN de Landivisiau (protection contre la corrosion externe, tâches de sécurité en mode dégradé,...), mais non pas été cotées pour cette étude.

7.1.1. Fonction de sécurité : « Eviter ou prévenir un débordement »

Les barrières considérées sont :

<i>N°</i>	<i>Barrière</i>	<i>Type</i>
1	Contrôle du volume disponible	Barrière humaine de sécurité
2	Chaîne de niveau haut	Mesure de maîtrise des risques instrumentée de conduite ¹¹
3	Chaîne de niveau très haut	Mesure de maîtrise des risques instrumentée de sécurité ⁶

Tableau 20 : Barrières de prévention d'une perte de confinement par excès de remplissage

7.1.2. Fonction de sécurité : « Prévenir une fuite »

Les barrières considérées sont :

¹¹ Selon la note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

N°	Barrière	Type
5	Revêtement intérieur	Barrière passive de sécurité
6	Inspection quinquennale (détection, traitement du désordre et réparations nécessaires selon un mode opératoire)	Barrière humaine de sécurité

Tableau 21 : Barrière de prévention d'une perte de confinement en dessous du sol environnant

7.1.3. Fonctions de sécurité : « Détecter une fuite » et « contrôler un épandage »

Les barrières considérées sont :

N°	Barrière	Type
4	Détection et limitation d'un épandage	Barrière humaine de sécurité
7	Encuvement béton étanche au sens de l'arrêté « 1432 »	Barrière passive de sécurité
8	Détection statique de fuite	Mesure de maîtrise des risques instrumentée de conduite
9	Détection de carburant dans l'espace annulaire et vidange du réservoir	Système à action manuelle de sécurité
10	Sonde détection liquide + pompe de relevage + SHOA + sonde hydrocarbures	Système à action manuelle de sécurité
11	Inventaire matière douane (décade)	Barrière humaine de sécurité
12	Piézomètres	Barrière humaine de sécurité

Tableau 22 : Barrières limitant l'intensité des effets des PhD

Les barrières retenues pour quantifier le niveau de risque font chacune l'objet d'une fiche détaillée d'évaluation du niveau de confiance. Cette fiche a été établie conformément aux méthodes INERIS $\Omega 10$ ou $\Omega 20$, et s'appuie sur des référentiels et concepts éprouvés.

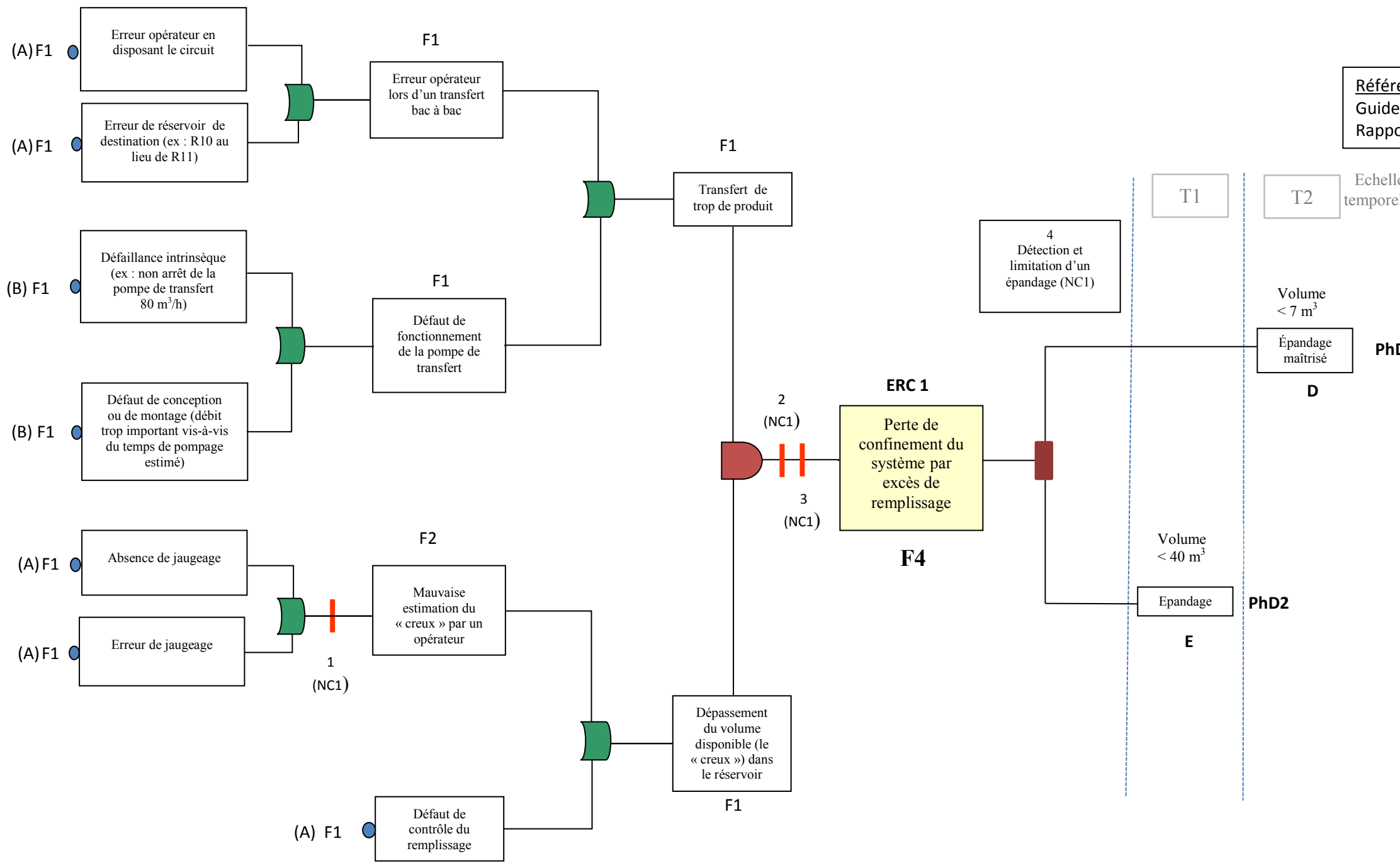
Les fiches sont présentées en **Annexe 2**.

7.2. Nœuds papillons avec barrières

L'analyse des risques par nœud papillon permet d'identifier les séquences accidentelles susceptibles de se produire sur le DEAN conduisant aux Evénements Redoutés Centraux (ERC) et aux phénomènes dangereux (PhD) associés. Elle permet également le recensement exhaustif et le positionnement des barrières de sécurité.

Ces nœuds papillons sont construits à partir de documents de référence (guide DLI d'octobre 2008, rapport d'étude INERIS,...) et sont adaptés au contexte local.

Les nœuds papillons présentés ci-après indiquent le positionnement des barrières, les classes de fréquences des événements initiateurs et des ERC, ainsi que les probabilités d'occurrence des PhD avec prise en compte des barrières.



Références :
 Guide DLI – octobre 2008
 Rapport d'étude INERIS DRA-09-102965 du 15 juin 2011

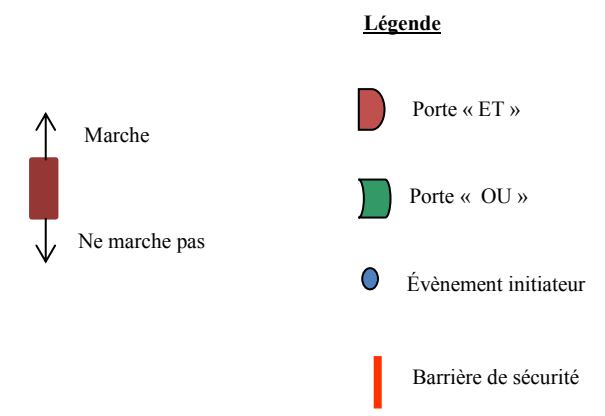
Justification de l'augmentation des classes de fréquence des événements initiateurs de F0 à F1 :

(A) Personnels formés, qualifiés, procédé habituel

(B) Maintenance préventive de la pompe. La maintenance préventive a pour objectif de maîtriser dans le temps le risque de dysfonctionnement de la pompe. Les personnels en charge de réaliser la maintenance sont formés. Les matériels utilisés sont identifiés et suivis. Il n'existe aucune contrainte sur cette action car elle est effectuée dans une séquence temporelle complètement distincte de l'évènement initiateur. Un planning annuel des tâches en dépôt fixe les périodicités de maintenance. Réfection ou remplacement périodique des équipements défectueux. Opérations de vérification à réception de l'équipement en dehors des phases d'exploitation.

Intitulé de la barrière	Type de barrière	Niveau de confiance (cf. annexe 2)	
1	Contrôle du volume disponible	BHS	1
2	Chaîne de niveau haut	MMRIC	1
3	Chaîne de niveau très haut	MMRIS	1
4	Détection et limitation d'un épandage	BHS	1

Figure 11 : Nœud papillon « perte de confinement du système par excès de remplissage »



Le passage à une classe F1 de fréquences plus faibles d'événements initiateurs, par rapport à une classe F0, se justifie de la façon suivante :

(1) Le carburéacteur stocké ne présente pas de caractéristique corrosive pour la paroi métallique. Epuration/filtration du produit pour enlever l'eau.

(2) Réservoirs enterrés (pas de contact direct avec l'extérieur et protégé par un encorbellement pour les infiltrations d'eau).

Construction des réservoirs suivant le CODRES (édition 1985 ou 1991 selon les réservoirs).

Présence d'une couche d'enrobé dense d'épaisseur supérieure à 0,03 m entre le fond de la paroi métallique du réservoir et la dalle béton. Cette couche est rainurée de manière à acheminer les éventuels écoulements de produit vers le puisard central du réservoir.

Les tôles de toit et de la robe sont protégées par un revêtement anticorrosion, contrôlé au peigne électrique.

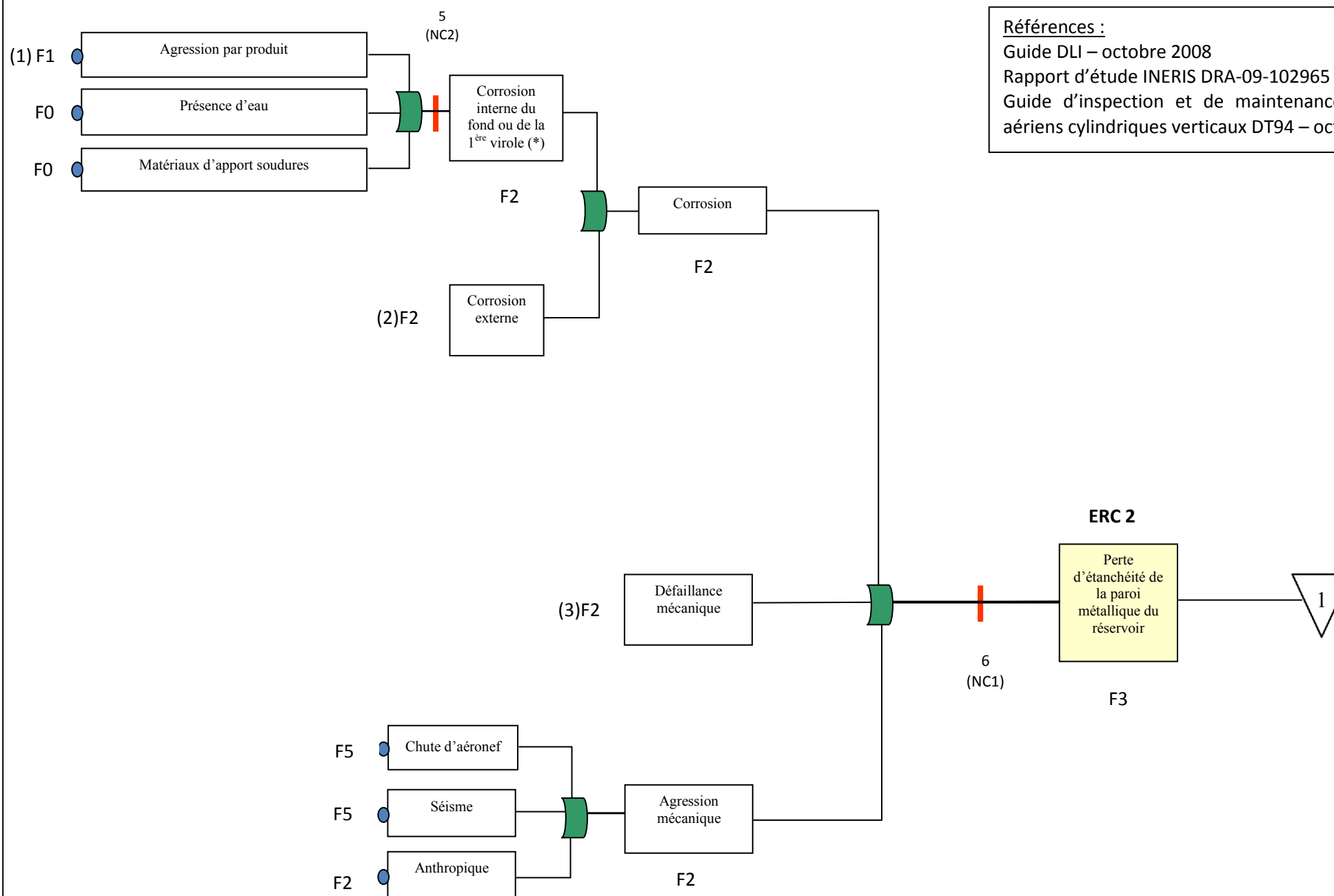
Contrôles des réservoirs lors de la construction.

D'après l'accidentologie du SEA, sur 85 réservoirs construits depuis plus de 30 ans totalisant en tout 1 549 années (**) de fonctionnement, aucun dysfonctionnement, suite à la corrosion externe, n'est recensé.

(3) Réservoirs construits suivant le CODRES (édition 1985 ou 1991).

Toute construction fait préalablement l'objet d'une étude de sol (étude géotechnique et hydraulique). En cas d'infiltration d'eau à l'intérieur de l'encuvement, la pompe de relevage permet d'éviter la stagnation de l'eau, donc un phénomène de poussée hydrostatique. Contrôles lors de la construction.

D'après l'accidentologie du SEA, sur 85 réservoirs construits depuis plus de 30 ans totalisant en tout 1 549 années (**) de fonctionnement, seuls 4 dysfonctionnements sont recensés pour la défaillance mécanique. Ces dysfonctionnements connus ont fait l'objet de traitement des origines (encorbellement des réservoirs pour éviter l'infiltration d'eau dans l'espace annulaire et mise en place de la pompe de relevage dans une buse pour éviter l'ensablement et la panne de la pompe).



Références :
 Guide DLI – octobre 2008
 Rapport d'étude INERIS DRA-09-102965 du 15 juin 2011
 Guide d'inspection et de maintenance des réservoirs aériens cylindriques verticaux DT94 – octobre 2011

	Intitulé de la barrière	Type de barrière	Niveau de confiance (cf. annexe 2)
5	Revêtement intérieur	BTS – barrière passive	2
6	Inspection quinquennale	BHS	1

Figure 12 : Nœud papillon « perte de confinement du système en dessous du sol environnant » (1/2)

(*) D'après le retour d'expérience de la profession pétrolière, les fuites interviennent majoritairement en fond de réservoir, sur la 1^{ère} virole ou sur la jonction fond de réservoir/1^{ère} virole (en raison de la présence d'eau en fond de réservoir). On étudie donc cet événement majeur.

(**) Les 1 549 années correspondent aux années d'exploitation cumulées de chaque réservoir de chaque dépôt en prenant en compte les dates de mise en service progressive entre 1984 et 2014.

7.3. Cotation de la gravité

La cotation de la gravité est réalisée conformément à l'annexe D1 de la démarche méthodologique présentée en 1^{ère} partie.

7.3.1. Sensibilité

Pour le DEAN de Landivisiau, les espaces vulnérables recensés concernent :

- Zones terrestres :
Des zones de cultures et des AOC/IGP sont recensées dans la zone des 500 m autour des dépôts et donc de tous les réservoirs étudiés.
- Eaux de surface :
Rien de répertorié dans la zone des 500 m autour des dépôts et donc de tous les réservoirs étudiés.
- Eaux souterraines :
Au droit des parcs, l'aquifère contenu dans les formations du substratum est de type fissuré avec une perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m/s. La nappe est de type libre. Son niveau piézométrique varie entre 2 et 6 m de profondeur par rapport au sol. Il est donc possible d'atteindre la nappe avec du carburéacteur en plus de 48 heures pour le cas le plus défavorable (2 m à la vitesse de 10^{-5} m/s).
- Captages publics d'alimentation en eau potable (AEP) ou alimentaire, captages d'eaux souterraines :
Les réservoirs et les dépôts sont éloignés des périmètres de protection de captage d'alimentation en eau potable. Le captage le plus proche se situe à 2,5 km.

Une sensibilité **S** de 50 est retenue.

7.3.2. Toxicité

Le produit stocké dans les réservoirs enterrés au DEAN de Landivisiau est du carburéacteur, concerné par la mention de danger H411.

Un facteur impact « toxicité et nocivité du produit » **P** de 10 est retenu.

7.3.3. Volume de produit pouvant atteindre l'enjeu

1) Débordement de réservoir

a) *Epannage sans barrières*

Lors d'une opération pétrolière, il y a systématiquement présence de personnel sur le DEAN. Un débordement ne pourra pas durer plus d'une heure.

Le débit de transfert entre réservoir ou de déchargement des véhicules citernes est de $80 \text{ m}^3/\text{h}$. Le volume maximal susceptible d'être déversé, sans barrières, est donc de 80 m^3 .

Un facteur de volume de produit **V** de 10 est retenu pour l'épandage suite à débordement sans barrières.

b) Epannage maîtrisé

Dans le cadre du phénomène dangereux d'épannage maîtrisé **PhD1** suite à perte de confinement du système étudié par excès de remplissage, la détection d'un épannage se fera en 5 minutes maximum (fonctionnement de la barrière humaine de sécurité « détection et limitation d'un épannage »). Le débit de transfert entre réservoir ou de déchargement des véhicules citernes est de 80 m³/h. Le volume maximal susceptible d'être déversé est donc de 7 m³.

Un facteur de volume de produit **V** de 5 est retenu pour l'épannage maîtrisé suite à débordement.

c) Epannage

Dans le cadre du phénomène dangereux d'épannage **PhD2** suite à perte de confinement du système étudié par excès de remplissage, un délai de réaction de 30 minutes est retenu (cas majorant, compte tenu des mesures organisationnelles et techniques mises en œuvre). Les transferts et mouvements de produit sont réalisés avec un débit maximal de 80 m³/h. Le volume maximal susceptible d'être déversé est de 40 m³.

Un facteur de volume de produit **V** de 10 est retenu pour l'épannage suite à débordement.

2) Fuite de réservoir

a) Fuite sans barrières

Dans le cas d'une fuite de réservoir, sans barrières, le volume maximal susceptible d'être déversé pourra être supérieur à 1000 m³.

Un facteur de volume de produit **V** de 100 est retenu pour la fuite sans barrières.

b) Fuite avec barrières

Le PhD3 correspond à une défaillance de l'encuvement béton et une absence de détection de la fuite :

- par la détection de carburant dans l'espace annulaire,
- par la détection de produit dans le séparateur d'hydrocarbures associé au réservoir,
- et par l'inventaire matière douanes.

Le mode de fonctionnement du dépôt permet de disposer au minimum d'une phase de repos de 14 heures (entre la fin d'activité vers 17h00 et la reprise d'activité le lendemain vers 7h00). Il n'y a pas d'exploitation du réservoir pendant cette plage horaire et très rarement des phases d'exploitation (emplissage/soutirage) qui se succèdent dans une journée. La phase de repos est mise à profit pour suivre l'évolution du niveau de produit dans le réservoir et ainsi détecter une fuite. Une variation de 3 mm du volume permettra d'alerter l'exploitant sur un risque de fuite (cf. barrière technique de sécurité « détection statique de fuite »). La valeur de 3 mm correspond au seuil de détectabilité des dispositifs Whessoe. Les variations de température sont atténuées de par la nature des réservoirs enterrés et permettent de ne pas atteindre ce seuil de 3 mm.

Volume du réservoir	Diamètre du réservoir	Hauteur du réservoir	Volume minimal détectable en 14 heures
1 000 m ³ (R1 ou R2)	16 m	5 m	603 litres
2 000 m ³ (R10)	20 m	6,5 m	942 litres
2 000 m ³ (R11)	22 m	5,3 m	1 140 litres
2 000 m ³ (R12)	20 m	6,4 m	942 litres

Tableau 23 : Seuils de la détection de fuite de réservoir

Dans le phénomène dangereux étudié, un dysfonctionnement de la barrière « détection statique de fuite » est pris en compte (seuil de détectabilité non atteint). Le volume de fuite non détecté sera donc au maximum de 1140 litres en 14 heures, ce qui correspond à un débit de fuite de 81,4 L/h¹² (conformément au logigramme de la figure 13 : le débit de fuite est inférieur au seuil de détection de la chaîne de mesurage en continu).

Pour la comptabilité douanière, les freintes admissibles au titre de la déclaration décadaire sont de 0,5 ‰ pour les entrées par véhicules-citernes et de 0,3 ‰ pour les sorties. Cela correspond à une perte maximale de 0,8 ‰ sur le volume mouvementé. Le volume d'activité annuel du DEAN étant de 36 000 m³, les freintes admissibles par décade sont de 1 108 litres¹³.

Le volume maximal susceptible d'être déversé, dans le cas où l'encuvement béton est fissuré, sera donc d'au plus 19 536 litres¹⁴ **soit environ 20 000 litres**. Ce volume étant très supérieur au volume de freinte admissible, il sera forcément détecté.

Un facteur de volume de produit **V** de 10 est retenu pour la fuite correspondant au PhD3.

7.3.4. Mobilité du produit

De façon majorante, on considère que le volume relâché en dessous du niveau du sol correspond, par effet direct sans perte par transfert, au volume de produit pouvant atteindre l'enjeu.

L'enjeu « zones terrestres » sera atteint de façon « indirecte ». Le facteur V est corrigé par le facteur M pour tenir compte de la mobilité du produit.

Le produit stocké dans les réservoirs enterrés du DEAN de Landivisiau est du carburacteur, correspondant à une huile très légère.

Un facteur de mobilité **M** de 0,3 est retenu pour le débordement de réservoir et de 1 pour la fuite sous le niveau du sol.

¹² $\frac{1140}{14}$

¹³ $\frac{36\,000 \times 1000 \times 10 \times 0,8}{260 \times 1\,000}$: Sur une année, soit 260 jours ouvrés, la perte admissible est de 0,8‰*36000 m³. Ce qui correspond, sur 10 jours (décade), à 0,8‰*36000 *10/260 m³.

¹⁴ 81,4 * 24 * 10 : Fuite de 81,4 litres en 1 heure soit 81,4*24*10 en 10 jours (qui correspond au jaugeage décadaire : durée maximale de détection de la fuite étant donné le volume susceptible d'être déversé).

7.3.5. Détermination de la gravité

La gravité environnementale (Genv) est déterminée à partir de la sensibilité environnementale de l'enjeu (S), de la toxicité du produit (P), de la quantité de produit potentiellement rejeté (V) et de la mobilité du produit (M), selon la formule suivante :

$$Genv = S \times P \times V \times M$$

	phénomène dangereux d'épandage sur le sol par excès de remplissage			phénomène dangereux d'épandage au-dessous du sol environnant	
	Epandage sans barrières	Epandage maîtrisé PhD1	Epandage PhD2	Fuite sans barrières	Fuite PhD3
Paramètres retenus	S = 50 P = 10 V = 10 M = 0,3	S = 50 P = 10 V = 5 M = 0,3	S = 50 P = 10 V = 10 M = 0,3	S = 50 P = 10 V = 100 M = 1	S = 50 P = 10 V = 10 M = 1 ¹⁵
Gravité environnementale (Genv)	1 500	750	1 500	50 000	5 000
	G1	G1	G1	G5	G2

Tableau 24 : Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux avec barrières

A partir de l'échelle de cotation de la gravité correspondant à la gravité environnementale, on en déduit :

- une cotation de **gravité de 1** pour le phénomène dangereux d'épandage (PhD1, PhD2) suite à perte de confinement par excès de remplissage ;
- une cotation de **gravité de 2** pour le phénomène dangereux de fuite (PhD3) suite à perte de confinement au-dessous du sol environnant.

7.4. Tableau de synthèse

L'utilisation d'un tableau de synthèse permet de résumer les résultats de l'analyse détaillée des risques.

¹⁵ Correspond à un cas majorant où les performances d'étanchéité de l'encuvement béton sont incompatibles avec un délai de 48 heures pour détecter la présence de carburacteur dans l'espace annulaire.

Tableau de synthèse de l'analyse des risques

N°	Fonction d'exploitation	Elément potentiellement dangereux	Evènements initiateurs	Situation de dangers		Fonctions sécurité	P	G	Barrières de prévention		Barrières organisationnelles	Barrières de limitation	P'	G'	Point critique
				Evènement redouté central	Phénomène dangereux (PhD)				Barrières techniques	Barrières humaines					
1	Emplissage	Volume de Carburant transféré	Erreur opérateur en disposant le circuit lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Absence de jaugeage	ERC 1 Perte de confinement par excès de remplissage	Epan dage PhD2	Eviter ou prévenir un débordement	B	1	NH ¹⁷ NTH ¹⁸	Contrôle du volume disponible	Formation des personnels, suivi des compétences	Détection et limitation d'un épan dage	E	1	Indépendance du NH et du NTH
			OU		Erreur opérateur en disposant le circuit lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Erreur de jaugeage par opérateur							Détecter un épan dage			
			Erreur de réservoir de destination lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Absence de jaugeage		Epan dage maîtrisé PhD1	Contrôler un épan dage									
			OU		Erreur de réservoir de destination lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Erreur de jaugeage par opérateur										
2	Emplissage	Volume de Carburant transféré	Défaillance intrinsèque de la pompe de transfert + Absence de jaugeage	ERC 1 Perte de confinement par excès de remplissage	Epan dage PhD2	Eviter ou prévenir un débordement	B	1	NH NTH	Contrôle du volume disponible	Formation des personnels Maintenance préventive de la pompe	Détection et limitation d'un épan dage	E	1	Indépendance du NH et du NTH
			OU		Défaillance intrinsèque de la pompe de transfert + Erreur de jaugeage par opérateur							Détecter un épan dage			
			Défaut de conception ou de montage de la pompe de transfert + Absence de jaugeage		Epan dage maîtrisé PhD1	Contrôler un épan dage									
			OU		Défaut de conception ou de montage de la pompe de transfert + Erreur de jaugeage par opérateur										

¹⁶ Scénario majorant par rapport à celui d'un emplissage par véhicules citernes

¹⁷ Chaîne de niveau haut

¹⁸ Chaîne de niveau très haut

N°	Fonction d'exploitation	Élément potentiellement dangereux	Evènements initiateurs	Situation de dangers		Fonctions sécurité	P	G	Barrières de prévention		Barrières organisationnelles	Barrières de limitation	P'	G'	Point critique
				Évènement redouté central	Phénomène dangereux (PhD)				Barrières techniques	Barrières humaines					
3	Emplissage	Volume de Carburant transféré	Erreur opérateur en disposant le circuit lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Défaut de contrôle du remplissage OU Erreur de réservoir de destination lors d'un transfert bac à bac ¹⁶ + Défaut de contrôle du remplissage	ERC 1 Perte de confinement par excès de remplissage	Epannage PhD2	Eviter ou prévenir un débordement Détecter un épannage	B	1	NH NTH	/	Formation des personnels, suivi des compétences	Détection et limitation d'un épannage	E	1	Indépendance du NH et du NTH
4	Emplissage	Volume de Carburant transféré	Défaillance intrinsèque de la pompe de transfert + Défaut de contrôle du remplissage OU Défaut de conception ou de montage de la pompe de transfert + Défaut de contrôle du remplissage	ERC 1 Perte de confinement par excès de remplissage	Epannage PhD2	Eviter ou prévenir un débordement Détecter un épannage	B	1	NH NTH	/	Formation des personnels, suivi des compétences	Détection et limitation d'un épannage	E	1	Indépendance du NH et du NTH
5	Stockage	Volume de carburant stocké	Agression de la paroi métallique du réservoir (fond ou 1 ^{ère} virole) ¹⁹ par le produit pétrolier	ERC 2 Perte de confinement en dessous du sol environnant	Fuite PhD3	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épannage	A	5	Revêtement intérieur	Inspection quinquennale	Contrôle qualité des produits (pas de caractéristique corrosive)	Encuvement béton étanche Inventaire matière douanes (décade)	E	2	Intégrité de l'ouvrage maçonné
6	Stockage	Volume de carburant stocké	Présence d'eau entraînant une corrosion interne du fond de réservoir OU Matériaux d'apport des soudures (entraînant une corrosion interne de la paroi métallique)	ERC 2 Perte de confinement en dessous du sol environnant	Fuite PhD3	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épannage	A	5	Revêtement intérieur	Inspection quinquennale	Contrôle qualité et filtration des produits (suppression de l'eau pour limiter la corrosion)	Encuvement béton étanche Inventaire matière douanes (décade)	E	2	Intégrité de l'ouvrage maçonné
7	Stockage	Volume de carburant stocké	Corrosion externe OU Défaillance mécanique	ERC 2 Perte de confinement en dessous du sol environnant	Fuite PhD3	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épannage	B	5	/	Inspection quinquennale	Conformité des réservoirs aux normes et codes	Encuvement béton étanche Inventaire matière douanes (décade)	E	2	Intégrité de l'ouvrage maçonné

¹⁹ Scénario majorant : défaillance la plus susceptible d'être rencontrée sur les réservoirs due à la présence d'eau en fond de réservoir

N°	Fonction d'exploitation	Élément potentiellement dangereux	Evènements initiateurs	Situation de dangers		Fonctions sécurité	P	G	Barrières de prévention		Barrières organisationnelles	Barrières de limitation	P'	G'	Point critique
				Évènement redouté central	Phénomène dangereux (PhD)				Barrières techniques	Barrières humaines					
8	Stockage	Volume de carburant stocké	Séisme OU Chute d'aéronef	ERC 2 Perte de confinement en dessous du sol environnant	Fuite PhD3	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épandage	E	5	/	Inspection quinquennale	/	Encuvement béton étanche Inventaire matière douanes (décade)	E	2	Intégrité de l'ouvrage maçonné
9	Stockage	Volume de carburant stocké	Cause anthropique	ERC 2 Perte de confinement en dessous du sol environnant	Fuite PhD	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épandage	B	5	/	Inspection quinquennale	/	Encuvement béton étanche Inventaire matière douanes (décade)	E	2	Intégrité de l'ouvrage maçonné

8 Evaluation des performances des mesures de sécurité

8.1. Matrice de criticité avec prise en compte des barrières de sécurité existantes

Le croisement entre la probabilité et la gravité fournit un niveau de criticité : indésirable, améliorable ou acceptable. Le passage vers le risque acceptable de scénarios d'accident se justifie en fixant des objectifs de sécurité et le jugement sur l'acceptabilité du risque se fait suite au choix de barrières performantes, barrières qui sont la base des facteurs de réduction de risque associés aux quatre fonctions de sécurité retenus pour la présente étude.

Le tableau suivant résume les probabilités et gravités des phénomènes dangereux étudiés :

Événement redouté central	Phénomène dangereux	P	G	Barrières	P'	G'
ERC1 : « perte de confinement du système par excès de remplissage »	PhD1 : Epanchage maîtrisé	B	1	Contrôle du volume disponible (NC1) Chaîne « niveau haut » (NC1) Chaîne de niveau « très haut » (NC1)	D	1
ERC1 : « perte de confinement du système par excès de remplissage »	PhD2 : Epanchage	B	1	Contrôle du volume disponible (NC1) Chaîne « niveau haut » (NC1) Chaîne de niveau « très haut » (NC1) Détection et limitation d'un épanchage (NC1)	E	1
ERC2 : « perte de confinement du système en dessous du sol environnant »	PhD3 : Fuite (rejet accidentel)	A	5	Revêtement intérieur (NC2) Inspection quinquennale (NC1) Encuvement en béton étanche (NC1) Inventaire matière douane (décade) (NC1)	E	2

(P, G : probabilité et gravité sans barrières. P', G' : probabilité et gravité avec barrières)

L'usage de la matrice de criticité permet d'évaluer la criticité des risques liés aux phénomènes dangereux et accidents potentiels identifiés et caractérisés par l'analyse puis de décider si des barrières de sécurité complémentaires sont à envisager afin d'améliorer la réduction des risques générés par l'exploitation du réservoir, pour les quatre fonctions de sécurité étudiées.

La grille (ou matrice) suivante présente, pour les PhD retenus, cette évaluation de la criticité du risque sans barrières.

Gravité	5					PhD3
	4					
	3					
	2					
	1				PhD1 PhD2	
	0					
		E	D	C	B	A
Probabilité du phénomène dangereux						

Tableau 25 : Matrice de criticité sans barrières

La matrice de criticité résiduelle, avec prise en compte des barrières de sécurité, est la suivante :

Gravité	5					
	4					
	3					
	2	PhD3				
	1	PhD2	PhD1			
	0					
		E	D	C	B	A
Probabilité du phénomène dangereux						

Tableau 26 : Matrice de criticité résiduelle (avec barrières)

Les niveaux de risque étant :



Risque « acceptable » ou moindre : compte tenu des MMR en place, le risque résiduel est modéré ;



Risque « améliorable » ou intermédiaire : des MMR – dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus – sont à mettre en place ;



Risque « indésirable » ou élevé : les MMR sont à améliorer et/ou à compléter pour sortir de la zone de risque élevé.

8.2. Conclusion

La matrice de criticité est un outil d'appréciation des résultats de la démarche de maîtrise des risques à la source préconisée en première partie du présent guide d'accompagnement.

Les mesures spécifiques présentées dans l'étude technique permettent d'assurer un niveau de risque « acceptable » ou moindre. Elles sont les « dispositions spécifiques et adaptées » évoquées à l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008.

9 Synthèse et conclusion

L'étude réalisée a été menée en 4 étapes :

- Identification
- Caractérisation et estimation (mesure)
- Réduction à la source (prévention des pertes de confinement et limitation des effets environnementaux de phénomènes dangereux « épandage »)
- Evaluation (selon des critères préétablis)

des risques de rejets accidentels de carburéacteur sur le sol et en dessous du niveau du sol dus à l'exploitation de réservoirs enterrés de conception militaro-industrielle.

Cette analyse a démontré de façon explicite la maîtrise à un niveau suffisant des risques d'accidents vis-à-vis des biens, des personnes et de l'environnement autour de ses installations enterrées de stockage. Les barrières ou mesures de sécurité ont une fiabilité démontrée selon des critères clairement établis.

Ces mesures sont de deux types :

- Prévention : éviter, empêcher, limiter la probabilité d'occurrence d'une perte de confinement ;
- Limitation : agir sur les effets environnementaux d'un rejet ou épandage de carburéacteur pour en limiter les conséquences et donc la gravité potentielle.

Pour certaines, ce sont des « dispositions spécifiques et adaptés » qui garantissent l'atteinte des objectifs de sécurité environnementale fixés par l'arrêté du 18 avril 2008.

Gravité	5					
	4					
	3					
	2	PhD3				
	1	PhD2	PhD1			
	0					
		E	D	C	B	A
Probabilité du phénomène dangereux						

Tableau 27 : Synthèse des PhD avec MMR

Annexe 1 : Analyse préliminaire des risques

De façon à alléger l'analyse préliminaire des risques, un réservoir fictif Ri est utilisé. Ce réservoir permet de prendre en compte tous les cas possibles. Un recensement exhaustif des séquences accidentelles ou scénarii d'accident potentiels, suite à l'occurrence ou la survenance d'éléments dangereux conduisant vers un phénomène dangereux au niveau du système étudié, est réalisé.

Accidentologie

Le tableau ci-après synthétise, pour les différents types de produits pris en charge sur le DEAN, la typologie des accidents identifiés lors de l'ensemble des recherches (BARPI). Ces accidents concernent les dépôts de stockage aériens ou des stations-services. Pour les réservoirs enterrés de conception militaire, le retour d'expérience, présenté dans l'étude de dangers, est moins conséquent.

Typologie d'accident	Type de produits		Total
	Kérosène - Carburacteur	Hydrocarbures non précisés	
Pollution	14	8	22
Incendie	4	5	9
Explosion	2	1	3
Incendie + Explosion	1	1	2
Autres	0	0	0

Tableau 1 : Typologie des accidents recensés par type de produit

Pour les pollutions, il s'agit de déversements accidentels type débordement ou fuite suite à des défaillances techniques (jaugeur, alarme niveau haut, pompe, etc.) ou des erreurs humaines ainsi que des fuites au niveau des tuyauteries ou des réservoirs enterrés (vétusté, rupture soudure, travaux de terrassement, corrosion).

Fonction/phase d'exploitation : Emplissage de Ri par véhicules citernes (30 m ³) à partir de l'aire de chargement /déchargement A1 ou A2				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
1	Débordement : perte de confinement par excès de remplissage	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur de réservoir (Ri au lieu d'un autre réservoir) - Erreur opérateur en disposant le circuit - Absence ou erreur de jaugeage du réservoir Ri (creux insuffisant) - Défaut de surveillance - Mode dégradé : capteur de niveau Whessoe hors service (panne, maintenance) 	Epandage de carburéacteur	<p>Eviter ou prévenir un débordement</p> <hr/> <p>Détecter un épandage</p> <hr/> <p>Contrôler un épandage</p>	B	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Chaîne de niveau haut (capteur WHESSOE/API/vanne motorisée) ➤ Chaîne de niveau très haut (capteur/API/vanne à sécurité positive) ➤ Jaugeage par un opérateur pétrolier et vérification de la cohérence par le responsable de l'exploitation pétrolière ➤ Formation des personnels, suivi des compétences ➤ Réservoir situé en dessous du niveau du sol : aspiration par le toit du réservoir (pas de possibilité de mise en communication des réservoirs et transfert par vase communicant) <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Surveillance du niveau du réservoir ➤ Détection d'un épandage par surveillance de l'emplissage <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Arrêt d'urgence au niveau des aires de chargement/déchargement ➤ Dispositif homme-mort sur aire de chargement/déchargement ➤ Limitation d'un épandage (mise en œuvre des moyens d'intervention) 	D	2	<p>Creux minimum de 25 m³ au début du déchargement (volume compris entre le niveau haut et le volume maximal du réservoir). L'épandage sera au maximum de 5 m³.</p>

Fonction/phase d'exploitation : Emplissage lors d'un transfert (+ additivation éventuelle) de carburacteur d'un réservoir à Ri				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
2	Débordement : perte de confinement par excès de remplissage	<ul style="list-style-type: none"> - Absence ou erreur de jaugeage du réservoir Ri (creux insuffisant) - Défaut de surveillance - Erreur de réservoir de destination (Ri au lieu d'un autre réservoir) - Erreur opérateur en disposant le circuit - Non arrêt de la pompe de transfert (débit : 80 m³/h) - Débit de transfert trop important (> 80 m³/h) - Mode dégradé : capteur de niveau Whessoe hors service (panne, maintenance) 	Epandage de carburacteur	Eviter ou prévenir un débordement Détecter un épandage Contrôler un épandage	B	3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Chaîne de niveau haut (capteur WHESSOE/API/vanne motorisée) ➤ Chaîne de niveau très haut (capteur/API/vanne à sécurité positive) ➤ Jaugeage par un opérateur pétrolier et vérification de la cohérence par le responsable de l'exploitation pétrolière ➤ Formation des personnels, suivi des compétences ➤ Réservoir situé en dessous du niveau du sol : aspiration par le toit du réservoir (pas de possibilité de mise en communication des réservoirs et transfert par vase communicant) ➤ Maintenance préventive de la pompe 	D	3	

Fonction/phase d'exploitation : Stockage				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
3	Débordement : perte de confinement par excès de remplissage	- Néant : pas de transfert de carburéacteur possible par vase communicant	/				/			

Fonction/phase d'exploitation : Stockage				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Evénement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
4	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion fond de réservoir - Corrosion robe - Soudure défailante (liaison fond/robe ou tôles de fond ou tôles de robe) - Chocs mécaniques ou poinçonnement des tôles lors de travaux de maintenance - Défaillance mécanique de la structure - Agression mécanique (séisme, chute d'aéronef) 	Fuite de carburéacteur	<ul style="list-style-type: none"> Prévenir une fuite 	B	5	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revêtement intérieur en époxy intégral (fond + remontée de 1m sur robe au minimum) ; ➤ Inspection quinquennale du réservoir ; ➤ Revêtement anticorrosion extérieur du fond et de la robe (PEHD) ; ➤ Dimensionnement de structure adapté pour le réservoir permettant de disposer d'une surépaisseur (réserve de corrosion) ; ➤ Purge de l'eau en fond de réservoir régulièrement ; ➤ Etude hydrogéologique avant construction ; ➤ Contrôle qualité et filtration des produits ; ➤ Réservoirs enterrés construits conformément aux normes et codes ; ➤ Contrôles à la construction. 	D	3	
				<ul style="list-style-type: none"> Détecter une fuite 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ Détection d'un épandage par surveillance de l'espace annulaire ; ➤ Système de drain sous le réservoir pour rediriger tout effluent vers le puisard ; ➤ Puits piézométrique sur site ; ➤ Suivi comptable des stocks. 			
				<ul style="list-style-type: none"> Contrôler un épandage 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ Encuvement béton sans point singulier ; ➤ Chaîne de mesurage en continu. 			

Fonction/phase d'exploitation : Emplissage de Ri				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
5	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant									Cf. cas n°4

Fonction/phase d'exploitation : Soutirage - chargement d'un véhicule citerne à partir du réservoir Ri				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
6	Non étudié. La perte de confinement se produira sur l'aire de chargement (hors périmètre du système étudié).									

Fonction/phase d'exploitation : Soutirage – transfert de carburant de Ri à un autre réservoir				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
7	La perte de confinement se produira au niveau de l'autre réservoir (rejoint le cas n°2)									

Fonction/phase d'exploitation : Phases transitoires				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
8	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant	- Perte d'intégrité du réservoir après travaux à l'intérieur du réservoir (intervention sur l'échelle, la plaque de touche) et remplissage	Fuite de carburéacteur	Prévenir les risques liés aux activités de la phase transitoire	C	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vérification des fonctions de sécurité avant reprise des mouvements de carburant ➤ Réception des travaux et validation avant mise en service 	E	2	

Fonction/phase d'exploitation : Toutes phases				Equipement concerné : Equipements annexes du réservoir semi-enterré Ri						
N°	Evénement redouté	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
9	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant	<ul style="list-style-type: none"> - Erosion - Corrosion - Différentiel de pression - Agression externe - Dilatation - Défaillance des supports - Défaillance intrinsèque - Défaut de conception ou de montage - Erreur de manipulation (erreur opérateur) 	Epandage de carburéacteur	Prévenir une fuite Détecter une fuite Contrôler un épandage	C	1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Protection cathodique ➤ Revêtement ➤ Epreuve ➤ Maintenance préventive ➤ Surveillance périodique ➤ Chaîne de mesurage en continu 	E	1	Les équipements annexes étant dans des caissons étanches sur le toit du réservoir, une perte de confinement d'un équipement annexe sera confinée dans ce caisson. Pas d'impact sur l'environnement.

Fonction/phase d'exploitation : Collecte des effluents aqueux (eaux d'infiltration environnant le réservoir, eaux stagnantes dans l'espace annulaire)				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté (situation de dangers)	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
10	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux d'infiltration et eaux pluviales (phénomène de poussée hydrostatique) - Perte d'étanchéité de la paroi métallique - Absence ou défaillance de la collecte des eaux stagnantes dans l'espace annulaire 	Epandage de carburéacteur	Prévenir une fuite	C	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Procédure relative au contrôle des débourbeurs/séparateurs à obturation automatique (dont nettoyage préventif) ➤ Mesures de qualité des eaux en sortie 	E	2	

Fonction/phase d'exploitation : Collecte des effluents aqueux (eaux de purge)				Equipement concerné : Réservoir semi-enterré Ri						
N°	Événement redouté (situation de dangers)	Sources/causes	Conséquences	Fonctions de sécurité	P	G	Mesures compensatoires existantes	P'	G'	Observations
11	Fuite : perte de confinement en dessous du sol environnant (suite corrosion du revêtement intérieur du réservoir métallique)	<ul style="list-style-type: none"> - Eau libre suite à variation de température dans le réservoir - Eau dissoute dans le carburéacteur 	Epandage de carburéacteur	Prévenir une fuite	B	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suivi qualité du produit stocké ➤ Opérations de purge de l'eau en fond de réservoir 	E	2	

SYNTHESE DE L'APR

Les phénomènes dangereux identifiés sont positionnés dans une matrice de criticité. Les scénarii majorants (PhD positionnés dans les cases jaunes) font l'objet d'une analyse détaillée des risques.

5					
4					
3		2, 4			
2	8,10,11	1			
1	9				
0					
Gravité	E	D	C	B	A
	Probabilité du phénomène dangereux (PhD) ou de l'accident potentiel				

Au vu de cette matrice, les scénarii suivants font l'objet d'une analyse détaillée des risques :

- 2 qui a pour ERC : « perte de confinement par excès de remplissage »
- 4 qui a pour ERC : « perte de confinement en dessous du sol environnant ».

Annexe 2 : Fiches de caractérisation des barrières

Sommaire

FICHES DE CARACTERISATION DES BARRIERES DE SECURITE :

CONTROLE DU VOLUME DISPONIBLE	3
CHAINE DE NIVEAU HAUT	6
CHAINE DE NIVEAU TRES HAUT	13
DETECTION ET LIMITATION D'UN EPANDAGE	18
REVETEMENT INTERIEUR DU RESERVOIR	21
INSPECTION QUINQUENNALE	25
ENCUVEMENT BETON ETANCHE AU SENS DE L'ARRETE « 1432 »	35
DETECTION STATIQUE DE FUITE	38
DETECTION DE CARBURANT DANS L'ESPACE ANNULAIRE ET VIDANGE DU RESERVOIR	43
SONDE DE DETECTION LIQUIDE + POMPE HYDROCARBURES + SHOA + SONDE HYDROCARBURES	49
INVENTAIRE MATIERE DOUANES (DECADE)	56

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°1

Contrôle du volume disponible

Barrière humaine de sécurité (barrière de vérification). Barrière de prévention

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système par excès de remplissage

Fonction de sécurité à assurer :

Eviter ou prévenir un débordement.

Tâche de sécurité assurée :

L'action de sécurité consiste à déterminer le volume disponible, dénommé « creux », dans un réservoir, avant de procéder à son emplissage et de s'assurer que ce volume est compatible avec la quantité de produit à mouvoir.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Information obtenue par mesure manuelle du volume disponible dans un réservoir	Vérification de la cohérence du résultat	Autorisation ou non du remplissage du réservoir ou modification de la quantité de produit à mouvoir

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité :

Le déroulement de la séquence est le suivant :

N°	Opération	Acteur
1	Détermination des réservoirs qui seront mouvoir	Responsable de l'exploitation pétrolière
2	Prise de consigne par l'opérateur du réservoir à jauger auprès du responsable de l'exploitation	Opérateur pétrolier
3	Jaugeage du réservoir avant la réception : - mesure de la quantité de produit par jaugeage manuel - report du résultat (hauteur de produit, température et densité) sur un support adapté (informatique, fiche d'exploitation)	Opérateur pétrolier
4	Calcul du creux (manuel ou automatique)	Opérateur pétrolier
5	Vérification de la cohérence du résultat : - comparaison de la mesure manuelle avec un dispositif de mesurage de niveau en continu - comparaison de la mesure manuelle avec les données d'exploitation	Responsable de l'exploitation pétrolière
6	Vérification du réseau hydrocarbures avant mouvement (bon réservoir de destination, bon circuit)	Opérateur pétrolier
7	Autorisation du remplissage du réservoir ou modification de la quantité de produit à mouvoir	Responsable de l'exploitation pétrolière

Etat de l'art :

Les opérations de jaugeage (jaugeage manuel, détermination du creux) font l'objet d'une procédure d'exploitation mise en œuvre par des personnels formés et qualifiés en concordance avec les pratiques du milieu pétrolier.

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité :

Analyse qualitative préalable	Tâche de sécurité assurée par deux acteurs (le responsable de l'exploitation pétrolière et l'opérateur pétrolier) qui ont des actions à mener distinctes. Personnels formés, qualifiés.			
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	Cette barrière est indépendante de l'évènement initiateur (remplissage du réservoir). En effet, elle est mise en œuvre dans une séquence temporelle différente de l'évènement initiateur.		
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif	Le contrôle du volume disponible dans le réservoir permet de s'assurer que le volume livré est compatible. La validation du résultat permet de s'assurer de la valeur du résultat avant livraison.
			Connaissance	Les connaissances sont identifiées et pourvues : le personnel affecté à cette action est formé par parrainage avant d'effectuer cette tâche seul. L'activité jaugeage est routinière et pratiquée tous les jours.
			Matériel	Les matériels sont identifiés et suivis : les jauges manuelles portatives sont soit étalonnées (réservoirs sous douanes) soit vérifiées (procédure interne).
		Résistance aux contraintes spécifiques	Il n'existe aucune contrainte sur cette action car elle est effectuée dans une séquence temporelle complètement distincte de l'évènement initiateur.	
Temps de réponse	Cette action est une mesure de vérification, elle est donc réalisée en amont de l'évènement initiateur. Ce critère n'est pas contraignant.			

EVALUATION DE LA PERFORMANCE		
Obtention de l'information		
Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. Le jaugeage est une opération simple et la détermination du creux est effectuée à partir d'abaques simples. Des contraintes météorologiques défavorables peuvent avoir une influence sur la réalisation des tâches.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, le jaugeage des réservoirs est effectué, temporellement, en dehors des phases d'exploitation.
Détection passive	Information	Sans objet
	Disponibilité	Sans objet
Evaluation		Décote -1
Diagnostic		
Information	Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.	
Guidage	Niveau de guidage adapté à la situation.	
Evaluation		Décote 0
Action à réaliser		
Stress	Niveau de stress acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur.	
Tâche	Tâche simple et peu exigeante : cette action fait partie des apprentissages de base du métier.	
Evaluation		Décote 0
Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs		
Rôle et responsabilités clairement définis	Oui : note d'organisation. Conformément à Oméga 20, un opérateur pétrolier réalise les actions et un second les contrôle.	
Informations transmises sans ambiguïté	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation	
Outils de communication identifiés et performants	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation	
Evaluation		Décote 0
Niveau de confiance		
Evaluation		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°2

Chaîne de niveau haut

Barrière technique de sécurité (dispositif actif). Barrière de prévention.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système par excès de remplissage

Fonction de sécurité à assurer :

Eviter ou prévenir un débordement.

Séquence d'action :

La chaîne de niveau haut est réalisée au travers d'un capteur à flotteur (de type Whessoe) qui donne en permanence le niveau de remplissage du réservoir en volume et qui transmet cette information à une interface homme-machine (IHM) au travers d'un automate programmable industriel (API). Ce détecteur, ainsi que la chaîne de traitement et d'action associée, sont uniquement dédiés à la sécurité des opérations.



Deux niveaux d'alarme et de sécurité sont définis :

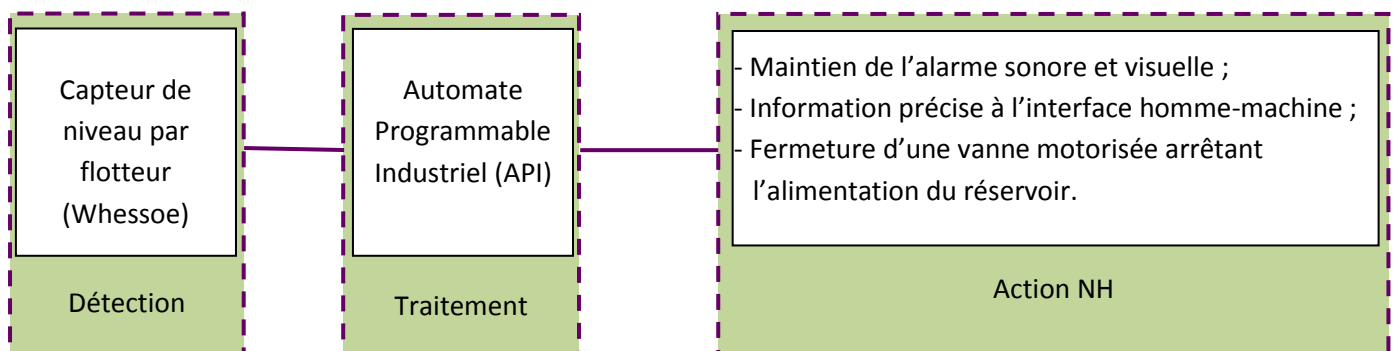
- ❖ Un premier niveau d'alarme ;
- ❖ un niveau haut (NH).

Le premier niveau d'alarme paramétré correspond à une situation anormale. C'est le premier niveau de sécurité situé au-dessus du niveau d'exploitation retenu par l'exploitant. L'atteinte de ce niveau génère une alarme visuelle et sonore, ainsi qu'un renvoi à l'interface homme-machine (écran).

Le niveau haut (NH) correspond à une situation très anormale. C'est un niveau de sécurité obtenu à partir du détecteur Whessoe. Il est situé au-dessus du premier niveau d'alarme. L'atteinte de ce niveau génère ou maintient une alarme sonore et visuelle, ainsi qu'un nouveau renvoi à l'interface homme-machine. Elle entraîne un ordre d'arrêt immédiat de la réception, par fermeture d'une vanne motorisée arrêtant l'alimentation du réservoir.

Pour tenir compte des durées de fermeture des vannes, le NH est défini pour permettre d'accueillir le volume correspondant à ce temps de fermeture, sans entraîner de débordement.

L'architecture de la ligne de défense associée à la détection de niveau est présentée dans le schéma suivant :



Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

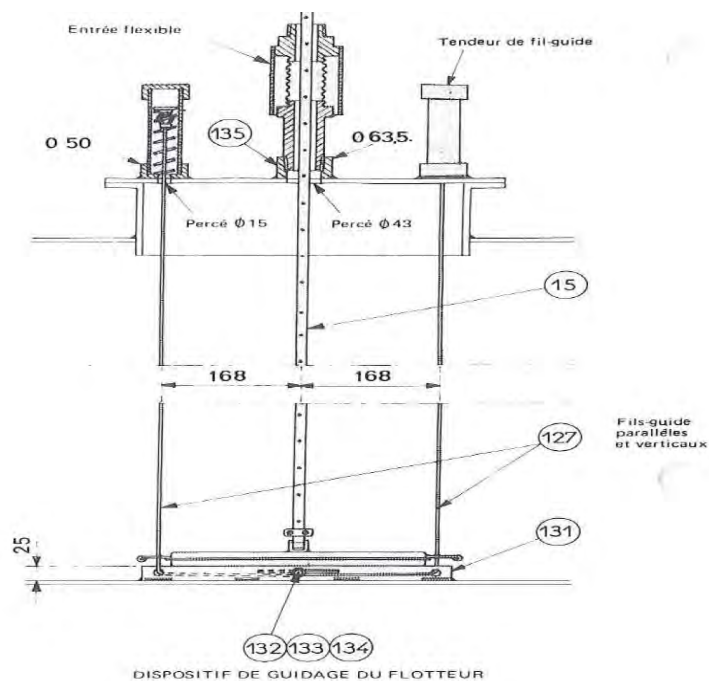
- Capteur de niveau par flotteur ;
- Automate Programmable Industriel (API) ;
- Alarme visuelle et sonore (déclenchement automatique) ;
- Vanne motorisée.

Etat de l'art / Techniques de référence :

L'utilisation de pompes pour remplir les réservoirs ne permet pas la mise en place de limiteurs de remplissage conformes à la norme NF EN 13616, qui ne peuvent être employés que dans le cadre d'un dépotage gravitaire ou à faible pression. Les réservoirs du SEA sont donc équipés d'un dispositif de sécurité qui interrompt automatiquement le remplissage du réservoir lorsque le niveau d'alarme est atteint.

DETECTION

Le jaugeur mécanique (type Whessoe) détecte le niveau du liquide contenu dans les réservoirs. Il est actionné par un flotteur se déplaçant avec le niveau du produit à mesurer. Ce flotteur est relié à un ruban comportant des perforations précises, à une roue à picots solidaire d'un compteur donnant une lecture digitale visible. La hauteur est exprimée avec une précision du millimètre.



Principe de fonctionnement du jaugeur mécanique

Volume du réservoir du DEAN de Landivisiau	Diamètre du réservoir	Hauteur du réservoir	Volume correspond à 1 mm
1 000 m ³ (R1 ou R2)	16 m	5 m	201 litres
2 000 m ³ (R10)	20 m	6,5 m	314 litres
2 000 m ³ (R11)	22 m	5,3 m	380 litres
2 000 m ³ (R12)	20 m	6,4 m	314 litres

Le jaugeur mécanique est associé à un système de télétransmission qui permet le renvoi de l'information sur le niveau de produit à l'automate, mais aussi la possibilité de paramétrer des niveaux d'alarme (premier niveau d'alarme et niveau haut).

Les jaugeurs mécaniques ne nécessitent aucune opération périodique d'entretien particulier, autre que le suivi métrologique. Le niveau de mesure est contrôlé par jaugeage manuel au moins une fois par semaine sur chaque réservoir, permettant de détecter et corriger la mesure en cas de dérive dans le temps.

Les contrôles et tests sont réalisés conformément à une procédure (PROC-INF-SGS/MMR-06) et à un mode opératoire (MO-INF-SGS/MMR-006-NH NTH WHESSOE). Ils sont enregistrés sur un imprimé type (FORM-INF-SGS/MMR-06).

TRAITEMENT

L'automate programmable industriel (API) réalise le pilotage des différents actionneurs (alarme, alerte, fermeture de la vanne par servomoteur, information à l'interface homme-machine). Il ne gère que des opérations de conduites simples.

L'action de sécurité assurée par l'API est prioritaire sur toutes les autres actions. Le jaugeage des réservoirs et le suivi des transferts ne sont pas automatisés (ils ne sont pas pilotés dans une salle de contrôle déportée).

L'API est conçu, exploité et maintenu dans des conditions standards et selon de bonnes pratiques (architecture éprouvée, détection des principales défaillances ...).

Nota : il ne s'agit pas d'un automate programmable de sécurité, non obligatoire pour les MMRIC (cf. : note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013).

ACTION

La vanne motorisée est un dispositif de sectionnement rapide du réseau et d'isolation du réservoir en cas d'atteinte du niveau haut. Dès lors, en cas d'atteinte de ce niveau, l'automate enverra comme consigne la fermeture de la vanne. La fermeture sera réalisée par le servomoteur de vanne. Cette dernière sera alors fermée en environ 1 minute.

En cas de perte de l'électricité sur le dépôt, les vannes sont fermées automatiquement par un dispositif mécanique (ressort de rappel). Elles sont conçues pour fonctionner dans une atmosphère explosive.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable
Mesure de maîtrise des risques instrumentée de conduite (MMRIC) ¹ .	<p>Indépendance : Cette MMRIC est indépendante de l'événement initiateur (remplissage du réservoir). Tous les éléments techniques de cette MMRIC sont associés au process mais indépendant de l'événement initiateur.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Elle est conçue pour un usage dédiée à la sécurité.</p>

¹ Mesure de maîtrise des risques instrumentée de conduite selon la note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

ETUDE DE LA PERFORMANCE

Efficacité

Dimensionnement adapté	Détection	Les capteurs/détecteurs sont adaptés aux produits stockés. Les matériels mis en place sont couramment employés dans l'industrie pétrolière.
	Traitement	L'automate API est adapté à la gestion des fonctions de sécurité et d'exploitation. L'action de sécurité assurée par l'API est prioritaire sur toutes les autres actions.
	Action	La vanne motorisée est adaptée pour isoler une canalisation d'alimentation d'un réservoir d'hydrocarbures. Le pilotage du servomoteur des vannes est commandé par l'automate.
Résistance aux contraintes spécifiques	Détection	Les dispositifs de détection employés sont conçus pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Pour les systèmes mécaniques qui peuvent subir l'usure due aux frottements (transmetteur mécanique), un contrôle annuel est réalisé. Les autres dispositifs ne subissent aucune usure due au frottement.
	Traitement	L'API ne subit pas de contraintes spécifiques.
	Action	La vanne motorisée est conçue pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Elle est résistante à des conditions climatiques extrêmes (gel, températures élevées, forte pluie...).
Positionnement adéquat	Détection	Chaque capteur est dédié à un réservoir et contrôlé lors de sa mise en place initiale.
	Traitement	L'API est positionné dans le bâtiment administratif. Il bénéficie d'une température stabilisée.
	Action	La vanne motorisée est placée en pomperie.
Evaluation de l'efficacité		100 %
Temps de réponse		
	Détection	La détection est immédiate c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Traitement	Le traitement de l'information est immédiat c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Action	Le temps de fermeture est rapide c'est à dire de l'ordre d'une minute avec l'actionneur de vanne.
Evaluation du temps de réponse		1 minute maximum (correspond à un volume maximal de 1333 litres/ débit : 80 m³/h)

Niveau de confiance (NC)		
Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte	Concept éprouvé	Ce dispositif est couramment utilisé dans l'industrie pétrolière.
	Principe de sécurité positive	Si les capteurs/détecteurs sont défaillants, une alarme sonore et visuelle est générée dans le bâtiment administratif. En cas de perte d'alimentation électrique ou de coupure d'alimentation électrique, une alarme défaut est déclenchée. L'exploitant peut facilement différencier les alarmes sur les cartes d'acquisition de l'automate ainsi que sur les interfaces homme-machine. Il est possible de connaître à tout instant la position de la vanne motorisée (ouverte, fermée, défaut) de cette MMRIC. Si la ligne d'alimentation de la motorisation est coupée un signal apparaît au niveau de l'automate.
	Mise hors service de la barrière – gestion des shunts	La chaîne de niveau haut (capteur – automate – alarmes – fermeture de la vanne) est testée une fois par an par le personnel du dépôt. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre. L'ouverture et la fermeture de la vanne sont testées à chaque mouvement de produit. Pour la vanne motorisée, un contrôle visuel et une maintenance éventuelle sont effectués lors des tests programmés conformément au plan de maintenance.
Principe d'allocation des NC	Proportion de défaillances en sécurité	Conformément à Oméga 10, en l'absence de données exactes, l'INERIS considère dans ses évaluations que la proportion de défaillance en sécurité est inférieure à 60 % (correspond à la classe de Safe Failure Fraction (SFF) la plus conservatoire retenue dans la norme NF EN 61508-2).
	Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Tolérance aux anomalies matérielles : 0
	Type de sous-systèmes	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Evaluation du niveau de confiance		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Fiche INERIS DRA-PREV - avril 2005 - 46059/ Liq_infl-detection-niveau-vers1.
- Cahier des clauses techniques particulières des marchés de travaux du SEA.
- Fiche technique constructeur transmetteur WHESOE jaugeur automatique 2026.
- Note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°3

Chaîne de niveau très haut

Barrière technique de sécurité (dispositif actif). Barrière de prévention.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système par excès de remplissage

Fonction de sécurité à assurer :

Eviter ou prévenir un débordement.

Séquence d'action :

Ce système n'est pas encore mis en œuvre. Il doit l'être dans le cadre de prescriptions de réalisation.

La chaîne de niveau très haut (NTH) est constituée d'un capteur à flotteur (de type Kubler), d'un relais et d'un arrêt d'urgence exploitation. Le détecteur, ainsi que la chaîne de traitement et d'action associée, sont uniquement dédiés à la sécurité des opérations.

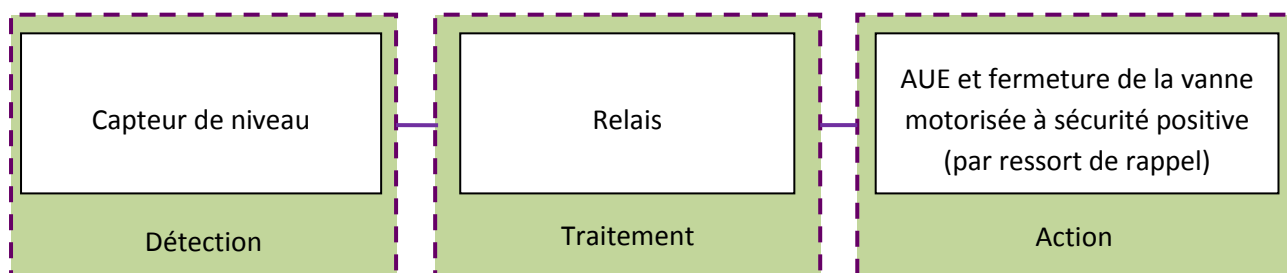
Les modalités de fonctionnement de cette barrière sont les suivantes :

- Le capteur de niveau identifie si le produit atteint un niveau déterminé (le niveau très haut). Ce niveau est déterminé en fonction du volume global du réservoir, de la vitesse de remplissage et du temps de réaction de la barrière mise en place.
- Si ce niveau est atteint, le capteur de niveau envoie un signal électrique à un relais qui va entraîner l'activation de l'arrêt d'urgence exploitation (AUE).
- Cet AUE entraîne alors la fermeture de la vanne à sécurité positive par défaut d'alimentation électrique. Le remplissage du réservoir incriminé s'arrête. La vanne est fermée par le ressort de rappel entraînant une fermeture de la vanne plus rapide que via l'actionneur de vanne.
- Une alarme sonore et visuelle est activée dès le déclenchement du capteur.

La barrière se met en sécurité en cas de coupure d'alimentation électrique.

Pour tenir compte des durées de fermeture des vannes, le NTH est défini pour permettre d'accueillir le volume correspondant à ce temps de fermeture, sans entraîner de débordement.

L'architecture de la ligne de défense associée à la détection de niveau est présentée dans le schéma suivant :



Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

- Capteur de niveau par flotteur ;
- Relais ;
- Arrêt d'urgence exploitation ;
- Vanne à sécurité positive ;
- Alarme visuelle et sonore (déclenchement automatique).

Etat de l'art / Techniques de référence :

L'utilisation de pompes pour remplir les réservoirs ne permet pas la mise en place de limiteurs de remplissage conformes à la norme NF EN 13616, qui ne peuvent être employés que dans le cadre d'un dépotage gravitaire ou à faible pression. Les réservoirs du SEA sont donc équipés d'un dispositif de sécurité qui interrompt automatiquement le remplissage du réservoir lorsque le niveau maximal est atteint.

DETECTION

Le capteur à flotteur (de type Kubler) est un capteur Tout ou Rien (TOR) qui se déclenche à l'atteinte du niveau très haut prédéterminé. Ce capteur est testé dynamiquement à l'issue de sa mise en place, puis de manière annuelle en testant l'intégralité de la chaîne (capteur, contacteur, fermeture des vannes, arrêt des pompes et alarmes). Les contrôles et tests sont réalisés conformément à une procédure (PROC-INF-SGS/MMR-01) et à un mode opératoire (MO-INF-SGS/MMR-01-NAD-KUBLER). Ils sont enregistrés sur un imprimé type (FORM-INF-SGS/MMR-01).

TRAITEMENT

La solution visant à utiliser l'arrêt d'urgence d'exploitation (AUE) permet de mettre en place une architecture électrique simple (relais électrique) et d'éviter d'avoir recours à un automate de sécurité. Cet AUE n'a aucune action sur la supervision et les alarmes qui sont sur un système électrique différent et ondulé.

ACTION

La vanne à sécurité positive est un dispositif de sectionnement rapide du réseau et d'isolation du réservoir en cas d'atteinte du niveau très haut. Dès lors, en cas d'atteinte de ce niveau, l'AUE enverra comme consigne la fermeture de la vanne. La fermeture sera réalisée en quelques secondes, par un système mécanique, à l'aide d'un ressort de rappel situé dans l'actionneur de la vanne. En cas de perte de l'électricité sur le dépôt, les vannes se ferment automatiquement. Elles sont conçues pour fonctionner dans une atmosphère explosive.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable
Mesure de maîtrise des risques instrumentée de sécurité (MMRIS) ² .	Indépendance : Cette MMRIS est indépendante de l'événement initiateur qui peut conduire à sa sollicitation (remplissage du réservoir). Utilisation pour la sécurité : Elle est conçue pour un usage dédiée à la sécurité.

² Mesure de maîtrise des risques instrumentée de sécurité selon la note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

ETUDE DE LA PERFORMANCE		
Efficacité		
Dimensionnement adapté	Détection	Les capteurs/détecteurs sont adaptés aux produits stockés. Les matériels mis en place sont couramment employés dans l'industrie pétrolière.
	Traitement	Le câblage et les contacteurs sont dimensionnés suivant les règles de l'art. Le recours à une architecture électrique spécifique et simplifiée accentue la fiabilité du système.
	Action	La vanne à sécurité positive est adaptée pour isoler une canalisation d'alimentation d'un réservoir d'hydrocarbures. Le pilotage du ressort de rappel des vannes est commandé par l'arrêt d'urgence exploitation.
Résistance aux contraintes spécifiques	Détection	Les dispositifs de détection employés sont conçus pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Pour les systèmes mécaniques qui peuvent subir l'usure due aux frottements (transmetteur mécanique), un contrôle annuel est réalisé. Les autres dispositifs ne subissent aucune usure due au frottement.
	Traitement	Le câblage et les contacteurs sont positionnés dans des fourreaux spécifiques et ne subissent pas de contraintes spécifiques.
	Action	La vanne à sécurité positive est conçue pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Elle est résistante à des conditions climatiques extrêmes (gel, températures élevées, forte pluie...).
Positionnement adéquat	Détection	Les capteurs de niveau sont placés dans un regard. Chaque capteur est dédié à un réservoir.
	Traitement	Le câblage et les contacteurs sont mis en place pour correspondre à un câblage à sécurité positive. En cas de défaillance du circuit de traitement, la barrière se met en sécurité.
	Action	La vanne à sécurité positive est placée au niveau du manifold.
Evaluation de l'efficacité		100 %
Temps de réponse		
	Détection	La détection est immédiate c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Traitement	Le traitement de l'information est immédiat c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Action	Le temps de fermeture est rapide c'est à dire de l'ordre de l'ordre de quelques secondes avec le ressort de rappel.
Evaluation du temps de réponse		5 secondes maximum (correspond à un volume maximale de 111 litres / débit : 80 m ³ /h)

Niveau de confiance (NC)		
Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte	Concept éprouvé	Ce dispositif est couramment utilisé dans l'industrie pétrolière.
	Principe de sécurité positive	<p>Si les capteurs/détecteurs sont défaillants, une alarme sonore et visuelle est générée dans le bâtiment administratif.</p> <p>En cas de perte d'alimentation électrique ou de coupure d'alimentation électrique, une alarme défaut est déclenchée.</p> <p>Les alarmes sont reportées au niveau de l'automate situé dans le bâtiment administratif. L'exploitant peut facilement différencier les alarmes sur les cartes d'acquisition de l'automate ainsi que sur les interfaces homme-machine.</p> <p>Il est possible de connaître à tout instant la position de la vanne à sécurité positive (ouverte, fermée, défaut) de cette MMRIS. Si la ligne d'alimentation de la vanne est coupée un signal apparaît au niveau de l'automate.</p>
	Mise hors service de la barrière – gestion des shunts	<p>La chaîne de niveau très haut (capteur – relais – arrêt d'urgence exploitation - alarmes – fermeture de la vanne) est testée une fois par an par le personnel du dépôt. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre.</p> <p>L'ouverture et la fermeture de la vanne sont testées à chaque mouvement de produit.</p> <p>Pour la vanne à sécurité positive, un contrôle visuel et une maintenance éventuelle sont effectués lors des tests programmés conformément au plan de maintenance.</p>
Principe d'allocation des NC	Proportion de défaillances en sécurité	Conformément à Oméga 10, en l'absence de données exactes, l'INERIS considère dans ses évaluations que la proportion de défaillance en sécurité est inférieure à 60 % (correspond à la classe de Safe Failure Fraction (SFF) la plus conservatoire retenue dans la norme NF EN 61508-2).
	Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Tolérance aux anomalies matérielles : 0
	Type de sous-systèmes	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Evaluation du niveau de confiance		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Fiche INERIS DRA-PREV - avril 2005 - 46059/ Liq_infl-detection-niveau-vers1.
- Fiche INERIS DRA-PREV - juillet 2005 - 46059/Liq.infl._Vanne_V2
- Rapport d'étude INERIS n°DRA-11-113794-04701A du 06 octobre 2011 (étude pour le SEA).
- Cahier des clauses techniques particulières des marchés de travaux du SEA.
- Fiche technique constructeur KUBLER France SA du régulateur de niveau à flotteur type ALV2 R1/2 ATEX.
- Note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°4

Détection et limitation d'un épandage

Barrière humaine de sécurité (barrière de rattrapage). Barrière de limitation.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système par excès de remplissage

Fonctions de sécurité à assurer :

Détecter et contrôler un épandage.

Tâche de sécurité assurée :

L'action de sécurité consiste à détecter un épandage et à mettre en œuvre des actions pour limiter l'intensité des phénomènes dangereux induits.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Information obtenue par surveillance par des opérateurs	Détection d'un épandage	Mise en œuvre des moyens d'intervention

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité :

L'opérateur en charge de surveiller le remplissage du réservoir surveille également l'environnement extérieur et, en particulier les événements du réservoir pour détecter tout épandage. En cas d'épandage, il alerte l'opérateur situé au niveau de la pomperie. Ce dernier arrête l'arrivée de produit pour limiter l'épandage.

La surveillance est réalisée pendant les 15 premières minutes du pompage, puis une ronde est effectuée a minima une fois par heure (pour les opérations longues). 30 minutes minimum avant la fin théorique du pompage et jusqu'à la fin de l'opération, la surveillance constante est reprise. Les modalités de la surveillance sont formalisées par une procédure écrite.

Pour mémoire, le débit de transfert entre réservoir ou de déchargement des véhicules citernes est de 80 m³/h. La détection d'un épandage se fera en 5 minutes maximum (présence constante de personnels sur le dépôt et présence renforcée lors des opérations critiques : début et fin de pompage), ce qui correspond à un épandage de 6 667 litres.

Etat de l'art :

L'automatisation des tâches est inexistante. Chaque mouvement de produit est réalisé sous le contrôle d'opérateurs formés.

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité :

Analyse qualitative préalable	Tâche de sécurité assurée par des opérateurs formés et qualifiés. Lors de l’emplissage d’un réservoir, deux opérateurs sont affectés à la tâche « détection et limitation d’un épandage ».			
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d’indépendance	La détection et limitation d’un épandage est identifiée comme une tâche spécifique indépendante du scénario d’accident.		
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif	Il s’agit de détecter un épandage et de mettre en œuvre des actions pour limiter l’intensité des phénomènes dangereux induits.
			Connaissance	Les personnels qui doivent intervenir sont formés (formation initiale et parrainage). Les actions à mener en cas de détection d’un débordement sont définies dans une consigne d’exploitation.
			Matériel	Les matériels nécessaires sont identifiés et pourvus.
		Résistance aux contraintes spécifiques	Les moyens d’intervention sont accessibles, n’exposent pas le personnel qui devra les mettre en œuvre.	
Temps de réponse	Durant les transferts de carburant, un opérateur pétrolier est présent au niveau des réservoirs et un opérateur pétrolier est situé au niveau de la pomperie.			

EVALUATION DE LA PERFORMANCE		
Obtention de l’information		
Détection active	Information	Information clairement identifiable (personnels formés, bonne accessibilité de l’information). Des contraintes météorologiques défavorables peuvent avoir une influence sur la réalisation des tâches.
	Disponibilité	Cette tâche est perçue comme prioritaire par les opérateurs pétroliers. Elle est dimensionnée dans le plan de charge des opérateurs.
Détection passive	Information	Sans objet.
	Disponibilité	Sans objet.
Evaluation		Décote -1
Diagnostic		
Information	Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.	
Guidage	Le niveau de guidage est adapté à la situation. La tâche est identifiée dans une consigne d’exploitation.	
Evaluation		Décote 0
Action à réaliser		
Stress	Le niveau de stress est tolérable.	
Tâche	Il s’agit d’une tâche technique qui est réalisée par un personnel formé. Les moyens d’action sont facilement accessibles et manœuvrables.	
Evaluation		Décote 0

Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs	
Rôle et responsabilités clairement définis	Oui
Informations transmises sans ambiguïté	Oui
Outils de communication identifiés et performants	Oui
Evaluation	Décote 0
Niveau de confiance	
Evaluation	NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.
- Procédures d'exploitation du dépôt.
- Note d'organisation du dépôt.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°5

Revêtement intérieur du réservoir

Barrière technique de sécurité (dispositif passif). Barrière de prévention.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système en dessous du sol environnement.

Fonction de sécurité à assurer :

Prévenir une fuite.

Séquence d'action :

Le revêtement intérieur ne met en jeu, pour remplir sa fonction de sécurité, aucun système mécanique, ne nécessite ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour contribuer à la fonction de sécurité « prévenir une fuite ».

Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

Pour garantir une étanchéité fiable du système et éviter la corrosion interne de l'enveloppe métallique par réaction chimique ou électrochimique, les faces internes de l'ouvrage métallique reçoivent une peinture aux résines époxy. Le revêtement intérieur est appliqué sur le fond et sur la robe (intérieur de l'enveloppe métallique du système étudié), de façon à couvrir la canalisation d'admission.

N°	Capacité (m ³)	Revêtement intérieur
R1	1 000	Fond + Intégralité de la robe
R2	1 000	Fond + Intégralité de la robe
R10	2 000	Fond + Remontée de 1 m sur la robe
R11	2 000	Fond + Intégralité de la robe
R12	2 000	Fond + Intégralité de la robe

Les revêtements spéciaux à base de résines époxy sont couramment utilisés dans l'industrie pétrolière.



Etat de l'art / Techniques de référence :

Le revêtement couvre :

- la totalité du fond ;
- une remontée sur la robe ;
- la base des pieds des poteaux ;
- le pot de purge et la tuyauterie ;
- l'intérieur des trous d'homme, hormis la portée de joint ;
- les points singuliers ;
- les accessoires (caniveaux...).

Le revêtement est appliqué, y compris en cas de reprise, de façon à atteindre une épaisseur minimale de 1 000 µm sur le fond et de 400 µm pour la robe, les poteaux et les accessoires de manière à ce que la soudure robe/fond et la partie inférieure de la robe soit protégée de la phase aqueuse corrosive qui peut se déposer au fond du réservoir.

Une garantie de tenue dans le temps de 10 ans est exigée à l'applicateur.

Les caractéristiques relatives à la spécification et aux tests sur la résine époxy, ainsi que les conditions d'application sont décrites en appendice.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable
Dispositif passif	<p>Indépendance : Le revêtement intérieur appliqué sur l'enveloppe métallique du réservoir est indépendant des événements initiateurs pouvant conduire à sa sollicitation.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Un réservoir enterré peut être exploité sans que l'enveloppe métallique soit revêtue intérieurement. Le revêtement intérieur est exclusivement dédié à la sécurité, il n'apporte pas de résistance mécanique à la structure et permet de se prémunir de toute fuite de produit vers l'extérieur.</p>

ETUDE DE LA PERFORMANCE	
Efficacité	
Dimensionnement adapté	- Application du revêtement d'une épaisseur minimale de 1 000 µm sur le fond. - Application du revêtement d'une épaisseur de 400 µm sur la robe et les points singuliers.
Résistances aux contraintes spécifiques	Le revêtement résiste aux contraintes mécaniques subies par les tôles lors des opérations de vidange et remplissage du réservoir. Le revêtement est appliqué en priorité sur les parties de l'enveloppe métallique les plus exposées à la corrosion (fond, liaison robe-fond, partie inférieure de la robe).
Positionnement adéquat	Le revêtement est appliqué sur la totalité des parties métalliques de l'intérieur du réservoir (à l'exception du réservoir R10 qui possède une remontée de 1 m sur la robe).
Evaluation de l'efficacité	100%
Temps de réponse	
Evaluation du temps de réponse	Sans objet (barrière passive)
Niveau de confiance	
Argumentaire pour la définition du niveau de confiance. Dispositions appliquées.	Le NC égal à 2 est retenu par défaut sur les dispositifs passifs de sécurité (cf. oméga 10). Cette disposition permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie du dispositif passif (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance, ...).
Evaluation du niveau de confiance	NC2

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- NF EN ISO 8501-1 (septembre 2007) - Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés - Evaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 1.
- NF EN ISO 8503-1 (mai 2012) (équivalente de NF T 35-503-1) – caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés – Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et produits assimilés – Partie 1 : spécifications et définitions des comparateurs viso-tactiles ISO pour caractériser les surfaces décapées par projection d'abrasif ;
- NF EN ISO 8504-1 (novembre 2001) - Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés - Méthodes de préparation des subjectiles - Partie 1 : principes généraux.
- NF T30-609-1 (septembre 2011) - Norme de certification des opérateurs - Peintures et vernis - Partie 1 : niveaux 1 et 2 : opérateurs pour la mise en œuvre des revêtements anticorrosion des structures métalliques
- NF T30-609-2 (septembre 2011) - Norme de certification des opérateurs - Peintures et vernis - Partie 2 : niveau 3 : conducteur de travaux pour la mise en œuvre des revêtements anticorrosion des structures métalliques
- XP T34-650 (août 1998) – Peinture et vernis – Systèmes de revêtement pour la protection des subjectiles intérieurs de réservoirs et capacités en acier contenant des liquides.
- NF EN ISO 4624 (novembre 2003) – Peintures et vernis – Essai de traction.
- NF E 86-900 (juillet 2008) – Réservoirs de stockage en acier – Revêtement anticorrosion – Spécifications techniques minimales.
- DCSEA 6103/B (15 mars 2008) - Spécification relative au revêtement intérieur de capacité d'hydrocarbures.
- Répertoire DCSEA 6703 des produits homologués par le SEA.
- Cahier des clauses techniques particulières des contrats cadres du SEA.

Appendice de la barrière « revêtement intérieur »

Spécification de qualification

Le revêtement spécial à base de résines époxy prévu d'être utilisé doit, avant application, être homologué par le laboratoire du SEA (LSEA), suivant la spécification DCSEA 6103/B. Le LSEA est accrédité par le Cofrac.

Pour être homologué, ce revêtement doit satisfaire aux tests suivants :

- résistance aux hydrocarbures ;
- adhérence ;
- résistance au froid.

Seuls les revêtements qui satisfont aux tests du laboratoire sont homologués par le SEA. Les produits homologués sont répertoriés dans le catalogue DCSEA 6703 régulièrement actualisé.

Application

Les revêtements spéciaux à base de résines époxy qui constituent des feuil particulièrement durs, résistants et d'un brillant élevé sont appliqués exclusivement par une entreprise extérieure, dénommée habituellement « l'applicateur » avec laquelle l'exploitant passe un contrat. Ces produits sont mis en œuvre dans le cas des travaux neufs ou des travaux de réhabilitation. Les opérateurs pour la mise en œuvre des revêtements intérieurs sont soit certifiés suivant les normes NF T30-609-1 & 2, soit qualifiés par l'ACQPA (association pour la certification et la qualification en peinture anti-corrosion).

➤ Préparation de la surface.

Avant toute application, la surface est préparée. Pour ce faire, il est nécessaire de

- décaper par grenailage (ou sablage ou décapage à l'eau sous haute pression ou par induction) jusqu'à l'obtention d'un degré de soin SA 2½ selon la norme NF EN ISO 8501-1. Les surfaces seront vérifiées visuellement et comparées au cliché B SA 2 ½ de cette même norme ;
- éliminer par meulage tous les picots et grattons de soudure ;
- araser les arêtes vives des pastilles soudées (pour réhabilitation) ;
- atteindre au minimum un profil moyen G de la norme NF EN ISO 8503-1 et si possible un niveau de rugosité Rt (amplitude) compris entre 60 et 80 microns et une rugosité Ra (moyenne arithmétique) comprise entre 10 et 20 microns ;
- dépoussiérer complètement et de manière soignée la surface décapée (y compris les fonds de cratères).

➤ Conditions d'application.

Sachant que la bonne application d'un revêtement tient compte essentiellement de la qualité de la préparation de surface et des conditions climatiques lors de l'application (sauf préconisation contraire de l'applicateur), les conditions suivantes sont respectées (avec enregistrement systématique) :

- degré d'hygrométrie inférieur ou égal à 60 % ;
- température du support supérieure d'au moins 3 °C par rapport au point de rosée, sans pouvoir être inférieure à 10 °C ;
- température de l'air supérieure à 12°C durant toute la phase d'application.

En cas de besoin, pour atteindre les conditions d'application requises, des dessiccateurs et réchauffeurs d'air seront maintenus durant toute l'application, jusqu'au lendemain de la prise (polymérisation de surface), voire plus si les températures sont très froides. La durée de maintien de ces appareils ne pourra être inférieure à 24 heures (selon conditions climatiques).

➤ Traitement des points singuliers.

Avant toute application du revêtement, une attention particulière est apportée aux clins de tôles, aux pieds de poteaux, à la liaison robe et fond. Il sera possible d'avoir recours au masticage, etc... afin de garantir la bonne application et la bonne étanchéité.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°6

Inspection quinquennale

Barrière humaine de sécurité (barrière de vérification). Barrière de prévention.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système en dessous du sol environnant.

Fonction de sécurité à assurer :

Prévenir une fuite.

Tâche de sécurité assurée :

L'action de sécurité consiste à réaliser une inspection quinquennale de la paroi métallique et du revêtement intérieur du réservoir, et de réparer, le cas échéant, les défauts constatés. L'objectif est de contrôler l'absence de fissure débouchante sur les soudures et contrôler les épaisseurs de tôles pour garantir l'intégrité du réservoir jusqu'à la prochaine inspection quinquennale et ainsi se prémunir de toute fuite.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Contrôle du revêtement intérieur (peinture époxy) et de la paroi métallique	Vérification de l'absence de défauts. Analyse des épaisseurs résiduelles, contrôle des soudures, de façon à permettre une exploitation du réservoir jusqu'à la prochaine inspection quinquennale sans risque de fuite.	Retouche/reprise du revêtement, réparation de la paroi métallique ou reprise de soudure sur les points critiques.

Contrairement aux inspections réalisées pour les réservoirs aériens dans le milieu pétrolier (tous les 10 ans), les contrôles des réservoirs enterrés du DEAN de Landivisiau sont effectués tous les 5 ans.

Ces inspections permettent de maîtriser la cinétique de développement d'une corrosion et permettent de vérifier la stabilité de l'ouvrage maçonné (planéité, tassement différentiel).

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité :

L'inspection quinquennale porte sur :

- un contrôle visuel approfondi de l'intérieur du réservoir et des accessoires (tuyauteries internes, externes, évents...);
- un contrôle du revêtement intérieur au peigne électrique (détection des porosités);
- un contrôle de la soudure robe/fond;
- un contrôle de l'épaisseur de la tôle de fond de réservoir et de la remontée sur la première virole sur 300 mm par mesure du flux magnétique (courant de Foucault) ou par ultrason;
- un contrôle visuel des déformations géométriques éventuelles du réservoir sur toute la robe, ainsi qu'un contrôle de verticalité.

La première inspection est réalisée soit lors de la livraison du réservoir (avant assemblage) soit au premier nettoyage dégazage du réservoir puis de manière quinquennale.

Etat de l'art / Techniques de référence :

A. Revêtement intérieur

En tant que bonnes pratiques, un contrôle de réception des travaux de mise en place du revêtement intérieur est réalisé puis, un **contrôle de l'état du revêtement intérieur** est réalisé tous les cinq ans pour maîtriser le vieillissement de ce dernier. L'ensemble des tests et contrôles pratiqués est détaillé en appendice.

B. Paroi métallique

Les contrôles effectués permettent de disposer d'une cartographie exacte de l'épaisseur de tôle et de la localisation des défauts détectés.

L'épaisseur minimale relevée est précisée, ainsi que le taux de corrosion en mm/an permettant d'en déduire une durée de vie approximative du fond et d'en mesurer le vieillissement.

L'évaluation est réalisée selon le CODRES (édition 2007) ou l'API 653 (1992) qui précise notamment :

- pour le fond : l'épaisseur minimale admise des tôles de fond est de 2,5 mm ;
- pour la robe : l'épaisseur de retrait n'est pas inférieure à 2,5 mm ou 50 % de l'épaisseur d'origine de la tôle.

En cas de dépassement de ces valeurs, la zone est réparée systématiquement.

La cinétique de corrosion et la vitesse de dégradation doivent permettre de garantir l'étanchéité de l'enveloppe métallique jusqu'au prochain contrôle. En cas de nécessité, la périodicité des contrôles d'épaisseur pourra être réduite pour adapter le temps de réponse au vieillissement de la paroi métallique.

Les tests, contrôles et niveaux de réparation, dont la traçabilité est assurée par un enregistrement, sont décrits en appendice.

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité :

Analyse qualitative préalable	Cette barrière est exclusivement mise en œuvre pour la sécurité. C'est une barrière humaine réputée et validée par la profession depuis plusieurs années.		
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	Cette barrière humaine est indépendante de l'événement initiateur (vieillessement par corrosion de la paroi métallique ou dégradation du revêtement). Sa performance n'est pas dégradée par l'occurrence de l'évènement initiateur. Ce paramètre est intégré dans le dimensionnement de la barrière.	
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif L'inspection quinquennale a pour objectif de maîtriser dans le temps le vieillissement de la paroi métallique et du revêtement intérieur du réservoir.
			Connaissance Les personnels en charge de réaliser les contrôles sont formés et spécialisés dans le domaine.
			Matériel Les matériels sont identifiés, étalonnés et suivis d'un point de vue métrologique. Avant chaque campagne de mesure, un calibrage est réalisé sur une tôle étalon.
Résistance aux contraintes spécifiques	Il n'existe aucune contrainte sur cette action car elle est effectuée dans une séquence temporelle complètement distincte de l'évènement initiateur. Il est communément admis dans la profession pétrolière que l'épaisseur minimale du fond de la paroi métallique est de 2,5 mm. Le dimensionnement à un minimum de 6 mm permet de garantir une surépaisseur de corrosion. Pour le revêtement intérieur, l'épaisseur standard de 400 µm est renforcée à 1 000 µm sur le fond du réservoir. Cette conception permet d'avoir une meilleure performance dans le temps.		
Temps de réponse	Une première inspection est réalisée soit lors de la livraison du réservoir (avant assemblage) soit au premier nettoyage-dégazage du réservoir puis une inspection quinquennale est effectuée. A l'issue de la première inspection et à partir de la date de mise en service, une cinétique de corrosion et une vitesse de dégradation sont déterminées, permettant de garantir l'étanchéité de l'enveloppe métallique jusqu'au prochain contrôle. En cas de nécessité, la périodicité des contrôles d'épaisseur pourra être réduite pour adapter le temps de réponse au vieillissement de la paroi métallique.		

EVALUATION DE LA PERFORMANCE		
Obtention de l'information		
Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. L'information est enregistrée et donne lieu à un compte rendu écrit avec une analyse.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, l'inspection quinquennale est effectuée par une entreprise extérieure ou des personnels formés, dédiés uniquement à cette opération et en dehors des phases d'exploitation.
Détection passive	Information	Sans objet.
	Disponibilité	Sans objet.
Evaluation		Décote 0
Diagnostic		
Information		Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic. Mais difficulté de mesures au niveau des points singuliers.
Guidage		Un calibrage de l'appareil de mesure est réalisé en amont du contrôle. Le niveau de guidage et le type d'appareil sont adaptés à la situation.
Evaluation		Décote -1
Action à réaliser		
Stress		Le niveau de stress est acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur.
Tâche		Il s'agit d'une tâche technique qui est réalisé par un professionnel formé spécifiquement à celle-ci.
Evaluation		Décote 0
Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs		
Rôle et responsabilités clairement définis		Oui : lors de la passation du marché avec le cahier des charges techniques particulières et l'offre technique du titulaire du marché qui définissent précisément les rôles et attributions (avec un processus clairement identifié) des deux parties.
Informations transmises sans ambiguïté		Oui : un compte rendu écrit est systématiquement envoyé. Ce compte rendu comprend le résultat des mesures et l'analyse des résultats.
Outils de communication identifiés et performants		Oui : compte rendu cité supra.
Evaluation		Décote 0
Niveau de confiance		
Evaluation		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.
- API 653 : Inspection, réparation, altérations et reconstruction des réservoirs de stockage.
- DT 94 (octobre 2011) - Guide d'inspection et de maintenance des réservoirs aériens cylindriques verticaux.
- NF EN ISO 8501-1 (septembre 2007) - Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés - Evaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 1.
- NF EN ISO 8503-1 (mai 2012) (équivalente de NF T 35-503-1) – caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés – Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et produits assimilés – Partie 1 : spécifications et définitions des comparateurs viso-tactiles ISO pour caractériser les surfaces décapées par projection d'abrasif ;
- NF EN ISO 8504-1 (novembre 2001) - Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés - Méthodes de préparation des subjectiles - Partie 1 : principes généraux.
- NF T30-124 (décembre 1991) - Mesurage de l'épaisseur du feuil sec - Peintures et vernis - Méthode non destructive à flux magnétique.
- NF T30-609-1 (septembre 2011) - Norme de certification des opérateurs - Peintures et vernis - Partie 1 : niveaux 1 et 2 : opérateurs pour la mise en œuvre des revêtements anticorrosion des structures métalliques
- NF T30-609-2 (septembre 2011) - Norme de certification des opérateurs - Peintures et vernis - Partie 2 : niveau 3 : conducteur de travaux pour la mise en œuvre des revêtements anticorrosion des structures métalliques.
- XP T34-650 (août 1998) – Peinture et vernis – Systèmes de revêtement pour la protection des subjectiles intérieurs de réservoirs et capacités en acier contenant des liquides.
- NF EN ISO 4624 (novembre 2003) – Peintures et vernis – Essai de traction.
- NF E 86-900 (juillet 2008) – Réservoirs de stockage en acier – Revêtement anticorrosion – Spécifications techniques minimales.
- DCSEA 6103/B (15 mars 2008) - Spécification relative au revêtement intérieur de capacité d'hydrocarbures.
- Répertoire DCSEA 6703 des produits homologués par le SEA.
- Cahier des clauses techniques particulières des contrats cadres du SEA.

Appendice de la barrière « inspection quinquennale »

A. Revêtement intérieur

A.1 Contrôles à réception des travaux de revêtement.

Ce contrôle est effectué par la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'ouvrage déléguée avant la remise en service du réservoir, il comprend :

- **un contrôle visuel ;**

L'examen complet du revêtement permet de vérifier qu'aucune particule solide ne se trouve incluse dans l'époxy. L'examen visuel ne doit révéler aucune des altérations suivantes sur le réservoir (conformément à la norme NF E 86-900) :

- décollement (cloquage, écaillage) ;
- corrosion ;
- faïençage (craquelage) ;
- ramollissement.

Dans le cas contraire, la partie altérée du revêtement interne doit être réparée.

- **un contrôle de la bonne polymérisation du revêtement ;**

Ce test est pratiqué au Méthyl-Ethyl-Cétone (MEC) en trois points pris au hasard à l'intérieur du réservoir. Lorsque la polymérisation est correcte, le produit ne doit en aucune façon altérer la surface du revêtement. Le chiffon blanc ne doit pas recevoir de traces de coloration.

- **un contrôle de l'épaisseur du revêtement** (selon NF T 30-124) ;

Pour être acceptable, le revêtement devra avoir une épaisseur moyenne supérieure ou égale à la valeur requise et ne présenter qu'un nombre très faible de relevés inférieurs à 80 % de l'épaisseur nominale. Si ce nombre était supérieur à 10 %, des mesures supplémentaires seraient prises.

- **un contrôle relatif à la détection des porosités effectué au balai électrique** (selon XP T34-650 Annexe C) ;

Ce contrôle, qui permet de vérifier l'étanchéité du revêtement, est réalisé par passage d'un balai électrique sur toute la surface revêtue. Pour une épaisseur nominale de 1 000 µm, une tension de 4 500 V est appliquée. Pour une épaisseur de 400 µm, une tension de 2 500 V est appliquée.

- **un contrôle d'adhérence** (selon NF EN ISO 4624) ;

Ce contrôle permet de vérifier sur quelques éléments de surface que le revêtement est parfaitement accroché. Sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF EN ISO 4624 ou DCSEA 6103/B (au paragraphe 3.4). Afin de ne pas détériorer le revêtement fini, ces tests sont pratiqués sur deux plaques témoin de 100 mm * 100 mm, décapées et revêtues à l'intérieur du réservoir dans les mêmes conditions que le fond.

Pour une bonne tenue au moment du test, un collage soigné à l'araldite bi-composant à prise lente est réalisé. Les colles à prise rapide sont proscrites.

La nature de la rupture est évaluée de la façon suivante :

- surface de subjectile mise à nu en % ;
- rupture de cohésion du revêtement en % ;
- rupture du collage en %.

Le test sera validé si la valeur de résistance à la rupture est supérieure à 3,5 MPa.

Tous les défauts relevés lors des différents contrôles sont marqués et réparés.

A.2 Contrôles quinquennaux du revêtement intérieur.

En tant que bonnes pratiques, un **contrôle visuel de l'état du revêtement** à partir du sol est réalisé. La périodicité est fixée à cinq ans (en lieu et place de tous les 10 ans, communément appliquée dans l'industrie pétrolière).

De plus, un **contrôle relatif à la détection des porosités** effectué au balai électrique est réalisé également tous les 5 ans sur le fond du réservoir et jusqu'à une hauteur minimale de 0,5 m. Les modalités pratiques relatives à ces tests sont décrites dans le paragraphe A.1.

Lorsqu'un défaut du revêtement est détecté, il est immédiatement réparé. Les réparations sont contrôlées (visuel, porosité) avant remise en service du réservoir. Le positionnement de chaque défaut est repéré précisément au passage du balai électrique.

En fonction de la zone à réparer ou du défaut constaté, trois niveaux de réparation peuvent être mis en œuvre :

- la retouche, concerne le défaut de porosité du revêtement sur des points ponctuels sans atteindre la tôle et localisé sur la partie superficielle du revêtement. La préparation de surface consiste en un déglacage ;
- la reprise de niveau 1 concerne des surfaces d'au plus 30 cm par 30 cm, et font l'objet d'une préparation manuelle de surface de la paroi métallique et du revêtement limitrophe avec un dépolissage de la zone identifiée et un dépoussiérage ;
- la reprise de niveau 2 concerne toutes les autres réparations. Elles font l'objet d'une préparation de surface et une mise en œuvre identique aux règles d'application citées dans la définition du système générique.

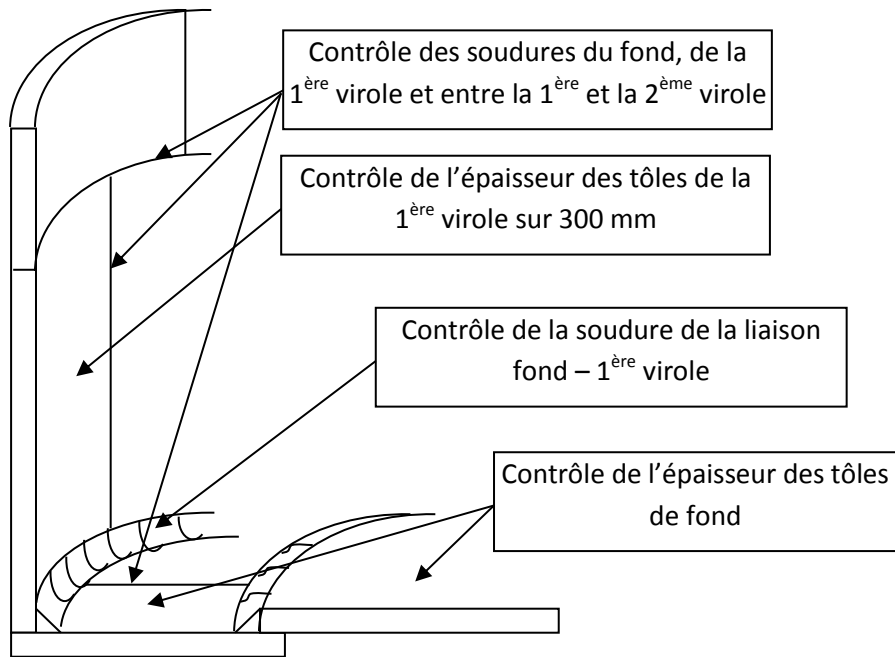
En fonction de la concentration des défauts (supérieure à 50 % de la surface totale du fond) et de l'état général du revêtement, la reprise de l'intégralité de la couche est réalisée pour garantir une meilleure réparation et efficacité du revêtement.

B. Paroi métallique

Les contrôles suivants seront réalisés, par des méthodes non destructives :

Contrôle	Élément du réservoir	Inspection quinquennale
Contrôle du fond	Tout le fond	Visuel interne 100 %.
	Épaisseur des tôles centrales et marginales (le revêtement courant jusqu'à 6 mm d'épaisseur permet un contrôle par ultrason ou scanner)	Mesure magnétique d'épaisseur sur l'intégralité du fond par technologie de courant de Foucault (ou autre technologie équivalente et non destructive comme les ultrasons). Utilisation d'un scanner automatique pour toutes les zones accessibles et d'un scanner manuel pour les zones plus difficilement accessibles.
	Pot de purge	Mesure magnétique ou par ultrason d'épaisseur par scanner manuel.
	Soudures des tôles de fond	100 % visuel + contrôle par technologie non destructive (courant de Foucault ou autre technologie équivalente).
Contrôle soudure de fond	Soudure d'angle robe/fond et soudures zone critique	100 % visuel + l'intégralité de la soudure fond/robe par technologie non destructive ACFM (Alternating Current Field Measurement) magnétique ou toute autre technologie équivalente, si la soudure est accessible et non recouverte par un solin.

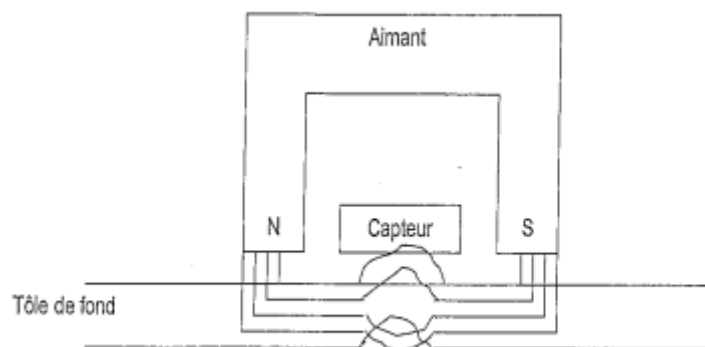
Contrôle de robe	Epaisseur de robe	Visuel interne 100 % depuis le fond (sans échafaudage) + mesure magnétique ou par ultrason de l'épaisseur de tôle sur une bande de 300 mm sur la zone sensible de la 1 ^{ère} virole (partie basse en partant du fond).
	Soudures verticales et horizontales des viroles	Visuel interne 100 % depuis le fond (sans échafaudage) + contrôle par technologie non destructive (courant de Foucault ou autre technologie équivalente) des soudures verticales de la 1 ^{ère} virole et des soudures horizontales entre la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} virole.
Contrôle du toit	Tôle de toit	Visuel interne 100% depuis le fond (sans échafaudage).



B.1 Mode opératoire du contrôle d'épaisseur par flux magnétique

Les techniques d'inspection magnétiques par flux de fuites ont été largement répandues dans l'industrie pétrolière depuis plus de 20 ans. A l'origine développée pour le contrôle des tuyauteries, leur application s'est étendue au fond des réservoirs et à la robe.

Après saturation magnétique d'une tôle, un capteur mesure la perte de flux magnétique et y associe une perte d'épaisseur. Une cartographie représente toutes les pertes d'épaisseur en couleur pour chaque tôle. Les scanners à courant de Foucault, fonctionnant à haute fréquence et souvent alimenté en 220 V, permettent de distinguer les corrosions internes et externes. En variante la technologie MFL (Magnetic Flux Leakage) fonctionne à basse fréquence et basse tensions (batteries).



Au préalable, après un nettoyage soigné, les tôles de fond sont repérées séquentiellement, puis rangée par rangée, chaque tôle est scannée.

La pertinence des résultats passe par un bon étalonnage. L'appareil est calibré sur une tôle de même épaisseur que les tôles à contrôler, auxquelles ont été ajoutées par usinage sphérique ou conique des trous simulant des corrosions représentant une perte d'épaisseur de 20 %, 40 %, 60 % et 80 %.

Les zones qui ne peuvent être inspectées par scanner automatique (points singuliers, zone de 20 mm de part et d'autres des soudures, tôles de largeur inférieure à 400 mm) sont reprises avec un scanner manuel par sondage. Ce dernier ne peut détecter que des pertes d'épaisseur de plus de 40 %, qu'il faut repérer sur place (information sonore et visuelle en temps réel) et qui feront l'objet d'une reprise systématique.

Ces tests sont réalisés par du personnel habilité ou certifié en fonction des technologies utilisées.

B.2 Mode opératoire du contrôle ACFM (Alternating Current Field Measurement)

Cette méthode est une alternative à la magnétoscopie. Elle permet le contrôle de surface de la soudure par perte de flux magnétique associée aux courants de Foucault.

La technique consiste à générer un champ magnétique par l'intermédiaire d'un courant induit et à mesurer la perturbation de ce champ lors du passage de la sonde au voisinage d'un défaut débouchant. Cette technique de contrôle est utilisable sans contact, ni agent de couplage et en présence d'un revêtement.

B.3 Mode opératoire de la mesure d'épaisseur par ultrasons

La mesure d'épaisseur des tôles par ultrasons sur des tôles revêtues est désormais possible. Cette nouvelle technologie se développe désormais de plus en plus, au détriment de la méthode par flux magnétique. Elle ne peut cependant pas être appliquée sur des fonds stratifiés.

Le contrôle par ultrasons est un examen échographique pour la mesure d'épaisseur des matériaux. L'appareil génère une onde ultrasonore qui traverse la tôle ; le temps mis par l'onde pour rebondir sur l'autre face de la tôle permet de déduire son épaisseur.

Ces contrôles donnent une épaisseur résiduelle de métal avec une précision du 1/10 de millimètre et repèrent les défauts avec une précision de 2 mm.

En cas de besoin, il est possible d'avoir recours à un chariot motorisé et aimanté à la robe, équipé d'un capteur ultrason (UT). Cet appareil permet de mesurer les épaisseurs de tôles dans les zones inaccessibles.

B.4 Analyse des résultats

A l'issue, il est possible de disposer d'une cartographie exacte de l'épaisseur de tôle et de la localisation des défauts détectés.

L'épaisseur minimale relevée est précisée, ainsi que le taux de corrosion en mm/an permettant d'en déduire une durée de vie approximative du fond et d'en mesurer le vieillissement.

L'évaluation est réalisée selon le CODRES ou l'API 653 qui précise notamment :

- pour le fond : l'épaisseur minimale admise des tôles de fond est de 2,5 mm ;
- pour la robe : l'épaisseur de retrait n'est pas inférieure à 2,5 mm ou 50 % de l'épaisseur d'origine de la tôle.

B.5 Réparations

Ce chapitre n'a pas vocation à se substituer aux codes de réparations retenues, mais de les compléter éventuellement sur la base de bonnes pratiques.

Réparation des fonds de réservoir

Les tôles de fond peuvent être réparées par mise en place de placards, par remplacement des tôles ou parties de tôles ou par rechargement. Toute soudure défectueuse sera meulée, réparée et contrôlée.

- On peut réparer des points de corrosion isolés par rechargement dès lors qu'il reste suffisamment de métal (une épaisseur d'environ 3 mm est généralement considérée comme suffisante) pour ne pas percer par brûlage.
- Pour des zones plus étendues, on recourt généralement aux placards. Les données dimensionnelles exactes sont définies dans les codes de réparation (CODRES, API...) pris en référence.

Pour rappel, les placards doivent :

- avoir une taille minimum de 300 mm de côté ;
- avoir une épaisseur minimale de 6 mm (ou identique au fond existant) ;
- être arrondis aux angles (R=50mm) ;
- dépasser au moins de 75 mm de toutes parts du défaut qu'ils recouvrent ;
- si possible respecter une distance minimale vis-à-vis des soudures existantes.

Il est à noter que ces réparations peuvent concerner des tôles complètes voire un fond complet.

Réparation de la robe de réservoir

Le mode de réparation des défauts localisés, tels que les pertes d'épaisseur, les défauts métalliques en général découverts au cours d'une inspection des viroles, est défini au cas par cas :

- par rechargement, selon les règles définies dans les codes, en s'appuyant sur des qualifications de soudage adéquates ;
- par inserts de tôles complètes ou partielles en découpant et en soudant bout à bout parallèlement aux soudures existantes. Pour rappel, les inserts doivent respecter les principes suivants :
 - l'épaisseur minimale des tôles de remplacement devra être égale à l'épaisseur nominale de la plus épaisse des tôles de la même virole et les nuances équivalentes ;
 - les dimensions, distances entre soudures et formes des inserts sont données dans les codes pris en référence ;
 - avant de souder les nouveaux cordons verticaux, les soudures horizontales doivent être découpées 300 mm au-delà du cordon vertical ;
 - les soudures verticales doivent être réalisées avant les soudures horizontales.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité

N°7

Encuvement béton étanche au sens de l'arrêté « 1432 »

Barrière technique de sécurité (dispositif passif). Barrière de limitation.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système en dessous du sol environnant.

Fonctions de sécurité à assurer :

Contrôler un épandage.

Séquence d'action :

L'encuvement béton ne met en jeu, pour remplir sa fonction de sécurité, aucun système mécanique, ne nécessite ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour contribuer à la fonction de sécurité « contrôler un épandage ».

Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

Cet encuvement est composé d'un radier (fond) qui supporte le poids du réservoir, d'un encuvement latéral et d'une couverture supérieure. Il a un effet retardateur sur la cinétique de l'évènement redouté central « perte de confinement en dessous du sol environnant ». Il dispose d'un point bas de collecte des effluents susceptibles de se trouver dans la rétention.

Etat de l'art / Techniques de référence :

Le mur formant l'encuvement étanche du réservoir est réalisé en béton armé. L'épaisseur de celui-ci est déterminée par l'entrepreneur pour résister à la poussée des terres, à l'épreuve hydraulique et a, en partie haute, une épaisseur de 0,20 m minimum. Le mur d'encuvement est construit jusqu'au niveau de la cornière de rive du toit et à 0,70 m minimum de la robe du réservoir. Les règles techniques et les calculs pour la conception sont réalisés conformément au recueil BAEL (béton armé aux états limites) suivant la norme NF P18-702. Une étude hydrogéologique est réalisée avant construction de l'encuvement.

Le remplissage de l'espace annulaire (entre le mur de l'encuvement béton et la paroi métallique du réservoir) est réalisé en matériau inerte. L'espace existant entre le sommet du mur et le toit du réservoir est obturé. Cette obturation est destinée à éviter la pénétration des eaux de ruissellement dans l'espace annulaire.

Le réservoir est recouvert de manière à ce que le toit et l'arête extérieure du mur soient protégés par 1,00 m de terre.

Pour garantir l'étanchéité, l'encuvement béton subit, avant remblaiement extérieur, une mise en eau complète pendant 4 heures afin de vérifier l'absence de fuites et de suintements liés à un éventuel défaut de construction. Ce test fait l'objet d'un procès-verbal de réception de l'ouvrage.

La perméabilité à l'eau du béton est de l'ordre de 10^{-7} m/s.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable
Dispositif passif	<p>Indépendance : L'encuvement béton du réservoir est indépendant des événements initiateurs pouvant conduire à sa sollicitation.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Un réservoir enterré peut être exploité sans encuvement béton. Ce dernier est exclusivement dédié à la sécurité, il n'apporte pas de résistance mécanique à la structure et permet de se prémunir de toute fuite de produit vers l'extérieur.</p>

../..

ETUDE DE LA PERFORMANCE	
Efficacité	
Dimensionnement adapté	Les règles techniques et les calculs pour la conception sont réalisés conformément au recueil BAEL (béton armé aux états limites) suivant la norme NF P18-702.
Résistances aux contraintes spécifiques	L'épaisseur du mur d'encuvement est déterminée pour résister à la poussée des terres et à l'épreuve hydraulique. En cas d'infiltration d'eau à l'intérieur de l'encuvement, une pompe de relevage permet d'éviter la stagnation de l'eau et donc un phénomène de poussée hydrostatique sur le réservoir métallique. Une étude hydrogéologique est réalisée avant construction.
Positionnement adéquat	Le mur d'encuvement est construit, au plus proche de la paroi métallique du réservoir, jusqu'au niveau de la cornière de rive du toit et à 0,70 m minimum de la robe du réservoir. L'existence d'un espace annulaire permet la détection de produit dans l'encuvement béton (cf. barrière « détection de produit dans l'encuvement béton et vidange du réservoir).
Evaluation de l'efficacité	100%
Temps de réponse	
Evaluation du temps de réponse	Sans objet (barrière passive)
Niveau de confiance	
Argumentaire pour la définition du niveau de confiance. Dispositions appliquées.	Le NC égal à 2 est retenu par défaut sur les dispositifs passifs de sécurité (cf. oméga 10). Cette disposition permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie du dispositif passif (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance, ...). L'inspection visuelle de l'encuvement béton ne pouvant être réalisée au cours de sa vie, un NC de 1 est retenue.
Evaluation du niveau de confiance	NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- NF EN 206-1 (décembre 2012) : Béton – Partie 1 : spécification, performances, production et conformité.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°8

Détection statique de fuite

Barrière technique de sécurité (dispositif actif). Barrière de limitation.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :
Perte de confinement du système en dessous du sol environnant.

Fonctions de sécurité à assurer :

Détecter une fuite.
Contrôler un épandage.

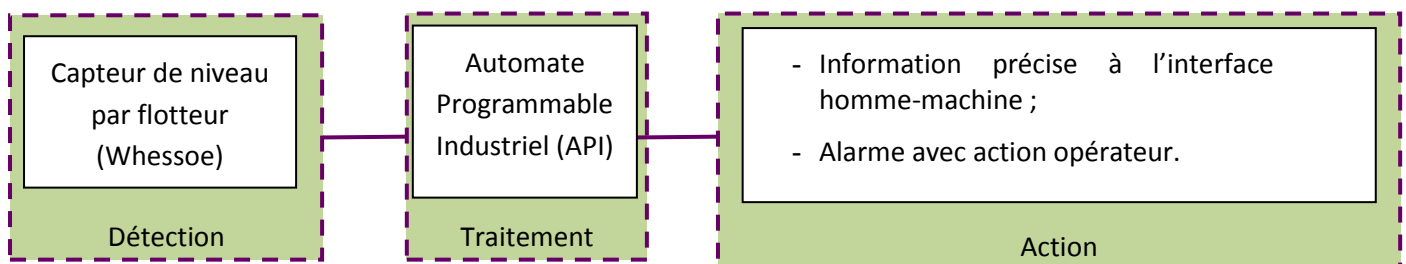
Séquence d'action :

Cette barrière est réalisée au travers d'un système instrumenté constitué d'un capteur à flotteur (de type Whessoe) qui donne en permanence le niveau de remplissage du réservoir en volume et qui transmet cette information à une interface homme-machine (IHM) au travers d'un automate programmable industriel (API). Une alarme visuelle et sonore se déclenche en cas de dépassement d'un seuil fixé. Il s'agit donc d'une barrière fonctionnant à la sollicitation.

Cette barrière technique de sécurité est utilisée uniquement pour la fonction d'exploitation « stockage ». Les réservoirs sont en exploitation pendant une durée courte (en moyenne 15 jours par mois, pour une durée comprise généralement entre 20 minutes et 4 heures).

La chaîne process initiale est composée d'un capteur de type analogique (4-20 mA), d'un API et d'une interface homme-machine.

L'architecture de la barrière est présentée dans le synoptique suivant :



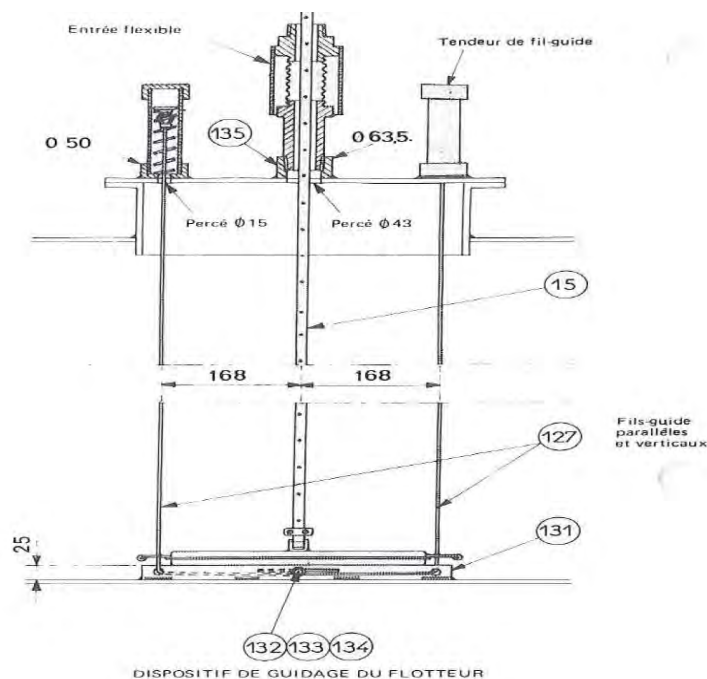
Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

- Capteur de niveau par flotteur (de type Whessoe) ;
- Automate Programmable Industriel (API) ;
- Alarme.

Etat de l'art / Techniques de référence :

DETECTION

Le jaugeur mécanique (type Whessoe) détecte le niveau du liquide contenu dans les réservoirs. Il est actionné par un flotteur se déplaçant avec le niveau du produit à mesurer. Ce flotteur est relié à un ruban comportant des perforations précises, à une roue à picots solidaire d'un compteur donnant une lecture digitale visible. La hauteur est exprimée avec une précision du millimètre.



Principe de fonctionnement du jaugeur mécanique

Volume du réservoir du DEAN de Landivisiau	Diamètre du réservoir	Hauteur du réservoir	Volume correspond à 1 mm
1 000 m ³ (R1 ou R2)	16 m	5 m	201 litres
2 000 m ³ (R10)	20 m	6,5 m	314 litres
2 000 m ³ (R11)	22 m	5,3 m	380 litres
2 000 m ³ (R12)	20 m	6,4 m	314 litres

Le jaugeur mécanique est associé à un système de télétransmission qui permet le renvoi de l'information sur le niveau de produit à l'automate.

Les jaugeurs mécaniques ne nécessitent aucune opération périodique d'entretien particulier, autre que le suivi métrologique. Le niveau de mesure est contrôlé par jaugeage manuel au moins une fois par semaine sur chaque réservoir, permettant de détecter et corriger la mesure en cas de dérive dans le temps.

Les contrôles et tests sont réalisés conformément à une procédure (PROC-INF-SGS/MMR-06) et à un mode opératoire (MO-INF-SGS/MMR-006-NH NTH WHESSOE). Ils sont enregistrés sur un imprimé type (FORM-INF-SGS/MMR-06).

TRAITEMENT

L'automate programmable industriel (API) réalise le pilotage des différents actionneurs (alarme, alerte, information à l'interface homme-machine). Il ne gère que des opérations de conduites simples.

L'action de sécurité assurée par l'API est prioritaire sur toutes les autres actions. Le jaugeage des réservoirs et le suivi des transferts ne sont pas automatisés (ils ne sont pas pilotés dans une salle de contrôle déportée).

L'API est conçu, exploité et maintenu dans des conditions standards et selon de bonnes pratiques (architecture éprouvée, détection des principales défaillances ...).

Nota : il ne s'agit pas d'un automate programmable de sécurité, non obligatoire pour les MMRIC (cf. : note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013).

ACTION

Une alarme se déclenche avec report sur une interface homme-machine et sur un système d'alerte. Un opérateur intervient.

INTERPRETATION ET SUIVI

Le seuil de détectabilité retenu pour le jaugeur mécanique (Whessoe) est de 3 mm sur la hauteur³. Les variations de températures sont atténuées par la nature des réservoirs en enterré. On a constaté une évolution de la température d'au plus 0,5 °C sur la période hors exploitation pour le réservoir R10. La variation de volume induite sera comprise dans l'incertitude de mesure. En effet, pour un réservoir de 2000 m³ (R10), la variation de 0,5 °C correspond à environ 300 litres soit environ 0,9 mm.

Il est possible de définir, par type de réservoir, le seuil de détection minimale. La période minimale de repos d'un réservoir entre deux phases d'exploitation ou de suivi des stocks est de 14 heures par jour (fin d'activité à 17h00 et reprise le lendemain à 7h00).

Réservoir	Volume du réservoir	Diamètre du réservoir	Hauteur du réservoir	Seuil de détectabilité en niveau de fuite ⁴
R1 et R2	1 000 000 litres	16 m	5 m	43 litres/heure
R10	2 000 000 litres	20 m	6,50 m	67 litres/heure
R11	2 000 000 litres	22 m	5,30 m	82 litres/heure
R12	2 000 000 litres	20 m	6,40 m	67 litres/heure

Ce seuil de détectabilité est déterminé à partir des incertitudes de mesures des appareils de mesure en continu. On constate que le seuil de détectabilité permet de détecter facilement une fuite standard sur une brèche⁵ de 25 mm de diamètre, mais aussi une fuite 10 fois plus petite de 2,5 mm de diamètre.

Il sert à déterminer le volume d'atteinte de l'enjeu lors de l'évaluation de la gravité des phénomènes dangereux.

³ Cette valeur de 3 mm est également mentionnée dans la norme NF ISO 15169.

⁴ $[\pi * (\text{diamètre}/2)^2 * (3 * 10^{-3}) / 14] * 1000$.

⁵ Selon rapport d'étude INERIS n° DRA-09-102965-04675C du 15/06/2011.

REDONDANCE DANS LE SUIVI

En cas d'absence de mouvement dans le réservoir, la variation de volume peut être vérifiée également lors des jaugeages décennaires effectués pour transmission à l'administration des douanes. Les volumes déclarés sont corrigés à 15°C. Il est possible de détecter la variation de volume dans le réservoir, à l'incertitude de jaugeage près, par rapport au volume saisi dans le logiciel de suivi physique des stocks et déclaré comptablement.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité :

Type de BTS	Vérification préalable
Mesure de maîtrise des risques instrumentée de conduite (MMRIC).	<p>Indépendance : Cette MMRIC est indépendante de l'événement initiateur (remplissage du réservoir). Tous les éléments techniques de cette MMRIC sont associés au process mais indépendant de l'événement initiateur.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Elle est conçue pour un usage dédiée à la sécurité.</p>

ETUDE DE LA PERFORMANCE		
Efficacité		
Dimensionnement adapté	Détection	Les capteurs/détecteurs sont adaptés aux produits stockés. Les matériels mis en place sont couramment employés dans l'industrie pétrolière.
	Traitement	L'automate API est adapté à la gestion des fonctions de sécurité et d'exploitation. L'action de sécurité assurée par l'API est prioritaire sur toutes les autres actions.
	Action	Il s'agit d'une action humaine suite à détection.
Résistance aux contraintes spécifiques	Détection	Les dispositifs de détection employés sont conçus pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Pour les systèmes mécaniques qui peuvent subir l'usure due aux frottements (transmetteur mécanique), un contrôle annuel est réalisé. Les autres dispositifs ne subissent aucune usure due au frottement.
	Traitement	L'API ne subit pas de contraintes spécifiques.
	Action	Sans objet.
Positionnement adéquat	Détection	Les capteurs de niveau sont placés dans un regard. Chaque capteur est dédié à un réservoir et contrôlé lors de sa mise en place initiale.
	Traitement	L'API est positionné dans le bâtiment administratif. Il bénéficie d'une température stabilisée.
	Action	Sans objet.
Evaluation de l'efficacité		100 %
Temps de réponse		
	Détection	La détection est immédiate c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Traitement	Le traitement de l'information est immédiat c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Action	Sans objet.
Evaluation du temps de réponse		14 heures (au seuil de détectabilité)

Niveau de confiance (NC)		
Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte	Concept éprouvé	Ce dispositif est couramment utilisé dans l'industrie pétrolière.
	Principe de sécurité positive	Si les capteurs/détecteurs sont défaillants, une alarme sonore et visuelle est générée dans le bâtiment administratif. En cas de perte d'alimentation électrique ou de coupure d'alimentation électrique, une alarme défaut est déclenchée. L'exploitant peut facilement différencier les alarmes sur les cartes d'acquisition de l'automate ainsi que sur les interfaces homme-machine.
	Mise hors service de la barrière – gestion des shunts	La chaîne de détection (capteur – automate – alarmes) est testée une fois par an par le personnel du dépôt. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre. Un contrôle visuel et une maintenance éventuelle sont effectués lors des tests programmés conformément au plan de maintenance.
Principe d'allocation des NC	Proportion de défaillances en sécurité	Conformément à Oméga 10, en l'absence de données exactes, l'INERIS considère dans ses évaluations que la proportion de défaillance en sécurité est inférieure à 60 % (correspond à la classe de Safe Failure Fraction (SFF) la plus conservatoire retenue dans la norme NF EN 61508-2).
	Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Tolérance aux anomalies matérielles : 0
	Type de sous-systèmes	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Evaluation du niveau de confiance		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables (GDLI) - octobre 2008.
- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Fiche INERIS DRA-PREV - avril 2005 - 46059/ Liq_infl-detection-niveau-vers1.
- Rapport d'étude INERIS n° DRA-09-102965-04675C du 15/06/2011 – Quantification des phénomènes dangereux en probabilité – guide pratique pour les dépôts pétroliers de liquides inflammables (DLI).
- NF ISO 15169 (février 2004) relative à la détermination du volume, de la masse volumique et de la masse d'hydrocarbures contenus dans les réservoirs cylindriques verticaux à l'aide de système hybrides de mesurage.
- Fiche technique constructeur transmetteur WHESSOE jaugeur automatique 2026.

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°9

Détection de carburant dans l'espace annulaire et vidange du réservoir

Barrière mixte de limitation. Système à action manuelle de sécurité.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système en dessous du sol environnement.

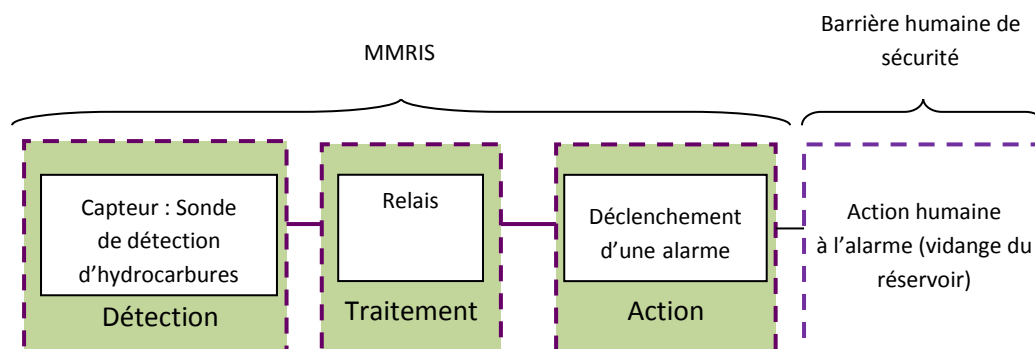
Fonctions de sécurité à assurer :

Détecter une fuite.
Contrôler un épandage.

Séquence d'action :

Ce système est composé d'une MMRIS⁶ (sonde de détection d'hydrocarbures dans l'espace annulaire, relais, alarme) associée à une barrière humaine de sécurité (action humaine à l'alarme : vidange du réservoir incriminé).

Synoptique de la détection de fuite :



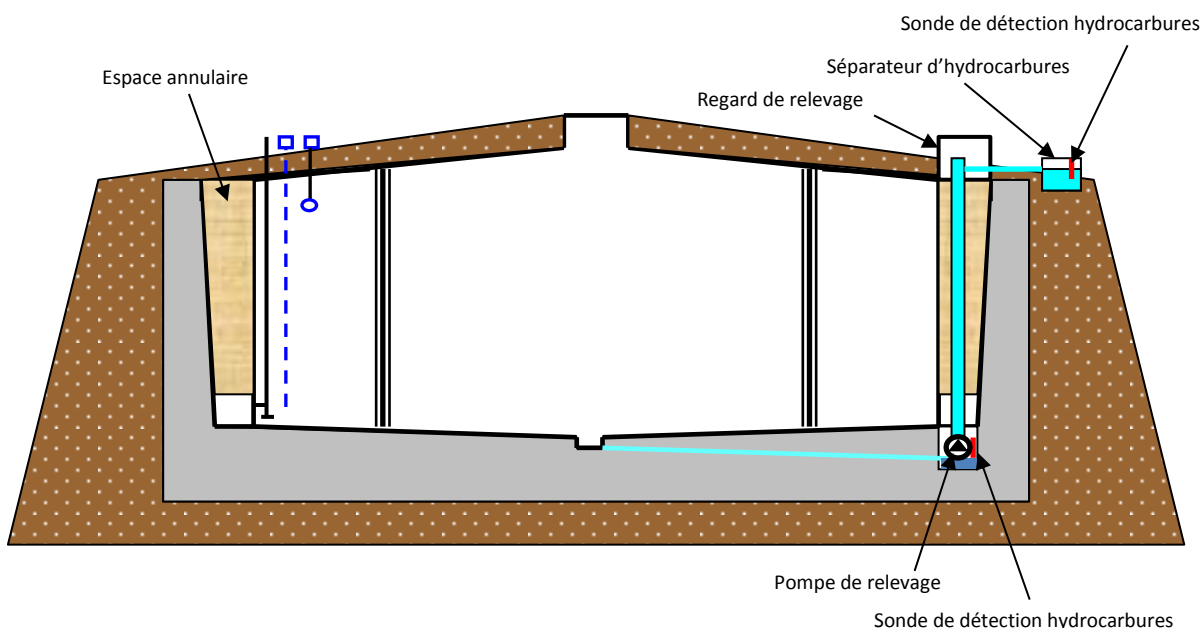
Ce système n'est pas encore mis en œuvre. Il doit l'être dans le cadre de prescriptions de réalisation.

Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

La **MMRIS** comporte :

- une sonde de détection d'hydrocarbures (capteur TOR) placée dans le puisard de l'espace annulaire, destinée à détecter toute fuite de la paroi métallique du réservoir ;
- un relais, sur lequel est renvoyé l'information du capteur et qui diffuse celle-ci vers une interface homme machine (écran) ;
- une alarme (actionneur) visuelle et sonore.

⁶ Mesure de maîtrise des risques instrumentée de sécurité selon la note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.



Tâche de sécurité assurée par la BHS :

L'action de sécurité consiste à vidanger le réservoir en cas de détection d'une fuite de la paroi métallique ou d'un équipement annexe du réservoir.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Déclenchement de l'alarme visuelle et sonore	Présence de produit dans l'espace annulaire du réservoir	Vidange du réservoir incriminé

Etat de l'art / Techniques de référence :

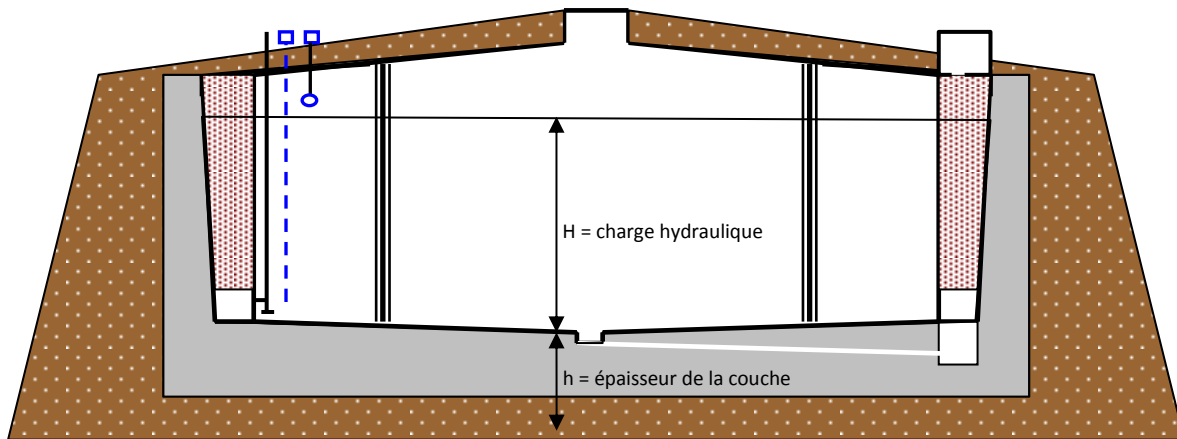
L'encuvement béton

L'encuvement béton permet de contenir l'effluent et résiste à la pression générée. Il est dimensionné pour des scénarii de fuite intégrant le cas de rupture du réservoir avec comme conséquence un apport massif d'hydrocarbures. Cette caractéristique intégrée au système rend la cinétique de l'événement redouté central (perte de confinement en dessous du sol environnant) lente.

Pour garantir l'étanchéité, l'encuvement béton subit, avant remblaiement extérieur, une mise en eau complète pendant 4 heures afin de vérifier l'absence de fuites et de suintements liés à un éventuel défaut de construction.

Pour calculer le temps de transfert (rapport de la vitesse de pénétration sur l'épaisseur maximale imprégnée), la formule présentée dans le rapport 2011/01 du GESIP relatif à l'étanchéité des cuvettes en béton est utilisée (loi de Darcy), ainsi que le guide de lecture des textes « liquides inflammables » d'octobre 2013 (MEDDE), à partir des caractéristiques structurelles suivantes :

- la perméabilité à l'eau d'une dalle en béton⁷ de quelques années est comprise entre $10^{-9} \leq K_{\text{eau}} \text{ (m/s)} \leq 10^{-7}$. On retiendra la valeur médiane de 10^{-8} m/s ;
- le carburéacteur a une viscosité moyenne de 2 cSt ;
- l'épaisseur de la couche infiltrée h est par définition de 0,5 m ;
- la hauteur de produit dans l'espace annulaire H est prise à 6,5 m (cas majorant / réservoir R10). En réalité en cas de fuite, la hauteur dans l'espace annulaire serait moindre de par le comblement de cet espace par le carburéacteur) ;
- la porosité du milieu ω est prise à 0,4 en absence de donnée disponible.



Au final :

$$\frac{h}{V_{\text{pénétration}}} = \frac{1}{K_{\text{eau}} \text{ à } 20^{\circ}\text{C}} \frac{\text{viscosité}_{\text{fluide}} \text{ à } 20^{\circ}\text{C}}{\text{viscosité}_{\text{eau}} \text{ à } 20^{\circ}\text{C}} \frac{h^2 \omega}{H + h}$$

Le rapport h/V est égal 793 h. Suivant les règles édictées dans le rapport 2011/01 du GESIP, ce rapport étant supérieur à 500 h, **il faudra donc réaliser le transfert du produit en moins de 21 jours** et ce dernier délai correspond à la cinétique de l'événement redouté central « perte de confinement du système en dessous du sol environnant ».

En cas de fuite, la cinétique de traitement est compatible avec la vitesse de détection et la mise en place de mesures organisationnelles visant à pomper le produit. En effet :

- la détection prendra au plus 48 heures ;
Si une fuite a lieu sur le haut de la paroi métallique et du côté diamétralement opposé à la sonde de détection hydrocarbures dans l'espace annulaire, elle sera détectée en environ 48 h :
 - hauteur du réservoir : 6,50 m (R10)
 - vitesse d'infiltration dans le sable : 10^{-4} m/s
 - soit 18 h pour que le carburéacteur atteigne le fond du réservoir
 - 1 journée supplémentaire environ pour que le carburéacteur atteigne la sonde de détection. En effet, le carburéacteur se propagera de manière préférentielle dans les drains vers l'espace annulaire plutôt que vers le béton.
- la mobilisation de moyens prendra quelques jours le temps de trouver des renforts interne en personnel et camions sur d'autres sites ou externe auprès de sociétés civiles spécialisées ;
- le pompage prendra dans le cas le plus défavorable avec un débit de 60 m³/h (groupe moto pompe) et un réservoir de 2 000 m³ environ 2 jours.

L'ensemble de ces mesures permet de se prémunir de tout impact sur le milieu naturel et de traiter l'incident en moins de 21 jours.

⁷ Pour mémoire, un béton neuf a une perméabilité à l'eau comprise entre $10^{-13} \leq K_{\text{eau}} \text{ (m/s)} \leq 10^{-10}$.

Réaction humaine

L'action humaine est déterminante pour l'analyse de l'alerte et le traitement ad hoc, en particulier lorsqu'il s'agit de vidanger le réservoir, l'espace annulaire et le séparateur. La composante « humaine » de la barrière étudiée relève principalement du diagnostic pour l'analyse et le traitement à apporter suite à alarme.

Le réservoir sera vidé en priorité avec les pompes d'exploitation, puis de purge. En revanche, l'espace annulaire sera vidé à l'aide d'un GMP de 60 m³/h mis en aspiration dans le puisard central. Ensuite, les éventuelles résurgences seront pompées par la pompe de relevage.

Le séparateur d'hydrocarbures sera nettoyé intégralement en cas de présence d'effluent à l'intérieur.

Examen des performances de la barrière mixte de prévention :

Vérification préalable

Indépendance : La barrière mixte considérée est indépendante de l'événement initiateur (présence d'hydrocarbures dans l'encuvement béton suite à perte d'étanchéité de la paroi métallique ou d'un équipement annexe) et son fonctionnement n'est pas altéré par la présence d'hydrocarbures. Sa performance n'est pas dégradée par l'occurrence de l'évènement fuite puisque cette barrière mixte intègre la vidange du séparateur d'hydrocarbures et la réinitialisation de l'automate lors de chaque traitement de cas d'alarme.

Utilisation pour la sécurité : Ce dispositif est spécifiquement conçu pour la sécurité : c'est un dispositif d'alarme. La partie MMRIS est robuste, la partie humaine repose sur des personnels spécialistes et qualifiés.

ETUDE DE LA PERFORMANCE	
Efficacité	
Dimensionnement adapté	<p>La cinétique de cette chaîne d'alarme est compatible avec celle du phénomène étudié en présence de la rétention béton. Le traitement des incidents (réaction aux alarmes) fait l'objet d'une procédure interne d'exploitation.</p> <p>Cette procédure doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - assurer la remise à zéro et la remise en œuvre des alarmes après déclenchement ; - assurer l'analyse, la recherche de la cause de la fuite et le traitement du problème identifié. <p>L'enveloppe béton permet de se prémunir de toute fuite dans le milieu naturel en ralentissant la migration du produit, permettant ainsi de mettre en œuvre une cinétique de récupération du produit en moins de 21 jours.</p>
Résistances aux contraintes spécifiques	<p>Le dispositif est conçu pour être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - résistant et compatible avec les produits concernés (hydrocarbures) ; - résistant et compatible aux pressions générées par la présence de produit dans l'espace annulaire ; - compatible avec de fortes précipitations puisque le flux de l'effluent est limité par l'encorbellement.
Positionnement adéquat	La sonde de détection hydrocarbures est au plus près (point bas de l'espace annulaire) de la fuite initiale et du sens de l'écoulement de la fuite.
Evaluation de l'efficacité	100%
Temps de réponse	
	Le temps de réponse est calculé à partir du moment où le produit commence à être présent au sein de l'encuvement béton avec un taux de fuite très faible.
Evaluation du temps de réponse	Maximum 48h

Niveau de confiance de la MMRIC (NC)		
Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte	Concept éprouvé	Les sondes de détection hydrocarbures sont utilisées depuis plusieurs années sur les dépôts du SEA.
	Principe de sécurité positive	En cas de perte d'alimentation électrique ou de coupure d'alimentation électrique, une alarme défaut est déclenchée.
	Mise hors service de la barrière – gestion des shunts	La MMRIS est soumis à un examen approfondi par le personnel du dépôt tous les ans. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre.
Principe d'allocation des NC	Proportion de défaillances en sécurité	Conformément à Oméga 10, en l'absence de données exactes, l'INERIS considère dans ses évaluations que la proportion de défaillance en sécurité est inférieure à 60 % (correspond à la classe de Safe Failure Fraction (SFF) la plus conservatoire retenue dans la norme NF EN 61508-2).
	Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Tolérance aux anomalies matérielles : 0
	Type de sous-systèmes	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Evaluation du niveau de confiance (MMRIS)		NC1

Niveau de confiance de la barrière humaine (NC)		
Obtention de l'information		
Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. La vidange du réservoir est une opération simple.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, la vidange des réservoirs est effectuée, temporellement, en dehors des phases d'exploitation et sera réalisée prioritairement.
Détection passive	Information	Sans objet
	Disponibilité	Sans objet
Evaluation		Décote -1
Diagnostic		
Information		Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.
Guidage		Niveau de guidage adapté à la situation.
Evaluation		Décote 0
Action à réaliser		
Stress		Niveau de stress acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur. La durée de l'opération de traitement dépend du débit des pompes mises en œuvre et non de la rapidité d'exécution des opérateurs.
Tâche		Tâche simple et peu exigeante, sans enchaînement complexe.
Evaluation		Décote 0
Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs		
Rôle et responsabilités clairement définis		Oui : note d'organisation
Informations transmises sans ambiguïté		Oui : documents de traçabilité de l'exploitation
Outils de communication identifiés et performants		Oui : documents de traçabilité de l'exploitation
Evaluation		Décote 0
Evaluation du niveau de confiance (barrière humaine)		NC1
Evaluation du niveau de confiance global (MMRIC + barrière humaine)		NC1⁸

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.
- Rapport GESIP 2011/01 – Guide de lecture de la nouvelle réglementation sur les liquides inflammables.
- Guide de lecture des textes liquides inflammables (octobre 2013) – MEDDE
- Note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.

⁸ Le niveau de confiance retenu est le minimum des niveaux de confiance de chaque composante (technique et humaine).

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°10

Sonde de détection liquide + pompe hydrocarbures + SHOA + sonde hydrocarbures

Barrière mixte de limitation. Système à action manuelle de sécurité.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :
Perte de confinement du système en dessous du sol environnement.

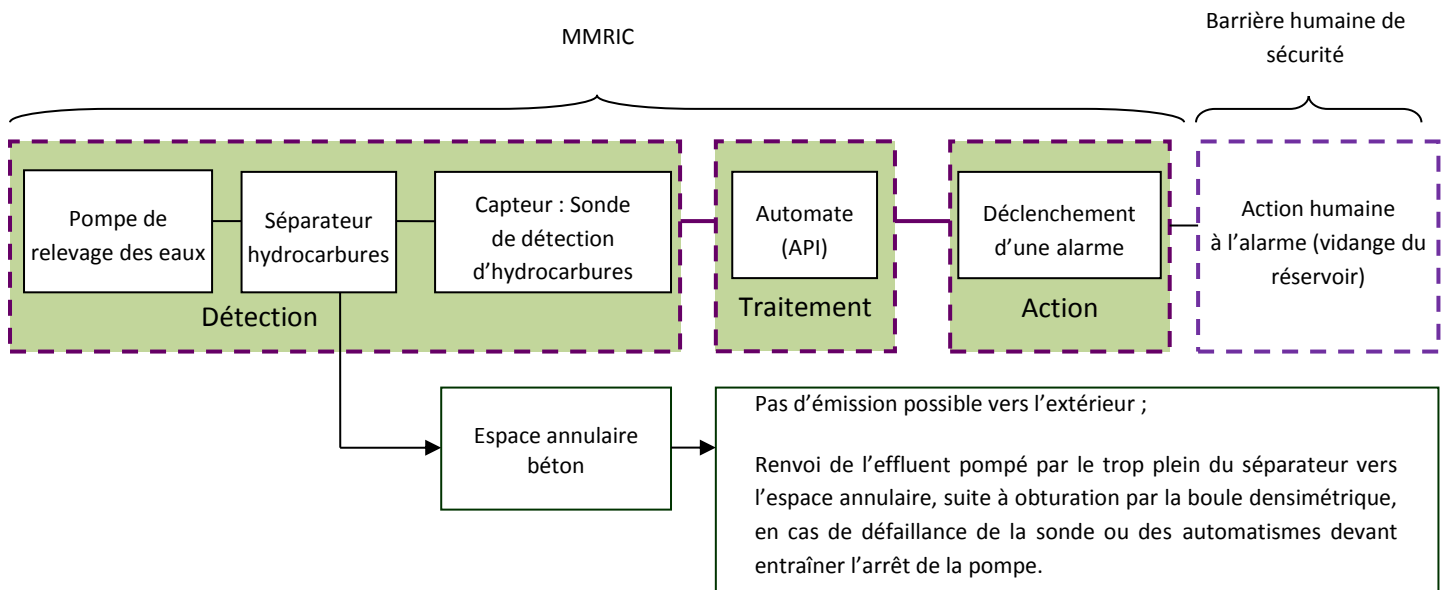
Fonctions de sécurité à assurer :

Détecter une fuite.
Contrôler un épandage.

Séquence d'action :

Ce système est composé d'une MMRIC⁹ (détecteur de présence liquide, pompe de relevage des eaux, séparateur d'hydrocarbures à obturation automatique, sonde de détection d'hydrocarbures, automate process API, alarme) associé à une barrière humaine de sécurité (action humaine à l'alarme : vidange du réservoir incriminé).

Synoptique de la détection de fuite :



Le système de relevage est installé dans l'encuvement béton. Asservi à un dispositif d'alarme, il est destiné à détecter toute fuite du revêtement intérieur ou de l'enveloppe métallique du réservoir. Il est conçu pour interdire tout rejet d'hydrocarbures éventuellement présents.

Il comporte :

- un système de détection de niveaux placés dans le puisard de contrôle des fuites qui protège et commande le fonctionnement de la pompe immergée en présence d'effluents,
- une pompe immergée de 5 m³/h contrôlée par horamètre, installée dans le puisard de contrôle des fuites,

⁹ Mesure de maîtrise des risques de conduite

- un débourbeur/séparateur d'hydrocarbures de 1,5 l/s à obturation automatique installé au sommet du merlon du réservoir qui interdit tout rejet d'hydrocarbures dans le milieu naturel,
- une sonde de détection d'hydrocarbures placée dans le séparateur qui déclenche une alarme sonore et visuelle et, en fonction des dépôts, peut arrêter le fonctionnement de la pompe de relevage quand elle détecte des hydrocarbures.

Liste des éléments (BTS) participant à la fonction de sécurité :

- Détecteur de niveau liquide dans le puisard ;
- Pompe de relevage des eaux ;
- Débourbeur/séparateur d'hydrocarbures ;
- Sonde de détection d'hydrocarbures ;
- Automate Programmable Industriel (API) ;
- Alarme.

Tâche de sécurité assurée par la BHS :

L'action de sécurité consiste à vidanger le réservoir en cas de détection d'une fuite de la paroi métallique ou d'un équipement annexe du réservoir.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Déclenchement de l'alarme du débourbeur/séparateur hydrocarbures	Présence de produit dans l'espace annulaire du réservoir	Vidange du réservoir incriminé

Etat de l'art / Techniques de référence :

A. La pompe de relevage des eaux

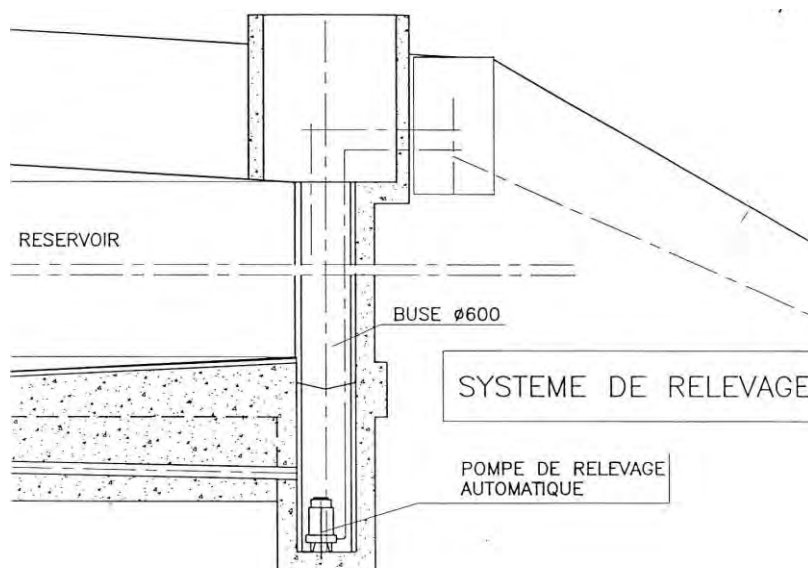


Schéma de principe d'installation de la pompe de relevage

Pour permettre le relevage des effluents collectés dans l'espace annulaire, un puisard est implanté entre la paroi métallique du réservoir et la paroi interne de l'encuvement béton. Le mur formant l'encuvement du réservoir est construit en béton armé jusqu'au niveau de la cornière de rive du toit.

La pompe de relevage se déclenche automatiquement lorsque le niveau d'effluent atteint un niveau suffisant dans le puisard et alimente le séparateur d'hydrocarbures avec les effluents présents dans l'espace annulaire. Elle est testée mensuellement, afin de vérifier l'arrivée des eaux de relevage.

B. Le déboureur/séparateur d'hydrocarbures à obturation automatique

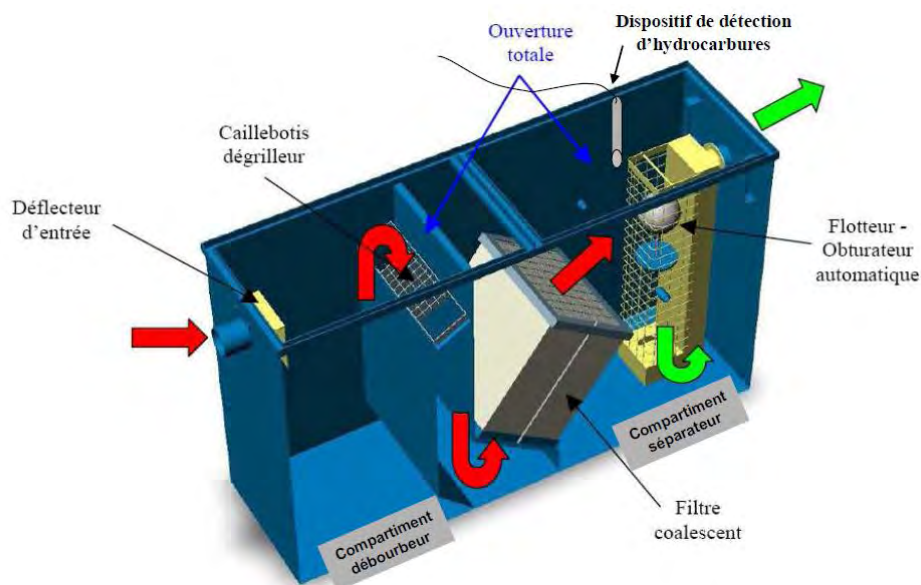
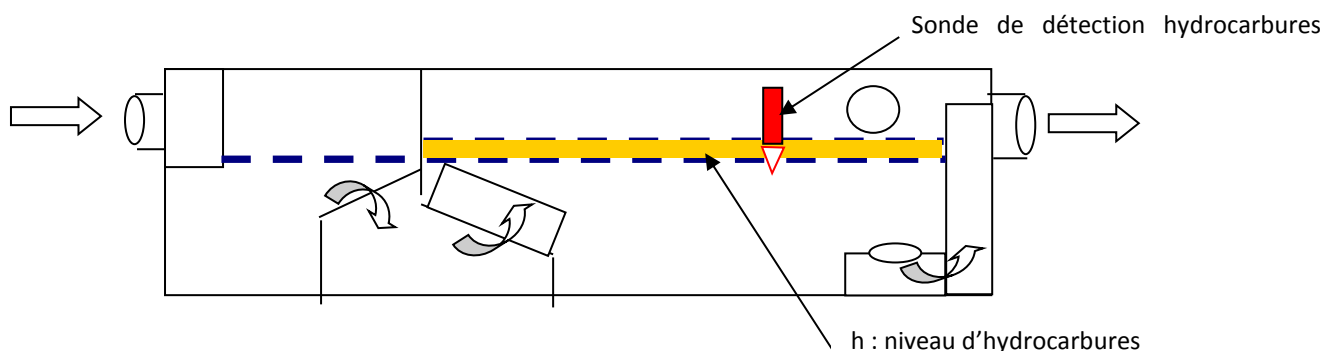


Schéma d'un séparateur d'hydrocarbures

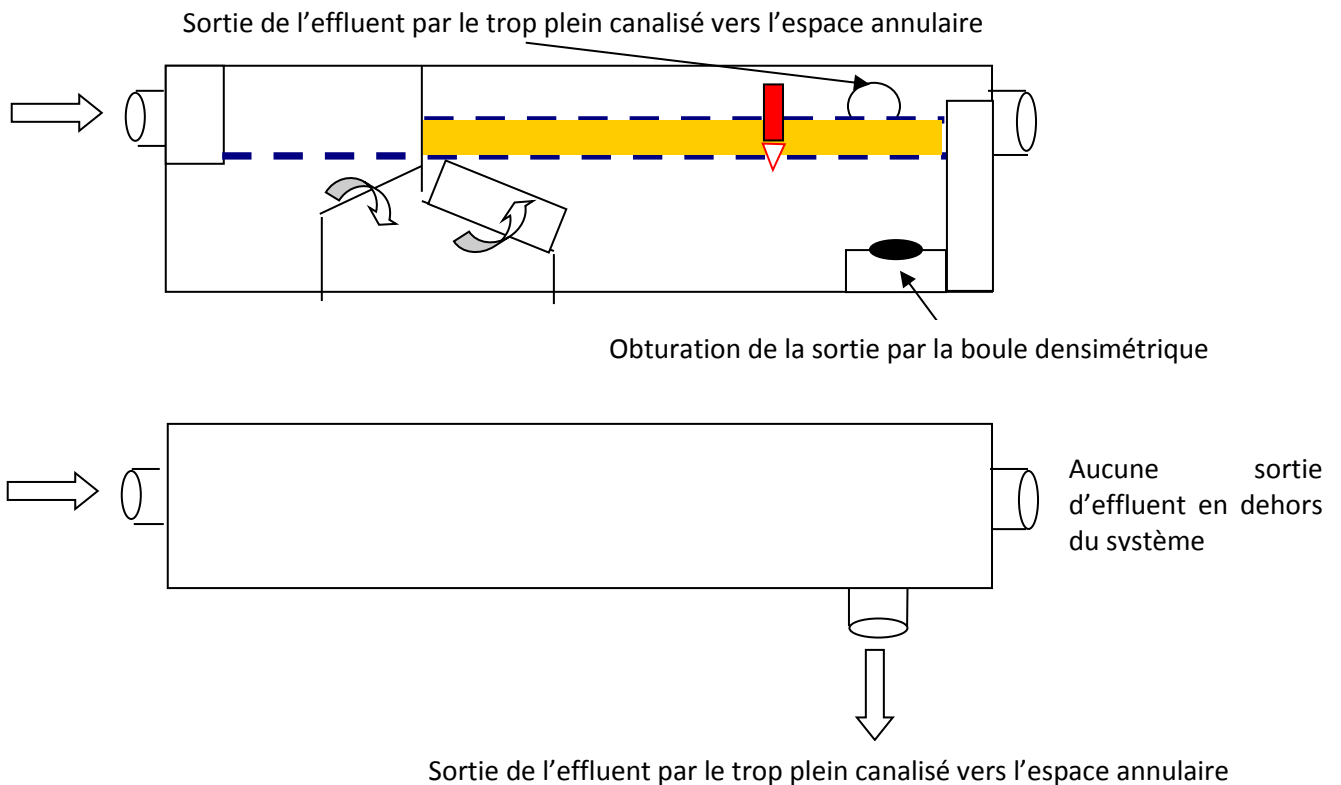
L'effluent va suivre le cheminement rouge, puis vert avant d'être rejeté.

En cas d'arrivée d'hydrocarbures, la sonde de détection d'hydrocarbures située dans le séparateur réagit. Un automate programmable industriel (API) déclenche une alarme intégrée. L'opérateur doit alors traiter l'alarme et réarmer le dispositif (reset).



Pour se prémunir de toute pollution, les effluents rejetés sont limités à une teneur maximale de 5 ppm d'hydrocarbures. En cas de fuite avérée, les hydrocarbures vont arriver dans le séparateur. La sonde de détection d'hydrocarbures va alors arrêter la pompe de relevage. En cas de défaillance du système de détection et d'arrêt de la pompe, la boule densimétrique assurera l'obturation du séparateur. L'effluent relevé sera alors rédirigé par le trop

plein du séparateur vers l'espace annulaire. Cette double sécurité permet de s'assurer qu'aucune migration de l'effluent n'est possible vers le milieu naturel par le séparateur.



Le séparateur d'hydrocarbures fait l'objet d'un cycle de maintenance et contrôle périodique. Au moins une fois par semestre, un contrôle visuel des effluents contenus dans le séparateur est réalisé. En cas de besoin une vidange et un nettoyage par une société spécialisée sont réalisés. Le fonctionnement de l'obturateur est vérifié semestriellement.

C. L'encuvement béton

Cf. fiche de caractérisation de la barrière de sécurité n°9.

D. Réaction humaine

Cf. fiche de caractérisation de la barrière de sécurité n°9.

Examen des performances de la barrière mixte de prévention :

Vérification préalable

Indépendance : La barrière mixte considérée est indépendante de l'événement initiateur (présence d'hydrocarbures dans l'encuvement béton suite à perte d'étanchéité de la paroi métallique) et son fonctionnement n'est pas altéré par la présence d'hydrocarbures. Sa performance n'est pas dégradée par l'occurrence de l'évènement fuite puisque cette barrière mixte intègre la vidange du séparateur d'hydrocarbures et la réinitialisation de l'automate lors de chaque traitement de cas d'alarme.

Utilisation pour la sécurité : Ce dispositif est spécifiquement conçu pour la sécurité : c'est un dispositif d'alarme. La partie MMRIC est robuste, la partie humaine repose sur des personnels spécialistes et qualifiés.

ETUDE DE LA PERFORMANCE

Efficacité

Dimensionnement adapté	<p>La chaîne d'alarme et d'alerte est intégrée à la fonction de prévention des rejets d'hydrocarbures dans l'environnement car liée au fonctionnement du séparateur d'hydrocarbures dont le choix relève des normes NF-EN 858-1 et NF-EN 858-2.</p> <p>Comme indiqué ci-après, la cinétique de cette chaîne d'alarme est compatible avec celle du phénomène étudié en présence de la rétention béton. Le traitement des incidents (réaction aux alarmes) fait l'objet d'une procédure interne d'exploitation.</p> <p>Cette procédure doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - assurer la remise à zéro et la remise en œuvre des alarmes après déclenchement ; - assurer l'analyse, la recherche de la cause de la fuite et le traitement du problème identifié. <p>L'enveloppe béton permet de se prémunir de toute fuite dans le milieu naturel en ralentissant la migration du produit, permettant ainsi de mettre en œuvre une cinétique de récupération du produit en moins de 21 jours.</p>
Résistances aux contraintes spécifiques	<p>Le dispositif est conçu pour être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - résistant et compatible avec les produits concernés (hydrocarbures) ; - résistant et compatible aux pressions générées par la présence de produit dans l'espace annulaire ; - compatible avec de fortes précipitations puisque le flux de l'effluent est limité par l'encorbellement.
Positionnement adéquat	La pompe de relevage des eaux est au plus près (point bas de l'espace annulaire) de la fuite initiale et du sens de l'écoulement de la fuite.
Evaluation de l'efficacité	100%
Temps de réponse	
	Le temps de réponse est calculé à partir du moment où le produit commence à être présent au sein de l'encuvement béton avec un taux de fuite très faible.
Evaluation du temps de réponse	Maximum 1h30

Niveau de confiance de la MMRIC (NC)		
Analyse préliminaire qualitative adaptée au contexte	Concept éprouvé	Les sondes de détection hydrocarbures sont utilisées depuis plusieurs années sur les dépôts du SEA.
	Principe de sécurité positive	En cas de perte d'alimentation électrique ou de coupure d'alimentation électrique, une alarme défaut est déclenchée.
	Mise hors service de la barrière – gestion des shunts	La MMRIC est soumis à un examen approfondi par le personnel du dépôt tous les ans. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre.
Principe d'allocation des NC	Proportion de défaillances en sécurité	Conformément à Oméga 10, en l'absence de données exactes, l'INERIS considère dans ses évaluations que la proportion de défaillance en sécurité est inférieure à 60 % (correspond à la classe de Safe Failure Fraction (SFF) la plus conservatoire retenue dans la norme NF EN 61508-2).
	Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Tolérance aux anomalies matérielles : 0
	Type de sous-systèmes	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Evaluation du niveau de confiance (MMRIC)		NC1

Niveau de confiance de la barrière humaine (NC)		
Obtention de l'information		
Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. La vidange du réservoir est une opération simple.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, la vidange des réservoirs est effectuée, temporellement, en dehors des phases d'exploitation et sera réalisée prioritairement.
Détection passive	Information	Sans objet
	Disponibilité	Sans objet
Evaluation		Décote -1
Diagnostic		
Information		Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.
Guidage		Niveau de guidage adapté à la situation.
Evaluation		Décote 0
Action à réaliser		
Stress		Niveau de stress acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur. La durée de l'opération de traitement dépend du débit des pompes mises en œuvre et non de la rapidité d'exécution des opérateurs.
Tâche		Tâche simple et peu exigeante, sans enchaînement complexe.
Evaluation		Décote 0
Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs		
Rôle et responsabilités clairement définis		Oui : note d'organisation
Informations transmises sans ambiguïté		Oui : documents de traçabilité de l'exploitation
Outils de communication identifiés et performants		Oui : documents de traçabilité de l'exploitation
Evaluation		Décote 0
Evaluation du niveau de confiance (barrière humaine)		NC1
Evaluation du niveau de confiance global (MMRIC + barrière humaine)		NC1¹⁰

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.
- Rapport GESIP 2011/01 – Guide de lecture de la nouvelle réglementation sur les liquides inflammables.
- Guide de lecture des textes liquides inflammables (octobre 2013) – MEDDE
- Note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) du 2 octobre 2013.
- Norme NF EN 858-1 (février 2005) : Installations de séparation de liquides légers (par exemple hydrocarbures) – Partie 1 : principes pour la conception, les performances et les essais, le marquage et la maîtrise de la qualité.
- Norme NF EN 858-2 (août 2003) : Installations de séparation de liquides légers (par exemple hydrocarbures) – Partie 2 : Choix des tailles nominales, installation, service et entretien.

¹⁰ Le niveau de confiance retenu est le minimum des niveaux de confiance de chaque composante (technique et humaine).

Fiche de caractérisation d'une barrière de sécurité N°11

Inventaire matière douanes (décade)

Barrière humaine de sécurité (barrière de rattrapage). Barrière de limitation.

Evènement indésirable ou redouté que la barrière de sécurité doit contrôler :

Perte de confinement du système en dessous du sol environnant

Fonctions de sécurité à assurer :

Détecter une fuite.
Contrôler un épandage.

Tâche de sécurité assurée :

L'action de sécurité consiste à comparer le stock comptable et physique (récolement).

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Information obtenue par mesure manuelle du volume dans un réservoir à chaque décade	Vérification de la cohérence du résultat	Si incohérence, vérification de la présence d'une fuite sur le réservoir

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité :

Les réservoirs au repos, dont le contenu n'est pas mouvementé, font l'objet d'un jaugeage manuel décadaire.

La différence qui peut exister entre le volume du stock comptable, et celui effectivement mesuré dans le réservoir, après conversion à la température comptable de 15 °C, est calculée. Ce calcul doit permettre, après prise en compte des freintes (pertes admissibles), de déterminer si le réservoir présente une perte d'étanchéité.

Le déroulement de la séquence est le suivant :

N°	Opération	Acteur
1	Détermination des réservoirs à jauger	Responsable de l'exploitation pétrolière
2	Prise de consigne par l'opérateur du réservoir à jauger auprès du responsable de l'exploitation	Opérateur pétrolier
3	Jaugeage du réservoir (décade) : - mesure de la quantité de produit par jaugeage manuel ; - report du résultat (hauteur de produit, température et densité) sur un support adapté (informatique, fiche d'exploitation)	Opérateur pétrolier

5	Vérification de la cohérence du résultat : - comparaison de la mesure manuelle avec un dispositif de mesurage de niveau en continu ; - calcul de la différence entre le volume prévu et celui effectivement mesuré dans le réservoir avec prise en compte des freintes pour évaluer les écarts entre le stock physique et le stock comptable	Responsable de l'exploitation pétrolière
6	Si incohérence, vérification de la présence d'une fuite (récolement, vérification de la présence de produit dans l'espace annulaire, vérification du fonctionnement de la sonde de détection de carburant) sur le réservoir	Responsable de l'exploitation pétrolière

Etat de l'art :

Les opérations de jaugeage (jaugeage manuel, vérification de la cohérence) font l'objet d'une procédure d'exploitation mise en œuvre par des personnels formés et qualifiés en concordance avec les pratiques du milieu pétrolier. Les incertitudes de mesure de jaugeage sont de l'ordre de +/- 1 mm.

Les freintes à l'entrée sont modulées selon la nature du produit et le mode d'acheminement des produits, afin de tenir compte du moyen de transport et de la volatilité des produits. Pour le DEAN de Landivisiau, les freintes admissibles à l'entrée sont :

Moyens de transport à l'arrivée	Produits bénéficiaires : huiles moyennes, gazole, pétrole lampant, fioul domestique et biocarburants destinés à être incorporés dans des carburants
Camions et remorques	Freintes : 0,5 ‰

La prise en compte des pertes naturelles de stockage et de manutention en cours de stockage s'effectue selon un système de freintes forfaitaires appliquées aux sorties physiques de l'établissement. Les taux de perte applicables varient en fonction de la nature du produit. Pour le DEAN de Landivisiau, les freintes admissibles en sortie sont :

Moyens de transport à la sortie	Produits bénéficiaires : huiles moyennes, gazole, pétrole lampant, fioul domestique et biocarburants destinés à être incorporés dans des carburants
Tous moyens de transport, y compris les expéditions par oléoduc	Freintes : 0,3 ‰

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité :

Analyse qualitative préalable	Tâche de sécurité assurée par deux acteurs (le responsable de l'exploitation pétrolière et l'opérateur pétrolier) qui ont des actions à mener distinctes. Personnels formés, qualifiés.			
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	L'inventaire matière douanes (décade) est identifié comme une tâche spécifique indépendante du scénario d'accident.		
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif	L'inventaire matières douane permet de s'assurer que le volume décadaire mesuré est cohérent avec le volume prévu. La validation du résultat permet de s'assurer de l'intégrité du réservoir.
			Connaissance	Les connaissances sont identifiées et pourvues : le personnel affecté à cette action est formé par parrainage avant d'effectuer cette tâche seul. L'activité jaugeage est routinière et pratiquée tous les jours.
			Matériel	Les matériels sont identifiés et suivis : les jauges manuelles portatives sont soit étalonnées (réservoirs sous douanes) soit vérifiées (procédure interne).
		Résistance aux contraintes spécifiques	Il n'existe aucune contrainte sur cette action car elle est effectuée dans une séquence temporelle complètement distincte de l'évènement initiateur pouvant conduire à sa sollicitation.	
Temps de réponse	Dans le rapport 2011/01 du GESIP relatif à l'étanchéité des cuvettes en béton et dans le guide de lecture des textes « liquides inflammables » d'octobre 2013 (MEDDE), un délai maximal admissible de 21 jours est fixé pour la récupération du produit.			

EVALUATION DE LA PERFORMANCE		
Obtention de l'information		
Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. Le jaugage est une opération simple et la détermination du creux est effectuée à partir d'abaques simples. Des contraintes météorologiques défavorables peuvent avoir une influence sur la réalisation des tâches.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, le jaugage des réservoirs est effectué, temporellement, en dehors des phases d'exploitation.
Détection passive	Information	Sans objet
	Disponibilité	Sans objet
Evaluation		Décote -1
Diagnostic		
Information	Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.	
Guidage	Niveau de guidage adapté à la situation.	
Evaluation		Décote 0
Action à réaliser		
Stress	Niveau de stress acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur.	
Tâche	Tâche simple et peu exigeante : cette action fait partie des apprentissages de base du métier.	
Evaluation		Décote 0
Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs		
Rôle et responsabilités clairement définis	Oui : note d'organisation. Conformément à Oméga 20, un opérateur pétrolier réalise les actions et un second les contrôle.	
Informations transmises sans ambiguïté	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation	
Outils de communication identifiés et performants	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation	
Evaluation		Décote 0
Niveau de confiance		
Evaluation		NC1

Références réglementaires et techniques :

- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.
- Circulaire (29 août 2011) - régime de l'entrepôt fiscal de stockage (EFS).
- Circulaire (26 octobre 2012) - circulation des produits énergétiques et formalités applicables pour l'acquittement de la fiscalité.



CAS CONCRET SFDM

Etude technique d'un réservoir du
Parc B de Saint-Baussant

Sommaire

1	CONTEXTE ET OBJET	5
2	PRESENTATION DU SITE ETUDIE ET DE SES ACTIVITES.....	6
2.1	PRESENTATION SUCCINCTE DE LA REGION DE SAINT-BAUSSANT ET DU PARC B.....	6
2.2	PRODUITS PRESENTS	7
2.3	ACTIVITES PRESENTES SUR LE SITE	8
2.3.1	<i>Réception des produits dans les réservoirs de stockage du parc B</i>	<i>8</i>
2.3.2	<i>Expédition des produits depuis le parc B.....</i>	<i>9</i>
2.3.3	<i>Installations de stockage</i>	<i>10</i>
2.3.4	<i>Mode opératoire lors de la réception des hydrocarbures au sein des bacs</i>	<i>13</i>
2.3.5	<i>Sécurités.....</i>	<i>13</i>
3	ANALYSE DES RISQUES DE PERTE DE CONFINEMENT	18
3.1	METHODOLOGIE D'ANALYSE DES RISQUES UTILISEE.....	18
3.2	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	18
3.3	NŒUDS PAPILLON.....	20
3.3.1	<i>Etude d'un scénario de fuite sur le réservoir</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Etude d'un scénario de débordement de réservoir</i>	<i>23</i>
4	ANALYSE DE LA SENSIBILITE ENVIRONNEMENTALE	25
4.1	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL	25
4.1.1	<i>Localisation du site.....</i>	<i>25</i>
4.1.2	<i>Patrimoine culturel</i>	<i>26</i>
4.1.3	<i>Eaux, sols et sous-sols</i>	<i>27</i>
4.1.4	<i>Espaces naturels.....</i>	<i>30</i>
4.2	SYNTHESE DE LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	31
4.3	COTATION DE LA SENSIBILITE ENVIRONNEMENTALE.....	32
4.3.1	<i>Détermination des facteurs S, P, M et V</i>	<i>33</i>
5	EVALUATION DE L'IMPACT DES RESERVOIRS DE STOCKAGE SUR L'ENVIRONNEMENT	34
5.1	MATRICE DE CRITICITE	34
5.1.1	<i>Avant prise en compte des barrières.....</i>	<i>34</i>
5.1.2	<i>Après prise en compte des barrières.....</i>	<i>35</i>
5.2	CONCLUSION	35

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques environnementales des produits	7
Tableau 2 : Réservoirs concernés par l'étude	10
Tableau 3 : Probabilités de défaillance des MMR de prévention.....	23
Tableau 3 : Niveau de confiance des barrières de prévention.....	24
Tableau 4 : Niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques.....	24
Tableau 5 : Monuments historiques.....	26
Tableau 6 : Points de prélèvements d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site.....	29
Tableau 7 : Tableau de synthèse des enjeux environnementaux autour du site.....	32
Tableau 8 : Matrice de criticité résiduelle (sans barrière).....	34
Tableau 9 : Matrice de criticité résiduelle (avec barrières).....	35

Liste des figures :

Figure 1 : Localisation des parcs de stockage de la Région de Saint-Baussant	6
Figure 2 : Environs du parc B (Source : Google Earth).....	6
Figure 3 : Présentations des installations présentes sur le parc B	7
Figure 4 : Pomperie BP	9
Figure 5 : Plan en coupe des réservoirs.....	12
Figure 6 : Niveaux alarmés dans un bac semi-enterré	14
Figure 7 : Nœuds papillon pour la perte de confinement	21
Figure 8 : Nœud papillon pour le débordement	23
Figure 9 : Localisation du site	25
Figure 10 : Localisation des sites inscrits et classés.....	26
Figure 11 : Plan en coupe de la géologie du site	27
Figure 12 : Localisation des captages au voisinage du site	28
Figure 13 : localisation des captages au voisinage du site	29
Figure 14 : localisation des zones Natura 2000 au voisinage du site	30

Annexes :

- Annexe 1 – Fiches de caractérisation des barrières : Revêtement interne*
- Annexe 2 – Fiches de caractérisation des barrières : Inspection quinquennale*
- Annexe 3 – Fiches de caractérisation des barrières : NTH*

Gestion des modifications

Date	Référence version	Modifications
22 mai 2014	20140522	<i>Document initial</i>
16 juin 2014	20140616 V1	<ul style="list-style-type: none">• <i>Modification du nœud papillon pour la perte de confinement</i>• <i>Rajout de la partie « Comparaison entre seuil de détection de la VARBAC et seuil de détection de l'inventaire douane » (paragraphe 3.3.1)</i>• <i>Rajout de la partie relative à la matrice de criticité avant prise en compte des barrières (paragraphe 5.1.1)</i>

1 Contexte et objet

L'arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et à leurs équipements annexes soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la rubrique 1432 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement définit les dispositions applicables aux réservoirs enterrés. SFDM est concerné par ce texte pour les parcs C et D de la Région de Châlons et le parc B de la Région de Saint-Baussant.

De par leur origine militaire, ces installations, contrairement à celles à usage civil, ont été durcies afin de limiter les effets dus à des agressions : les réservoirs sont semi-enterrés et éloignés les uns des autres afin de limiter tout risque de propagation.

Les réservoirs étant de grande capacité (entre 11 000 et 13 000 m³ unitaire), ils ne peuvent être manufacturés en usine et doivent être construits sur leur lieu d'exploitation. De plus, l'exploitation de telles installations nécessite des canalisations permettant de travailler à des débits élevés, des pressions de service importantes. Les canalisations, de grande longueur, ne peuvent donc s'apparenter à des canalisations de station-service fonctionnant par gravité ou à faible pression.

Par conséquent, l'application de l'arrêté du 18 avril 2008 nécessite des dispositions spécifiques, comme prévu par l'article 1^{er} de l'arrêté, notamment vis-à-vis de l'application de son article 16, qui demande que les réservoirs simple enveloppe enterrés non placés en fosse existants doivent être remplacés ou transformés en réservoirs à double enveloppe avec système de détection de fuite conforme à la norme EN 13160.

L'objet de cette étude technique est de démontrer que les « *dispositions spécifiques* » mises en œuvre sur ces réservoirs (et leurs équipements annexes) permettent de garantir des résultats au moins équivalents, en matière de protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, à ceux qui seraient obtenus avec des réservoirs enterrés double enveloppe équipés de système de détection de fuite.

Elle permet d'analyser le niveau de risque présenté par les réservoirs enterrés du parc B de la Région de Saint-Baussant compte-tenu de la sensibilité de l'environnement autour du site et des mesures de prévention et de limitation mises en place par SFDM.

Cette analyse du niveau de risque se fera au travers :

1. De l'analyse de la sensibilité environnementale au moyen de la méthode de cotation de la sensibilité environnementale présentée en 1^{ère} partie – annexe D1 ;
2. De l'analyse de la probabilité de fuite du système au moyen d'un nœud papillon ;
3. De l'étude du risque résiduel découlant des mesures de prévention des pertes de confinement et de limitations d'effets environnementaux potentiels d'épandage de produits (positionnement dans la matrice de criticité).

2 Présentation du site étudié et de ses activités

2.1 Présentation succincte de la Région de Saint-Baussant et du Parc B

La région de Saint-Baussant est constituée de 2 parcs de stockage :

- le parc A, le parc principal, implanté sur la commune de Saint-Baussant, et ;
- le parc B, localisé dans la commune de Limey-Remenuville.

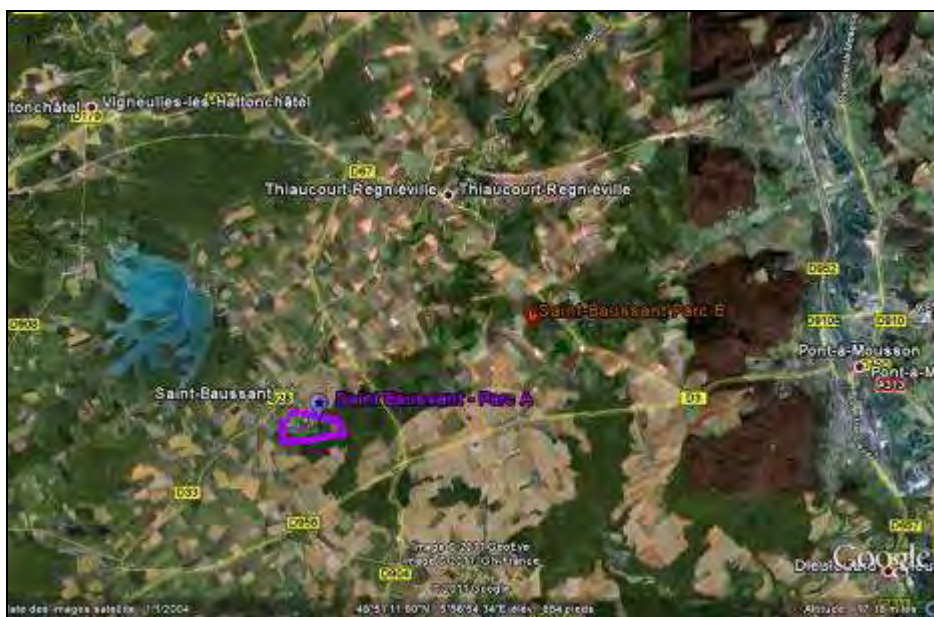


Figure 1 : Localisation des parcs de stockage de la Région de Saint-Baussant

Le parc B ne sert qu'au stockage de produits pétroliers liquides. Il est implanté sur la commune de Limey-Remenuville (54), dans le département de la Meurthe-et-Moselle, à environ 5 km au nord du village de Limey-Remenuville :



Figure 2 : Environs du parc B (Source : Google Earth)

Le parc B dispose de 9 bacs de stockage d'hydrocarbures liquides semi-enterrés, pouvant contenir du gazole ou du fioul domestique (FOD).



Figure 3 : Présentations des installations présentes sur le parc B

2.2 Produits présents

Le parc B de saint-Baussant stocke du gazole et du fioul oil domestique (FOD).

Les caractéristiques de ces produits liées à leurs risques vis-à-vis de l'environnement sont les suivantes :


Produit	Caractéristiques physico-chimiques	Phrases de risques environnementales	Etiquetage associé
FOD Gazole	Liquide fluide Non soluble à l'eau Masse volumique : 820 à 880 kg/m ³ à 15°C	H411 Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme	Règlement (CE) n° 1272/2008  GHS09

Tableau 1 : Caractéristiques environnementales des produits

La température du produit dans les réservoirs varie entre 4°C et 17°C. Cette température est inférieure à leur point éclair.

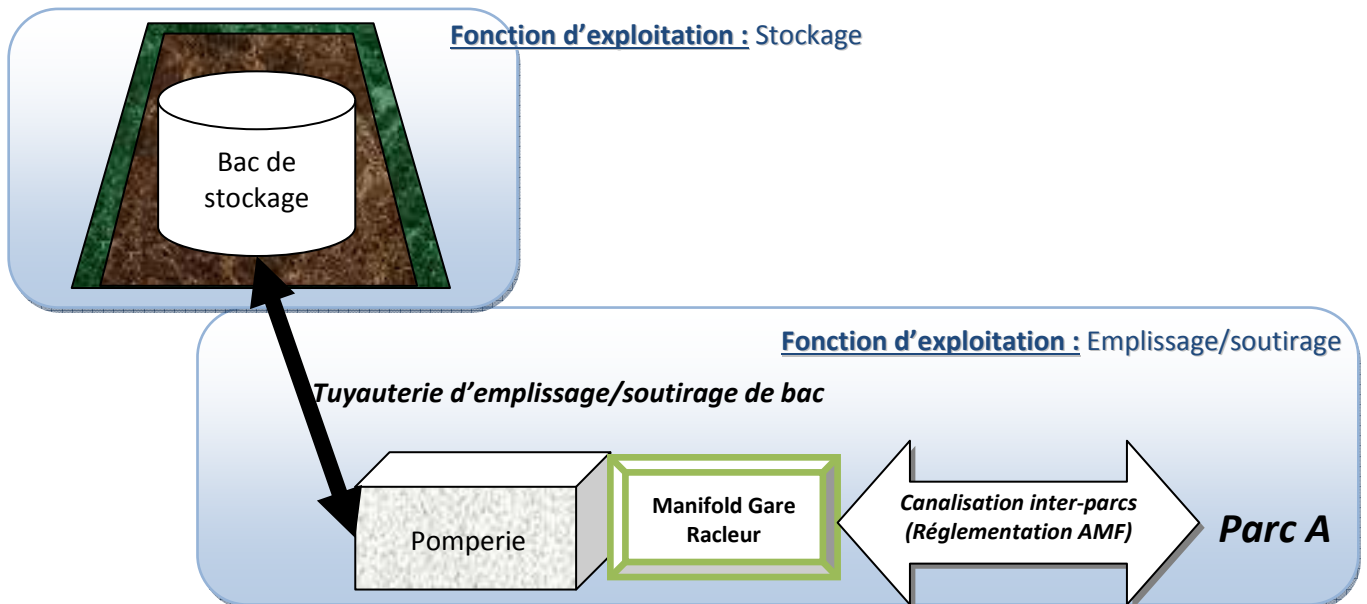
2.3 Activités présentes sur le site

Les fonctions d'exploitation d'un réservoir enterré de grande capacité repris dans cette étude du cas concret sont les suivantes :

<u>FONCTIONS D'EXPLOITATION</u> (réservoir enterré + équipements annexes)
- L'emplissage (<i>phase dynamique</i>)
- Le stockage (<i>phase statique à la pression atmosphérique</i>)
- Le soutirage (<i>phase dynamique</i>)

Le parc B de Saint-Baussant est dédié au seul stockage de gazole et de fioul.

Les produits sont livrés dans les réservoirs et expédiés depuis les réservoirs via une unique tuyauterie de liaison vers la pomperie (pomperie BP), puis via la canalisation inter-parcs (soumise à la réglementation « canalisation de transport (AMF) ») jusqu'au parc A de la Région de Saint-Baussant, suivant le schéma ci-dessous :



2.3.1 Réception des produits dans les réservoirs de stockage du parc B

Les produits arrivant du parc A entrent dans le parc B par le manifold gare-raqueur¹, à un débit d'alimentation des réservoirs de 550 m³/h au départ du parc A.

Ces produits se dirigent ensuite dans la pomperie voisine où les ouvertures/fermetures de vannes permettent le remplissage du réservoir choisi via des canalisations enterrées de diamètre 8'' (200 mm).

Tuyauteries de liaison présentes dans le parc B

Le Parc B dispose de 9 canalisations de diamètre 8'' (200 mm) reliant la pomperie BP aux 9 bacs de stockages du site. Chacune des canalisations sert au remplissage et à la vidange du bac auquel elle est affectée.

¹ Installation composée de tuyauteries aériennes et permettant de récupérer les instruments de nettoyage et de contrôle de la canalisation inter-parcs

L'ensemble des canalisations présentes dans le parc B est enterré, à l'exception de la partie située dans la gare racleur et du collecteur situé dans la pomperie.

L'ensemble des canalisations est protégé par un revêtement bitumineux extérieur et est sous protection cathodique.

Ces canalisations ne sont pas comprises dans le périmètre d'étude de ce document (canalisations d'usine).

Pomperie BP

La pomperie BP du parc B a pour objet :

- D'assurer la réception de produits hydrocarburés (au moyen de la pomperie BP du Parc A) dans les bacs ;
- D'assurer l'expédition des produits contenus dans les bacs ;
- D'assurer le transfert de produits entre les différents bacs du parc (très rare).

La pomperie BP est constituée d'une fosse maçonnée qui accueille :

- deux collecteurs aériens ;
- 2 pompes électriques, en parallèle, engendrant chacune 6,5 bars, permettant un débit total de 550 m³/h, et ;
- des vannes motorisées.



Figure 4 : Pomperie BP

Salle de contrôle

Le parc B possède une salle de contrôle au sein de laquelle sont retransmises les différentes informations concernant les installations : niveau haut, niveau très haut des bacs, état des vannes (fermées ou ouvertes).... La sélection des bacs à transférer ou à expédier est effectuée par l'opérateur au sein de cette salle.

Les informations concernant les installations du parc B sont également retransmises sur le superviseur localisé dans la salle de contrôle du parc A et au *dispatching*, situé à AVON (77).

Le superviseur du parc A permet également à l'opérateur de visionner en temps réel les informations relative à la surveillance de l'activité sur le parc B (débit de transfert, niveau du bac, pression, densité du produit...). Les différentes alarmes sont également retransmises dans ce local, au parc A et au *dispatching*.

2.3.2 Expédition des produits depuis le parc B

L'expédition des produits s'effectue exclusivement vers le Parc A, par l'intermédiaire des mêmes canalisations que pour la réception, via la pomperie BP du parc B.

L'expédition des produits se fait au moyen des 2 pompes électriques situées dans la pomperie BP.

2.3.3 Installations de stockage

Les installations visées par cette étude sont les 9 bacs de stockage dont les caractéristiques sont les suivantes :

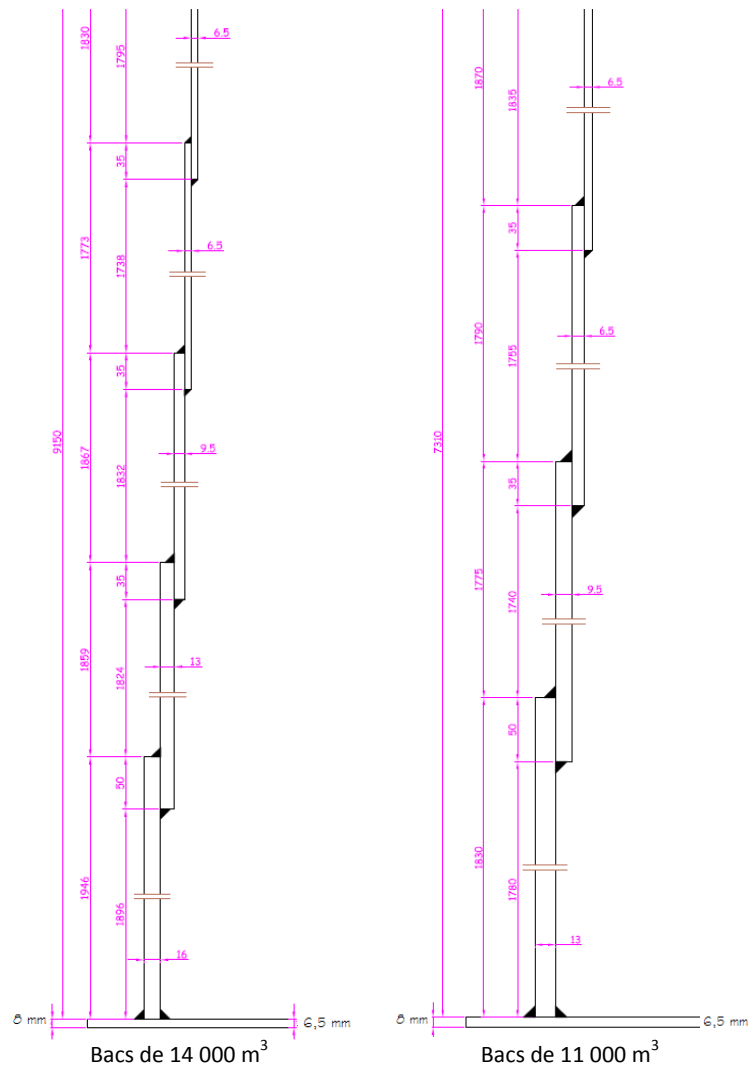
Numéros des bacs	Diamètres	Hauteurs de produit	Volume maximum du barèmage	Volume nominal de la cuve
1	43,89 m	7,15 m	10 874 m ³	11 000 m ³
2	43,89 m	7,15 m	10 877 m ³	11 000 m ³
3	43,89 m	7,15 m	10 883 m ³	11 000 m ³
4	43,89 m	7,15 m	10 886 m ³	11 000 m ³
5	43,89 m	7,15 m	10 888 m ³	11 000 m ³
6	43,89 m	7,15 m	10 827 m ³	11 000 m ³
7	43,89 m	7,15 m	10 874 m ³	11 000 m ³
8	43,89 m	8,95 m	13 575 m ³	14 000 m ³
9	43,89 m	9,00 m	13 643 m ³	14 000 m ³

Tableau 2 : Réservoirs concernés par l'étude

Ces bacs ont été construits entre 1952 et 1956, suivant le code API en vigueur et n'ont fait l'objet d'aucune modification structurelle depuis.

Les bacs de stockage sont composés d'une cuve métallique cylindrique à axe vertical entourée extérieurement d'un encuvement béton de 30 cm d'épaisseur. Le toit consiste en une galette de béton d'environ 30 cm et supporté par 63 poteaux métalliques.

Les tôles constituant la cuve métallique sont montées à champ avec double soudure. Les caractéristiques de la cuve métallique (acier) sont les suivantes :



Le fond est revêtu intérieurement d'une résine époxy. Les viroles constituant la robe des bacs sont revêtues intérieurement sur une hauteur de 1 m à partir du fond. L'ensemble est enterré et le béton du toit est recouvert de 1 m de terre, ce qui assure un durcissement des installations au niveau « sécurité défense » tout en protégeant les réservoirs des risques d'incendie.

Ces bacs de stockage à pression atmosphérique dispose d'évents sur son toit afin d'éviter les déformations de la cuve dues aux phénomènes de surpression ou de dépression lors des phases de remplissage ou du soutirage.

Chaque bac est équipé en pied :

- d'un orifice de diamètre 200 mm avec vanne à opercule manuelle extérieure sur bride raccordée à une canalisation unique entrée / sortie d'hydrocarbures,
- d'un orifice de diamètre 100 mm avec vanne manuelle extérieure sur bride raccordée à une canalisation de purge d'eau (purge d'eau du réservoir).

Pour chaque bac, un puits latéral permet :

- le passage des tiges de report de commande manuelle en surface,
- la visite des vannes et brides.

Une indication de niveau est donnée en local avec report en salles de contrôle des parcs B et A et au *Dispatching* d'Avon, où une présence humaine devant les moniteurs de contrôle est assurée 24h/24.

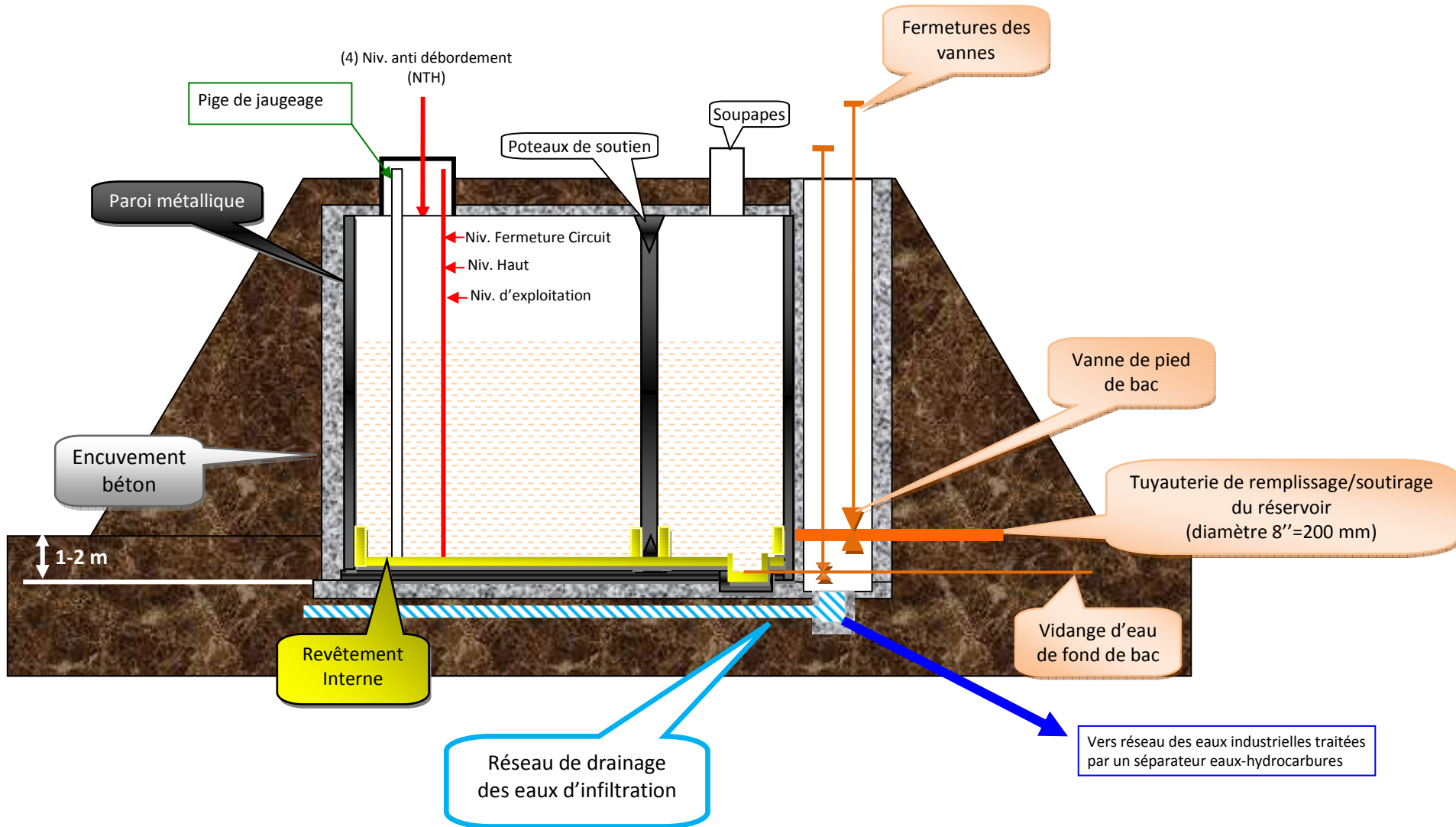


Figure 5 : Plan en coupe des réservoirs

2.3.4 Mode opératoire lors de la réception des hydrocarbures au sein des bacs

Les opérations de réception sur les bacs font l'objet d'une instruction d'exploitation interne et se déroulent de la manière suivante :

- Avant la réception de produit au parc B, l'opérateur doit se rendre sur place afin de :
 - présélectionner, sur le superviseur en salle technique, le bac concerné, et ;
 - Effectuer l'inspection préalable du bac : jaugeage, ouverture de la vanne manuelle de pied de bac. (Un jaugeage manuel du bac concerné est effectué avant et après toute opération)
- Toutes les heures, un relevé est effectué par le technicien d'exploitation du parc par lecture de la jauge WHESOE ; ce qui permet une comparaison avec le volume transféré comptabilisé au parc A et retransmis depuis celui-ci au parc B. Cette procédure est appelée « balance de ligne ». Les courbes de mouvement sur lesquelles sont reportées les valeurs de jauge et les valeurs « comptées » au parc A permettent de suivre le bon déroulement des opérations ; un défaut de parallélisme des droites traduisant une anomalie.

2.3.5 Sécurité

Surveillance du niveau des bacs lors des mouvements de produit

Tous les bacs sont équipés de sécurités redondantes et indépendantes afin d'éviter un débordement lors des opérations de remplissage :

- **Une jauge de niveau** (WHESOE), qui permet la mesure en continu du niveau de liquide dans le réservoir, est munie des seuils suivants :
 - Un seuil de « niveau d'exploitation » (NE) : c'est un seuil de consigne, sur lequel s'évalue le creux du bac, donc le volume à transférer. Il ne doit pas être dépassé en exploitation ;
 - un seuil de niveau « haut » (NH) : le franchissement de ce seuil déclenche une alarme en salle de contrôle et au *dispatching* ;
 - un seuil de niveau « fermeture des circuits » (NFC) : le franchissement de ce seuil déclenche :
 - une alarme en salles de contrôle (parc B et parc A) et au *dispatching* d'Avon (77);
 - la mise en sécurité des installations consistant en :
 - la fermeture de la vanne d'entrée du parc B ;
 - la fermeture des vannes du circuit concernant le bac en mouvement, situées dans la pomperie du parc B ;
 - l'arrêt des pompes de transfert BP du parc B.
- **Une détection de niveau très haut** (NTH) indépendante (flotteur avec contact). L'atteinte du seuil NTH déclenche :
 - une alarme en salles de contrôle et au *dispatching*;
 - Arrêt d'urgence des installations consistant en :
 - la fermeture de la vanne de sortie du parc A, située au départ de la canalisation reliant le parc A au parc B ;
 - la fermeture de la vanne d'entrée du parc B ;
 - la fermeture de toutes les vannes situées dans la pomperie du parc B ;
 - l'arrêt des pompes de transfert du parc B.

Les seuils des différents niveaux sont déterminés comme indiqué dans le schéma ci-dessous.

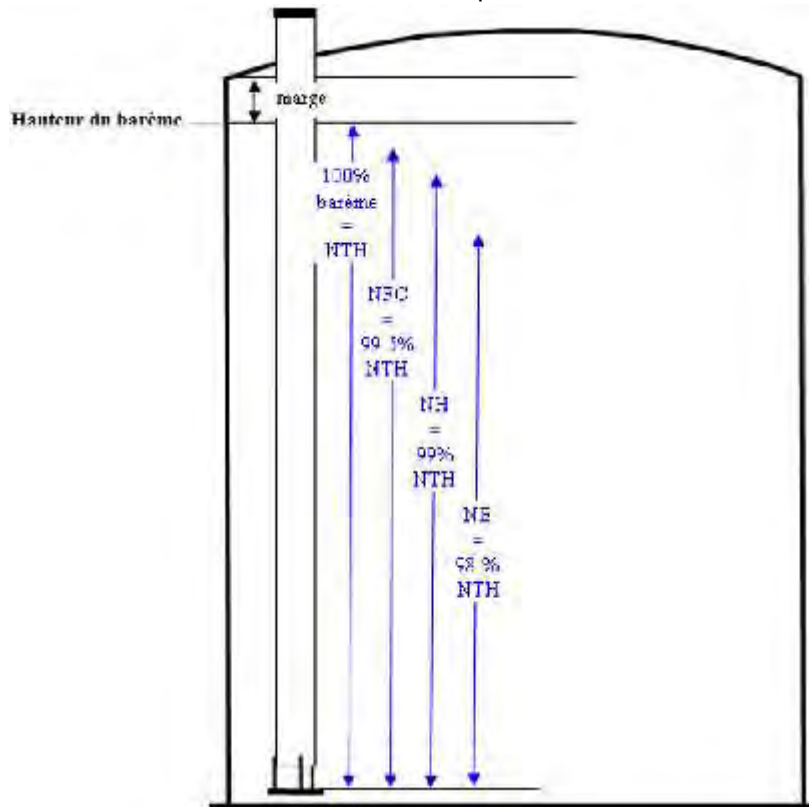


Figure 6 : Niveaux alarmés dans un bac semi-enterré

Surveillance du niveau des bacs hors phase de mouvement de produit (VARBAC)

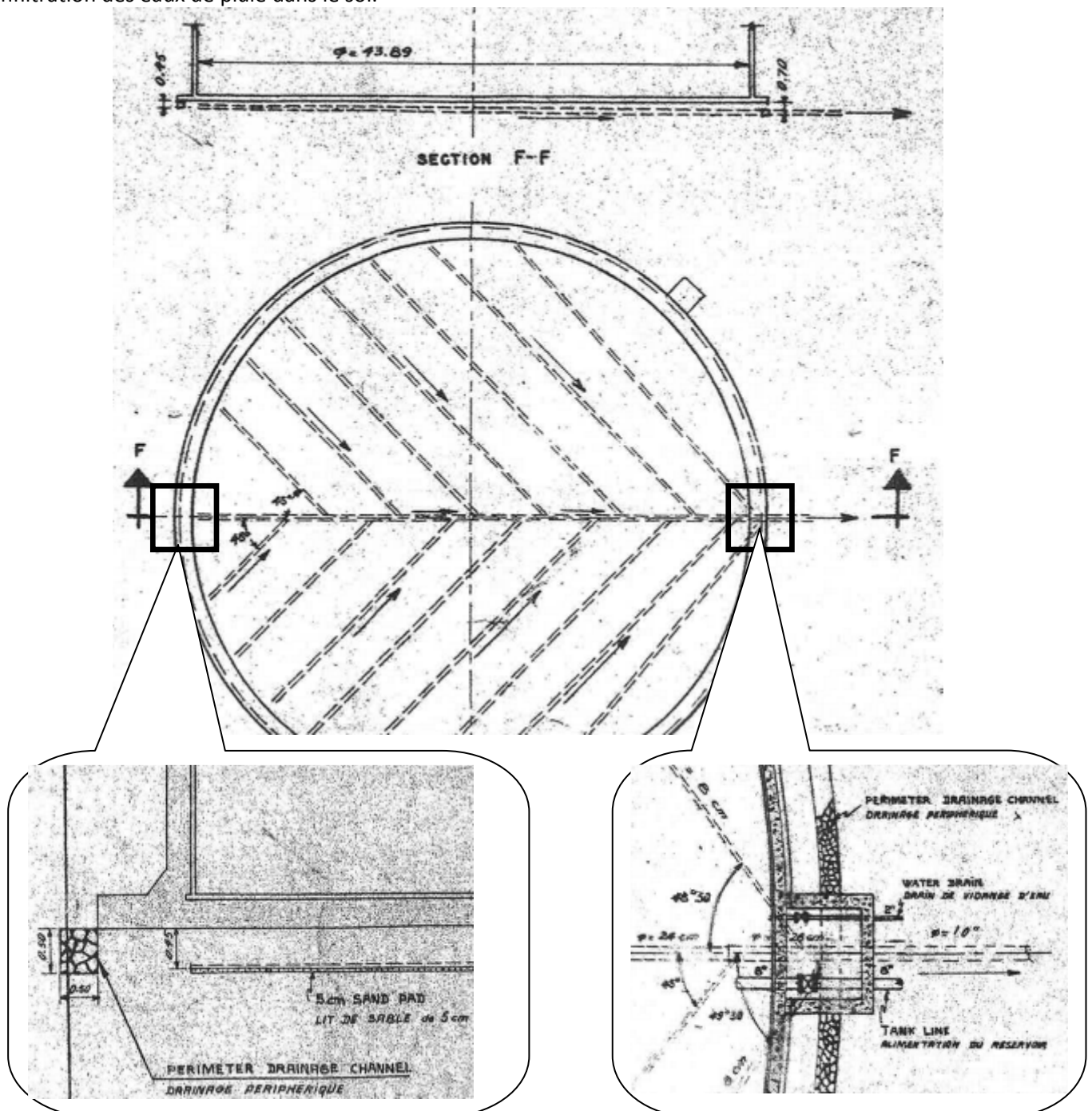
Quand le bac est en phase statique de stockage (hors phase remplissage/soutirage du bac), un système de contrôle permanent des variations de niveau dans les bacs, géré par un automate programmable, permet de déceler une perte de produit.

En effet, suite à un transfert, l'automate reconnaît la position fermée des vannes motorisées sur la liaison de bac et enregistre (suite à stabilisation d'1 heure) le niveau du bac retransmis par la jauge de niveau puis contrôle ce niveau (contrôle en continu).

Pour tout écart dans la mesure du niveau de produit dans le bac supérieur à 15 mm (23 m^3 en plus ou en moins) par rapport à la valeur du niveau de bac enregistrée, le système déclenche une alarme en salles de contrôle des parcs A et B et au *dispatching*.

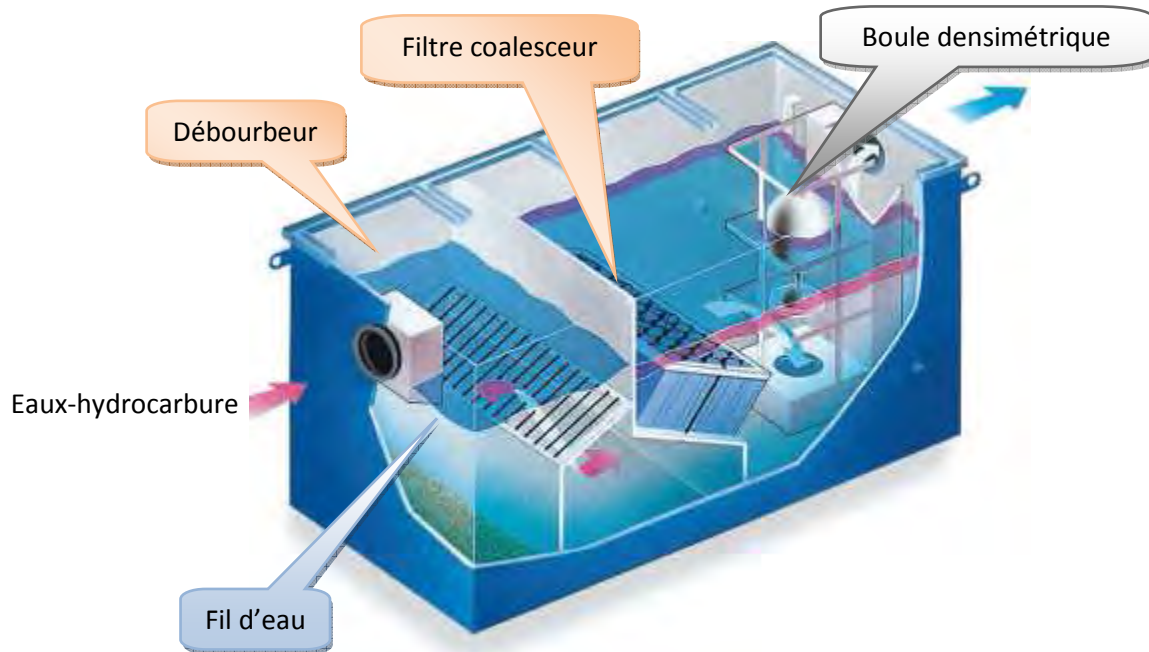
Réseau de drainage et séparateur principal du site

Chaque bac dispose d'un réseau de drainage (voir **Erreur ! Liaison incorrecte.**), afin d'évacuer les eaux issues de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol.



Pour chaque bac, ces eaux sont collectées en point bas de la chambre à vannes puis sont dirigées gravitairement vers le regard de drainage des bacs de stockage du parc. L'ensemble des effluents arrivant dans le regard de drainage est alors dirigé gravitairement vers le séparateur principal eau-hydrocarbure du parc, qui traite toutes les eaux industrielles du site.

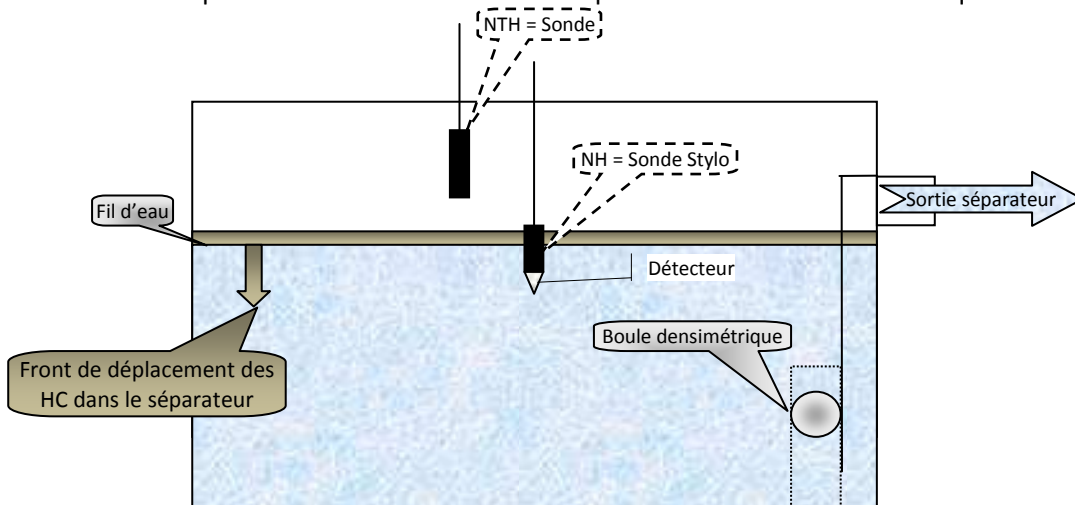
Le séparateur principal du parc B est constitué comme indiqué ci-dessous :



Le séparateur est équipé de 2 sondes dont le positionnement permet de définir :

- un niveau haut (NH), dont l'atteinte déclenche une alarme transmise en salle de contrôle ;
- un niveau très haut (NTH), dont l'atteinte déclenche un arrêt d'urgence des installations.

Ces sondes sont positionnées dans le second compartiment et leurs caractéristiques sont les suivantes :



En cas d'arrivée de produit hydrocarboné (HC), le niveau d'eau va être remplacé par du produit et atteindre le détecteur de la sonde stylo et déclencher l'alarme de niveau haut (NH).

Au fur et à mesure de l'arrivée du produit dans le séparateur, le niveau du front de produit va descendre vers la sortie, jusqu'à actionner la boule densimétrique afin qu'elle obture la sortie du séparateur. Ainsi le produit va s'accumuler dans le séparateur et faire monter le niveau jusqu'à atteindre la sonde NTH (en position fixe dans le séparateur) et déclencher l'arrêt d'urgence du parc.

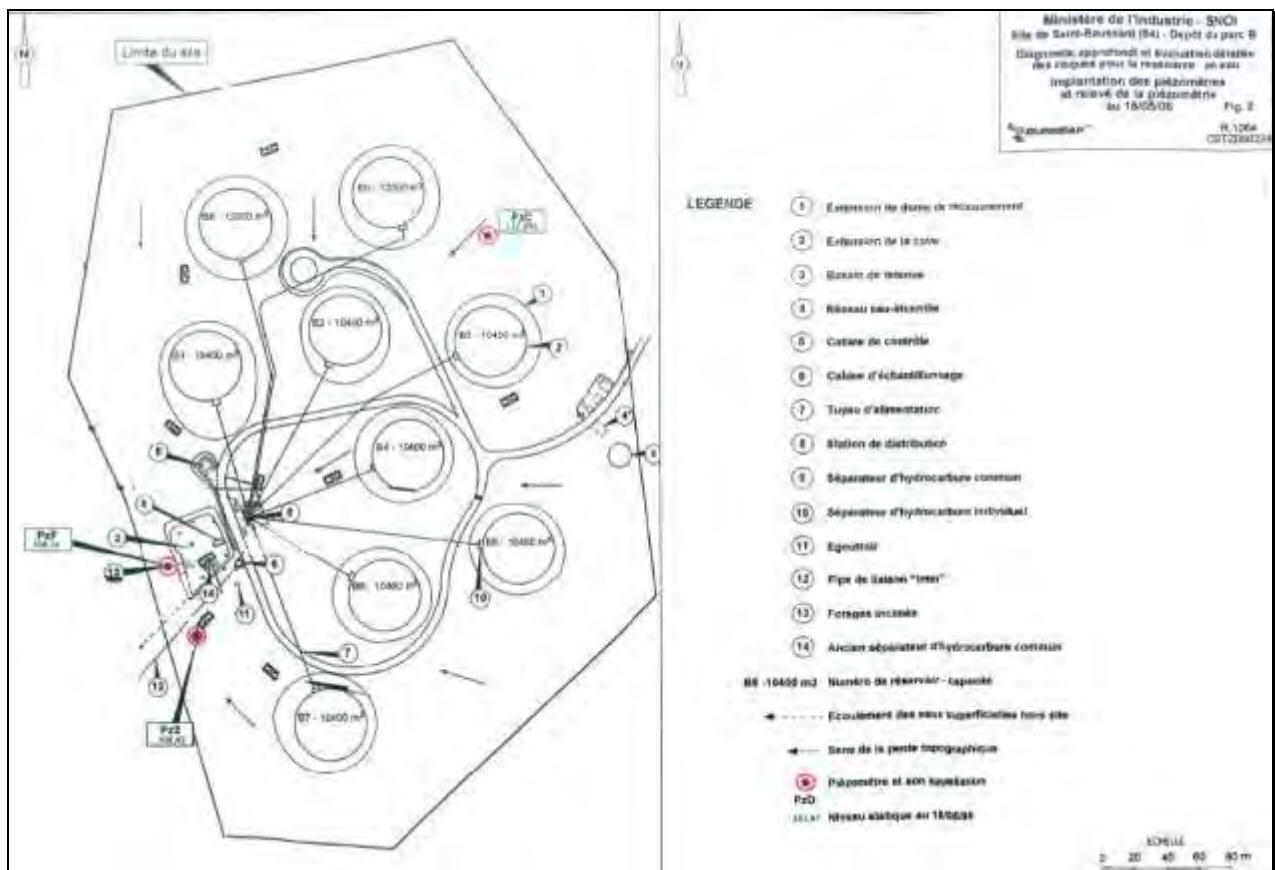
Inventaire matière physique mensuel (inventaire douane)

Le site étant un Entrepôt Fiscal de Stockage (EFS), il est soumis à la surveillance par la douane des quantités de produit présents sur le parc. Ainsi, il est réalisé mensuellement par un technicien SFDM un mesurage en bac de la quantité de produit stocké. Cette valeur est comparée au stock comptable déclaré en douane par le responsable d'exploitation, au litre près.

En effet, les incertitudes liées aux instruments et au mode d'exploitation sont encadrées par la réglementation douanière.

Réseau piézométrique

SFDM dispose de piézomètres en limite du site, comme indiqué ci-dessous :



Les piézomètres dénommés sur cette carte PzC (amont hydraulique), PzF et Pz2 (aval hydraulique) sont contrôlés :

- mensuellement pour ce qui concerne la détection visuelle de présence d'hydrocarbures
- semestriellement pour ce qui concerne l'analyse des eaux prélevées dans les piézomètres.

3 Analyse des risques de perte de confinement

3.1 Méthodologie d'analyse des risques utilisée

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée afin d'identifier :

- les sources de défaillances possibles conduisant à une perte de confinement du système,
- les moyens de prévention mis en place afin d'éviter la perte de confinement
- les moyens de détection/traitement mis en place afin de limiter les effets environnementaux d'un rejet ou épandage accidentel de produit.

Les sources de défaillance à l'origine d'une perte de confinement, les moyens de prévention et les moyens de détection/limitation sont ensuite présentés sous forme de nœuds papillon, afin de vérifier la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux (PhD) d'épandage.

3.2 Analyse préliminaire des risques

Les fonctions de sécurité génériques identifiées pour les réservoirs enterrés de grande capacité sont les suivantes, mais seules les 4 premières sont liées à un risque de pollution, les autres étant traitées dans le cadre plus général des études des dangers.

<u>FONCTIONS DE SECURITE</u> (réservoir enterré + équipements annexes)
<ul style="list-style-type: none">- Eviter ou prévenir un débordement- Prévenir une fuite- Détecter une fuite ou un épandage- Contrôler un épandage- <i>Prévenir la formation de vapeurs combustibles</i>- <i>Contrôler la formation de vapeurs combustibles</i>- <i>Prévenir les sources d'ignition</i>- <i>Prévenir les risques liés aux activités de la phase transitoire</i>

L'analyse préliminaire des risques pour le système bac est présentée dans le tableau ci-dessous. Elle étudie toutes les fonctions d'exploitation identifiées dans notre étude et les dispositions participant aux fonctions de sécurité définies ci-dessus.

Pour chaque source de danger identifiée dans le guide DLI, il est défini :

- L'ERC (Evénement Redouté Central) découlant de cette source de danger ;
- Les barrières de prévention mises en place par SFDM ;
- La barrière de limitation mises en place par SFDM ;
- Si le scénario accidentel est retenu dans l'analyse détaillé des risques ou pas.

L'analyse des risques faite dans ce recueil est spécifique aux risques liés à la perte de confinement engendrant un impact pour des enjeux environnementaux. Ainsi, les scénarios retenus pour l'analyse détaillée des risques ne sont volontairement limités par rapport à ceux retenus dans le cadre d'une étude des dangers complète, qui étudie les conséquences d'un incendie et/ou explosion pour la population et les biens présents à proximité du site.

Fonction d'exploitation: stockage					
Fonction de sécurité: Prévenir une fuite - Détecter une fuite					
Sources/Causes	Événement redouté central (conséquences)	Barrières de prévention (Gauche du nœud papillon)	Barrières de limitation (droite du nœud papillon)	Remarques	Conclusion
Corrosion interne de la robe				Pas de cause de corrosion interne de la robe: - Produit non corrosif - Contrôle qualité des produits - Accumulation d'eau en fond de bac	NON RETENU
Corrosion interne fond de réservoir	Perte de confinement	- Purge de l'eau en fond de réservoir régulièrement ; - Revêtement Epoxy sur le fond de bac et sur une hauteur de 1 m sur la virole - Inspection quinquennale - Epaisseur des tôles d'au moins 6,5 mm (minimum requis par codes de construction actuels: 2,5 mm): réserve de corrosion			RETENU
Soudure défectueuse (liaison fond/robe ou tôles de fond ou tôles de robe)	Perte de confinement	- Contrôle (méthode statistique) de la totalité des soudures	- Système VARBAC avec alarme au superviseur de la région et au Dispatching (24/24) - Réseau de drainage associé à un séparateur eau-HC - Contrôle mensuel des puits piézométriques - Inventaire matière mensuel des bacs (inventaire douane)		RETENU
Corrosion externe	Perte de confinement	- Etude hydrogéologique avant réalisation - Protection cathodique - Contrôle tous les 5 ans de la perte de matière (face interne et externe du fond du bac)			RETENU
Défaillance mécanique de la structure	Perte de confinement	- Protection de la cuve métallique par encuvement béton - Contrôle quinquennal de la géométrie du bac (rotondité/verticalité/altimétrie du fond du bac)			NON RETENU
Différentiel de pression				Pas de cause de différentiel de pression: - Stockage à pression atmosphérique - Evénements de respiration - Bacs enterrés -> peu de variation de température	NON RETENU
Agressions externes liées aux autres installations du parc B				Pas d'effets de propagation avec les autres installations	NON RETENU
Agressions externes liées à des travaux à proximité				Bacs de stockage sous talus donc protégés d'un choc	NON RETENU
Perte d'électricité	Perte de l'instrumentation Pas de conséquence directe sur une fuite de produit	- Secours par onduleur de l'instrumentation (autonomie d'une à deux heures)			NON RETENU

Fonction d'exploitation: Réception produit/emplissage du réservoir					
Fonction de sécurité: Prévenir un débordement - Contrôler un épandage					
Sources/Causes	Événement redouté central (conséquences)	Barrières de prévention (Gauche du nœud papillon)	Barrières de limitation (droite du nœud papillon)	Remarques	Conclusion
Surremplissage hydraulique	Débordement du bac par ses événements Ecoulement de produit inflammable sur le talus	- Balance de ligne réalisée par l'opérateur durant le remplissage d'un bac (suivi du remplissage du bac) - Jauge de niveau avec alarme et fermeture des vannes motorisées du bac concerné au niveau de la pomperie par le NFC - Sécurité de niveau très haut déclenchant l'arrêt d'urgence	- Présence d'un opérateur SFDM en cas de réception de produit - Bouton AU (arrêt d'urgence) permet d'arrêter la livraison de produit en 45" (temps entre déclenchement AU et arrêt des pompes/fermeture de toutes les vannes motorisées)		RETENU
Perte d'électricité	Perte de l'instrumentation	- Personnel SFDM présent lors de la réception de produit sur le parc - Secours par onduleur de l'instrumentation (autonomie d'une à deux heures)			RETENU
Agressions externes liées à des travaux à proximité				Pas de travaux à proximité des installations lors des transferts de produits	NON RETENU

3.3 Nœuds papillon

L'analyse détaillée des risques par arbre « papillon » permet d'identifier les séquences accidentelles susceptibles de se produire sur le site conduisant aux Evénements Redoutés Centraux (ERC) et aux phénomènes dangereux associés. Elle permet également le recensement exhaustif et le positionnement des barrières de sécurité.

La cotation de la probabilité d'occurrence s'est faite à partir de l'événement redouté central (ERC), en se basant sur le Guide DLI :

<i>Evénement</i>	<i>Références</i>	<i>Classe de fréquence</i>
Fuite sur réservoir	Guide DLI	F3 – F4
Débordement (avec suivi du niveau et actions)	Guide DLI	F4 (5.10^{-4})

Bien que les réservoirs étudiés :

- disposent d'un revêtement interne,
- font l'objet d'un contrôle quinquennal de la cuve métallique (fréquence de contrôle 2 fois plus importante que pour le cas des réservoirs aériens, à la base des probabilités d'occurrence inscrites dans la littérature)
- sont sous protection cathodique

ces barrières de prévention de l'évènement central redouté « fuite de la cuve métallique » ne sont pas valorisés dans notre analyse et il est considéré l'estimation basse de fréquence annuelle de fuite sur le réservoir, soit une classe de fréquence de F3.

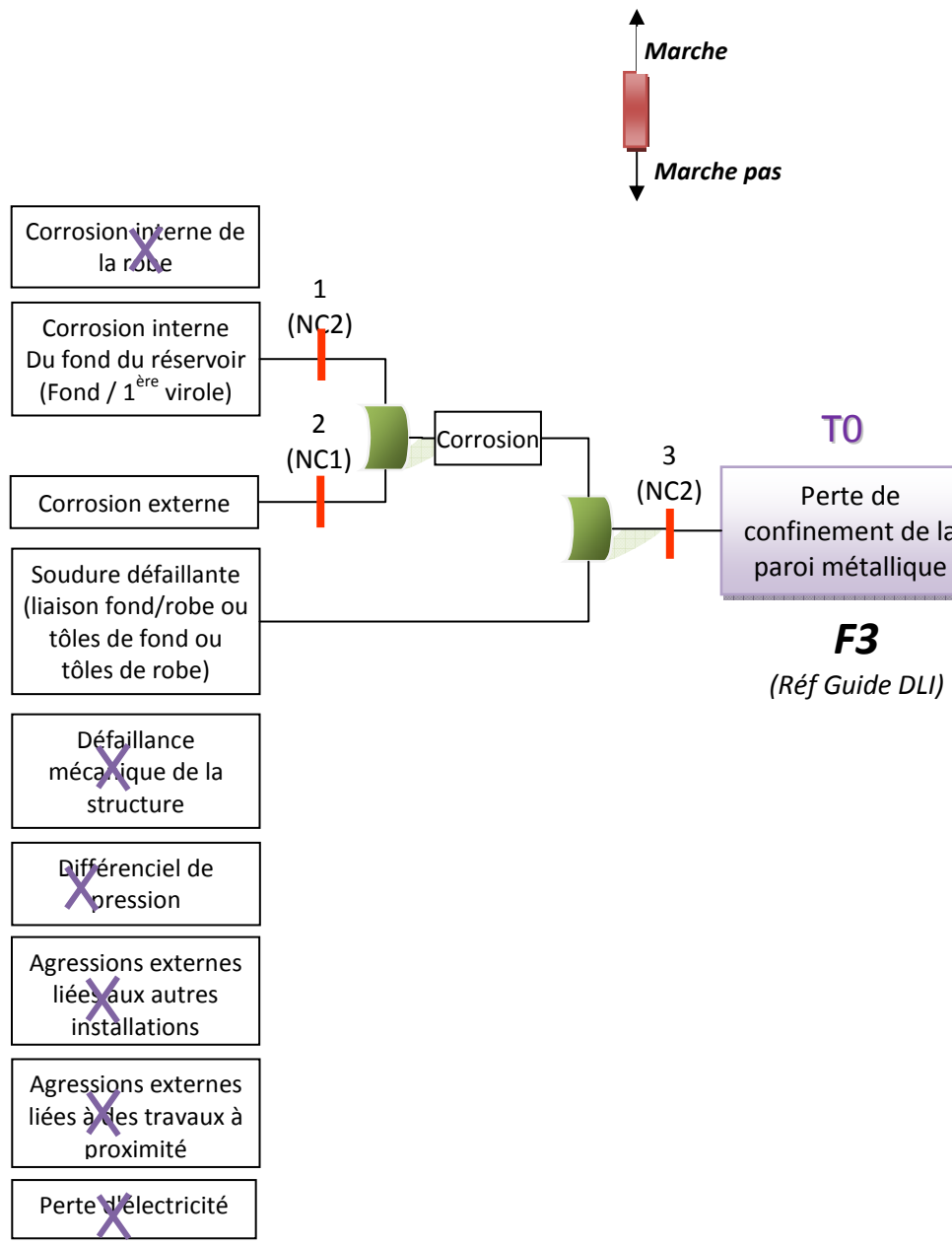
3.3.1 Etude d'un scénario de fuite sur le réservoir

Scénario

Le scénario envisagé est une fuite de la cuve métallique (corrosion fond de réservoir ou défaillance soudure) pendant la phase de stockage.

Déroulement du scénario et terme source

En cas de perte de confinement lors de la phase de stockage, le produit est dirigé, via le réseau de drainage vers le réseau des eaux industrielles du site. Les eaux récupérées par ce réseau sont regroupées dans un regard de drainage puis dirigées gravitairement vers le séparateur eaux-hydrocarbure du site, alarmé.



Intitulé de la barrière	
1	Revêtement interne du bac (barrière de prévention – non valorisée dans cet arbre)
2	Protection cathodique (barrière de prévention – non valorisée dans cet arbre)
3	Contrôle périodique (barrière de prévention – non valorisée dans cet arbre)
4	Effet limitateur de l'encuvement béton
5	Surveillance en continu du niveau de bac (VARBAC)
6	Réseaux de drainage relié au réseau HC et séparateur alarmé et équipé d'une boule d'obturation densimétrique en sortie
7	Inventaire physique fin de mois pour la douane (EFS)
8	Réseau piézométrique vérifié mensuellement

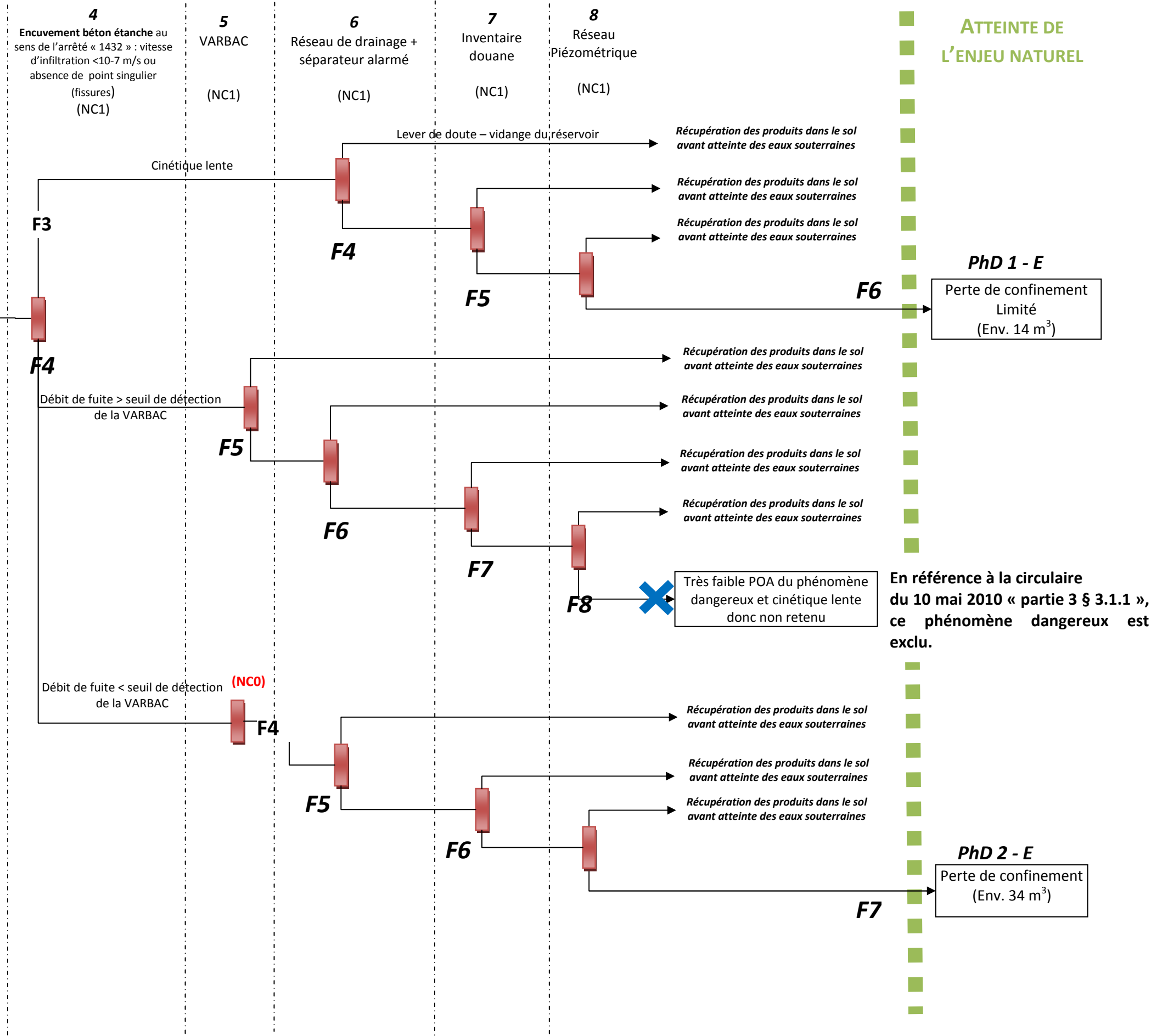


Figure 7 : Nœuds papillon pour la perte de confinement

Détermination des volumes de produits mis en jeu lors des scénarios impliquant l'atteinte des enjeux naturels

La fuite correspondant au PhD2 considère la pénétration du produit via les fissures et les points singuliers du béton. Dans ce cas, la vitesse retenue est donc la vitesse de pénétration.

Les bacs qui mouvementent le plus sur le site (phase dynamique) sont sollicités au plus 2 fois par mois en moyenne. Un transfert complet d'un bac dure moins de 24h. Donc nous pouvons considérer que ces bacs disposent d'une phase de repos de 14 jours mise à profit pour suivre l'évolution du niveau de produit dans le réservoir et ainsi détecter une fuite. Ainsi, pendant cette phase, en cas de dysfonctionnement de la barrière « VARBAC » (seuil de détectabilité non atteint), le volume de fuite non détecté sera donc au maximum de 23 m³ en 14 jours, ce qui correspond à un débit de fuite de 0,068 m³/h.

Nous considérons le cas majorant où le produit est récupéré en 21 jours. Ce délai correspond au temps maximal admissible fixé dans le rapport 2011/01 du GESIP relatif à l'étanchéité des cuvettes en béton et dans le guide de lecture des textes « liquides inflammables » d'octobre 2013 (MEDDE)). Il prend en compte le temps nécessaire à la mobilisation des moyens nécessaires, au pompage du produit et à l'excavation des terres polluées. Alors, le volume maximal susceptible d'atteindre un enjeu environnemental, dans le cas où l'encuvement béton est fissuré, sera donc d'au plus 34 m³.

- *Comparaison entre seuil de détection de la VARBAC et seuil de détection de l'inventaire douane*

L'inventaire physique des douanes consiste en un jaugeage manuel une fois par mois, qui est comparé au compteur (équipement) en entrée de la région de Saint-Baussant.

Compte-tenu des incertitudes inhérentes aux appareils de mesure (ruban de jaune et compteur), un écart de 1‰ est accordé lors l'inventaire douane (mensuel).

En considérant un volume d'activité annuel du site à d'environ 300 000 m³, l'écart admissible par mois est de : 1‰ x 30 x 400 000 /364, soit 32,9 m³ par mois.

Le seuil de détection de la VARBAC est calculé à 0,068 m³/h, ainsi, au bout d'un mois, le volume de fuite non détectée par la VARBAC serait de 48,96 m³; ce volume étant supérieur à l'écart admissible lors de l'inventaire douanier, il sera détecté.

Dans le cas de la fuite correspondant au PhD1, c'est-à-dire le cas où l'encuvement béton ne présente pas de point singulier (fissure), seule une partie du volume détermine pour la fuite correspondant au PhD2 (34 m³) sera susceptible d'atteindre un enjeu environnemental suite à une infiltration dans le béton.

Le rapport entre vitesse d'infiltration et vitesse de pénétration est lié à la porosité du milieu (pourcentages de vides offerts à la circulation du liquide) :

$$V_{\text{pénétration}} = \frac{V_{\text{infiltration}}}{\omega}$$

La porosité du milieu ω est prise à 0,4 de manière conservatoire

Le volume maximal susceptible d'être déversé, dans le cas où l'encuvement béton ne présente pas de point singulier, sera donc d'au plus 14 m³.

3.3.2 Etude d'un scénario de débordement de réservoir

Scénario

Le scénario envisagé est un débordement d'un bac par ses événements lors de son remplissage.

Déroulement du scénario

En cas de remplissage excessif d'un réservoir, le produit déborderait par les événements de ce dernier. Il se déverserait sur la couche de terre recouvrant le toit du réservoir puis coulerait jusqu'au sol, en suivant la pente du talus.

Il est considéré que le débit de débordement du produit par les cinq événements est égal au débit de remplissage du bac, soit 550 m³/h.

Un opérateur est présent en permanence sur le parc B durant les transferts pouvant déclencher l'arrêt d'urgence (AU) du site (fermeture des vannes motorisées situées au parc B et fermeture des vannes situées au parc A (vanne de régulation, vanne d'entrée et vanne de sortie du parc A vers le parc B).

Le cas étudié ici est celui où les différentes instrumentations ne fonctionneraient pas. Dans ce cas, la durée de débordement du bac par ses événements sera conditionnée par le temps d'intervention de l'opérateur, soit au maximum 5 minutes (temps entre le moment où il voit le débordement et où il déclenche l'AU).

La quantité d'hydrocarbures répandue est donc d'environ 45 m³ (débit d'alimentation du bac de 550 m³/h durant 5 minutes).

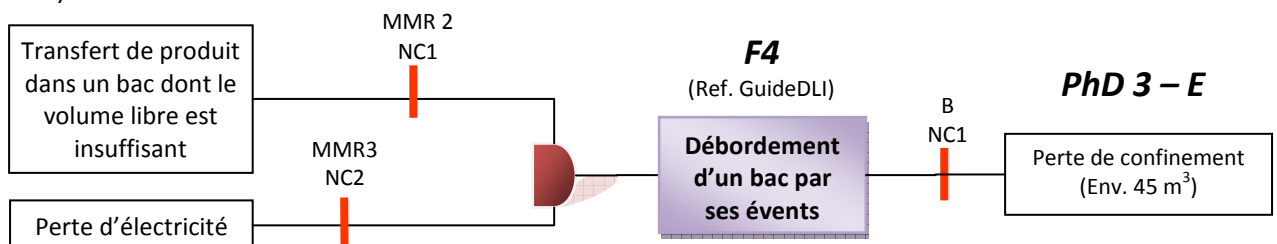


Figure 8 : Nœud papillon pour le débordement

Les défaillances à la sollicitation des mesures de sécurité sont estimées sur la base des informations statistiques suivantes :

MMR de prévention	Source	Fréquence ou PFD et période de test de la source	PFD retenue selon la période de test effective
Soupape (de surpression ou d'expansion thermique)	LOPA	1.10 ⁻² Pas de périodicité de test	1.10 ⁻²
Capteur de pression avec alarme	EIReDA	2.10 ⁻² Pas de périodicité de test	2.10 ⁻²
Capteur de niveau avec alarme	EIReDA	1,2.10 ⁻⁹ /h Pas de périodicité de test	1.10 ⁻²
Vannes motorisées	OREDA	77.10 ⁻⁹ /h	5,62.10 ⁻²
API	LOPA	1.10 ⁻²	1.10 ⁻²
Secours par onduleur	Department of Energy US, Office of Operating Experience Analysis and Feedback, EH33: Hazard and barrier analysis guidance document (nov. 1996)	1.10 ⁻² Pas de périodicité de test	1.10 ⁻²
Action de pré-dérive effectuée par un opérateur	Circulaire du 10 mai 2010 – Fiche n°7	1.10 ⁻¹ si action réalisée par un opérateur 1.10 ⁻² si action vérifiée par un 2 ^{ème} opérateur	1.10 ⁻¹ si action réalisée par un opérateur 1.10 ⁻² si action vérifiée par un 2 ^{ème} opérateur

Tableau 3 : Probabilités de défaillance des MMR de prévention

Ainsi, pour le site étudié, les niveaux de confiance des barrières de prévention sont les suivantes :

	Mesure de maîtrise des risques	Efficacité	Cinétique de mise en œuvre	Maintenabilité et testabilité	Niveau de confiance
MMR de prévention	<p>MMR 2 Détection NTH (flotteur avec contact) sur les bacs déclenchant une alarme sonore et visuelle transmise en salle de contrôle du parc A, en salle de contrôle du parc B et au dispatching d'Avon sans que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fermeture de la vanne régulatrice au parc B; - la fermeture de toutes les vannes du dépôt; - l'arrêt des pompes de transfert du parc B 	Le capteur, l'automate de sécurité et les vannes motorisées sont de type éprouvé	Mise au point de la main de sécurité et qualification à la mise en service Définition adéquate des seuils d'alarme, des analyseurs et des temps de passage en sécurité des actionneurs sur la chaîne	Vérification semestrielle de la chaîne de sécurité, avec check list d'enregistrement	$7,52 \cdot 10^{-2}$ (NC1)
	<p>MMR 3 Secours par onduleur de l'instrumentation</p>	Permet de maintenir en fonctionnement l'instrumentation et les automatés	Déclenchement automatique de l'onduleur Autonomie d'une à deux heures	Vérification annuelle du bon fonctionnement de l'onduleur	$1,10^{-1}$ (NC2)

Tableau 4 : Niveau de confiance des barrières de prévention

Dans de cas de cette étude, la cotation de l'ERC « débordement » se faisant par les données issues du guide DLI directement, la réduction des risques apportée par les barrières de prévention décrites dans le tableau ci-dessus n'est pas valorisée. Les niveaux de confiances de ces barrières (NC) sont présentés dans ce recueil à titre pédagogique.

	Mesure de maîtrise des risques	Efficacité	Cinétique de mise en œuvre	Maintenabilité et testabilité	Niveau de confiance
MMR de protection	<p>MMR B : Présence de personnel durant les transferts pouvant déclencher l'arrêt d'urgence du site : fermeture des vannes motorisées situées au parc B et fermeture des vannes suivantes situées au parc A (vanne de régulation, vanne d'entrée et vanne de sortie du parc A vers le parc B)</p>	Le déclenchement de l'arrêt d'urgence du site permet d'arrêter l'alimentation de la fuite en hydrocarbure	Le temps de détection et d'action du chauffeur est de l'ordre de 2 minutes	Vérification semestrielle de l'arrêt d'urgence du site	$1,10^{-1}$ (NC1)

Tableau 5 : Niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques

4 Analyse de la sensibilité environnementale

4.1 Description de l'environnement naturel

4.1.1 Localisation du site

Le parc B de la Région de Saint-Baussant est implanté sur la commune de Limey-Remenauville, dans le département de la Meurthe-et-Moselle (54).

Il est situé au lieu-dit « Le Bois du Four », à environ 5 km au nord du village de Limey-Remenauville.

Le site se situe à environ 400 m au sud-ouest de la route départementale 3 reliant Pont-à-Mousson (distant de 12 km à l'ouest) à Thiaucourt-Regniéville (distant de 5 km à l'est).

Le site est situé dans une zone agricole et forestière, à environ 1 km de l'habitation la plus proche



Figure 9 : Localisation du site

4.1.2 Patrimoine culturel

Monuments historiques

Les monuments historiques et leurs abords relèvent de la loi du 31 décembre 1913 (en cours de codification - articles L. 621-1 et suivants du code du patrimoine). Ces derniers bénéficient d'un rayon de protection de 500 mètres.

Le parc B de SFDM est situé en dehors des périmètres de protection des monuments historiques, comme le montre le tableau suivant :

Monument	Protection	Date	Commune	Localisation
Château d'Euvezin	Inscrit	Arrêté du 18 mai 2009	Euvezin	4,8 km à l'ouest
Eglise	Classé	Arrêté du 10 janvier 1920	Essey-et-Maizerais	6,8 km à l'ouest

Tableau 6 : Monuments historiques

Sites classés et inscrits

La loi du 2 mai 1930 intégrée depuis dans les articles L 341-1 à L 341-22 du code de l'environnement permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire. Le classement ou l'inscription d'un site ou d'un monument naturel constitue la reconnaissance officielle de sa qualité et sa décision de placer son évolution sous le contrôle et la responsabilité de l'Etat.

Il existe deux niveaux de protection :

- Le Classement est une protection forte qui correspond à la volonté de strict maintien en l'état du site désigné, ce qui n'exclut ni la gestion ni la valorisation. Généralement consacré à la protection d'espaces « naturels », le classement intègre aussi les espaces bâtis qui présentent un intérêt architectural certain. Les sites classés ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale.
- L'Inscription à l'inventaire départemental des sites est une procédure plus fréquente qui constitue une garantie minimale de protection, en soumettant tout changement d'aspect du site à déclaration préalable.

Le périmètre d'étude comporte un site classé, le « Bois le Prêtre », situé à 4,3 km à l'est du parc B de SFDM.



Figure 10 : Localisation des sites inscrits et classés

4.1.3 Eaux, sols et sous-sols

Géologie

Le parc de stockage, objet de cette étude, est situé à l'ouest de la vallée de la Moselle, à une altitude comprise entre + 312 et + 327 m NGF.

Deux piézomètres ont été installés au droit du site (aval hydraulique des installations) jusqu'à une profondeur de 10,5 m par rapport à la surface du sol. Les terrains rencontrés lors de la mise en place de ces deux ouvrages sont les suivants depuis la surface :

- de 0 à 3,5 m de profondeur par rapport au terrain naturel, des remblais argilo-sableux ;
- de 3,5 m à 9 m, un calcaire oolithique fracturé, avec des intercalations marneuses ;
- de 9 m à 10,5 m, un calcaire microcristallin et des marnes sableuses.

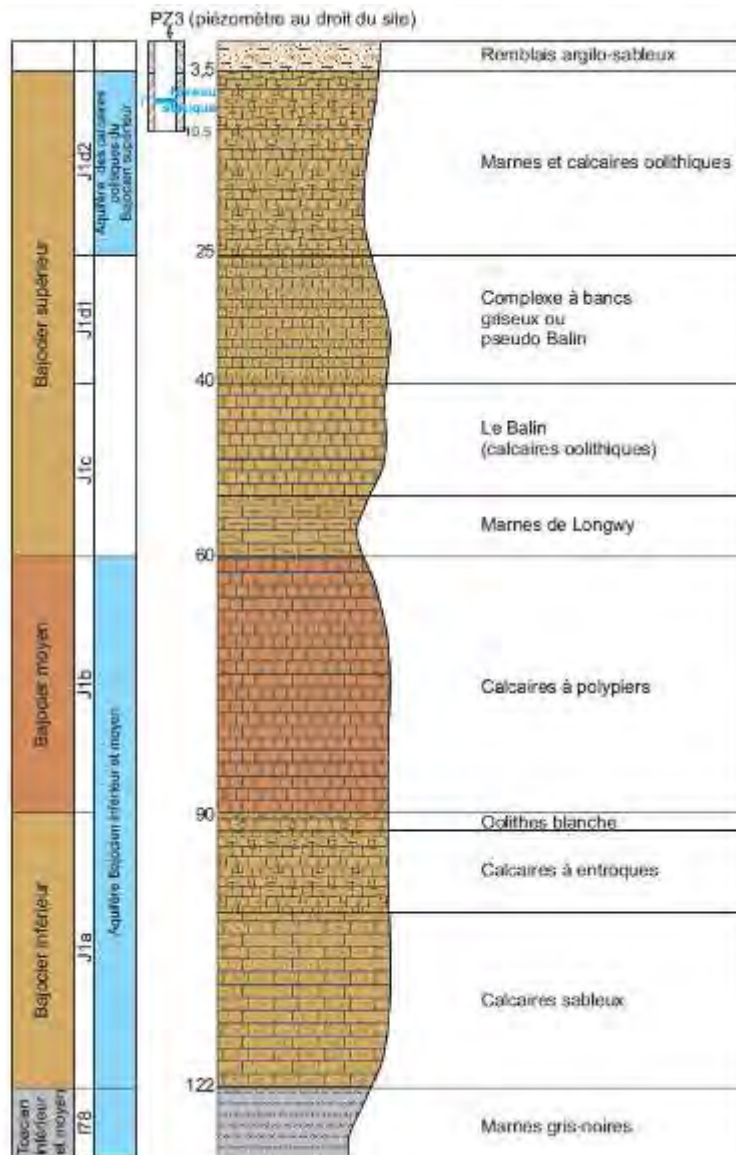


Figure 11 : Plan en coupe de la géologie du site

Hydrogéologie

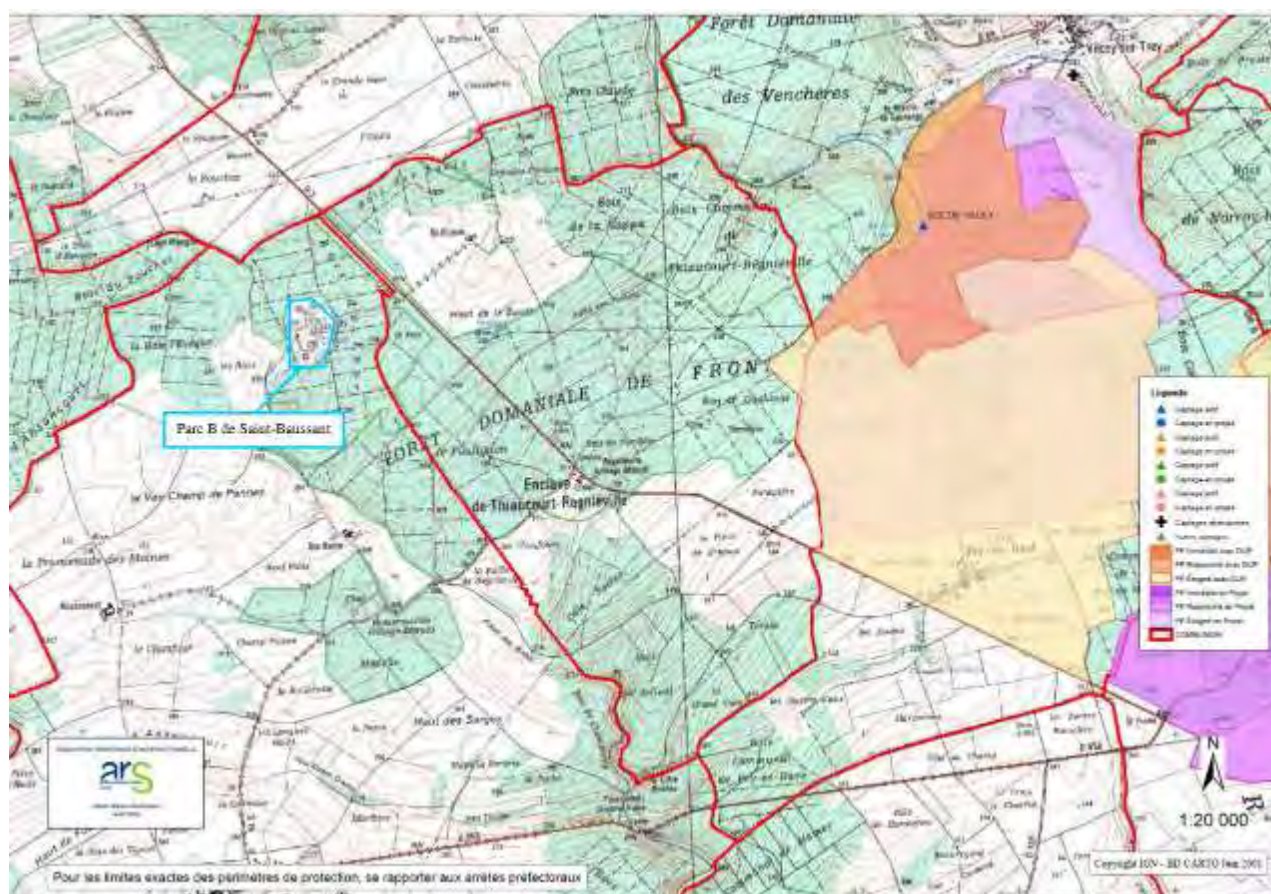
D'après les coupes des forages issues de la base de données Infoterre, la nappe d'eau souterraine rencontrée à proximité immédiate du site est celle contenue dans les calcaires oolithiques. Cette nappe est artésienne au droit de deux forages (référéncés : 01932X0003/F-M1 et 01932X0004/S26) présents respectivement à environ 2,2 et 2,8 km au sud-est du site.

Les deux piézomètres présents au droit du site « captent » la nappe des calcaires oolithiques. Entre mars et septembre 2011, le niveau statique de la nappe fluctuait entre 5,5 m et 8 m. L'écoulement de cette nappe d'eau au droit du site est dirigé vers le sud-ouest.

Alimentation en Eau Potable (AEP)

Selon le service Environnement et Santé de l'ARS (Agence Régionale de Santé) de Meurthe et Moselle, aucun captage d'eau souterraine n'est utilisé pour l'alimentation en eau potable de la population locale dans un rayon de 3 km autour du site.

Il est à noter la présence d'une source sur la commune de Vilcey-sur-Trey utilisée pour l'alimentation en eau potable de la commune. Cette source (référéncée 01933X0005/HY dans la BSS), est localisée à environ 3,9 km à l'est-nord-est du parc de stockage (soit en amont hydraulique par rapport au site compte tenu du sens d'écoulement). Elle capte les eaux contenues dans les calcaires du Bajocien inférieur.



Le parc de stockage est situé hors des périmètres de protection du captage de Vilcey-sur-Trey. De plus, le parc est situé en aval hydraulique de cet ouvrage. De ce fait, dans le cas d'une hypothétique pollution de la nappe des calcaires du Bajocien inférieur par le parc de stockage, le captage ne serait pas impacté.

Autres usages

La consultation de la banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM a permis de recenser les points d'eau utilisés pour divers usages dans un rayon de 3 km autour du site. Il est à noter que cette base de données recense uniquement les ouvrages publics ou privés qui ont été déclarés à l'administration.

Il existe dix points de prélèvements d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site.

Le tableau suivant présente ces différents ouvrages et leurs caractéristiques :

Nom de l'ouvrage (BSS)	Type d'ouvrage	Usage	Profondeur de l'ouvrage	Situation / site
01932X0023/S	Puits	inconnu	-	2,5 km au sud
01932X0027/P	Puits	inconnu	-	2,3 km au sud-ouest
01933X0053/HY	Source	inconnu	-	2,8 km au nord-est
01933X0052/HY	Source	inconnu	-	2,85 km au nord-est
01932X0003/F-M1	Forage	inconnu	69,8 m	2,8 km au sud-est
01932X0004/S26	Forage	inconnu	53,5 m	2,2 km au sud-est
01932X0029/P	Puits	inconnu	-	1,2 km au nord
01932X0031/P	Puits	inconnu	-	2,94 km au nord nord-est
01932X0028/P	Puits	inconnu	-	2,7 km au sud-ouest
01932X0032/P	Puits	inconnu	-	2,97 km au nord nord-est

Tableau 7 : Points de prélèvements d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site

La ou les aquifères interceptés par ces dix ouvrages ne sont pas connus à l'exception des deux forages référencés 01932X0003/F-M1 et 01932X0004/S26 (à environ 2,8 et 2,2 km au sud-est du site) qui captent l'aquifère des calcaires oolithiques. L'usage de l'eau n'est également pas défini pour l'ensemble de ces ouvrages.

Le puits (référéncé 01932X0029/P) le plus proche du site est localisé à environ 1,2 km au nord. Selon le sens d'écoulement défini sur le site pour les eaux de la nappe des calcaires oolithiques (orienté vers le sud-ouest), cet ouvrage serait placé en position amont hydraulique par rapport au parc de stockage exploité par SFDM.

En considérant ce sens d'écoulement, l'ouvrage le plus proche du site (à environ 2,3 km au sud-ouest) et positionné en aval hydraulique serait le puits référencé 01932X0027/P.



Figure 13 : localisation des captages au voisinage du site

Hydrologie

Le réseau hydrologique situé aux environs du parc B est constitué de :

- le ruisseau du Rupt de Mad, s'écoulant du sud-ouest au nord-est, situé à 4,6 km au nord-ouest du site ;
- la Moselle, s'écoulant du sud au nord, située à 10 km à l'est du site ;
- le lac de Madine, situé à 11 km à l'ouest du site.

Inondation

D'après le portail d'informations sur les risques majeurs, le parc B de Saint-Baussant de SFDM n'est pas situé en zone inondable.

4.1.4 Espaces naturels

Sites Natura 2000

Le parc B de Saint-Baussant est situé à proximité de deux zones Natura 2000 :

- « Vallée de l'Esch de Ansaerville à Jezainville », située à environ 4 km au sud-est du site ;



- « Pelouses et vallons forestiers du Rupt de Mad », située à environ 5,1 km au nord-ouest du site.



Figure 14 : localisation des zones Natura 2000 au voisinage du site

Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF)

Les ZNIEFF ne posent en elles-mêmes aucune contrainte réglementaire mais constituent une indication recommandant de porter une attention plus grande aux milieux concernés.

Le périmètre d'étude considéré comporte :

- la ZNIEFF de type I « la Cote Bourot », située à environ 3,3 km au nord-ouest du site SFDM ;
- la ZNIEFF de type I « Vallons boisés en vallée de l'Esch », située à environ 2,7 km au sud-ouest du site ;
- la ZNIEFF de type I « Ruisseau de Fontaine », située à 2,6 km à l'est du site ;
- la ZNIEFF de type II « Vallée du Rupt de Mad », située à environ 4,4 km au nord du site ;
- la ZNIEFF de type I « Le Pétant et sources tuffeuses », à 6 km au sud-ouest du site.

Parcs Naturels

Il existe deux types de parcs naturels :

- les Parcs Nationaux,
- les Parcs Naturels Régionaux.

Le parc B SFDM ne se situe pas à l'intérieur ou à proximité du périmètre d'un parc national.

Le parc est situé dans le Parc Naturel Régional de Lorraine.

4.2 Synthèse de la description de l'environnement

Conformément à l'annexe D2 de la 1^{ère} partie du guide relative à l'étude de la gravité environnementale, les distances d'appréciation des enjeux environnementaux à considérer sont les suivantes :

Milieux	Périmètre initial d'étude
Zones terrestres	Zones terrestres et enjeux associés à moins de 500 m d'un point de fuite du système étudié (réservoir et ses équipements annexes)
Eaux de surface	Eaux de surface répertoriées à moins de 500 m du point de fuite. Prélèvement d'eau de surface dans un canal, une rivière jusqu'à environ 20 km de rayon du point de fuite si leur sens d'écoulement est défavorable.
Eaux souterraines	Nappes à moins de 50 m de profondeur par rapport aux points bas du système étudié avec examen de la perméabilité des couches intermédiaires pour apprécier la vulnérabilité de la nappe (Cf. : annexe I de la 1 ^{ère} partie du guide)
Captages d'eaux souterraines notamment ceux destinés à l'alimentation en eau potable ou alimentaire	Effets environnementaux d'un épandage d'hydrocarbures liquides susceptibles d'affecter le périmètre de protection éloigné autour d'un puits de captage AEP. Point de captage d'eaux souterraines répertorié à moins de 500 m du siège de la fuite.

Dans le cadre du parc B, les enjeux à considérer sont les suivants :

Milieu		Contexte	Retenu pour l'étude de la gravité	Note de sensibilité Environnementale (facteur S)
Eau	Superficielle	Cours d'eau le plus proche : • Rupt de Mad, à 4,6 km du site	non	
	Souterraine	Située à entre 5,5 et 8m de profondeur	oui	0 ou 25 suivant probabilité d'atteinte de la nappe
	Captages	Captages les plus proches en aval hydraulique : • 2 captages à 2,2 et 2,8 km du site • Aucun captage AEP à moins de 3 km du site	non	
Sol		Remblais argilo-sableux : 3,5 m Puis calcaires	/	
zones terrestres	Parc naturel national	/	/	
	Espace naturel sensible	/	/	
	Espaces de conservatoires régionaux	/	/	
	Parc naturel marin	/	/	
	Terrain cultivé ou vignoble de type AOC ou IGP	Zone IGP – Mirabelle de Lorraine	oui	50
	Réserves	/	/	
	ZNIEFF	Situées à plus de 2,5 km du site	non	
	NATURA 2000	<ul style="list-style-type: none"> la ZSC « Vallée de l'Esch de Ansauville à Jezainville » : environ 4 km du site la ZSC « Pelouses et vallons forestiers du Rupt de Mad » : environ 5 km du site 	non	
	ZICO-ZPS	/	/	
	Espaces boisés classés	/	/	
	Biotope	/	/	
	RAMSAR	/	/	
Parc naturel régional	Parc situé dans le Parc Naturel Régional de Lorraine	oui	25	
Sites inscrits Site classés	Bois le Prêtre, à 4.3 km du site	non		

Tableau 8 : Tableau de synthèse des enjeux environnementaux autour du site

4.3 Cotation de la sensibilité environnementale

La gravité environnementale (Genv) est estimée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Genv} = S \times P \times V \times M$$

dans laquelle :

S = caractérise la sensibilité environnementale de l'enjeu.

P = tient compte de la toxicité du produit.

V = caractérise l'impact lié à la quantité potentiellement relâchée ou susceptible d'atteindre l'enjeu naturel.

M = tient compte de la "mobilité" du produit pour une atteinte indirecte de l'enjeu.

L'estimation de la gravité environnementale est faite en tenant compte du scénario accidentel majorant d'épandage caractérisé par la conjugaison:

- d'une sensibilité environnementale maximale « S » parmi les enjeux identifiés comme potentiellement atteignables;
- d'un volume maximal de produit susceptible d'atteindre l'enjeu sensible identifié.

4.3.1 Détermination des facteurs S, P, M et V

Le facteur S est déterminé dans le paragraphe 4.2. Ainsi, le **facteur S est égal à 50**.

Le facteur P est fonction du produit. Dans le cas du site étudié, les produits stockés sont du gazole ou du fioul oil domestique, soit avec le danger environnemental suivant : H411.

Ainsi, le **facteur P est égal à 10**

Le facteur de mobilité est fonction de la nature du produit et du mode de transfert. Dans notre étude, nous considérons les valeurs suivantes :

Caractéristique du produit	Ruissellement en surface	Pénétration dans le sol
Huile légère (gasoil/FOD/bruts légers)	0,5	0,6

L'estimation des volumes de produits relâchés ont été estimés en paragraphe 3.3 de la présente étude. Les coefficients à considérer sont les suivants :

Estimation du volume de produit relâché	Facteur V
$Q \leq 1 \text{ m}^3$	1
$1 \text{ m}^3 < Q \leq 10 \text{ m}^3$	5
$10 \text{ m}^3 < Q \leq 100 \text{ m}^3$	10
$100 \text{ m}^3 < Q \leq 1.000 \text{ m}^3$	25
$Q > 1.000 \text{ m}^3$	100

Ainsi, la gravité environnementale est estimée à :

Facteur	Valeurs	
	Ruissellement en surface	Pénétration dans le sol
S	50	50
P	10	10
M	0,5	0,6
V	10	10
Gravité	2500	3000

5 Evaluation de l'impact des réservoirs de stockage sur l'environnement

5.1 Matrice de criticité

5.1.1 Avant prise en compte des barrières

Sans les barrières permettant de détecter une fuite dans le sous-sol, seul des contrôles du réservoir permettraient de détecter la fuite ; ainsi, nous considérons que nous pouvons avoir une fuite de produit supérieure à 1000 m³ (correspondant à la fuite illimitée) avant qu'elle soit détectée. C'est pourquoi nous considérons un facteur **V=100 dans le calcul de la gravité environnementale en cas de pénétration dans le sol**, avec une classe de probabilité de F3 (probabilité C), qui correspond à la perte de confinement de la cuve métallique.

Pour le cas des débordements, sans les barrières de prévention, la détection de fuite repose sur le technicien SFDM présent sur site. Nous considérons alors ici aussi un volume de fuite de 45 m³, soit un facteur **V=10 dans le calcul de la gravité environnementale en cas de pénétration dans le sol**, cependant la classe de probabilité de débordement à considérer sera de F2 (probabilité B), qui correspond à la classe de probabilité donnée par le guide DLI pour les réservoirs sans niveau de sécurité ou d'exploitation.

Considérant ce qui est indiqué dans les paragraphes précédents, les valeurs de gravité environnementale à considérer sont les suivantes :

Facteur	Valeurs	
	Ruissellement en surface	Pénétration dans le sol
S	50	50
P	10	10
M	0,5	0,6
V	25	100
Gravité	6250	30000

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la matrice de criticité sans les barrières est donc le suivant.

Gravité	5	<25 000			Fuite dans le sol		
	4	25 000					
	3	12 500					
	2	7 500				Débordement	
	1	2 500					
	0	0					
	Classe	Genv	E	D	C	B	A
Probabilité du phénomène dangereux							

Tableau 9 : Matrice de criticité résiduelle (sans barrière)

5.1.2 Après prise en compte des barrières

L'évaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux (§ 3) et de la sensibilité environnementale (§4.2) nous donnent les couples probabilité/gravité suivants, pour les scénarios retenus :

	<i>Classe de probabilité d'occurrence annuelle (POA)</i>	<i>Valeur Gravité</i>
<i>Scénario : perte de confinement</i>		
PhD 1	E	3 000
PhD 2	E	3 000
<i>Scénario : Débordement</i>		
PhD 3	E	2 500

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la matrice de criticité est dont le suivant.

Gravité	5	<25 000					
	4	25 000					
	3	12 500					
	2	7 500	PhD1 – PhD2				
	1	2 500	PhD3				
	0	0					
	Classe	Genv	E	D	C	B	A
		Probabilité du phénomène dangereux					

Tableau 10 : Matrice de criticité résiduelle (avec barrières)

5.2 Conclusion

Cette étude qui vient d'être menée démontre que les mesures de sécurité mises en place par SFDM sur le site de Saint-Baussant parc B permettent la maîtrise à un niveau suffisant des risques d'accidents de pollution vis-à-vis des biens, des personnes et de l'environnement associés à l'exploitation de ses réservoirs enterrés.

Les barrières de sécurité mises en œuvre permettent de garantir un niveau de risque de pollution extrêmement faible conformément aux attentes exprimées à l'article 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et à leurs équipements annexes.

Revêtement intérieur du réservoir

Barrière technique (dispositif passif) de prévention

Fonction de sécurité à assurer

L'action de sécurité consiste à appliquer un revêtement sur les faces internes de l'ouvrage métallique, ainsi que les poteaux afin d'éviter la corrosion interne de l'enveloppe métallique par réaction chimique ou électrochimique avec l'eau potentiellement présente dans les produits stockés.

Le revêtement intérieur ne met en jeu, pour remplir sa fonction de sécurité, aucun système mécanique, ne nécessite ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour contribuer à la fonction de sécurité « prévenir une fuite ».

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité

Pour garantir une étanchéité fiable du système et éviter la corrosion interne de l'enveloppe métallique par réaction chimique ou électrochimique, les faces internes de l'ouvrage métallique, ainsi que les poteaux, reçoivent une peinture aux résines époxy. Le revêtement intérieur est appliqué sur le fond et sur une remontée sur la 1ère virole de l'enveloppe métallique du système étudié, de façon à couvrir la canalisation d'admission et sur un minimum de 0,5 m de hauteur.

Les revêtements spéciaux à base de résines époxy sont couramment utilisés dans l'industrie pétrolière.

Etat de l'art / Techniques de référence :

1 Spécification de qualification

Le revêtement spécial à base de résines époxy est homologué par le laboratoire du SEA (LSEA). Le LSEA est accrédité par le Cofrac. Pour être homologué, ce revêtement doit satisfaire aux tests suivants :

- résistance aux hydrocarbures ;
- adhérence ;
- résistance au froid.

Les produits homologués sont répertoriés dans le catalogue DCSEA 6703 régulièrement actualisé.

2 Application

Les revêtements spéciaux à base de résines époxy qui constituent des feuillets particulièrement durs, résistants et d'un brillant élevé sont appliqués exclusivement par une entreprise extérieure, dénommée habituellement « l'apporteur » avec laquelle l'exploitant passe un contrat. Ces produits sont mis en œuvre dans le cas des travaux neufs ou des travaux de réhabilitation. Les opérateurs pour la mise en œuvre des revêtements intérieurs sont soit certifiés suivant les normes NF T30-609-1 & 2, soit qualifiés par l'ACQPA (association pour la certification et la qualification en peinture anti-corrosion).

2.1 Préparation de la surface

Avant toute application, la surface est préparée. Pour ce faire, il est nécessaire de

- décaper par grenailage (ou sablage ou décapage à l'eau sous haute pression ou par induction) jusqu'à l'obtention d'un degré de soin SA 2½ selon la norme NF EN ISO 8501-1. Les surfaces seront vérifiées visuellement et comparées au cliché B SA 2 ½ de cette même norme ;
- éliminer par meulage tous les picots et grattons de soudure ;
- araser les arêtes vives des pastilles soudées (pour réhabilitation) ;
- atteindre au minimum un profil moyen G de la norme NF EN ISO 8503-1 et si possible un niveau de rugosité Rt (amplitude) compris entre 60 et 80 microns et une rugosité Ra (moyenne arithmétique) comprise entre 10 et 20 microns ;
- dépoussiérer complètement et de manière soignée la surface décapée (y compris les fonds de cratères).

2.2 Conditions d'application

Sachant que la bonne application d'un revêtement tient compte essentiellement de la qualité de la préparation de surface et des conditions climatiques lors de l'application (sauf préconisation contraire de l'apporteur), les conditions suivantes sont respectées (avec enregistrement systématique) :

- degré d'hygrométrie inférieur ou égal à 60 % ;
- température du support supérieure d'au moins 3 °C par rapport au point de rosée, sans pouvoir être inférieure à 10 °C ;
- température de l'air conforme aux préconisations définies dans la fiche du produit durant toute la phase d'application.

En cas de besoin, pour atteindre les conditions d'application requises, des dessiccateurs et réchauffeurs d'air seront maintenus durant toute l'application, jusqu'au lendemain de la prise (polymérisation de surface), voire plus si les températures sont très froides. La durée de maintien de ces appareils ne pourra être inférieure à 24 heures (selon conditions climatiques).

2.3 Traitement des points singuliers.

Avant toute application du revêtement, une attention particulière est apportée aux clins de tôles, aux pieds de poteaux, à la liaison robe et fond. Il sera possible d'avoir recours au masticage, etc... afin de garantir la bonne application et la bonne étanchéité.

2.4 Caractéristiques.

Le revêtement couvre :

- la totalité du fond ;
- une remontée sur la première virole sur une hauteur minimum de 0,5 m ;
- la base des pieds des poteaux ;
- le pot de purge et la tuyauterie ;
- l'intérieur des trous d'homme, hormis la portée de joint ;
- les points singuliers ;
- les accessoires (caniveaux...).

Le revêtement est appliqué, y compris en cas de reprise, de façon à atteindre une épaisseur minimale de 1 000 µm sur le fond et de 400 µm pour la remontée de 0,5 m (minimum) sur la première virole, les poteaux et les accessoires de manière à ce que la soudure robe/fond et la partie inférieure de la robe soit protégée de la phase aqueuse corrosive qui peut se déposer au fond du réservoir.

2.5 Garantie.

Une garantie de tenue dans le temps de 10 ans est exigée à l'applicateur.

Examen des performances de la barrière technique de sécurité

Type de BTS	Vérification préalable
Dispositif passif	<p>Indépendance : Le revêtement intérieur appliqué sur l'enveloppe métallique du réservoir est indépendant des événements initiateurs pouvant conduire à sa sollicitation.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Un réservoir enterré peut être exploité sans que l'enveloppe métallique soit revêtue intérieurement. Le revêtement intérieur est exclusivement dédié à la sécurité, il n'apporte pas de résistance mécanique à la structure et permet de se prémunir de toute fuite de produit vers l'extérieur.</p>

ETUDE DE LA PERFORMANCE	
Efficacité	
Dimensionnement adapté	- Application du revêtement d'une épaisseur minimale de 1 000 µm.
Résistances aux contraintes spécifiques	Le revêtement résiste aux contraintes mécaniques subies par les tôles lors des opérations de vidange et remplissage du réservoir. Le revêtement est appliqué en priorité sur les parties de l'enveloppe métallique les plus exposées à la corrosion (fond, liaison robe-fond, partie inférieure de la robe).
Positionnement adéquat	Le revêtement, mis en place afin d'éviter la corrosion interne de l'enveloppe métallique, est appliqué sur le fond du bac et la première virole, parties potentiellement en contact avec l'eau contenue dans les produits stockés.
Evaluation de l'efficacité	100%
Temps de réponse	
Evaluation du temps de réponse	Sans objet (barrière passive)
Niveau de confiance	
Argumentaire pour la définition du niveau de confiance. Dispositions appliquées.	Le NC égal à 2 est retenu par défaut sur les dispositifs passifs de sécurité (cf. oméga 10). Cette disposition permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie du dispositif passif (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance, ...).
Evaluation du niveau de confiance	NC2

Inspection quinquennale

Barrière humaine de prévention

Tâche de sécurité assurée

L'action de sécurité consiste à réaliser une inspection quinquennale de la paroi métallique et du revêtement intérieur du réservoir.

Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Contrôle du revêtement et de la paroi métallique	Vérification de l'absence de défauts. Analyse des épaisseurs résiduelles de façon à permettre une exploitation du réservoir jusqu'à la prochaine inspection quinquennale sans risque de fuite.	Retouche/reprise du revêtement, réparation de la paroi métallique ou reprise de soudure sur les points critiques.

Description de la situation de travail participant à la fonction de sécurité

L'inspection quinquennale porte sur :

- un contrôle visuel approfondi de l'intérieur du réservoir et des accessoires (tuyauteries internes, externes, événements...) ;
- un contrôle du revêtement intérieur ;
- un contrôle de la soudure robe/fond ;
- un contrôle de l'épaisseur de la tôle de fond de réservoir, type cartographie fond de bac, et de la remontée sur la première virole sur 300 mm ;
- un contrôle visuel des déformations géométriques éventuelles du réservoir sur toute la robe et de la structure portante (poutres, poteaux) , ainsi qu'un contrôle de verticalité.
- Un contrôle des tassements différentiels

Le contrôle est réalisé de manière quinquennale.

Etat de l'art / Techniques de référence :

1 Revêtement intérieur

En tant que bonnes pratiques, un contrôle de réception des travaux de mise en place du revêtement intérieur est réalisé puis, un contrôle de l'état du revêtement intérieur est réalisé tous les cinq ans pour maîtriser le vieillissement de ce dernier.

1.1 Contrôles à réception des travaux de revêtement.

Ce contrôle est effectué par la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'ouvrage déléguée avant la remise en service du réservoir, il comprend :

- **un contrôle visuel** : L'examen complet du revêtement permet de vérifier qu'aucune particule solide ne se trouve incluse dans l'époxy. L'examen visuel ne doit révéler aucune des altérations suivantes sur le réservoir (conformément à la norme NF E 86-900) :
 - décollement (cloquage, écaillage) ;
 - corrosion ;
 - faïençage (craquelage) ;
 - ramollissement.

Dans le cas contraire, la partie altérée du revêtement interne doit être réparée.

- **un contrôle de la bonne polymérisation du revêtement** : Ce test est pratiqué au Méthyl-Ethyl-Cétone (MEC) en trois points pris au hasard à l'intérieur du réservoir. Lorsque la polymérisation est correcte, le produit ne doit en aucune façon altérer la surface du revêtement. Le chiffon blanc ne doit pas recevoir de traces de coloration.
- **un contrôle de l'épaisseur du revêtement** (selon NF T 30-124) : Pour être acceptable, le revêtement devra avoir une épaisseur moyenne supérieure ou égale à la valeur requise et ne présenter qu'un nombre très faible de relevés inférieurs à 80 % de l'épaisseur nominale. Si ce nombre était supérieur à 10 %, des mesures supplémentaires seraient prises.
- **un contrôle relatif à la détection des porosités effectué au balai électrique** (selon XP T34-650 Annexe C) : Ce contrôle, qui permet de vérifier l'étanchéité du revêtement, est réalisé par passage d'un balai électrique sur toute la surface revêtue. Pour une épaisseur nominale de 1 000 µm, une tension de 4 500 V est appliquée. Pour une épaisseur de 400 µm, une tension de 2 500 V est appliquée.

— **un contrôle d'adhérence** (selon NF EN ISO 4624) : Ce contrôle permet de vérifier sur quelques éléments de surface que le revêtement est parfaitement accroché. Sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF EN ISO 4624. Il est possible, afin de ne pas détériorer le revêtement fini, de pratiquer ces tests sur deux plaques témoin de 100 mm * 100 mm, décapées et revêtues à l'intérieur du réservoir dans les mêmes conditions que le fond.

Pour une bonne tenue au moment du test, un collage soigné à l'araldite bi-composant à prise lente est réalisé. Les colles à prise rapide sont proscrites.

La nature de la rupture est évaluée de la façon suivante :

- surface de subjectile mise à nu en % ;
- rupture de cohésion du revêtement en % ;
- rupture du collage en %.

Le test sera validé si la valeur de résistance à la rupture est supérieure à 1,5 MPa.

Tous les défauts relevés lors des différents contrôles sont marqués et réparés.

1.2 Contrôles quinquennaux.

En tant que bonnes pratiques, un contrôle visuel de l'état du revêtement à partir du sol est réalisé. La périodicité est fixée à cinq ans (en lieu et place de tous les 10 ans, communément appliquée dans l'industrie pétrolière).

De plus, un contrôle relatif à la détection des porosités effectué au balai électrique est réalisé également tous les 5 ans sur le fond du réservoir et jusqu'à une hauteur minimale de 0,5 m. Les modalités pratiques relatives à ces tests sont décrites dans le paragraphe précédent relatif aux contrôles à réception des travaux de revêtement.

Lorsqu'un défaut du revêtement est détecté, il est immédiatement réparé. Les réparations sont contrôlées (visuel, porosité) avant remise en service du réservoir. Le positionnement de chaque défaut est repéré précisément au passage du balai électrique.

En fonction de la zone à réparer ou du défaut constaté, trois niveaux de réparation peuvent être mis en œuvre :

- la retouche, concerne le défaut de porosité du revêtement sur des points ponctuels sans atteindre la tôle et localisé sur la partie superficielle du revêtement. La préparation de surface consiste en un déglacage ;
- la reprise de niveau 1 concerne des surfaces d'au plus 30 cm par 30 cm, et font l'objet d'une préparation manuelle de surface de la paroi métallique et du revêtement limitrophe avec un dépolissage de la zone identifiée et un dépoussiérage ;
- la reprise de niveau 2 concerne toutes les autres réparations. Elles font l'objet d'une préparation de surface et une mise en œuvre identique aux règles d'application citées dans la définition du système générique.

En fonction de la concentration des défauts (supérieure à 50 % de la surface totale du fond) et de l'état général du revêtement, la reprise de l'intégralité de la couche est réalisée pour garantir une meilleure réparation et efficacité du revêtement.

2 Paroi métallique

Les contrôles effectués permettent de disposer d'une cartographie exacte de l'épaisseur de tôle et de la localisation des défauts détectés pour le fond du bac. L'évaluation de l'état du fond du bac est réalisée selon le CODRES¹ ou l'API 653 qui précise notamment que l'épaisseur minimale admise des tôles de fond est de 2,5 mm ;

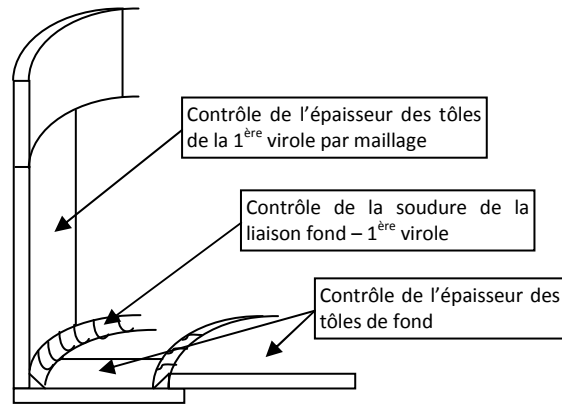
Les procédures SFDM obligent à une réparation systématique à partir d'une perte de matière de 50% (résiduel : 3,25 mm de matière). La périodicité quinquennale de cette inspection associée à la surépaisseur initiale des tôles métalliques constituant le fond du bac garantissent la détection d'une perte de matière significative (supérieure ou égale à 50 %) avant l'apparition d'une corrosion.

Les contrôles suivants seront réalisés, par des méthodes non destructives :

Contrôle	Élément du réservoir	Inspection quinquennale
Contrôle du fond	Tout le fond	Visuel interne 100 % + balai électrique
	Épaisseur des tôles centrales et marginales	Mesure magnétique d'épaisseur sur l'intégralité du fond par technologie de courant de Foucault (ou autre technologie équivalente et non destructive comme les ultrasons). Utilisation d'un scanner automatique pour toutes les zones accessibles et d'un scanner manuel pour les zones plus difficilement accessibles.
	Pot de purge	Mesure magnétique ou par ultrason d'épaisseur par scanner manuel.
	Soudures des tôles de fond	100 % visuel + 10% en CND
Contrôle soudure de fond	Soudure d'angle robe/fond et soudures zone critique	100 % visuel + l'intégralité de la soudure fond/robe par technologie non destructive ACFM (Alternating Current Field Measurement) magnétique ou toute autre technologie équivalente, si la soudure est accessible et non recouverte par un solin.
Contrôle de robe	Épaisseur de robe	Contrôle de la tôle marginale par maillage Contrôle sur toute la hauteur de la robe à raison de 3 mesures par viroles, tous les 10 m de circonférence.

¹ Le CODRES ne s'applique pas pour les réservoirs rivetés. Par défaut, ces valeurs ou critères minimaux seront appliqués.

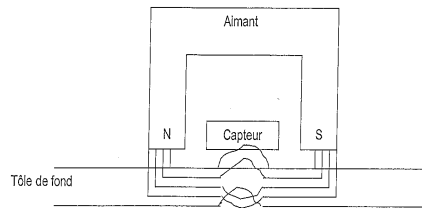
Contrôle	Elément du réservoir	Inspection quinquennale
	Soudures verticales et horizontales des viroles	Visuel interne 100 %.



2.1 Mode opératoire du contrôle d'épaisseur par flux magnétique

Les techniques d'inspection magnétiques par flux de fuites ont été largement répandues dans l'industrie pétrolière depuis plus de 20 ans. A l'origine développée pour le contrôle des tuyauteries, leur application s'est étendue au fond des réservoirs et à la robe.

Après saturation magnétique d'une tôle, un capteur mesure la perte de flux magnétique et y associe une perte d'épaisseur. Une cartographie représente toutes les pertes d'épaisseur en couleur pour chaque tôle. Les scanners à courant de Foucault, fonctionnant à haute fréquence et souvent alimenté en 220 V, permettent de distinguer les corrosions internes et externes. En variante la technologie MFL (Magnetic Flux Leakage) fonctionne à basse fréquence et basse tensions (batteries).



Au préalable, après un nettoyage soigné, les tôles de fond sont repérées séquentiellement, puis rangée par rangée, chaque tôle est scannée. La pertinence des résultats passe par un bon étalonnage. L'appareil est calibré sur une tôle de même épaisseur que les tôles à contrôler, auxquelles ont été ajoutées par usinage sphérique ou conique des trous simulant des corrosions représentant une perte d'épaisseur de 20 %, 40 %, 60 % et 80 %.

Ces tests sont réalisés par du personnel habilité ou certifié en fonction des technologies utilisées.

2.2 Mode opératoire du contrôle ACFM (Alternating Current Field Measurement)

Cette méthode est une alternative à la magnétoscopie. Elle permet le contrôle de surface de la soudure par perte de flux magnétique associée aux courants de Foucault.

La technique consiste à générer un champ magnétique par l'intermédiaire d'un courant induit et à mesurer la perturbation de ce champ lors du passage de la sonde au voisinage d'un défaut débouchant. Cette technique de contrôle est utilisable sans contact, ni agent de couplage et en présence d'un revêtement.

2.3 Mode opératoire de la mesure d'épaisseur par ultrasons

La mesure d'épaisseur des tôles par ultrasons sur des tôles revêtues est désormais possible. Cette nouvelle technologie se développe désormais de plus en plus, au détriment de la méthode par flux magnétique. Elle ne peut cependant pas être appliquée sur des fonds stratifiés.

Le contrôle par ultrasons est un examen échographique pour la mesure d'épaisseur des matériaux. L'appareil génère une onde ultrasonore qui traverse la tôle ; le temps mis par l'onde pour rebondir sur l'autre face de la tôle permet de déduire son épaisseur. Ces contrôles donnent une épaisseur résiduelle de métal avec une précision du 1/10 de millimètre et repère les défauts avec une précision de 2 mm.

En cas de besoin, il est possible d'avoir recours à un chariot motorisé et aimanté à la robe, équipé d'un capteur ultrason (UT). Cet appareil permet de mesurer les épaisseurs de tôles dans les zones inaccessibles.

2.4 Analyse des résultats

A l'issue, il est possible de disposer d'une cartographie exacte de l'épaisseur de tôle et de la localisation des défauts détectés. L'épaisseur minimale relevée est précisée, ainsi que le taux de corrosion en mm/an permettant d'en déduire une durée de vie approximative du fond et d'en mesurer le vieillissement.

L'évaluation est réalisée selon le CODRES ou l'API 653 qui précise notamment :

- pour le fond : l'épaisseur minimale admise des tôles de fond est de 2,5 mm ;
- pour la robe : l'épaisseur de retrait n'est pas inférieure à 2,5 mm ou 50 % de l'épaisseur d'origine de la tôle.

3 Réparations

Ce chapitre n'a pas vocation à se substituer aux codes de réparations retenues, mais de les compléter éventuellement sur la base de bonnes pratiques.

3.1 Réparation des fonds de réservoir

Les tôles de fond peuvent être réparées par mise en place de placards, par remplacement des tôles ou parties de tôles ou par rechargement. Toute soudure défectueuse sera meulée, réparée et contrôlée.

- On peut réparer des points de corrosion isolés par rechargement dès lors qu'il reste suffisamment de métal (une épaisseur d'environ 3 mm est généralement considérée comme suffisante) pour ne pas percer par brûlage.
- Pour des zones plus étendues, on recourt généralement aux placards. Les données dimensionnelles exactes sont définies dans les codes de réparation (CODRES, API...) pris en référence.

Pour rappel, les placards doivent :

- avoir une taille minimum de 300 mm de côté ;
- avoir une épaisseur minimale de 6 mm (ou identique au fond existant) ;
- être arrondis aux angles (R=50mm) ;
- dépasser au moins de 75 mm de toutes parts du défaut qu'ils recouvrent ;
- si possible respecter une distance minimale vis-à-vis des soudures existantes.

Il est à noter que ces réparations peuvent concerner des tôles complètes voire un fond complet.

3.2 Réparation de la robe de réservoir

Le mode de réparation des défauts localisés, tels que les pertes d'épaisseur, les défauts métalliques en général découverts au cours d'une inspection des viroles, est défini au cas par cas :

- par rechargement, selon les règles définies dans les codes, en s'appuyant sur des qualifications de soudage adéquates ;
- par inserts de tôles complètes ou partielles en découpant et en soudant bout à bout parallèlement aux soudures existantes.

Pour rappel, les inserts doivent respecter les principes suivants :

- l'épaisseur minimale des tôles de remplacement devra être égale à l'épaisseur nominale de la plus épaisse des tôles de la même virole et les nuances équivalentes ;
- les dimensions, distances entre soudures et formes des inserts sont données dans les codes pris en référence ;
- avant de souder les nouveaux cordons verticaux, les soudures horizontales doivent être découpées 300 mm au-delà du cordon vertical ;
- les soudures verticales doivent être réalisées avant les soudures horizontales.

Examen des performances de la barrière humaine de sécurité

Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	Cette barrière humaine est indépendante de l'événement initiateur (vieillessement par corrosion de la paroi métallique ou dégradation du revêtement). Sa performance n'est pas dégradée par l'occurrence de l'évènement initiateur. Ce paramètre est intégré dans le dimensionnement de la barrière.		
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif	L'inspection quinquennale a pour objectif de maîtriser dans le temps le vieillissement de la paroi métallique et du revêtement intérieur du réservoir.
			Connaissance	Les personnels en charge de réaliser les contrôles sont formés et spécialisés dans le domaine.
			Matériel	Les matériels sont identifiés, étalonnés et suivis d'un point de vue métrologique. Avant chaque campagne de mesure, un calibrage est réalisé sur une tôle étalon.
	Résistance aux contraintes spécifiques	Il n'existe aucune contrainte sur cette action car elle est effectuée dans une séquence temporelle complètement distincte de l'évènement initiateur. Il est communément admis dans la profession pétrolière que l'épaisseur minimale du fond de la paroi métallique est de 2,5 mm. Le dimensionnement à un minimum de 6 mm permet de garantir une surépaisseur de corrosion. Pour le revêtement intérieur, l'épaisseur standard de 400 µm est renforcée à 1 000 µm. Cette conception permet d'avoir une meilleure performance dans le temps.		
Temps de réponse	Un premier contrôle est réalisé soit lors de la livraison du réservoir (avant assemblage) soit au premier nettoyage-dégazage du réservoir puis un contrôle quinquennal est effectué. La cartographie du fond du bac permet d'estimer une cinétique de corrosion et une vitesse de dégradation afin de garantir l'étanchéité de l'enveloppe métallique jusqu'au prochain contrôle. Si nécessaire, la périodicité des contrôles d'épaisseur peut être réduite dans l'atteinte de cet objectif.			

EVALUATION DE LA PERFORMANCE

Obtention de l'information

Détection active	Information	L'information est perceptible et identifiable avec une difficulté modérée. L'information est enregistrée et donne lieu à un compte rendu écrit avec une analyse.
	Disponibilité	La disponibilité de l'opérateur est totale durant cette opération. En effet, l'inspection quinquennale est effectuée par une entreprise extérieure ou des personnels formés, dédiés uniquement à cette opération et en dehors des phases d'exploitation.
Détection passive	Information	Sans objet.
	Disponibilité	Sans objet.
Evaluation		Décote 0

Diagnostic

Information	Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.	
Guidage	Un calibrage de l'appareil de mesure est réalisé en amont du contrôle. Le niveau de guidage et le type d'appareil sont adaptés à la situation.	
Evaluation		Décote 0

Action à réaliser

Stress	Le niveau de stress est acceptable : la tâche est séparée temporellement de l'évènement initiateur et aucune contrainte de temps ne vient peser sur l'opérateur.	
Tâche	Il s'agit d'une tâche technique qui est réalisée par un professionnel formé spécifiquement à celle-ci.	
Evaluation		Décote 0

Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs

Rôle et responsabilités clairement définis	Oui : lors de la passation du marché avec le cahier des charges techniques particulières et l'offre technique du titulaire du marché qui définissent précisément les rôles et attributions (avec un processus clairement identifié) des deux parties.	
Informations transmises sans ambiguïté	Oui : un compte rendu écrit est systématiquement envoyé. Ce compte rendu comprend le résultat des mesures et l'analyse des résultats.	
Outils de communication identifiés et performants	Oui : compte rendu cité supra.	
Evaluation		Décote 0

Niveau de confiance

Evaluation		NC2
------------	--	-----

Anti-débordement (NTH chez SFDM)

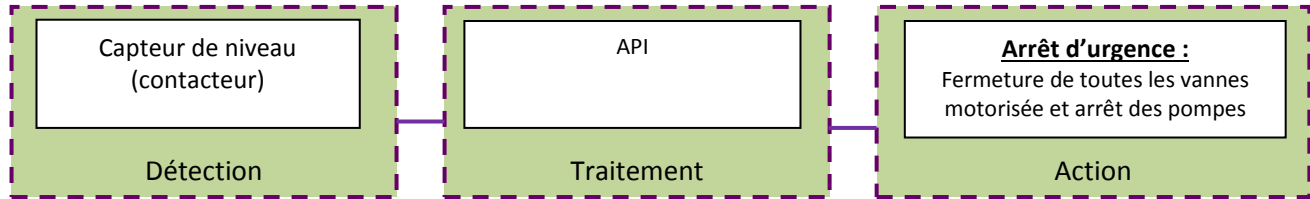
Barrière technique de sécurité – Système instrumenté de sécurité (MMRIS) – Chaîne simple

Tâche de sécurité assurée

L'action de cette sécurité consiste à éviter une perte de confinement par débordement du produit pétrolier hors du système

Les modalités de fonctionnement de cette barrière sont les suivantes :

- Le capteur de niveau TOR (Tout Ou Rien) identifie si le produit atteint un niveau déterminé (le niveau anti-débordement – NTH chez SFDM). Si ce niveau est atteint, le flotteur va monter et arriver sur la butée paramétrée.
- L'information est transférée par signal électrique à l'automate qui va ordonner la fermeture de toutes les vannes motorisée et l'arrêt des pompes (activation de l'arrêt d'urgence).



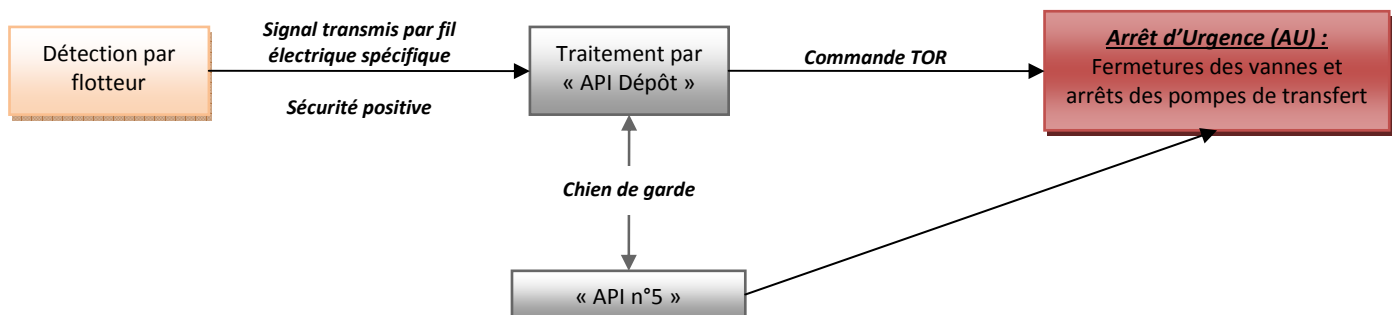
Etat de l'art / Techniques de référence

1 Détection par Capteur de niveau à flotteur

C'est un capteur Tout ou Rien (TOR) qui se déclenche à l'atteinte d'un niveau prédéterminé. Ce capteur est testé dynamiquement à l'issue de sa mise en place, puis de manière périodique en testant l'intégralité de la chaîne (capteur, contacteur, fermeture des vannes, arrêt des pompes et alarmes).

2 Traitement : arrêt d'urgence exploitation

L'arrêt d'urgence à SFDM consiste en la chaîne de traitement de l'information suivante :



Examen des performances de la barrière humaine de sécurité

Type de BTS	Vérification préalable
<p>Système instrumenté de sécurité – chaîne simple</p>	<p>Indépendance : Le niveau anti débordement est indépendant de l'événement initiateur (sur remplissage). Sa performance n'est pas dégradée par l'occurrence de l'évènement initiateur. Ce paramètre est intégré dans le dimensionnement de la barrière.</p> <p>Utilisation pour la sécurité : Cette barrière est exclusivement dédiée et utilisée pour la fonction de sécurité « éviter un débordement ».</p>

ETUDE DE LA PERFORMANCE		
Efficacité		
Dimensionnement adapté	Détection	Le capteur de niveau est adapté aux produits stockés. Il est couramment employé dans l'industrie pétrolière.
	Traitement	Le câblage et le (ou les) contacteur(s) sont dimensionnés suivant les règles de l'art.
	Action	La vanne d'arrêt d'alimentation en carburant, située en pomperie, est adaptée pour isoler une canalisation hydrocarbures.
Résistances aux contraintes spécifiques	Détection	Le capteur de niveau est conçu pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Il ne subit aucune usure due au frottement.
	Traitement	Les contacteurs ainsi que le câblage électrique sont positionnés dans des conduits spécifiques et ne subissent pas de contraintes spécifiques.
	Action	La vanne est conçue pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Elle est résistante à des conditions climatiques extrêmes (gel, température élevées, forte pluie...).
Positionnement adéquat	Détection	Chaque capteur est dédié à un réservoir.
	Traitement	Le câblage et le (ou les) contacteurs) sont mis en place pour correspondre à un câblage de sécurité positive, c'est-à-dire, qu'en cas de défaillance du circuit de traitement, la barrière se met en sécurité et informe l'automate.
	Action	Les vannes sont positionnées afin de limiter le flux de produit vers le ou les bacs concernés par le signal du dispositif « NAD ».
Evaluation		100 %
Temps de réponse		
	Détection	La détection est quasi immédiate c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Traitement	Le traitement de l'information est quasi immédiat c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Action	Le temps de fermeture est rapide c'est à dire de l'ordre d'une trentaine de secondes avec l'actionneur de vanne
Evaluation		de l'ordre de 35 secondes
Niveau de confiance		
Etat du système si dispositif défaillant		Le système, composé de plusieurs dispositifs de coupures, est alimenté par 2 sources d'énergie différentes (EDF et onduleur) et les vannes sont commandables selon 2 modes différenciés (motorisée ou manuelle)
Inspection - Test et maintenance		La chaîne de détection (capteur – automate – alarmes – fermeture de la vanne – arrêt des pompes) est testée 2 fois par an (1 test simulé + 1 test en réel) par le personnel du dépôt. Les opérations de test et de maintenance sont tracées dans un registre. L'ouverture et la fermeture des vannes sont testées à chaque mouvement de produit.
Evaluation		NC1

CAS CONCRET DU SNOI



Juin 2014

Gestion des modifications

Date	Référence version	modification
22 mai 2014	20140522 V0	Document initial
20 juin 2014	20140616 V1	Rajout « suivi modifications » version Page 2 Modification rédaction page 19, 20, 23 et 24 Modification annexes 3b et 3d

SOMMAIRE

1. Préambule.....	5
2. Présentation du site	5
2.1. Situation du dépôt	5
2.2. Fonctionnement du dépôt	6
2.3. Description sommaire des installations du dépôt	8
3. Description du système étudié et de son mode d'exploitation	9
3.1. Produit exploité : le JET A1	11
3.2. Répartition dans le temps des fonctions d'exploitation	11
4. Collecte de données et d'informations sur l'environnement du système étudié.....	11
4.1. Environnement humaine autour du réservoir.....	12
4.2. Milieux aquatiques superficiels, caractéristiques physiques et usages	12
4.3. Lithologie, eaux souterraines, caractéristiques physiques et usages potentiels	13
4.4. Zones d'intérêt écologique	16
4.5. Autres intérêts naturels visés par l'article L.511-1 du code l'environnement	17
5. Les dangers et potentiels de dangers du système étudié	17
5.1. Dangers associés au JET A1	17
5.2. Dangers lié aux pertes d'utilité	18
5.3. Potentiels de dangers liés aux modalités opératoires	18
6. Analyse de risques.....	18
6.1. Analyse préliminaire des risques.....	18
6.2. Analyse détaillée des risques	19
6.2.1. Arbres de défaillances et arbres d'évènements.....	19
6.2.2. Scénarios retenus	20
6.3. Barrières de sécurité	20
6.4. Estimation des probabilités	20
6.5. Détermination du volume d'épandage de JET A1 dans le sol.....	21
6.6. Cotation en probabilité des phénomènes dangereux retenus.	21
6.7. Cotation en gravité environnementale.....	22
6.7.1. Enjeux naturels propres au site de Belfort.....	22
6.7.2. Calcul de la gravité selon la formule d'estimation de la gravité environnementale.....	22
6.8. Classe de gravité environnementale	23
7. Criticité d'une « fuite » potentielle sous le niveau du sol.	23
8. Synthèse et conclusion.....	24

ANNEXES

ANNEXE 1 : fiche de données de sécurité du JET A1 (pour mémoire)

ANNEXE 2 : tableau analyse préliminaire des risques (APR)

ANNEXE 3a : arbre de défaillance « fuite réservoir hors transfert »

ANNEXE 3b : arbre d'évènements « fuite réservoir hors transfert »

ANNEXE 3c : arbre de défaillance « fuite canalisations hors transfert »

ANNEXE 3d : arbre d'évènements « fuite canalisations hors transfert »

ANNEXE 4 : fiche de caractérisation concernant le SAMS « détecteur de niveaux ».

1. PREAMBULE

La présente étude s'appuie sur les infrastructures pétrolières du dépôt de BELFORT (BED) qui comprend 4 réservoirs enterrés de conception militaro-industrielle de 2500 m³ et dont les caractéristiques nécessitent l'application de l'alinéa 2 de l'art 1^{er} de l'arrêté du 18 avril 2008 relatif aux capacités supérieures à 150 m³.

De par leur origine militaire, ces installations ont été durcies afin de limiter les effets dus à des agressions : les réservoirs sont semi-enterrés et éloignés les uns des autres afin de limiter le risque de propagation.

Les réservoirs du SNOI, étant de grande capacité (entre 2 500 et 10 000 m³ unitaire), n'ont pu être manufacturés en usine et ont été construits sur leur lieu d'exploitation dans les années 1960. De plus, l'exploitation de telles installations, connectées à un système d'oléoducs, nécessite des canalisations permettant de travailler à des débits élevés et à des pressions de service importantes. Les canalisations, de grande longueur, ne peuvent donc s'apparenter à des canalisations de station-service fonctionnant par gravité ou à faible pression.

La présente étude se limite aux 3 fonctions de sécurité essentielles pour ces réservoirs enterrés:

- Prévenir une fuite
- détecter une fuite,
- contrôler un épandage sous le sol environnant.

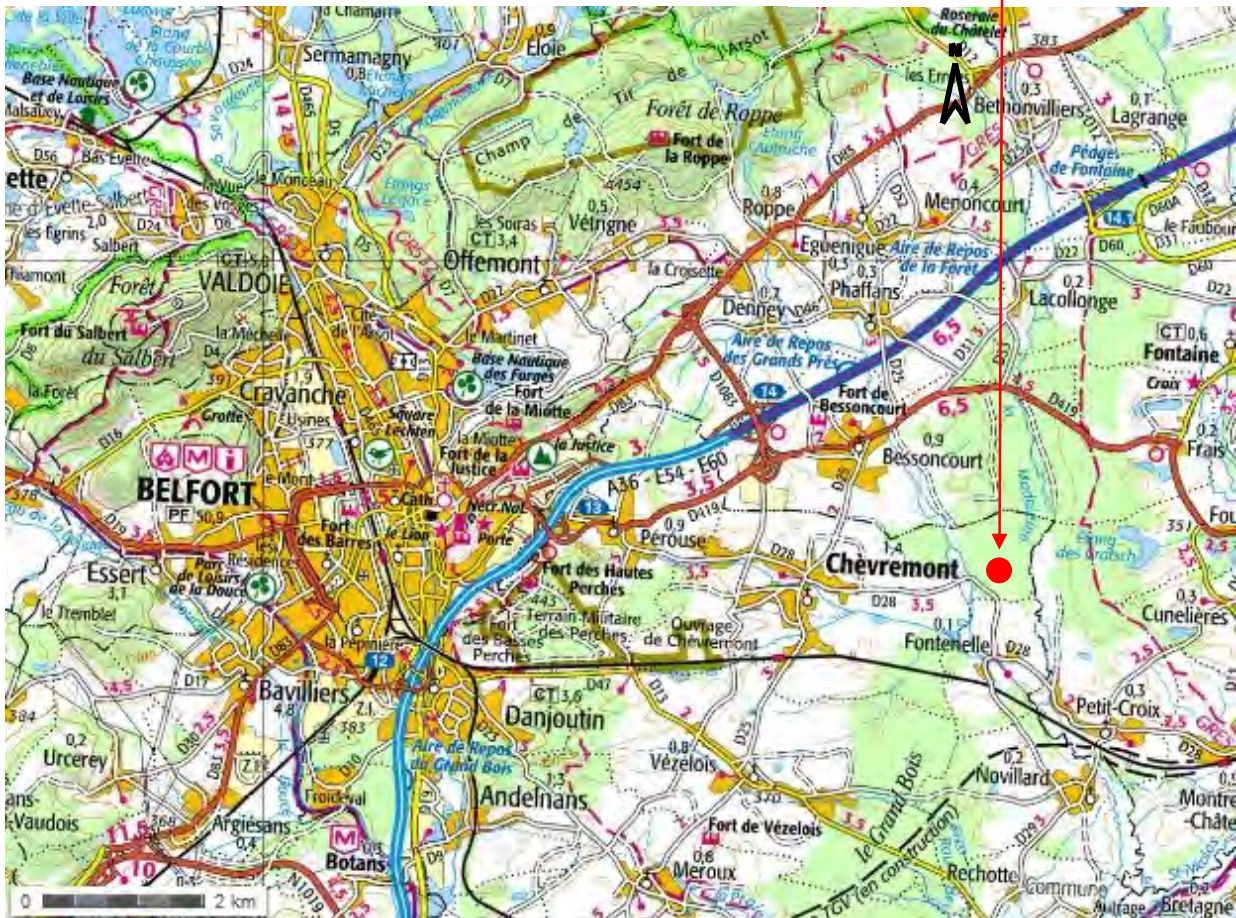
Les 5 autres fonctions de sécurité décrites en 1^{ère} partie sont traitées dans l'étude de danger du dépôt de Belfort.

2. PRESENTATION DU SITE

2.1. SITUATION DU DEPOT

Le dépôt avec son parc de stockage, construit au début des années 1960, est situé sur la commune de Chèvremont sur le territoire de Belfort. Il est implanté dans une zone non urbanisée, au milieu du bois dénommé « le Grand Bois ». Le poste de chargement de camion de Belfort (BET) associé au stockage est situé sur une emprise distincte du dépôt et à environ 500 m au sud de celui-ci.

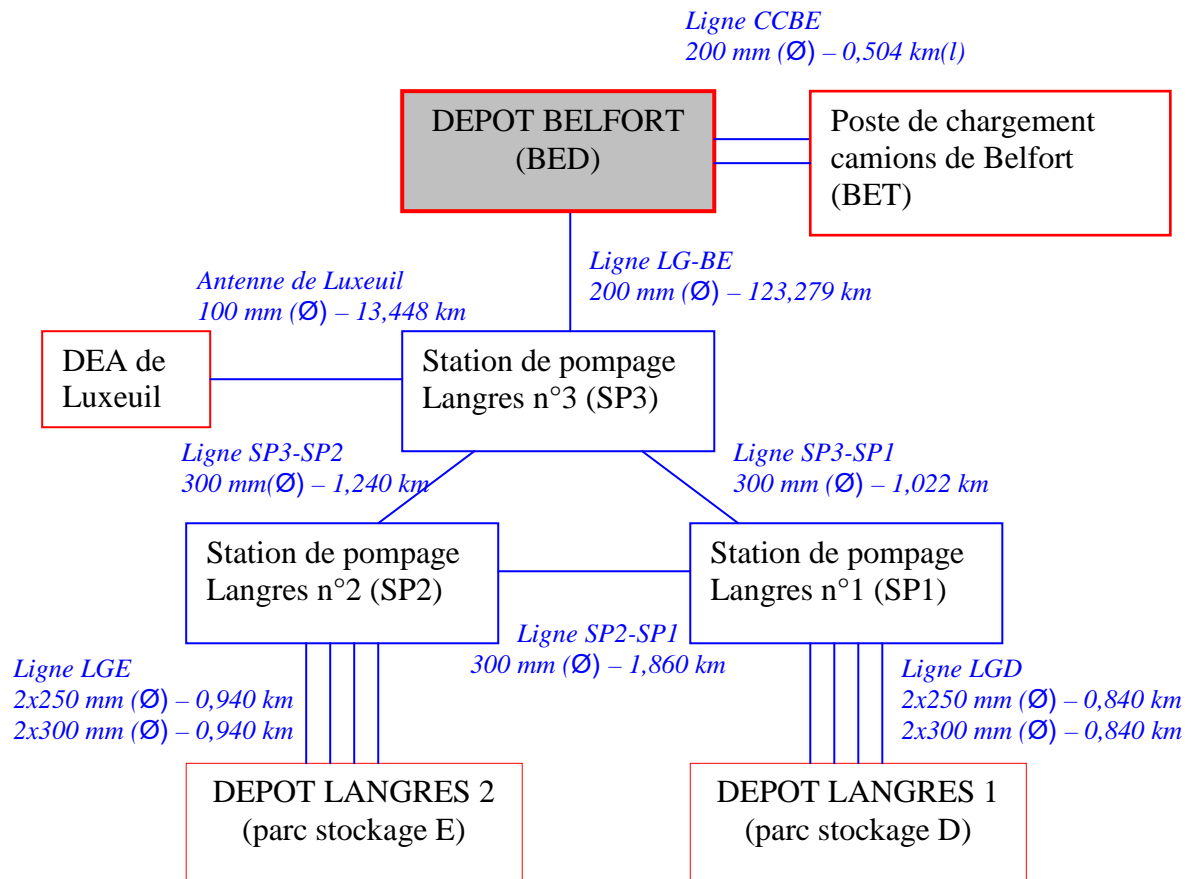
Dépôt SNOI de BELFORT



Situation géographique

2.2. FONCTIONNEMENT DU DEPOT

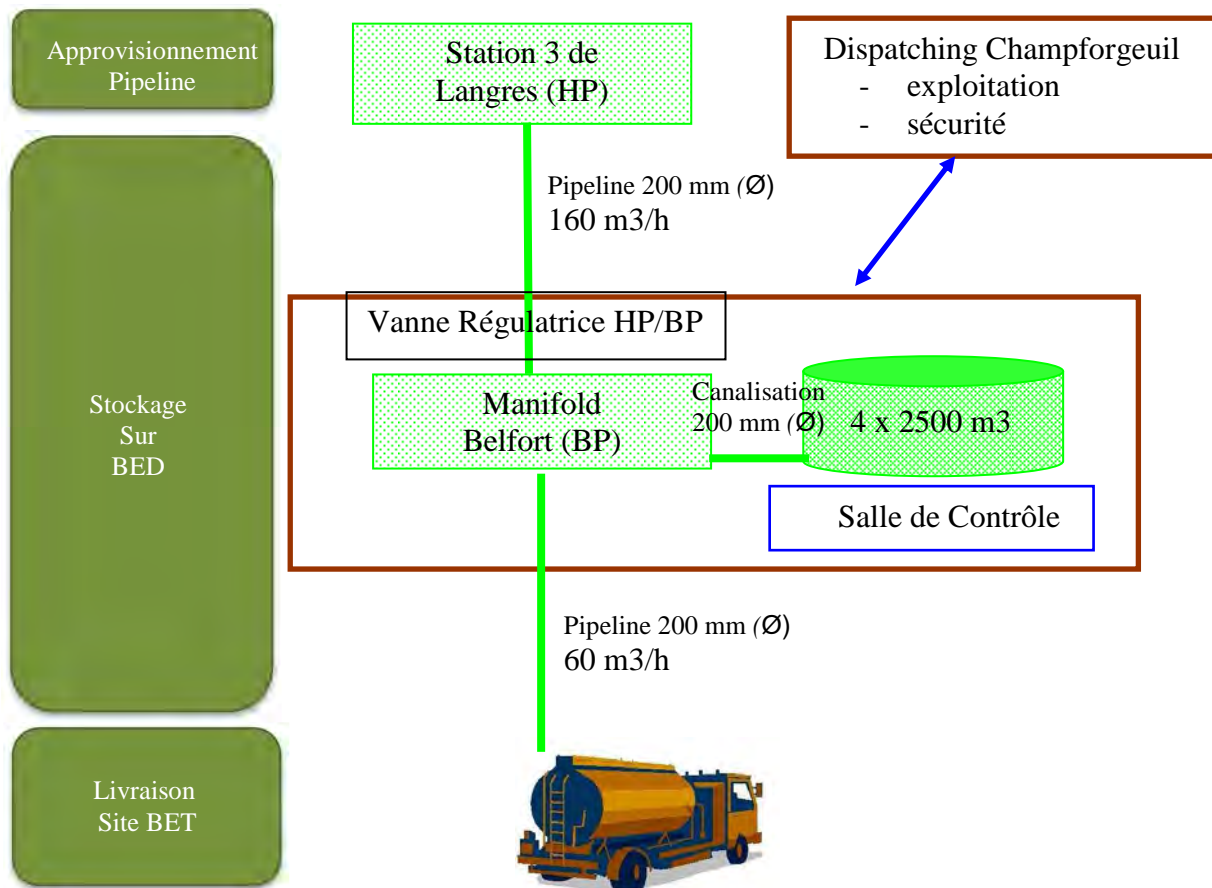
Le dépôt est utilisé pour le stockage de produits pétroliers. Actuellement seul le carburéacteur de type Jet A1 y est stocké. Il est approvisionné par pipeline à partir du dépôt de Langres et permet la distribution en carburant de ses clients militaires et civiles par camions citernes selon le schéma logistique suivant.



Le dépôt BED est uniquement alimenté en JET A1, à un débit moyen de 160 m³/h, par un pipeline de 200 mm de diamètre reliant la station 3 de Langres. Tout le dépôt est doté d'un système automatisé qui supervise, en continu et en temps réel, tous les éléments participant à l'exploitation et à la sécurité de l'établissement. Ces éléments sont affichés en permanence dans la salle d'opération du dépôt et transmis au centre du contrôle (dispatching) en activité 24 /24 h situé à Champforgeuil (71).

Ce produit est stocké dans 4 réservoirs enterrés de 2500 m³, datant des années 1960 et sans modification notable depuis. Ce carburant est distribué de façon exclusive par le chargement-camion (Site BET) situé à 500 m du dépôt.

Toutes ces opérations de transfert, qui impliquent systématiquement la présence d'un technicien d'exploitation sur site, sont organisées selon le schéma suivant :



Mise en sécurité automatique du dépôt :

- en cas de détection d'un évènement susceptible d'affecter la sécurité (perte télé-trans, détection produit dans les rétentions, modifications anormales des niveaux de bacs) toutes les opérations d'exploitation sont automatiquement stoppées,
- coupure de l'alimentation électrique des équipements de transferts (pompes internes au dépôt),
- Isolement du dépôt par rapport au réseau d'oléoducs par fermeture de sa vanne régulatrice et de sa vanne motorisée d'entrée, stoppant, de fait, toute arrivée de produit,
- Commande de fermeture de toutes les vannes télé-manoeuvrables du dépôt provoquant l'isolement de ses zones critiques.

2.3. DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTALLATIONS DU DEPOT

Les installations du dépôt se composent de :

- 4 bacs semi-enterrés d'une capacité unitaire de 2730 m³,
- un bac aérien d'une capacité de 100 m³,
- une cuve de purge enterrée 20 m³ (15 m³+ 5 m³),
- un manifold,
- des canalisations enterrées permettant de relier le manifold aux différents bacs et le site de distribution via des chambres à vanne,
- un local « pomperie Boosting » adjacent au manifold comprenant 2 groupes motopompes basse pression,
- un local groupe électrogène comprenant une réserve de FOD (0,5 m³),
- un local « pomperie incendie » comprenant 2 groupes motopompes et une réserve de FOD (0,25 m³),
- une réserve d'eau de 350 m³,
- un bunker abritant l'arrivée des télécommunications du dépôt,
- différents locaux de maintenance et de stockage,
- des bâtiments administratifs.

Localisation	Produit	Capacité nominale du bac en m ³	Hauteur entre tôles (mètre)	Diamètre (mètre)
Réservoirs principaux semi-enterrés				
R1	Jet A1	2 730	7,21	22
R2	Jet A1	2 730	7,21	22
R3	Jet A1	2 730	7,21	22
R4	Jet A1	2 730	7,21	22
Epaisseur fond réservoir	8 mm			
Epaisseur 1 ère virole	7 mm			
Epaisseur autres viroles	6 mm			
Epaisseur peinture époxydique	3000 micron			
Cuve enterrée double enveloppe				
Cuves	Jet A1	15 + 5		2,5
Cuves aériennes sur rétention				
Bac C	Jet A1	100	6,89	4,5
TOTAL CATEGORIE B		11 035		

Caractéristiques principales des réservoirs et cuves présents sur le dépôt

3. DESCRIPTION DU SYTEME ETUDIE ET DE SON MODE D'EXPLOITATION

Le système étudié, représenté par le schéma page suivante, correspond aux caractéristiques majorantes des 4 réservoirs semi-enterrés. Il se caractérise par :

- ✚ un réservoir partiellement enterré d'une capacité supérieure à 150 m³ (2500 m³) constitué d'une enveloppe métallique (fond, latérale et toit) revêtu intérieurement d'une peinture époxydique sur le fond du réservoir et sur une hauteur de 50 cm sur la première virole,
- ✚ des équipements annexes :
 - une enveloppe béton solidaire au réservoir métallique (radier, latérale et toit) ;
 - d'une canalisation enterrée métallique d'exploitation (emplissage et soutirage) et d'une canalisation enterrée métallique de purge sortant toutes deux du réservoir vers deux chambres à vanne séparées (50 mètres environ);
 - une vanne immergée par canalisation au niveau du réservoir;
 - une vanne par canalisation au niveau des deux chambres à vanne ;
 - un dispositif de respiration par soupape avec tarage (- 5 et + 25 mb);
 - un dispositif de jaugeage ;
 - un regard d'exploitation équipé d'un trou d'homme ;
 - un dispositif de mesure en continue ;
 - un dispositif anti-débordement.
 - le système de drainage des eaux d'infiltration ;
 - le système de collecte des eaux d'infiltration depuis le drain périphérique en direction du déshuileur associé ;

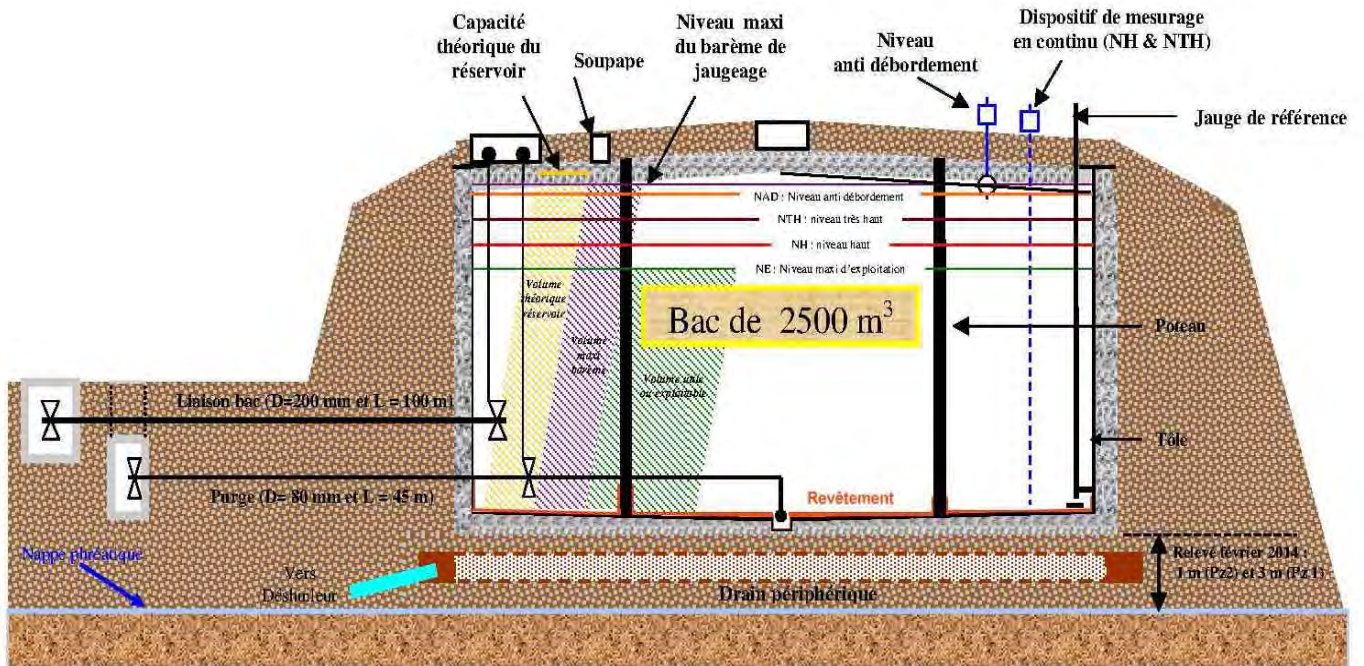
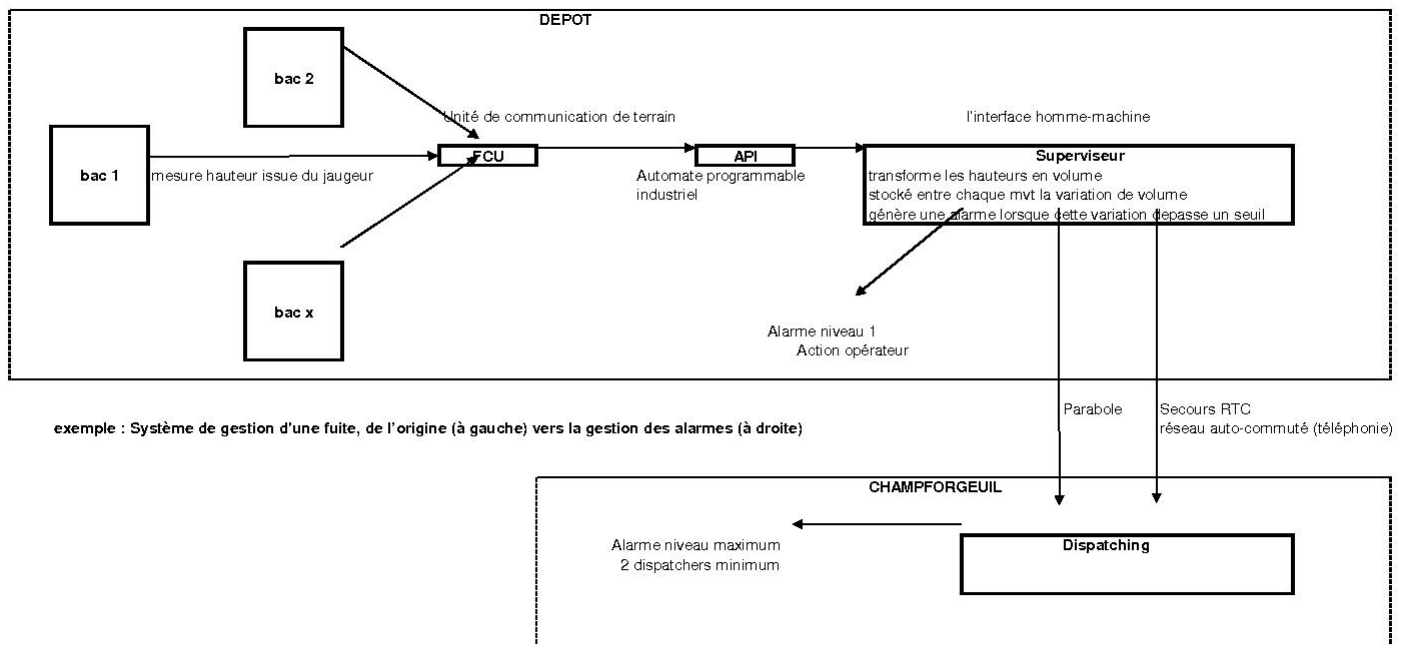


Schéma de référence du système étudié

Il est à noter que toutes les chaînes de détection utilisées dans le système étudié (capteur – unité de traitement – alarmes) sont « testées » en permanence, dans la mesure où les informations transmises sont directement intégrées dans le processus et nécessaires au bon fonctionnement en continu du dispatching conformément à l'architecture schématisée ci-dessous :



3.1. PRODUIT EXPLOITE : LE JET A1

Le réservoir étudié ne stocke qu'exclusivement du liquide inflammable JET A1 (carburéacteur à usage aéronautique) dont le point d'éclair est au moins égal à 38° C selon les spécifications officielles.

Les relevés réguliers de température, dans la phase liquide des réservoirs semi-enterrés de Belfort, permettent de constater, depuis plusieurs dizaines d'années, que la température du JET A1 stocké reste nettement inférieure à la température du point éclair du JET A1 (entre 7° c - janvier 2013 et 18 °C - août 2013). Ceux-ci permettent d'exclure de l'étude, pour un produit livré conforme, les fonctions de sécurité « prévenir la formation des vapeurs » et « contrôler la formation des vapeurs combustible ».

3.2. REPARTITION DANS LE TEMPS DES FONCTIONS D'EXPLOITATION

Le tableau ci-après résume, de façon succincte, des indicateurs d'activité du dépôt de Belfort pour l'année 2013.

	Emplissage	Soutirage	Total
Mode de transfert	Pipeline	Poste chargement CC	
Volume total annuel mouvementé BED (m3)	135 000	135 000	270 000
Débit moyen transfert BED (m3/h)	160	60	
Durée totale des transferts à BED (Heures)	850	2250	3100
Durée moyenne des transferts bac (heures)	215	560	775
Ratio horaire : temps de transfert sur une année (1 an = 8500 h)	2,5 %	6,5 %	9 %

La phase de stockage est donc la fonction d'exploitation la plus significative pour le réservoir étudié. Elle représente, sur l'activité annuelle, 91 % du temps d'exploitation. Cette phase statique est particulièrement favorable à une bonne maîtrise des paramètres de suivi du niveau du réservoir pour la détection d'une fuite éventuelle.

4. COLLECTE DE DONNEES ET D'INFORMATIONS SUR L'ENVIRONNEMENT DU SYSTEME ETUDIE

Les éléments relatifs à la description de l'environnement naturel et humain du dépôt décrits ci-dessous sont extraits de l'étude d'impact de BED. Ils permettent de caractériser les paramètres nécessaires à la cotation de la gravité environnementale conformément à l'annexe D1 de la partie méthodologique du guide.

4.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN AUTOUR DU RESERVOIR.

L'établissement ne présente aucune habitation, ERP, équipement publics vital, établissement industriel à proximité.

En outre, les réseaux routiers, ferroviaires et les voies navigables recensés dans l'étude d'impact, n'ont aucune interaction avec les réservoirs du dépôt.

4.2. MILIEUX AQUATIQUES SUPERFICIELS, CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET USAGES

Le dépôt pétrolier est localisé au sein du bassin versant hydrographique de l'Allan, lui-même rattaché au bassin Rhône Méditerranée et Corse (SDAGE).

Deux cours d'eaux s'écoulent à proximité du dépôt (« *L'Autruche* » à 200 m à l'Ouest et « *La Madeleine* » à 350 m à l'Est). Ces rivières confluent sur la commune de Petit-Croix, à environ 2 km au Sud du dépôt ; la rivière conservant en aval le nom « *La Madeleine* ».

Ces rivières sont fréquentées par des pêcheurs :

- l'Autruche est un cours d'eau de deuxième catégorie piscicole (potentiel cyprinicole)
- la Madeleine est un cours d'eau de première catégorie piscicole (potentiel salmonicole) sur sa partie amont puis de deuxième catégorie.

Enjeux / Vulnérabilité des milieux aquatiques superficiels du bassin versant	Objectifs de protection associés
Poissons migrateurs amphihalins (Alose, lamproie marine et anguille)	Non dégradation écologique des milieux aquatiques Interdiction de construction de nouveaux ouvrages constituant un obstacle à la libre circulation des espèces
Diversité des peuplements piscicoles Consommation des poissons par les pêcheurs	Non dégradation de la qualité des eaux Non dégradation écologique des milieux aquatiques

Localisation du dépôt par rapport au réseau hydrographique local



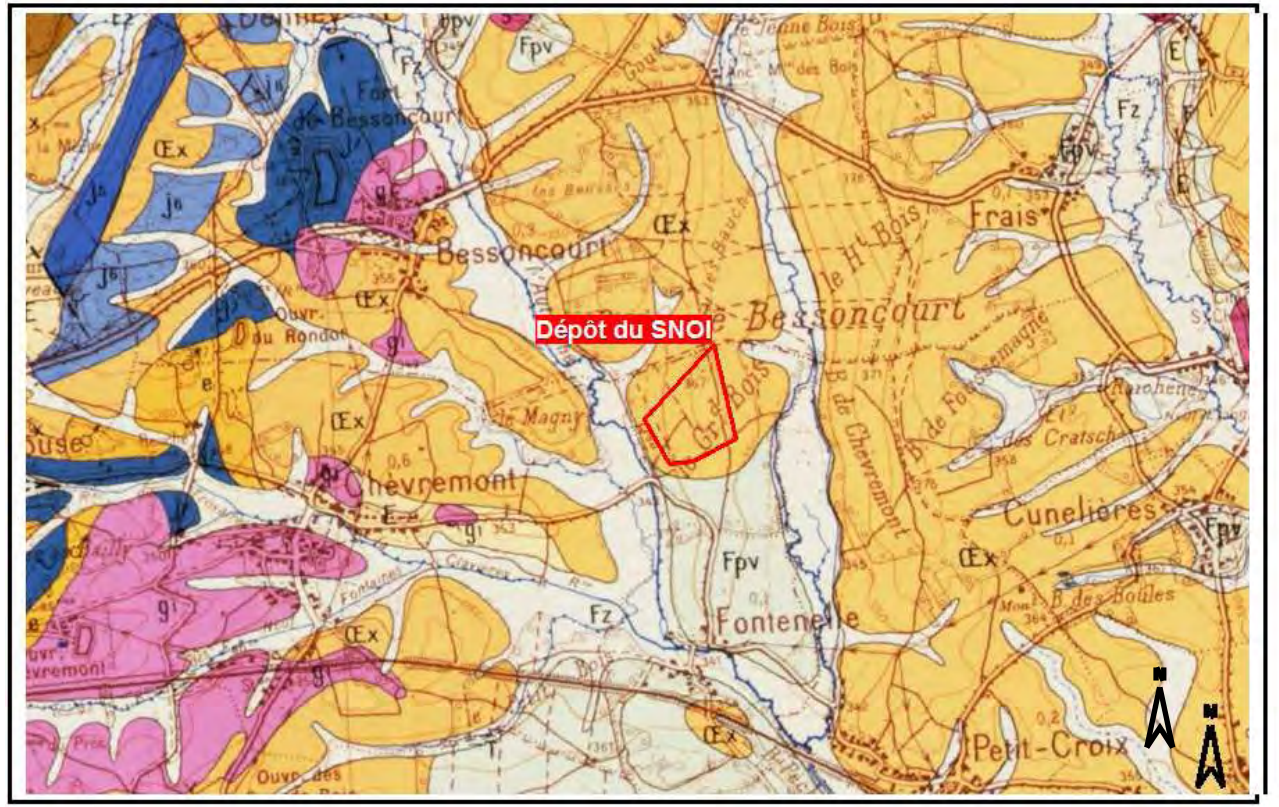
L'Autruche et La Madeleine sont 2 cours d'eaux vulnérables au regard d'une pollution ; ils sont donc retenus au titre de la sensibilité « S » pour la cotation de la gravité environnementale.

4.3. LITHOLOGIE, EAUX SOUTERRAINES, CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET USAGES POTENTIELS

L'étude d'impact de BED présente le profil géologique moyen suivant au droit du dépôt :

- limons argileux (lehm) ou calcaireux (Loess) du Quaternaire affleurant localement au niveau du dépôt, d'une épaisseur pouvant atteindre 7 mètres au maximum (formation légèrement perméable),
- cailloutis du Sundgrau (Pliocène) constitués de graviers et galets roulés au sein d'une matrice argileuse dont l'épaisseur ne dépasse pas 20 mètres (formation très perméable),
- marnes argileuses et schistes de l'Oligocène dont l'épaisseur atteint plusieurs centaines de mètres (formations imperméables).

L'extrait de carte géologique de Belfort est reporté ci-dessous :



Principales formations géologiques dans et à proximité du dépôt :

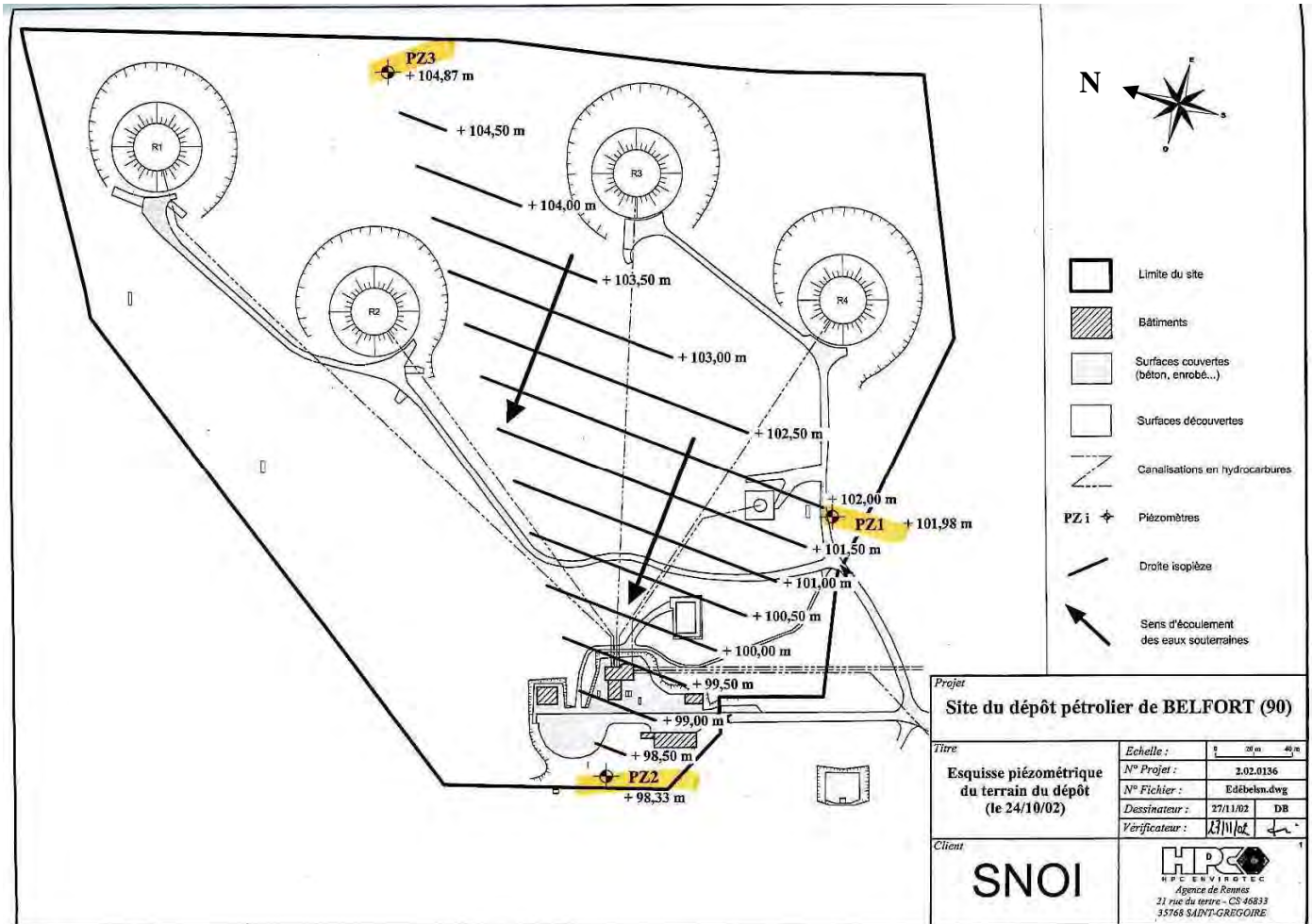
OEx : Loess et loesslehm anciens

Fpv : Alluvions anciennes dites cailloutis ou graviers du Sundgau à éléments vosgien

Fz : Alluvions actuelles des vallées

D'après les informations du BRGM, l'hydrogéologie locale est caractérisée par la présence d'un unique aquifère constitué par la nappe des cailloutis du Sundgau.

Cette nappe se développe au sein de la formation du Pliocène (peu perméable), repose sur le toit argileux des formations de l'Oligocène à une profondeur inférieure à 10 m et s'oriente d'Est en Ouest (voir carte ci-dessous). La nappe est en relation étroite avec le réseau hydrographique superficiel local (notamment l'Autruche).



La nappe des cailloutis du Sundgau est retenue comme « eau souterraine » protégée par un limon argileux faiblement perméable du Quaternaire pour la sensibilité « S » au titre de la cotation de la gravité environnementale ;

Le plus proche captage d'eau potable dans le voisinage du dépôt est le captage communal de Petit-Croix (code BSS 04442X0034 / F2), localisé en limite communale avec Montreux-Château et situé à environ 3,2 km au Sud-Est du dépôt pétrolier, Ce captage n'est pas situé en aval hydraulique du dépôt.

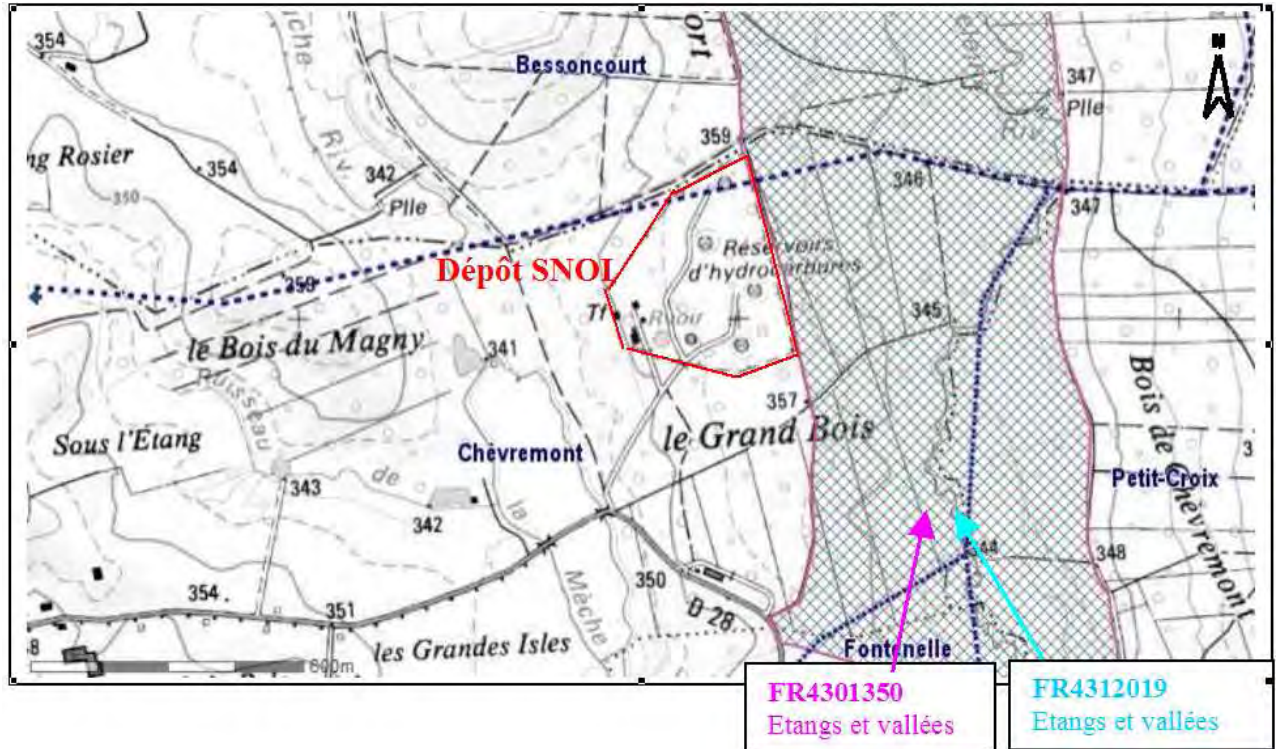
Le dépôt n'est ni situé à proximité directe d'un captage ni compris à l'intérieur d'un périmètre de protection.

Le captage communal de Petit-Croix, n'est pas retenu pour la sensibilité « S » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale

4.4. ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE

Zones de protection NATURA 2000 à proximité du dépôt

Les sites NATURA 2000 les plus proches sont repérés ci-dessous.



SITE NATURA 2000	Type de site	Code du site	Superficie	Distance par rapport au dépôt
Etangs et vallées du territoire de Belfort	Site d'importance communautaire (SIC) Directive Habitat	FR4301350	5 114 ha	0 m (en limite Est du dépôt)
Etangs et vallées du territoire de Belfort	Zone de protection spéciale (ZPS) Directive Oiseaux	FR4312019	5 114 ha	0 m (en limite Est du dépôt)

Le site Natura 2000 des « étangs et vallées du territoire de Belfort » est retenu pour la sensibilité « S » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale

Zones de l'inventaire naturel à proximité du dépôt

Après consultation de la base de données cartographique CARMEN de la DREAL Franche Comté, les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) répertoriées à proximité directe du dépôt sont décrites ci-après.

ZNIEFF	Type	N° ZNIEFF / N° du SPN	Superficie	Intérêts	Distance par rapport au dépôt
Vallée de la Madeleine au Sud de Lacollonge	I	0149 0002 / 430220023	121,60 ha	Flore, insectes, poissons	à 300 m à l'Est
Vallée de la Bourbeuse et ses affluents, Madeleine et Saint-Nicolas	II	0149 0000/ 430020211	1659,1 ha	Ecologique, poissons, amphibiens, oiseaux et phanérogames (végétaux)	à 300 m à l'Est

Les 2 sites ZNIEFF de la vallée de La Madeleine et de la vallée de La Bourbeuse sont retenus pour la sensibilité « S » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale.

4.5. AUTRES INTERETS NATURELS VISES PAR L'ARTICLE L.511-1 DU CODE L'ENVIRONNEMENT

Les ensembles forestiers présents autour du dépôt sont des forêts domaniales ou communales ; ils ne font pas partie de forêts protégées.

Les ensembles forestiers autour du système étudié ne sont pas retenus pour la sensibilité « S » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale.

5. LES DANGERS ET POTENTIELS DE DANGERS DU SYSTEME ETUDIE

La caractérisation des dangers et potentiels de dangers du système étudié comprend :

- les dangers associés au JET A1 ;
- les dangers liés aux pertes d'utilité ;
- les potentiels de dangers liés aux modalités et conditions opératoires.

5.1. DANGERS ASSOCIES AU JET A1

Pour le JET A1, le code « R51/53 » (H 411 selon règlement CLP/SGH) relatif à la phrase de risque « Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique » est retenu pour le facteur « P » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale.

Le JET A1, en tant que carburéacteur, est assimilé à une huile légère au titre du facteur « M » dans le cadre de la cotation de la gravité environnementale.

Par ailleurs, le JET A1 n'est pas un produit corrosif mais, en raison des variations thermiques, peut décanter des eaux libres.

5.2. DANGERS LIE AUX PERTES D'UTILITE

Les pertes d'utilités sont ici identifiées comme modes communs de défaillance.

Utilité	Fonction par rapport à l'exploitation du réservoir	Type de défaillance au niveau de l'exploitation et de la sécurité	Situation dangereuse
Electricité : - Réseau public - puis groupe électrogène, - puis Onduleur	Emplissage – soutirage - stockage	Perte d'information sur le niveau du réservoir	Risque de non détection de la fuite en temps réel.
Communication : - satellite - puis réseau téléphonique commuté	Emplissage – soutirage - stockage	Perte d'information sur le niveau du réservoir	Risque de non détection de la fuite en temps réel

Nota : en cas de perte d'utilité le dépôt est automatiquement mis en sécurité (alarme niveau maximum), et un agent est systématiquement déplacé sur le site.

5.3. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX MODALITES OPERATOIRES

Cette partie est traitée par les 2 autres exploitants à l'identique.

6. ANALYSE DE RISQUES

6.1. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse préliminaire des risques (APR) est extraite de l'APR issue de l'étude de danger du dépôt de Belfort et a été adapté aux enjeux environnementaux selon l'échelle de cotation en **intensité** du phénomène dangereux « épandage » suivante :

INTENSITE		
HORS ETABLISSEMENT	4	Produit répandu à l'extérieur de l'établissement avec atteinte d'enjeu vulnérable.
	3	Produit répandu pouvant sortir de l'établissement sans atteinte d'enjeu vulnérable.
DANS ETABLISSEMENT	2	Produit répandu limité sans effet potentiel durable entraînant une action au sein de l'établissement.
	1	Produit répandu limité au dépôt. Pas d'atteinte potentielle significative à l'environnement immédiat du réservoir.

Voir APR en annexe 2

Cette APR, orientée exclusivement sur le phénomène dangereux « épandage », fait apparaître des scénarios dont les événements redoutés centraux (ERC) sont :

- Perte de confinement par surremplissage,
- Perte de confinement du réservoir,
- Perte de confinement des canalisations de liaison et de purge.

Les scénarios relatifs au surremplissage sont traités dans l'étude de danger (EDD) de BED,. les seuls scénarios retenus pour l'analyse détaillée des risques (ADR) auront pour ERC :

- La perte de confinement du réservoir,
- La perte de confinement des canalisations de liaison et de purge.

Du fait de la typologie du réservoir (réservoir + canalisations traversant les parois latérales sous le sol environnant), il a été développé 2 nœuds papillon :

- Un nœud pour le réservoir seul (cf annexes 3a et 3b)
- Un nœud pour les canalisations et accessoires en tant que « *équipement annexe* » à un réservoir enterré (cf annexes 3c et 3d).

6.2. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

6.2.1. Arbres de défaillances et arbres d'évènements

Les arbres de défaillances et les arbres d'évènements sont présentés en **annexes 3a à 3d** afin de visualiser l'enchaînement des scénarios conduisant à l'apparition des PhD.

Les PhD retenus concernent exclusivement des fuites liées à une éventuelle corrosion car le type de construction des réservoirs de BED rend improbable des fuites liées à un effet ZIP ou à une brèche occasionnée lors de travaux tiers (cf tableau APR).

En raison de l'absence de données fiables en matière d'accidentologie sur les événements initiateurs (EI) les nœuds papillon ont été cotés à partir de l'ERC « perte de confinement ». L'étude a porté sur les arbres d'évènements et les mesures de maîtrise des risques (MMR) en limitation et en détection pour côter en probabilité les PhD. Cette cotation est faite selon une approche semi-quantitative (F i).

Nota relatif aux annexes 3a à 3d :

- les barrières de sécurité en bleu représentent les barrières de prévention de l'ERC. Le niveau de confiance de ces barrières n'est pas déterminé pour le calcul de la probabilité d'occurrence annuelle du phénomène dangereux « fuite sous le sol environnant »,
- l'ERC est visualisé en jaune,
- les barrières de sécurité de limitation sont positionnées sur les arbres d'évènements et le niveau de confiance « NC » est déterminé.
- l'arbre des évènements relatif au « réservoir hors transfert » doit être interprété selon 3 échelles chronologiques différentes générées par la singularité de la barrière « encuvement béton » et des seuils du détecteur de variation de niveaux.

6.2.2. Scénarios retenus

Scénarios et phénomènes dangereux correspondants retenus	Classe de probabilité
Fuite sur réservoir (PhD 1)	E
Fuite sur réservoir (PhD 2))	E
Fuite sur réservoir (PhD 3)	E
Fuite sur canalisation (PhD 4)	E
Fuite sur canalisation (PhD 5)	E

6.3. BARRIERES DE SECURITE

Les barrières de prévention, de limitation et de détection sont positionnées sur les arbres de défaillance et les arbres d'évènements précédemment élaborés.

Une seule barrière de sécurité de détection a fait l'objet d'une fiche de caractérisation conformément à l'annexe G pour établir son niveau de fiabilité (NC) : il s'agit du « détecteur de variation de niveaux qui est un système à action manuelle de sécurité (SAMS) » ; niveau de confiance, NC =1.

Les autres barrières utilisées en limitation ou en détection sont :

- encuvement béton (dispositif passif de sécurité) ; NC=1
- détection hydrocarbure dans le regard relié au drain périphérique du réservoir (SAMS) ; NC=1
- détection hydrocarbure par prélèvement semestriel dans les piézomètres « Pz1 et Pz 2 » (SAMS) ; NC=1.

6.4. ESTIMATION DES PROBABILITES

Détermination de la classe de fréquences d'occurrence de l'ERC « Perte de confinement ».

- Cas de l'ERC pour le « réservoir » :

Le guide DLI (GTDLI), version octobre 2008, dans le paragraphe 10.6.1 propose une valeur de référence de probabilité de 8×10^{-4} , pour l'ERC « perte de confinement » relatif à un bac standard (sans peinture époxydique, ni visite quinquennale,...).

Cette probabilité correspond à la classe de fréquence F3 (entre 10^{-3} et 10^{-4}) qui est retenu pour l'ERC.

– Cas de l'ERC pour les « canalisations » :

La base statistique « PCAG », reprise dans l'annexe B en 1 ère partie, définit une probabilité calculée sur la base de la mesure de la longueur de canalisation et de son diamètre :

$F(PCAG) = 10^{-6}$ m/an (diamètre 200 mm ; longueur 100 m) et $2 \cdot 10^{-6}$ m/an (diamètre 80 mm ; longueur 50 m) soit **une fréquence F4**.

Nota : les canalisations concernées font l'objet d'une protection cathodique. Cette barrière n'a pas été cotée.

6.5. DETERMINATION DU VOLUME D'EPANDAGE DE JET A1 DANS LE SOL.

En phase de stockage, le détecteur de variation de niveaux est utilisé **exclusivement** pour détecter les variations anormales de niveaux. :

- ✚ Un premier niveau qui correspond à une variation anormale de 4 mm, entre 2 recalages¹. Ce qui correspond, pour le réservoir de BED, à un volume de 1 500 litres ; la MMRI génère automatiquement une alarme individualisée par réservoir en local et au niveau du dispatching.
- ✚ Un 2^{ème} niveau, indépendant du temps, qui correspond à une variation de 10 mm. Ce qui correspond, pour le réservoir de BED, à un volume égale à 4 000 litres ; la MMRI génère automatiquement une alarme individualisée par réservoir en local et au niveau du dispatching.

Cette MMRI est une MMRIC car intégrée au système de conduite de l'installation. Elle répond aux dispositions définies dans le guide relatif au MMRI ² (et notamment l'action de sécurité assurée par les éléments de cette chaîne est prioritaire sur toutes les autres actions).

La détermination de ces volumes de référence est explicitée sur la fiche évoquée au chapitre 6.3 et présentée en **Annexe 4**.

6.6. COTATION EN PROBABILITE DES PHENOMENES DANGEREUX RETENUS.

L'analyse des nœuds papillon en annexes permet de classer en probabilité les PhD selon le tableau ci-après :

Phénomènes dangereux retenus avant barrières de limitation		PhD 4 PhD 5	PhD 1 PhD 2 PhD 3		
Phénomènes dangereux retenus après barrières de limitation	PhD 1 – PhD 2 PhD 2 – PhD 4 PhD 5				
Classe de fréquence	<ou = F5	F4	F3	F2	> ou = F1
Probabilité d'occurrence annuelle	E	D	C	B	A

¹ Ces « recalages » correspondent de fait à des « remise à zéro » du jaugeur pour mettre en correspondance le volume réel du bac et la hauteur affichée du jaugeur et ainsi éviter des alarmes injustifiées initiées par des seuils mal calibrés.

² Note de doctrine référencée BRTICP/2013295/ PB/XS du 2 octobre 2013 relative aux mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI).

6.7. COTATION EN GRAVITE ENVIRONNEMENTALE.

Conformément à l'annexe D1 en première partie relative à la détermination de la gravité environnementale, les éléments décrits au paragraphe 4 permettent de coter la gravité potentielle des phénomènes dangereux.

6.7.1. Enjeux naturels propres au site de Belfort

Enjeux	Retenu ou non retenu	Sensibilité S
L'Autruche (Cours d'eau à 200 m)	Retenu	50
La Madeleine (Cours d'eau à 350 m)	Retenu	50
Captage communal de Petit-Croix (3,2 km)	Non retenu	0
Nappe à 10 m couche Pliocène sous une formation argileuse (Loess) – Peu perméable	Retenu (non atteignable)	0
ZNIEFF type I Vallée de la Madeleine au Sud de Lacollonge (300 m EST)	Retenu	100
ZNIEFF type II Vallée de la Bourbeuse et ses affluents, Madeleine et Saint-Nicolas (300 m EST)	Retenu	50
Natura 2000 ZIC Etangs et vallées du territoire de Belfort (Limite dépôt)	Retenu	25
Natura 2000 ZPS Etangs et vallées du territoire de Belfort (Limite dépôt)	Retenu	25

S retenu = 100

6.7.2. Calcul de la gravité selon la formule d'estimation de la gravité environnementale

La gravité environnementale (G_{env}) est estimée en utilisant la formule suivante (les valeurs des coefficients sont choisies à partir des tableaux de l'annexe D1).

$$G_{env} = S \times P \times V \times M$$

$$G \text{ système étudié} = 100 \times 10 \times 5 \times 0,5$$

$$G \text{ système étudié} = 2500$$

G. système étudié dans laquelle :

S = 100 (ZNIEFF type II) caractérise la sensibilité environnementale de l'enjeu la plus défavorable.

P = 10 (R 51/53) tient compte de la toxicité du produit.

V = 5 (max 4 m³) caractérise l'impact lié à la quantité maximale potentiellement relâchée.

M = 0,5 (Jet A1) tient compte de la "mobilité" du produit pour une atteinte indirecte de l'enjeu.

6.8. CLASSE DE GRAVITE ENVIRONNEMENTALE

Classe de gravité	Site
classe 5 : Genv > 25 000	
classe 4 : 12 500 < Genv ≤ 25 000	
classe 3 : 7 500 < Genv ≤ 12 500	
classe 2 : 2 500 < Genv ≤ 7 500	
classe 1 : 0 < Genv ≤ 2 500	G système étudié
classe 0 : Genv = 0	

7. CRITICITE D'UNE « FUITE » POTENTIELLE SOUS LE NIVEAU DU SOL.

Gravité	5					
	4					
	3					
	2					
	1	PhD 1 - PhD 2 PhD 3 - PhD 4 PhD 5				
	0					
		E	D	C	B	A
Probabilité du phénomène dangereux						

8. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Les évaluations des gravités environnementales et des probabilités ont conduit à positionner les phénomènes dangereux dans la matrice de criticité ci-dessus.

Le positionnement des 5 phénomènes dangereux retenus montre qu'ils sont classés en zone de risque acceptable.

Ce résultat démontre la maîtrise, à la source, à un niveau suffisant des risques de perte de confinement dans le sol des réservoirs enterrés de BED.

Les mesures de maîtrises de risques garantissent un niveau de risque acceptable, conformément aux attentes de l'arrêté du 18 avril 2008. Le SNOI doit assurer le maintien de la performance de ces barrières de sécurité dans le temps.

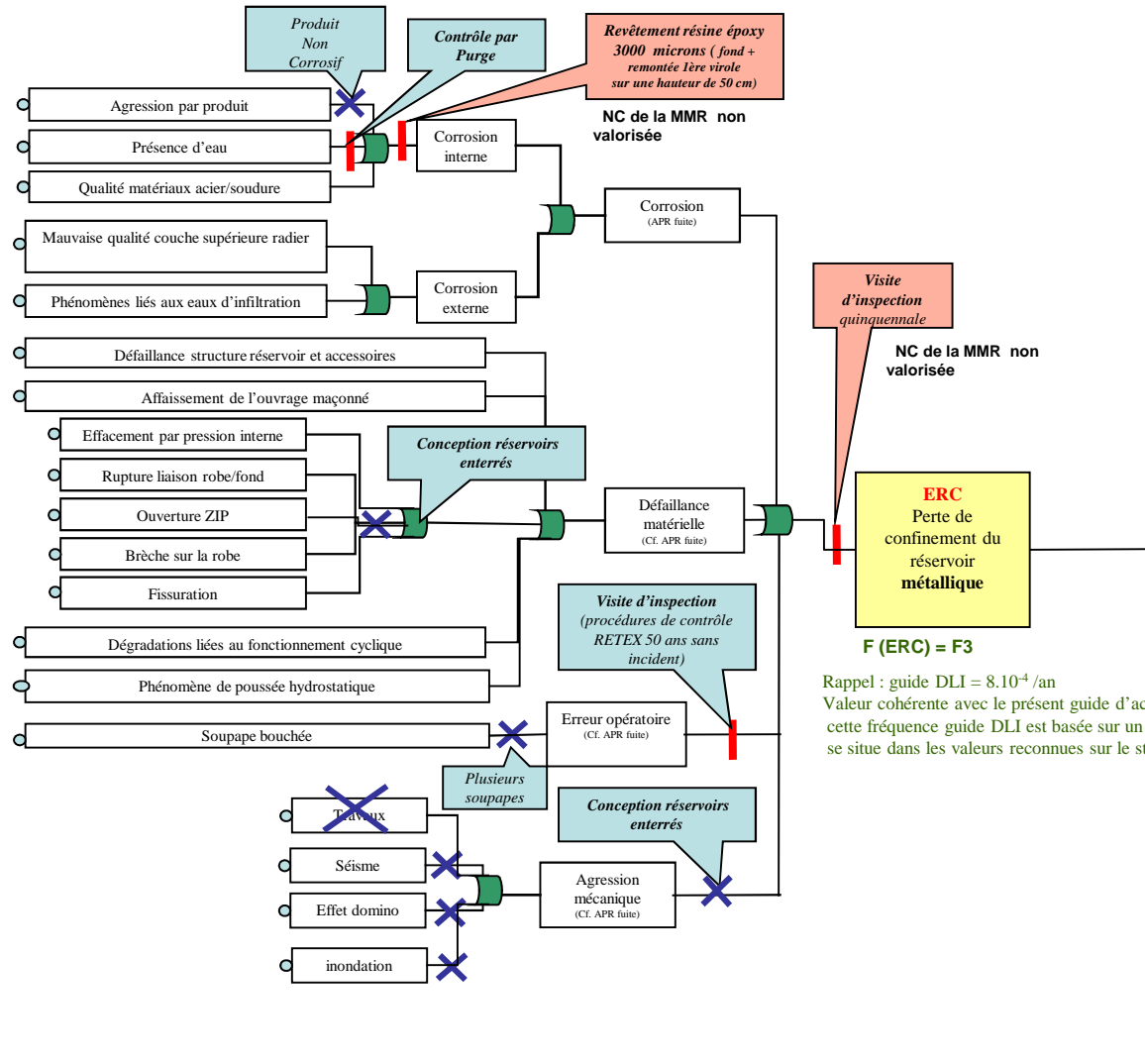
Annexe 1 (pour mémoire)

Fiche de données de sécurité Jet A1 : le Jet A1 (désignation civile) correspond au carburant militaire F-35 (désignation OTAN). La FDS du carburant Jet A1 est consultable sur le site intradef du SEA (rubrique produits/clients, article fiches de données de sécurité - cf. fiche carburant F-35) ou sur internet (www.quickfds.com/dcsea).

Section étudiée	Cause	Dérive	ERC	PhD	Fonction de sécurité	I	Barrière de prévention et de limitation	Remarque						
Phase de transfert (emplissage et soutirage)														
Réservoir	Erreur opérateur	Ouverture d'un mauvais circuit de bac lors d'une opération de livraison	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	2	- Plan de pompage depuis le dispatching, le numéro de bac est défini ainsi que son volume + au niveau du site relevage du niveau de bac et comparaison, déclare le bac, ouverture des vannes bac + vanne 80 + vanne régulatrice 20 (au niveau du dispatching on peut voir le bac déclaré et le volume du bac). Le démarrage de la livraison par le dispatching est conditionné par l'ouverture de toutes les vannes - Système Radar avec alarme sur niveau d'exploitation (géré par opérateur) et alarme sonore/visuelle sur un niveau haut (dispatching et opérateur), alarme et mise en sécurité du dépôt sur niveau très haut (alarme niveau 5 (API) qui déclenche l'Arrêt d'urgence (rack AU)) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont la vanne 80 et la vanne régulatrice 20- utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur- type MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice 20- utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	Procédure ODC-OPER/PE 013 pour le remplissage d'un réservoir						
		Ouverture d'une mauvaise vanne de circuit de bac lors d'une opération de livraison mais déclaration du bon bac	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	2	- Plan de pompage depuis le dispatching, le numéro de bac est défini ainsi que son volume + au niveau du site relevage du niveau de bac et confirmation au dispatching, déclare le bac, ouverture des vannes bac + vanne 80 + vanne régulatrice (au niveau du dispatching on peut voir le bac déclaré et le volume du bac) - Alarme sur surveillance de bac (mouvement sur bac non déclaré) + action opérateur - Alarme sur balance de ligne - Système Radar avec alarme sur niveau d'exploitation (géré par opérateur) et alarme sonore/visuelle sur un niveau haut (dispatching et opérateur), alarme et mise en sécurité du dépôt sur niveau très haut (alarme niveau 5 (API) qui déclenche l'Arrêt d'urgence (rack AU)) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont la vanne 80 et la vanne régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur type MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	Procédure ODC-OPER/PE 013 pour le remplissage d'un réservoir						
		Non arrêté de livraison lors d'un switch vers un autre bac	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	2	- Système Radar avec alarme sur niveau d'exploitation (géré par opérateur) et alarme sonore/visuelle sur un niveau haut (dispatching et opérateur), alarme et mise en sécurité du dépôt sur niveau très haut (alarme niveau 5 (API) qui déclenche l'Arrêt d'urgence (rack AU)) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont la vanne 80 et la vanne régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur type MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle Perte de confinement	Procédure ODC-OPER/PE 013 pour le remplissage d'un réservoir - la livraison successive de deux bacs d'exploitation ne se fait jamais, elle se fait qu'après arrêt de livraison du premier bac d'exploitation. Cependant, elle peut se faire lors de la réception de racleur en utilisant les commandes sur site lors d'un switch manuel d'un bac à l'autre pour récupérer le bouchon du racleur de 15 m3						
		Mauvaise détermination du creux du bac	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Plan de pompage depuis le dispatching, le numéro de bac est défini avec le volume + au niveau du site relevage du niveau de bac et comparaison, déclare le bac, ouverture des vannes bac + vanne 80 + vanne régulatrice (au niveau du dispatching on peut voir le bac déclaré et le volume du bac) - Système Radar avec alarme sur niveau d'exploitation (géré par opérateur) et alarme sonore/visuelle sur un niveau haut (dispatching et opérateur), alarme et mise en sécurité du dépôt sur niveau très haut (alarme niveau 5 (API) qui déclenche l'Arrêt d'urgence (rack AU)) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont la vanne 80 et la vanne régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur- MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	Procédure ODC-OPER/PE 013 pour le remplissage d'un réservoir						
		Mauvaise détermination du creux du bac en transfert bac à bac	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	2	- Système Radar avec alarme sur niveau d'exploitation (géré par opérateur) et alarme sonore/visuelle sur un niveau haut (dispatching et opérateur), alarme et mise en sécurité du dépôt sur niveau très haut (alarme niveau 5 (API) qui déclenche l'Arrêt d'urgence (rack AU)) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont la vanne 80 et la vanne régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur- MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle Perte de confinement	- Le transfert bac à bac se fait principalement pour assécher un bac ou pour créer un talon de bac (1 bac par an) - Le transfert passe forcément par la pomperie boosting et des vannes motorisées - Présence systématique d'un agent dédié à l'opération						
Défaillance matérielle	Défaillance matérielle	Défaut sur mesure de niveau (défaut sur la détection Radar)	Perte de confinement par débordement par les soupapes de respiration du bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	2	- Alarme sur défaut de fonctionnement de la détection Radar - Plan de pompage depuis le dispatching, le numéro de bac est défini avec le volume + au niveau du site relevage du niveau de bac et comparaison, déclare le bac, ouverture des vannes bac + vanne 80 + vanne régulatrice (au niveau du dispatching on peut voir le bac déclaré et le volume du bac) - Arrêt d'urgence (API et rack AU) sur niveau anti débordement (détecteur de niveau à flotteur- MIP) : fermeture automatique de toutes les vannes motorisées dont les vannes 80 et régulatrice - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - utilisation de 2 circuits différents pour isoler le dépôt. - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle Perte de confinement							
							Corrosion externe ou interne	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement sur la robe ou fond de bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Visite tous les 5 ans des bacs avec inspection visuelle interne de la robe (non décrit dans un rapport) - Revêtement par résine époxy (1 mm d'épaisseur) sur fond et robe de bac côté intérieur sur une hauteur de 0,8 à 1 m (1ère virole) - Vérification de la porosité du fond de bac (revêtement du fond de bac) par balai électrique tous les 5 ans - Contrôle d'épaisseur de la robe de bac, Détermination du taux de corrosion par ultrason en cas de problème et réparation selon les normes - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois.
Chambre à vanne (CAV) liaison bac	Défaillance matérielle	Usure du joint de bride ou joint de vanne	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Peinture - Vanne conçue pour ce type de produit. - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la CAV + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	Bacs 3, 4 et cuvette 5 vers séparateur bac 5 et bacs 1 et 2 vers séparateur du manifold						
							Corrosion externe ou interne	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement au niveau d'une vanne de pied de bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Changement systématique à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la CAV + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	
Liaison entre réservoir et CAV liaison bac	Défaillance matérielle	Défaut de matériaux (fabrication)	Perte de confinement sur la canalisation	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Protection brai de houille anticorrosion - Essai de pression à 110% de la PMS tous les 10 ans - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois						
							Corrosion	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement sur la canalisation	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Epreuve décennale - Protection brai de houille anticorrosion - Canalisation conçue pour transporter ce type de produit. - Protection cathodique avec alarme visuelle et sonore sur défaut de protection (alarme niveau 1) - Vérification annuelle des protections cathodiques - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'extinction - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois
							Agressions mécaniques en phase de travaux sur le site (travaux de pelletage)	Endommagement de la canalisation	Perte de confinement sur la canalisation +A1	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Repérage et piquetage préalable des canalisations - Procédure de travail avec mise en sécurité des installations pendant les travaux (balisage des canalisations avant travaux + mise en place de tôles métalliques pour la répartition des charges (DTDCT) + présence du personnel + à partir de 30-40 cm de la canalisation pelletage à la main) - Autorisation de travail (Plan de prévention, permis de fouille) - Constat de rupture ou de Perte de confinement par les personnes présentes lors des travaux - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois
CAV liaison bac	Défaillance matérielle	Usure du joint isolant	Perte de confinement sur joint	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Joint isolant moulé avec un planning de changement des joints - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois						
Fosse de vanne de purge	Défaillance matérielle	Vanne de purge du bac fuyarde	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	Fosse de purge des bacs 3, et 4 vers séparateur bac 5 et bacs 1 et 2 vers séparateurs du manifold						
							Erreur opérateur	Vanne de purge mal refermée	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	
Phase de stockage (surveillance bacs)														
CAV liaison bac	Défaillance matérielle	Usure du joint de bride ou joint de vanne	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Changement systématique à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la CAV + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution							
							Corrosion	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement sur la canalisation	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Protection brai de houille anticorrosion - Essai de pression à 110% de la PMS tous les 10 ans En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois
Liaison entre réservoir et CAV liaison bac	Défaillance matérielle	Défaut de matériaux (fabrication)	Perte de confinement sur la canalisation	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Epreuve décennale - Protection brai de houille anticorrosion - Canalisation conçue pour transporter ce type de produit. - Protection cathodique avec alarme visuelle et sonore sur défaut de protection (alarme niveau 1) - Vérification annuelle des protections cathodiques - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'extinction - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois						
							Corrosion	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement sur la canalisation	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Epreuve décennale - Protection brai de houille anticorrosion - Canalisation conçue pour transporter ce type de produit. - Protection cathodique avec alarme visuelle et sonore sur défaut de protection (alarme niveau 1) - Vérification annuelle des protections cathodiques - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'extinction - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois
							Défaillance matérielle	Usure du joint isolant	Perte de confinement sur joint	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Joint isolant moulé avec un planning de changement des joints - En livraison : alarme sur défaut de balance de ligne avec action dispatching (arrêt de ligne) - Hors exploitation : Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance d
Fosse de vanne de purge	Défaillance matérielle	Vanne de purge du bac fuyarde	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Repérage et piquetage préalable des canalisations - Procédure de travail avec mise en sécurité des installations pendant les travaux (balisage des canalisations avant travaux + mise en place de tôles métalliques pour la répartition des charges (DTDCT) + présence du personnel + à partir de 30-40 cm de la canalisation pelletage à la main) - Autorisation de travail (Plan de prévention, permis de fouille) - Constat de rupture ou de Perte de confinement par les personnes présentes lors des travaux - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	- Canalisation enterrée prise en compte entre le bac et a première bride à l'entrée de la CAV - Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois						
							Erreur opérateur	Vanne de purge mal refermée	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	Fosse de purge des bacs 3, et 4 vers séparateur bac 5 et bacs 1 et 2 vers séparateurs du manifold
							Erreur opérateur	Vanne de purge mal refermée	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	
Réservoir	Corrosion externe ou interne	Agression chimique interne/externe	Perte de confinement sur la robe ou fond de bac	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	3	- Visite tous les 5 ans des bacs avec inspection visuelle interne de la robe (non décrit dans un rapport) - Revêtement par résine époxy (1 mm d'épaisseur) sur fond et robe de bac côté intérieur sur une hauteur de 0,8 à 1 m (1ère virole) - Vérification de la porosité du fond de bac (revêtement du fond de bac) par balai électrique tous les 5 ans - Contrôle d'épaisseur de la robe de bac, Détermination du taux de corrosion par ultrason en cas de problème et réparation selon les normes - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation d'un volume de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Mise en œuvre de moyens d'intervention pour limiter et contenir une éventuelle fuite	Surveillance des eaux sous-terrains par 3 piézomètres, vérifiés tous les 6 mois.						
Fosse de vanne de purge	Défaillance matérielle	Vanne de purge du bac fuyarde	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	Fosse de purge des bacs 3, et 4 vers séparateur bac 5 et bacs 1 et 2 vers séparateurs du manifold						
							Erreur opérateur	Vanne de purge mal refermée	Perte de confinement au pied du réservoir	Rejet d'une quantité de produit sur le sol	prévenir, détecter et contrôler une fuite	1	- Présence de trois vannes de purge en série maintenues fermées + bouchon - Changement du joint à chaque intervention - Alarme en salle de contrôle et dispatching si détection de variation de 1,5 m3 dans le bac (radar) + action opérateur - Alarme sur défaut de balance de ligne (niveau d'alarme 1) uniquement en cas de livraison - Détection HC au niveau du séparateur relié à la fosse de purge du bac + arrêt urgence (niveau 5) - Mise en œuvre de moyens de dépollution	
Phase Maintenance														
Pas de risque d'épandage du fait de l'absence de produit.														

Annexe 3a

Arbre de défaillance pour le scénario :
Perte de confinement du système – réservoir hors transfert



Système étudié
Réservoir enterré ou semi enterré, avec ses équipements annexes.
Fonction de sécurité étudiée
Prévenir une fuite..
Références bibliographiques
Circulaire du 10 mai 2010 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003..
Guide de surveillance des ouvrages de génie civil et structures – DT 92 – mai 2011.
Guide DLI - octobre 2008.

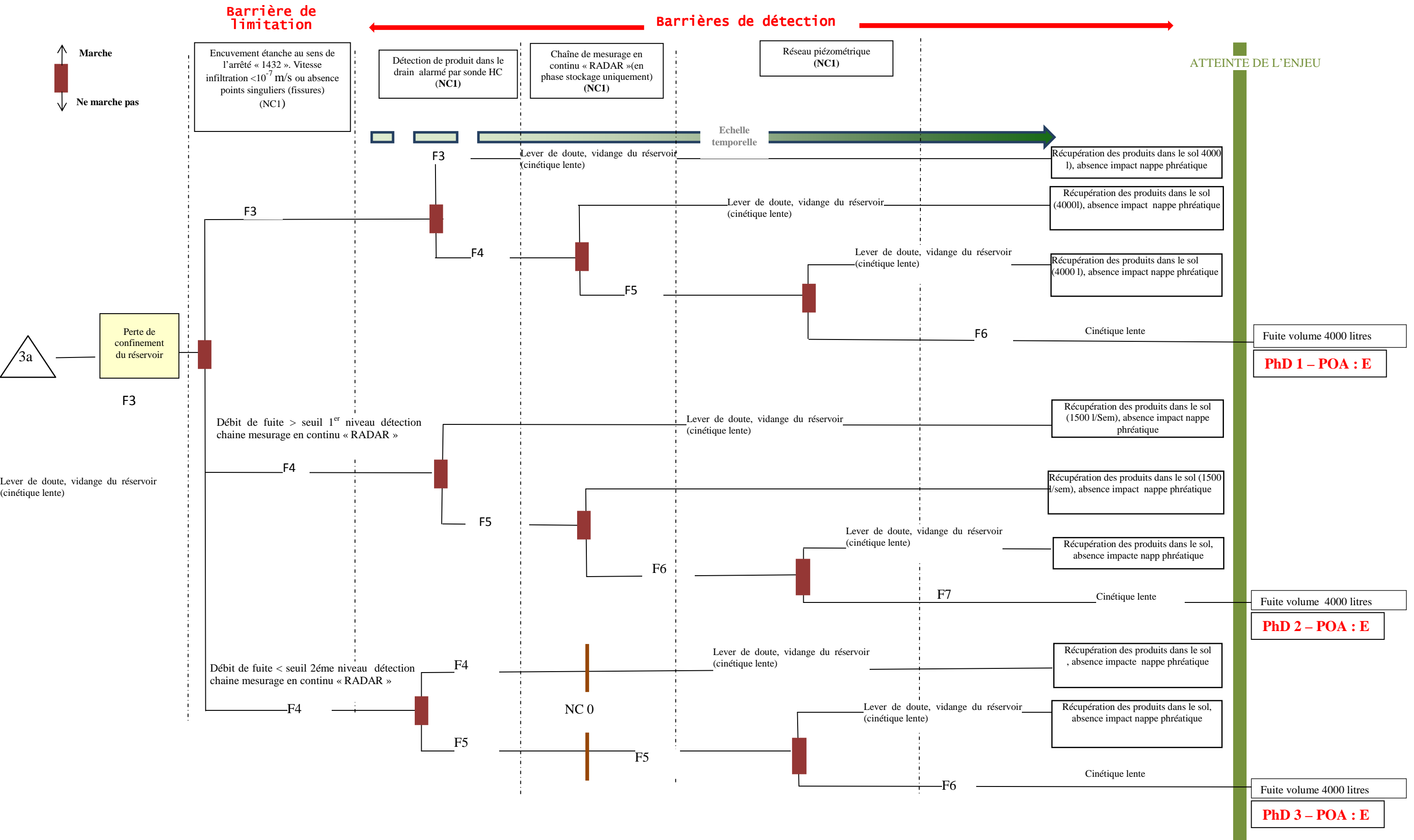
Bac en transfert = 200 (livraison) + 50 (CC) soit 250 heures
Bac en phase statique de stockage = 8500 – 250 soit 91 % du temps

Arbre d'évènements :
Réservoir hors transfert

ERC
Perte de confinement du réservoir métallique
F (ERC) = F3
Rappel : guide DLI = 8.10^{-4} /an
Valeur cohérente avec le présent guide d'accompagnement 1ère partie annexe A:
cette fréquence guide DLI est basée sur un bac « standard » sans époxy ni visite quinquennale,
se situe dans les valeurs reconnues sur le stockage atmosphérique de la 1 ère partie.

- Légende**
- Porte « ET »
 - Porte « OU »
 - Évènement initiateur
 - Barrière de sécurité
 - Évènement initiateur spécifique (exclu suivant étude au cas par cas)

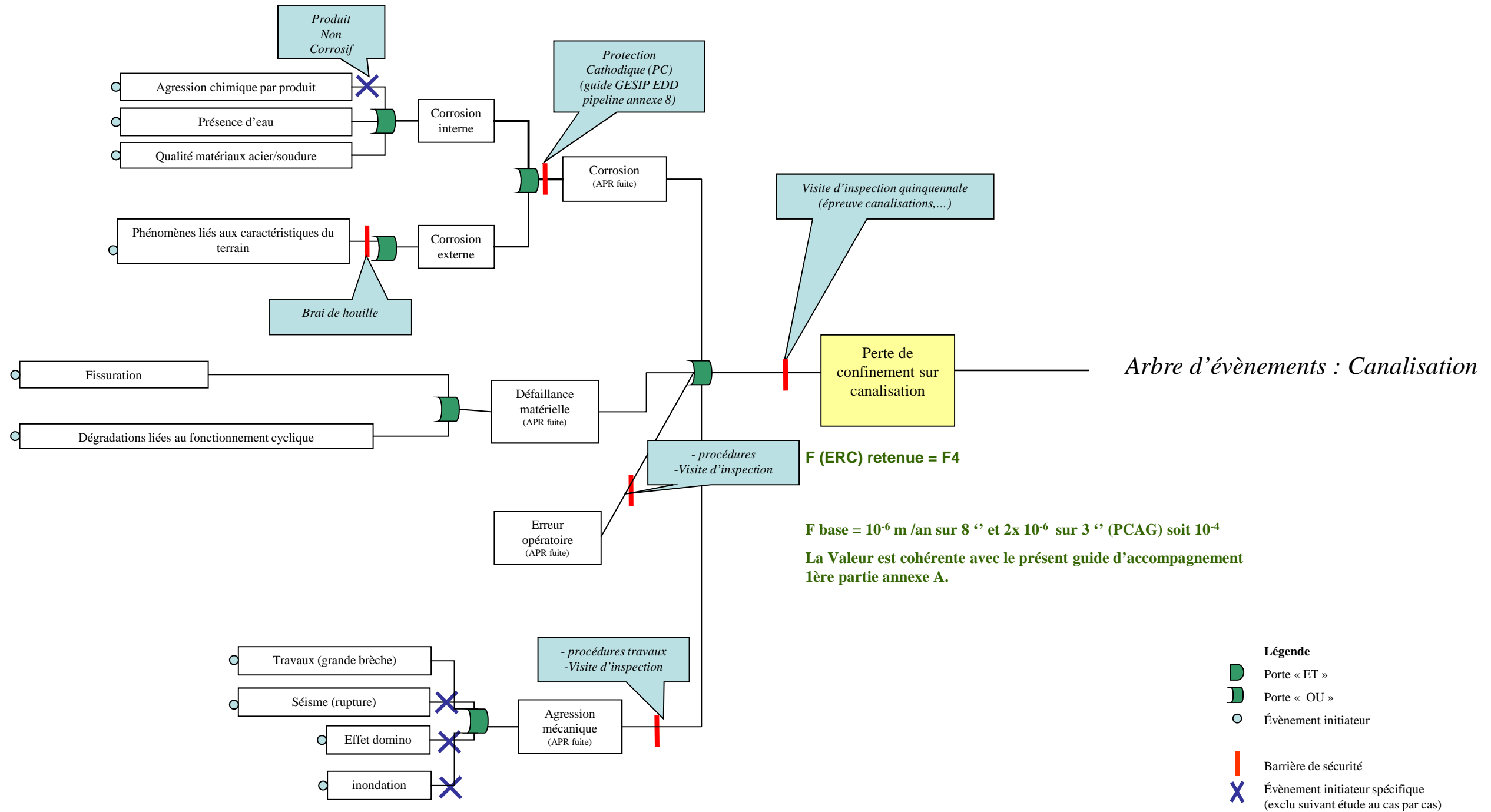
Annexe 3b : Arbre d'évènements « fuite réservoir hors transfert »



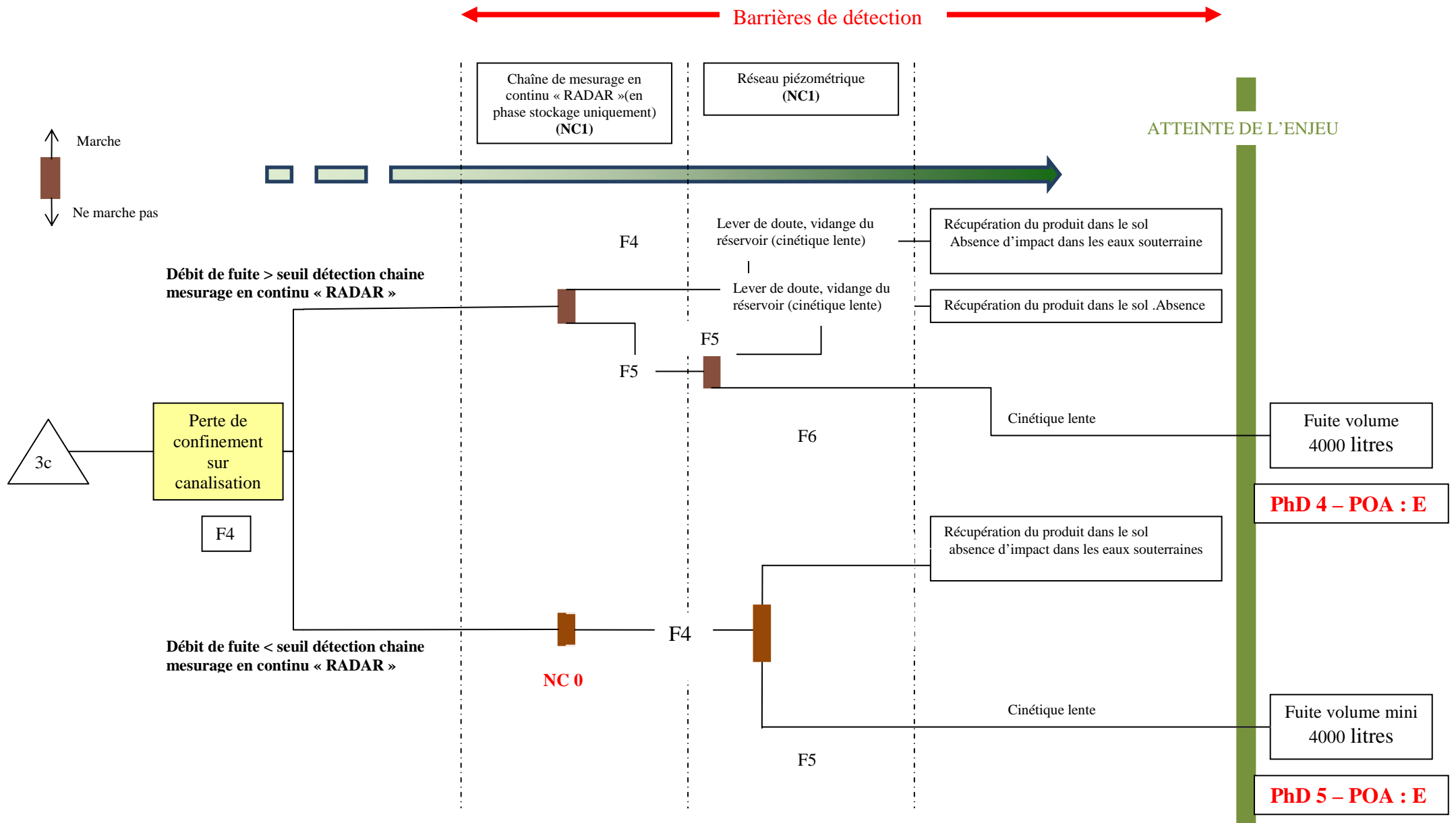
Annexe 3c

Arbre de défaillance pour le scénario :
Perte de confinement du système – canalisation (liaison de bac et tuyau de purge en phase de stockage)

Système étudié
Réservoir enterré ou semi enterré, avec ses équipements annexes.
Fonctions de sécurité étudiées
Prévenir une fuite & détecter une fuite.
Références bibliographiques
Circulaire du 10 mai 2010 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003.
Guide technique professionnel pour l'inspection des tuyauteries en exploitation - DT 96 - janvier 2012.
Guide DLI - octobre 2008.



Annexe 3d : Arbre d'évènements « fuite canalisation (liaison de bac ou tuyau de purge)»



FICHE DE CARACTERISATION

Édition n° 1

Date d'application : 22/05/2014.

DETECTEUR DE VARIATION DE NIVEAUX

CARACTERISATION DE LA BARRIERE :

- Barrière de limitation à composante technique et humaine de type « système à action manuelle de sécurité » (SAMS) selon « oméga 10 et 20 ».

EVENEMENT INDESIRABLE OU REDOUTE QUE LA BARRIERE DOIT CONTROLER :

- Perte de confinement de produit pétrolier hors du système sur un réservoir et ses équipements annexes hors transfert.

FONCTIONS DE SECURITE :

- Détecter une fuite,
- Contrôler un épandage sous le sol environnant.

DOCUMENTS DE REFERENCE EXTERNES :

Droit commun :

- Arrêté du 18 avril 2008 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et leurs équipements annexes soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la rubrique 1432 de la nomenclature des ICPE.
- Note de doctrine sur les mesures de maîtrise des risques instrumentés (MMRI) et son guide du 2 octobre 2013.

Publications diverses :

- Guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables - octobre 2008.
- Rapport d'étude INERIS Ω 10 (1^{er} septembre 2008) - Evaluation des barrières techniques de sécurité.
- Rapport d'étude INERIS Ω 20 (21 septembre 2009) - Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.

DOCUMENTS DE REFERENCE INTERNES :

- Fiche technique constructeur EMERSON : the Rosemount TankRadar Rex RTG 3900 series includes SIL 2
- Etude danger INERIS DRA-13-127491-01799A du 04/11/2013.

La barrière consiste :

- à détecter le plus tôt possible toutes variations anormales de niveau du liquide dans un réservoir et ses équipements annexes, hors transfert (**en phase de stockage**), pouvant signifier une perte de confinement avérée.
- à mettre en œuvre les mesures dont la cinétique est adaptée pour limiter les effets d'une perte de confinement.

Cette barrière associe une mesure de maîtrise de risque instrumenté (MMRI) avec une action humaine selon le synoptique décrit ci-après :

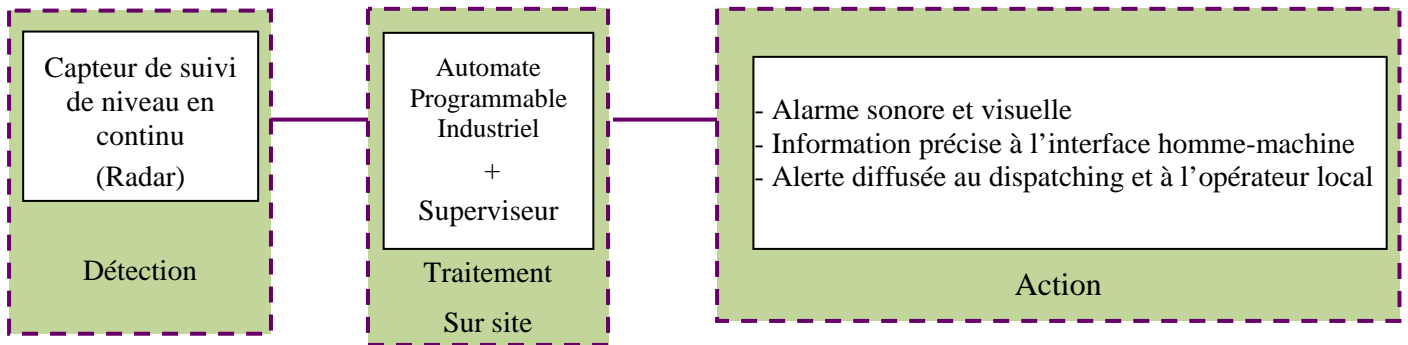
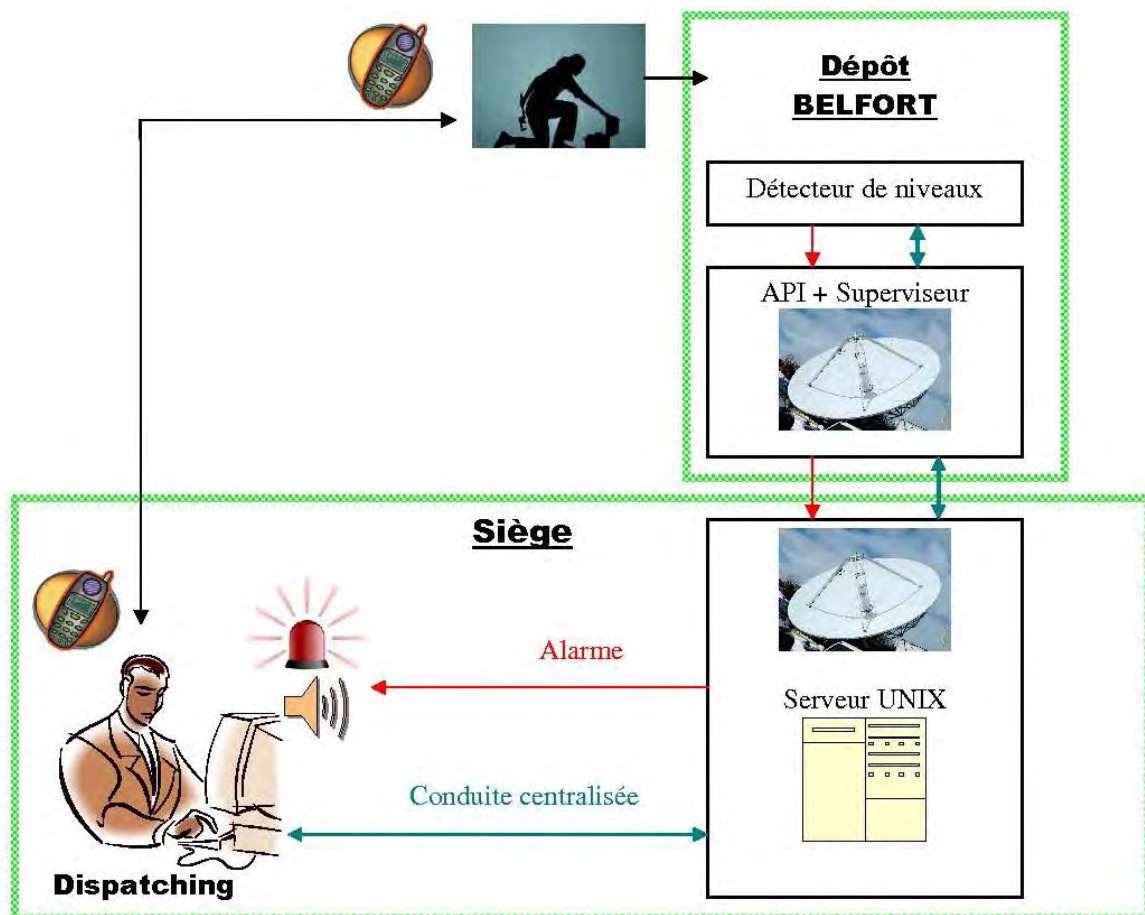


Schéma de principe du fonctionnement de cette barrière conformément au guide de doctrine MMRI : actions indépendantes du système de conduite centralisé.

(Référence exemple n°3 du guide relatif aux mesures de risques instrumentés version du 2 octobre 2013)



La chaîne comprend :

- un détecteur de niveaux de type « mesureur par signal radar équipé de guide d'onde » avec « chien de garde », certifié SIL 2 qui mesure en continu le niveau du réservoir.
- Un automate programmable industriel (API) avec « chien de garde » dont la sécurité prime sur le process,
- Un superviseur local qui traite les informations,
- Une communication par satellite, secouru par réseau téléphonique commuté (RTC), entre le site de Belfort et le dispatching,
- Une double alarme : une en local générée par le superviseur du dépôt et une alarme au dispatching générée par le système informatique du siège (serveur UNIX).

En phase de stockage, le détecteur est utilisé **exclusivement** pour détecter les variations anormales de niveaux. :

- Un premier niveau qui correspond à une variation anormale de 4 mm, entre 2 recalages. Ce qui correspond, pour le réservoir de BED, à un volume de 1,5 m³ ; la MMRI génère automatiquement une alarme individualisée par réservoir en local et au niveau du dispatching.
- Un 2^{ème} niveau, indépendante du temps, qui permet de détecter une fuite chronique, au plus égale à 4 m³ ; la MMRI génère automatiquement une alarme individualisée par réservoir en local et au niveau du dispatching.

Cette MMRI est une MMRIC car intégrée au système de conduite de l'installation. Elle répond aux dispositions définies dans le guide relatif au MMRI mis en référence (et notamment l'action de sécurité assurée par les éléments de cette chaîne est prioritaire sur toutes les autres actions).

Nota : Toute absence d'information (défaut d'alimentation, panne superviseur, panne API, perte liaison satellite) génère automatiquement une alarme majeure au dispatching et en local.

▪ CRITERES MINIMAUX $\Omega 10$

Indépendance	Le radar est indépendant de l'événement initiateur qui peut conduire à sa sollicitation. Tous les éléments techniques de cette composante sont associés au process mais indépendant de l'événement initiateur.
Utilisation pour la sécurité	Cette fonctionnalité de sécurité utilise les organes d'exploitation du réservoir est mise en œuvre automatiquement quand ce même réservoir concerné et ses équipements annexes n'est pas en exploitation (surveillance de bac hors exploitation). Cette situation permet de considérer que cette action de sécurité est systématiquement prioritaire sur les autres actions.

II - EXAMEN DES PERFORMANCES DE LA BARRIERE TECHNIQUE DE SECURITE

DETECTEUR DE NIVEAUX		
Dimensionnement adapté	Détection	Le capteur de niveau est adapté aux produits stockés. Il est couramment employé dans l'industrie pétrolière.
	Traitement	Le câblage et le (ou les) contacteur(s) sont dimensionnés suivant les règles de l'art. L'automate API est adapté à la gestion des fonctions de sécurité et d'exploitation.
	Action	L'alarme sonore et visuelle transmet une information précise au dispatching et au niveau local.
Résistances aux contraintes spécifiques	Détection	Le capteur de niveau est conçu pour fonctionner dans une atmosphère explosive. Il ne subit aucune usure due au frottement.
	Traitement	L'API, les câblages et les contacteurs ne subissent pas de contraintes spécifiques.
	Action	Les alarmes visuelles et sonores sont adaptées aux contraintes des dispatcheurs et opérateurs locaux.
Positionnement adéquat	Détection	Chaque capteur est exclusivement dédié à un réservoir et ses équipements annexes, et contrôlé lors de sa mise en place initiale.
	Traitement	L'API est positionné dans un local disposant d'une climatisation pour bénéficier d'une température stabilisée pour le matériel.
	Action	Les alarmes visuelles et sonores sont positionnées dans les locaux d'exploitation (dispatching, salle de contrôle en local).
Evaluation	100 %	
Temps de réponse		
	Détection	La détection est immédiate c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Traitement	Le traitement de l'information est quasi immédiat c'est à dire moins d'une seconde suite à une sollicitation.
	Action	L'alarme est très rapide. L'unité de mesure reste la seconde (transmission par satellite).
Evaluation	Unité de mesure : la seconde	

Éléments d'évaluation du niveau de confiance	
Etat du système si dispositif défaillant	Le radar et l'API disposent chacun de « chien de garde » qui vérifie la cohérence des informations et les éventuelles défaillances du matériel (défaut alimentation, perte de liaison automate, panne superviseur). Ces défaillances se traduisent par une alarme visuelle et sonore en local et au dispatching.
Inspection - Test et maintenance	La chaîne de détection (capteur – API – alarmes) est testée en permanence, dans la mesure où les informations sont directement intégrées dans le process et nécessaires au bon fonctionnement en continu du dispatching. Une procédure prévoit un test annuel pour contrôler le bon fonctionnement des automatismes en déclenchant, par simulation à partir d'une console fournie par le constructeur, différents niveaux d'alarmes paramétrées dans le radar, l'API et le superviseur. Une procédure prévoit un jaugeage manuel semestriel pour s'assurer de l'exactitude des mesures fournies par le radar. La MMRI est suivi par le logiciel de maintenance du réseau ODCF (GMAO).
Niveau de confiance	
Evaluation	NC1

III - EXAMEN DES PERFORMANCES DE LA BARRIERE HUMAINE DE SECURITE.

Principe : l'alarme générée par la barrière technique de sécurité est prioritaire. Elle ne peut pas être acquittée par le dispatcheur. Celui-ci doit prendre contact avec un opérateur local afin de confirmer ou non une fuite et prendre les dispositions nécessaires pour en limiter les conséquences.

Déroutement de la séquence		
Détection/obtention de l'information	Diagnostic/choix de l'action de sécurité	Réalisation de l'action de sécurité
Information obtenue par déclenchement d'une alarme visuelle et sonore dans la salle de contrôle ou au dispatching	Vérification d'une variation anormale du volume de produit	Déplacement d'un opérateur sur site et information immédiate de la hiérarchie

- Tous les incidents ou alarmes sont historisés dans une base « incidents » et font l'objet d'un CR journalier (J+1) transmis à l'ensemble de l'encadrement concerné.

- Tous les événements les plus importants sont analysés mensuellement par une commission spécialisée (CAI : Commission d'analyse des incidents) qui évaluera la rapidité de la réaction des acteurs, la qualité des solutions retenues et les évolutions souhaitables pour améliorer les dispositifs en jeu.

Analyse qualitative préalable	Tâche de sécurité assurée par les opérateurs/dispatcheurs formés et bien entraînés. Les sous-fonctions : détection, diagnostique et action, sont déclinées ci-dessus			
Sélection de la BHS par trois critères minimaux	Vérification du principe d'indépendance	La « détection » de l'alarme est identifiée comme une tâche spécifique indépendante du scénario d'accident.		
	Capacité de réalisation	Dimensionnement adapté	Objectif	Il s'agit de détecter une alarme et de mettre en œuvre des actions pour évaluer la réalité et informer la hiérarchie.
			Connaissance	Les personnels qui doivent intervenir sont formés (formation initiale et parrainage). Les actions à mener en cas de détection d'une alarme sont définies dans une procédure d'exploitation.
			Matériel	Les matériels nécessaires sont identifiés et pourvus.
		Résistance aux contraintes spécifiques	Les moyens d'intervention restent localisés au dispatching et sont directement disponibles au poste de travail (téléphone, ordinateur).	
Temps de réponse	Le dispatching est armé au minimum de 2 personnes 24h/24.			

EVALUATION DE LA PERFORMANCE**Obtention de l'information**

Détection active	Information	Information sonore et visuelle clairement identifiable (personnels formés, bonne accessibilité de l'information).
	Disponibilité	Cette tâche est perçue comme prioritaire par les opérateurs pétroliers. Elle est décrite dans le plan de charge des opérateurs.

Diagnostic

Information	Bonne qualité et accessibilité des informations utiles au diagnostic.
Guidage	Le niveau de guidage est adapté à la situation. La tâche est identifiée dans une consigne d'exploitation.

Action à réaliser

Stress	Le niveau de stress est tolérable.
Tâche	Il s'agit d'une tâche technique qui est réalisée par un personnel formé. Les moyens d'action sont facilement accessibles et manœuvrables.

Barrière faisant intervenir plusieurs opérateurs

Rôle et responsabilités clairement définis	Oui : note d'organisation
Informations transmises sans ambiguïté	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation
Outils de communication identifiés et performants	Oui : documents de traçabilité de l'exploitation

EVALUATION DE LA PERFORMANCE

Outils de communication identifiés et performants	<p>Dans cette situation, le dispatcheur assure la mission principale de réceptionner l'alarme et d'organiser les actions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - reconnaissance par un opérateur local, - information de la hiérarchie. <p>Cette situation s'intègre complètement dans sa mission de « conduite » des installations hors présence de personnel.</p> <p>Il est à noter que les dispatcheurs font l'objet d'un compagnonnage d'un an avant d'être laissés en autonomie. Le taux de sélection parmi les candidats retenus en compagnonnage est de 50 %.</p> <p>Toute alarme anormale remonte nécessairement au dispatching qui fera systématiquement un point avec l'opérateur local pour s'assurer de la prise en compte du phénomène et du traitement adapté à mettre en œuvre. Le temps d'intervention au niveau local est compatible avec la cinétique du phénomène dangereux.</p> <p>Selon l'Oméga 20 (homme entraîné et sans stress « anormal ») et compte tenu du couplage homme-machine, Le NC retenu peut être égal à 1.</p>
---	---

Niveau de confiance**Evaluation****NC1****Evaluation globale de la performance de la SAMS**

Conformément à l'OMEGA 20, le niveau de confiance retenu pour cette barrière sera le minimum des niveaux de confiance de chaque composante.

Niveau de confiance retenu**NC1**