



RAPPORT D'ÉTUDE

17/12/2019

N° INERIS – 178778 – 688540 V2

**Guide d'instruction des Études de Dangers
(EDD) remises dans le cadre de demandes
d'autorisation d'ouverture de travaux de forage
d'hydrocarbures à terre**

Guide d'instruction des Études de Dangers (EDD) remises dans le cadre de demandes d'autorisation d'ouverture de travaux de forage d'hydrocarbures à terre

Direction des Risques Accidentels
Verneuil-en-Halatte

Liste des organismes ayant participé à l'étude :

UFIP, STORENGY, TEREKA, VERMILION, IPC, Française de l'énergie, TOTAL,
MTES (DGPR), INERIS.

PREAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R.131-36 du Code de l'environnement.

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

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

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

Rédacteur : Aurore SARRIQUET

Vérificateurs : Christophe BOLVIN, Franz LAHAIE

Approbateurs : Xavier DAUPLEY, Sylvain CHAUMETTE

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	7
1.1 Champ d'application.....	7
1.2 Contexte réglementaire.....	7
1.3 Structure du document.....	9
2. DESCRIPTION DU SOUS-SOL, DES TRAVAUX, DES INSTALLATIONS ET DES MOYENS HUMAINS	10
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	14
3.1 Situation géographique	14
3.2 Servitudes annexées aux documents d'urbanisme	14
3.3 Description des enjeux autour du site	14
3.4 Description de l'environnement en tant que source potentielle d'agressions	15
4. IDENTIFICATION, CARACTERISATION ET REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS.....	17
4.1 Identification et caractérisations des potentiels de dangers	19
4.1.1 Potentiels de dangers liés aux produits	19
4.1.2 Potentiels de dangers liés aux fluides présents dans le sous-sol	21
4.1.3 Potentiels de dangers liés aux formations géologiques.....	21
4.1.4 Potentiels de dangers liés aux installations/équipements et aux opérations de maintenance	21
4.2 Réduction des potentiels de dangers.....	21
5. ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE	23
6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	25
6.1 Présentation de la méthode retenue	25
6.1.1 Critères d'appréciation du risque	26
6.1.2 Découpage fonctionnel	27
6.1.3 Démarche et outils supports	27
6.2 Contenu de l'analyse préliminaire des risques.....	27
6.3 Sélection des phénomènes dangereux.....	30
7. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	31
7.1 Appréciation de la démarche de réduction du risque à la source.....	31
7.2 ERC : Éruption souterraine	34

7.2.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	34
7.2.2	Noeud-papillon et barrières minimales	35
7.3	ERC : Éruption en tête de puits.....	37
7.3.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	37
7.3.2	Noeud-papillon et barrières minimales	37
7.4	ERC : Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique.....	39
7.4.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	39
7.4.2	Noeud-papillon et barrières minimales	40
7.5	ERC : Hydratation incontrôlée d'une formation sensible à l'eau.....	42
7.5.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	42
7.5.2	Noeud-papillon et barrières minimales	42
7.6	ERC : Chute de mât	44
7.6.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	44
7.6.2	Noeud-papillon et barrières minimales	44
7.7	ERC : Activation d'une ou de plusieurs charge(s) en surface	47
7.7.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	47
7.7.2	Noeud-papillon et barrières minimales	47
7.8	ERC : Perte de confinement d'un équipement en surface.....	49
7.8.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	49
7.8.2	Noeud-papillon et barrières minimales	49
7.9	ERC : Remontée excessive de gaz dans la boue (hors éruption).....	51
7.9.1	Phénomènes dangereux associés et catégorisation.....	51
7.9.2	Noeud-papillon et barrières minimales	51
7.10	Tableau de synthèse des bonnes pratiques et barrières minimales.....	53
8.	SYNTHESE DES PRINCIPAUX ERC SUSCEPTIBLES DE CONDUIRE A UN ACCIDENT MAJEUR	56
9.	GLOSSAIRE.....	58
10.	Liste des Annexes	60

1. INTRODUCTION

Le présent document est un guide d'aide à l'analyse des Études De Dangers (EDD) remises dans le cadre des demandes d'autorisation d'ouverture de travaux de forage.

1.1 CHAMP D'APPLICATION

Le présent guide vise les travaux de forage, y compris les essais de production de courte durée (tests de formation), réalisés à terre, dans le contexte de la réalisation de puits d'exploration et de développement d'un gisement d'hydrocarbures (liquides ou gazeux)¹.

A l'inverse, les travaux de forage opérés dans le cadre de l'exploitation de gisements de sel par dissolution ou d'autres substances minières (définies à l'article L.111-1 du code minier), également soumis à études de dangers, ne seront pas abordés dans le guide.

De même, les travaux de forage de géothermie, non soumis à étude de dangers, n'entrent pas dans le champ de ce guide.

L'objectif du guide est de fournir aux agents de l'État des repères sur le contenu d'une étude de dangers relative aux travaux de forage, afin de répondre aux meilleures pratiques actuelles, tout en gardant le principe de proportionnalité entre le contenu de l'EDD et les risques liés aux travaux.

Ce guide a été élaboré par l'INERIS en concertation avec des professionnels de l'exploration/ production pétrolière et du stockage souterrain d'hydrocarbures ainsi que le bureau du sol et du sous-sol de la Direction Générale de la Prévention des Risques au sein d'un groupe de travail qui s'est réuni de mi-2017 à fin 2019.

1.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

En France, certains travaux de forage sont soumis à la remise d'une étude de dangers. Cela concerne notamment :

- Les travaux de forage de recherches ou d'exploitation d'hydrocarbures liquides ou gazeux :

Les travaux sont en effet soumis à autorisation au titre du code minier (article 3, I, points 1° et 8° du décret 2006-649). La demande d'autorisation correspondante doit être accompagnée notamment d'un mémoire technique (art. 6, I, 2° du même décret), d'un exposé des méthodes de recherche ou d'exploitation envisagées (art. 6, I, 3°), d'une étude d'impact (EI) (art. 6, I, 4°), d'un document unique (anciennement document de sécurité et de santé (DSS)) (art. 6, I, 5°) et d'une étude de dangers (EDD) (art. 6, II, 1°) telle que définie à l'article L.181-25 (anciennement L.512-1) du code de l'environnement. ;

¹ Cela comprend également les travaux de forage réalisés avant la mise en service de stockages souterrains d'hydrocarbures. Ces types de travaux présentent en effet suffisamment de similitudes pour être abordés dans un même cadre méthodologique.

- Les travaux de forage de nouveaux puits dans le contexte de stockages souterrains de gaz ou d'hydrocarbures déjà en exploitation :

Les stockages souterrains de gaz et hydrocarbures relèvent en effet, depuis le 1^{er} juin 2015, du régime des Installations Classées (rubriques 1414, 1436, 4310, 4330, 4331, 4718 et 4734). Dans le cas où les travaux de forage visant à créer de nouveaux puits ou à étendre des puits existants constitueraient une modification substantielle de l'installation, et seraient donc soumis à autorisation, la nouvelle demande d'autorisation environnementale devrait être accompagnée notamment d'une étude de dangers (art. D.181-15-2, points I-10° et III du code de l'environnement). Cette étude de dangers serait instruite comme une étude de dangers Installations Classées.

Il convient également de noter que les travaux de forage précédant la mise en exploitation d'un stockage souterrain de gaz ou d'hydrocarbures, c'est-à-dire avant la première injection de gaz ou d'hydrocarbures, relèvent de procédures qui découlent de la législation minière.

L'EDD est définie à l'article L.181-25 du Code de l'environnement. Au sens strict, l'EDD a pour objet de démontrer la maîtrise par l'exploitant des risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L.511-1 du code de l'environnement en cas d'accident majeur (c'est-à-dire principalement les personnes et l'environnement naturel extérieurs au site), que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Selon l'article 3 du décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016, est considéré comme un accident majeur, dans le cadre des forages relevant de ce décret :

« a) *Un accident impliquant une explosion, un incendie, la perte de contrôle d'un puits ou le rejet involontaire d'hydrocarbures ou de substances dangereuses causant ou présentant un fort risque de causer des décès ou de blesser gravement les personnes ;*

b) *Un accident entraînant des dommages graves à l'installation ou aux infrastructures connectées causant ou présentant un fort risque de causer des décès ou de blesser gravement les personnes ;*

c) *Tout autre accident entraînant le décès ou des blessures graves pour cinq personnes ou plus ;*

d) *Tout accident ayant des conséquences majeures sur l'environnement résultant d'accidents mentionnés aux points a, b et c. »*

L'EDD traite des phénomènes dangereux possibles et de leurs impacts potentiels sur l'environnement du site de forage étudié. Elle est complémentaire du Document Unique (ex DSS) qui doit démontrer la maîtrise des risques (accidentels et chroniques) pour le personnel du site et de l'étude d'impact ou d'incidences (EI) qui traite notamment des risques chroniques pour les personnes extérieures au site et pour l'environnement.

1.3 STRUCTURE DU DOCUMENT

Ce guide présente des éléments facilitant l'instruction d'une EDD relative à des travaux de forage réalisés à terre, dans le contexte de l'exploration et du développement de puits d'hydrocarbures (liquides ou gazeux). Ces éléments sont présentés en suivant le processus de réalisation d'une étude de dangers, inspirés des études de dangers des installations industrielles :

- Description du sous-sol, des travaux, des installations et des moyens humains (chapitre 2) ;
- Description de l'environnement (chapitre 3) ;
- Identification, caractérisation et réduction des potentiels de dangers (chapitre 4) ;
- Analyse du retour d'expérience (chapitre 5) ;
- Analyse préliminaire des risques (chapitre 6) ;
- Etude détaillée des risques (chapitre 7).

Il présente également les annexes informatives suivantes :

- Annexe A : Sous-arbres des nœuds-papillon (arbres de défaillances conduisant à un défaut d'étanchéité de la cimentation (A), un défaut d'étanchéité du cuvelage (B), de la tête de suspension du liner (C)) ;
- Annexe B : Nœuds-papillon des ERC : perte excessive de boue dans les terrains et communication hydraulique non souhaitée entre deux aquifères de compositions différentes ;
- Annexe C : Sources d'informations sur les accidents dans le domaine de l'exploration-production des hydrocarbures ;
- Annexe D : Schéma des chemins de fuites préférentiels pour l'éruption souterraine et l'éruption en tête de puits.

2. DESCRIPTION DU SOUS-SOL, DES TRAVAUX, DES INSTALLATIONS ET DES MOYENS HUMAINS

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de fournir les éléments de description fonctionnelle et spatiale nécessaires et suffisants à la compréhension des travaux projetés. La description du sous-sol (intégrant la description du profil des pressions), des installations (y compris la base vie) et des travaux doit permettre :

- d'identifier les points sensibles et dangereux ;
- et de fournir les éléments essentiels à la compréhension des risques identifiés et des barrières de sécurité mises en place.

Une des spécificités d'une EDD relative à des travaux de forage est qu'elle doit prendre en compte l'aspect dynamique du forage, c'est-à-dire les différentes phases de forage. Ceci implique que ce chapitre doit comprendre une description des travaux par phase d'opérations.

La description réalisée doit être en lien direct avec les risques qui auront été identifiés lors du processus de réalisation de l'étude de dangers. A ce titre, les installations et opérations qui ne seront pas génératrices d'accidents majeurs ou d'effets dominos internes susceptibles de conduire à un accident majeur peuvent être décrites sommairement.

Il est nécessaire de retrouver dans ce chapitre l'ensemble des données qui serviront ensuite à caractériser les risques liés aux travaux de forage.

Point d'attention : la description du personnel travaillant sur le site (y compris les sous-traitants) doit être la plus détaillée possible car elle est à la base de l'évaluation de la gravité des accidents majeurs.

La description pourra être organisée et présentée dès ce stade selon le découpage fonctionnel qui sera utilisé lors de l'analyse de risques. Pour chaque phase de travaux listés ci-après, une description la plus précise possible des points suivants doit être présentée :

- le déroulement de l'opération concernée et sa durée ;
- les moyens matériels nécessaires à la réalisation de l'opération notamment les engins, équipements et source d'énergie (des schémas de principe devront être fournis par l'exploitant) ;
- les produits utilisés, les substances rencontrées dans le sous-sol et les déchets générés par l'opération, notamment leur nature, leur quantité et leur moyen de stockage. Même si leur nature exacte n'est pas connue précisément au stade de la rédaction de l'étude de dangers, l'exploitant doit lister les potentiels de danger qu'ils sont susceptibles de présenter, leur localisation et la quantité maximale susceptible d'être présente. Dès lors qu'un stockage est voué à contenir en permanence un produit ou un déchet (i.e. stockage temporaire toujours plus ou moins rempli de déchets en attente de traitement) et qu'il présente un potentiel de dangers, il convient de prendre en compte le volume maximal susceptible d'être contenu, quel que soit le volume moyen réellement contenu (généralement plus faible) ;

- les moyens humains et organisationnels, notamment le nombre de personnes, leurs horaires de travail ou a minima la distinction entre le travail de jour et le travail de nuit, leur localisation sur le site et leurs conditions de travail ;
- les moyens d'amenée-repli des moyens matériels et humains, ainsi que des produits et déchets ;
- les principales dispositions techniques ou organisationnelles dédiées à la sécurité ;
- la nature et l'organisation des moyens de secours : description des moyens d'intervention et de protection.

La liste des travaux ci-dessous énumère les opérations possibles et équipements associés (la description des opérations prévues et probables est attendue dans l'EDD, en revanche, les opérations non prévues au stade de l'étude de dangers et peu probables peuvent ne pas être décrites).

Nota : seules les opérations qui seront susceptibles de générer un accident majeur (identifiées en APR) devront être décrites en détail, les autres pourront être seulement citées ou décrites sommairement.

Travaux de génie civil

- Réalisation des voies d'accès ;
- Opérations de décapage, terrassement, nivellement et empierrage du chantier de forage ;
- Réalisation de la cave ;
- Mise en place du tube guide.

Travaux de forage

- Mise en place de l'appareil de forage ;
- Forage des formations superficielles² ;
 - Opérations de forage ;
 - Opérations de diagrapie de caractérisation des formations superficielles ;
 - Mise en place de la tête de suspension du cuvelage de surface ;
 - Descente, ancrage, essais en pression et cimentation du cuvelage de surface ;
 - Forage du sabot du cuvelage de surface ;
 - Opérations de diagrapie de la cimentation du cuvelage de surface ;

² Formations forées avant la pose du BOP

- Réalisation éventuelle d'un LOT/FIT ;
- Forage des formations profondes ;
 - Mise en place, tests de fonctionnement et essais en pression du BOP ;
 - Opérations de forage ;
 - Opérations de diagraphie de caractérisation des formations profondes ;
 - Mise en place de la tête de suspension de chaque cuvelage ;
 - Descente, ancrage, essais en pression et cimentation de chaque cuvelage ;
 - Forage du sabot de chaque cuvelage ;
 - Opérations de diagraphie de la cimentation ;
 - Réalisation éventuelle d'un LOT/FIT pour chaque phase de forage ;
- Mise en place de la complétion (d'essai ou d'exploitation) ;
- Tests de formation (essais de courte durée).

Travaux spécifiques

- Opérations de repêchage (outils de forage, source radioactive, etc.) ;
- Opérations de descente d'équipements de déviation ;
- Opérations de remédiation de cimentations défectueuses ;
- Opérations de perforation ;
- Opérations de rétablissement ou d'amélioration de la liaison couche-trou et éventuelle acidification associée ;
- Travaux de fermeture provisoire ou définitive du puits.

L'étude devra détailler les phases d'opérations simultanées (SIMOPS)³ et les dispositions particulières prises pour la maîtrise de la sécurité soit dans un paragraphe spécifique soit au fur et à mesure de la description des différentes opérations.

Si des phases de coactivité (intervention de corps de métier différents sur une même installation ou une même opération) peuvent générer des risques susceptibles de conduire à un accident majeur, elles devront être décrites et analysées dans l'EDD.

Pour une description la plus précise possible de chacune des opérations mentionnées ci-avant, le lecteur pourra se référer au rapport INERIS « Contexte et Aspects fondamentaux du forage et de l'exploitation des puits d'hydrocarbures » en date du 6 mai 2015 (réf. DRS-15-149641-01420A).

³ Conduite simultanée et sur le même site d'activités gérées par des départements différents, par exemple forage et construction, forage et production, intervention sur puits et production, etc.

Il arrive que ce chapitre ne soit pas rédigé dans l'étude de dangers et qu'il soit fait référence à la ou les pièces correspondantes (exemple : Pièce 3 : Mémoire des travaux et Pièce 4 : Méthodes d'exploitation envisagées). Il est préférable que l'ensemble des éléments nécessaires à la réalisation de l'étude de dangers, concernant la description du sous-sol, des travaux, des installations et des moyens, soit décrit dans l'étude de dangers.

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

L'objectif de ce chapitre est double :

- fournir les éléments utiles à la détermination du niveau de gravité des accidents majeurs par la caractérisation des enjeux situés dans l'environnement du site, en surface et dans le sous-sol ;
- permettre d'identifier les sources d'agression potentielle extérieures au site en surface (exemples : inondation, foudre) et les sources d'agression potentielle extérieures au puits dans le sous-sol (exemples : remontée de nappe, séisme).

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Dans un premier temps, il est important que l'étude présente une description sommaire de la localisation géographique du forage. Cette description peut être accompagnée de plans d'implantation et de cartes illustratives et doit être réalisée en lien avec les éléments nécessaires pour la caractérisation du niveau de gravité des conséquences des accidents majeurs.

En particulier, il faudra préciser s'il y a des puits déjà existants (cluster) dans la zone de forage.

3.2 SERVITUDES ANNEXEES AUX DOCUMENTS D'URBANISME

Les servitudes identifiées dans les documents d'urbanisme permettent d'avoir un premier niveau d'information sur les enjeux et agresseurs externes potentiels situés dans la zone d'étude. Elles devront être présentes dans ce chapitre.

Exemples de servitudes : zone de protection d'une canalisation enterrée de gaz, zone de vestiges archéologiques, etc.

3.3 DESCRIPTION DES ENJEUX AUTOUR DU SITE

Dans ce chapitre, il est attendu de décrire l'environnement susceptible d'être impacté par les effets d'un potentiel accident majeur.

NB : Les enjeux internes au site (personnel, intervenants extérieurs, autres installations, etc.) sont décrits au chapitre 2.

Environnement humain

La description comprendra a minima la typologie, par exemple, pour les habitations, s'il s'agit d'un immeuble ou d'habitations individuelles, le nombre de personnes potentiellement impactées (la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 pourra être utilisée pour l'estimation du nombre de personnes) et la localisation (ex : 3 habitations individuelles situées à 300m à l'Est du site).

La description réalisée devra une nouvelle fois être en lien direct avec les risques qui auront été identifiés (description précise des enjeux situés dans les cercles d'effet des phénomènes dangereux).

- Habitations ;
- Établissements recevant du public (ERP), établissements sensibles et activités de loisirs ;
- Activités économiques : industries, zones artisanales et commerciales, activités agricoles et sylvicoles, etc. ;
- Autres activités sensibles (ex. : activités militaires, etc.) ;
- Infrastructures de transports (routières, ferroviaires, aériennes et voies navigables).

Environnement naturel

- Eaux superficielles et leurs usages ;
- Eaux souterraines (profondeur, localisation des points de captage, etc.) et leurs usages ;
- Zones naturelles et anthropiques inventoriées et protégées ;
- Patrimoine, etc.

3.4 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT EN TANT QUE SOURCE POTENTIELLE D'AGRESSIONS

Dans ce chapitre, il est attendu la description des agresseurs externes au site susceptibles d'être la cause d'un accident majeur sur le site.

L'exploitant pourra s'appuyer sur les principes de traitement spécifique de certains événements initiateurs énoncés au paragraphe 1.2 de la circulaire du 10 mai 2010⁴.

Agressions liées à l'environnement anthropique

- Infrastructures de transport : chutes d'avions, accidents routiers ou ferrés, notamment transport de marchandises dangereuses ;

L'agression par chute d'avion / hélicoptère n'est retenue que si la distance entre le site de forage et les pistes d'un aéroport/aérodrome est inférieure à 2 km (§ 3.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010). Dans ce cas, les bonnes pratiques sont l'éclairage du mât, en tête du mât et information de l'aviation civile des travaux à venir.

- Activités industrielles et minières voisines (effets dominos des accidents majeurs), existantes ou arrêtées ;

⁴ Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003

- Transport et réseaux de fluides (électricité, gaz, etc.) ;
- Intrusion et malveillance ;

Les actes de malveillance peuvent ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers en l'absence de règles ou instructions spécifiques (§ 1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Agressions liées à l'environnement naturel

- Inondation (phénomènes de surface) : l'exploitant doit notamment s'assurer de la mise en sécurité des équipements en cas de crue rapide ;
- Remontée de nappe (hors phénomènes de surface) ;
- Sismicité :

Pour la prévention du séisme pendant les opérations de forage, il est recommandé de se rapprocher des exigences réglementaires de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 applicables aux établissements Seveso Seuil Bas situés en zone de sismicité 4 ou 5. Si l'analyse du risque sismique réalisée par l'exploitant démontre la tenue de l'installation au séisme de référence, la cause pourra être exclue. En revanche, si l'analyse ne le permet pas, l'exclusion ne pourra être possible qu'en cas de mise en place d'une ou plusieurs barrières de prévention et/ou de protection spécifiques.

- Mouvement de terrain (retrait-gonflement des argiles, glissement de terrain, etc.) ;
- Cavités souterraines naturelles ;
- Foudre :

Selon l'article 41 de l'arrêté du 14 octobre 2016, « la tour, le mât et leurs sous-structures sont reliés électriquement à la terre. Des vérifications périodiques de la valeur de la résistance électrique de la liaison à la terre sont faites et, si nécessaire, suivies d'effets correctifs. ».

L'EDD précisera les équipements qui devront répondre aux exigences de l'article 41.

- Températures extrêmes (gel, canicule) ;
- Feux de forêt ;
- Vent, etc.

L'ensemble de ce chapitre devra être illustré par des représentations cartographiques.

4. IDENTIFICATION, CARACTERISATION ET REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

L'objectif de ce chapitre est de caractériser les sources de danger générées par les travaux de forage ainsi que celles déjà présentes dans le sous-sol et de faire le lien avec les situations dangereuses redoutées.

Le terme de potentiel ou source de dangers désigne ici toute substance, formation géologique ou tout équipement qui, par les réactions ou les conditions particulières mises en jeu, est susceptible d'occasionner des dommages majeurs sur les enjeux à la suite d'une défaillance.

La réflexion sur les potentiels de dangers liés à un site de forage doit comprendre nécessairement :

- une phase d'identification et de localisation des potentiels de danger ;
- une phase de réflexion sur la réduction possible de ces potentiels, ou la justification de leur existence.

L'identification des potentiels de dangers pourra être organisée et présentée selon le découpage fonctionnel qui sera utilisé lors de l'analyse de risques, pour chaque phase de travaux, en mentionnant chacun des événements redoutés susceptibles de se produire.

Les potentiels de dangers pourront être variables d'un forage à un autre en fonction de l'appareil de forage utilisé, des opérations menées et du contexte géologique concerné. Ainsi, il est possible qu'une partie seulement des potentiels de dangers identifiés ci-après soit traité dans l'étude de dangers.

Il pourra être intéressant de disposer dans l'étude du log géologique des formations faisant ressortir les enjeux (aquifères) et les potentiels de dangers (hydrocarbures, H₂S, formations sensibles à l'eau, etc.) aux différentes profondeurs du puits.

Une illustration sous forme de log est proposée ci-après en figure 1.

GEOLOGIE	NAPPES SOUTERRAINES	MINERALISATION	HC	Gaz/ Liquide (G/L)	H ₂ S	CO ₂	PRESSION	PERTES
<p>0 m</p> <p>200 m</p> <p>600 m</p> <p>800 m</p> <p>1000 à 2000 m</p> <p>2000 à 3000 m</p> <p>TERTIAIRE</p> <p>ALBIEN /NEOCOMIEN (Crétacé inférieur)</p> <p>LUSITANIEN (Jurassique supérieur)</p> <p>LIAS INFÉRIEUR (Jurassique inférieur)</p> <p>DOGGER (Jurassique moyen)</p> <p>TRIAS</p> <p>Stockage souterrain</p> <p>Géothermie</p> <p>Géothermie</p>		<p>+</p> <p>++</p> <p>+++</p> <p>+++</p> <p>+++</p>	<p></p> <p>+++</p> <p>+</p> <p>+++</p> <p>+++</p>	<p></p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p>	<p></p> <p>0</p> <p>0</p> <p>+</p> <p>+</p>	<p></p> <p>0</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>0</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p>+</p> <p>+</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p>+++</p>

0 : Aucune
+ : Faible
++ : Moyenne
+++ : Forte

Figure 1 : Exemple d'illustration de log pouvant être jointe

4.1 IDENTIFICATION ET CARACTERISATIONS DES POTENTIELS DE DANGERS

L'identification doit être aussi exhaustive que possible, permettant de mettre en évidence les différents types de phénomènes dangereux susceptibles de se produire lors des différents travaux.

Elle doit porter sur les dangers associés :

- aux produits mis en œuvre (y compris les déchets) ;
- aux conditions opératoires (pression, température, etc.) ;
- aux fluides présents dans le sous-sol ;
- aux formations sensibles du sous-sol (anhydrites, sel, etc.) ;
- aux installations/équipements en phase forage y compris les phases de maintenance effectuées in situ ;
- aux différents travaux (création de plate-forme, forage, etc.) tels que décrits dans le chapitre 2.

4.1.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

Les produits (ainsi que les caractéristiques physico-chimiques) présentant des potentiels de dangers doivent être présentés dans ce chapitre. Pour rappel, même si leur nature exacte n'est pas connue précisément au stade de la rédaction de l'étude de dangers, l'exploitant doit lister les potentiels de danger qu'ils sont susceptibles de présenter, leur localisation et la quantité maximale susceptible d'être présente. Un regroupement par famille de produits est possible.

Les informations seront généralement extraites des Fiches de Données de Sécurité (FDS) et présentées soit au travers de fiches synthétiques (Cf. Tableau 1), soit à l'aide d'un tableau récapitulatif indiquant les principales propriétés physico-chimiques pertinentes pour la suite de l'étude (point éclair, LIE, LSE, etc.) (Cf. Tableau 2).

En fonction des caractéristiques des substances et de leur stabilité, il peut déjà être présenté à ce stade les phénomènes redoutés susceptibles de se produire (Incendie, feu de nappe, feu torche, UVCE, dispersion toxique, etc.).

Une analyse des incompatibilités produit / produit et produit / matériau est également à considérer pouvant mettre en exergue d'éventuelles réactions chimiques non désirées se manifestant par des augmentations de pression et/ou de température, par des émissions de produits toxiques, par une perte d'intégrité d'un équipement, etc.

Présentation synthétique des caractéristiques d'une substance

Désignation	FDS	CAS	
FOD / Gazole	Nom du fournisseur et référence FDS	68334-30-5	
Classification et Risques			
Mentions de danger selon le Règlement CE N° 1272/2008		H226	Liquide et vapeurs inflammables
		H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
		H315	Provoque une irritation cutanée
		H332	Nocif par inhalation
		H351	Susceptible de provoquer le cancer
		H373	Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
		H411	Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
État physique à 20°C		Liquide limpide, rouge, à odeur caractéristique	
Masse volumique en kg/m ³ à 15°C	830 – 880	Point éclair en °C	> 55
Pression de vapeur à 37.8°C	< 1 kPa	Température d'auto-inflammation en °C	≥ 250
Point d'ébullition en °C	150 – 380	LIE (%volume)	0.5
Densité de vapeur	> 5	LSE (% volume)	5
Solubilité	Insoluble dans l'eau ; soluble dans un grand nombre de solvants organiques usuels		
Incompatibilités	La chaleur (températures supérieures au point d'éclair), les étincelles, les points d'inflammation, les flammes, l'électricité statique Oxydants forts. Acides forts. Des bases fortes. (herbicides...). Halogènes.		
Autres critères...			

Tableau 1 : Exemple de fiche produit (FOD / Gazole)

Présentation synthétique des caractéristiques de l'ensemble des substances

Produit	#CAS	État du produit <i>L=liquide G=gaz S=solide</i>	Point Ébullition (°C)	Point Éclair (°C)	LIE (%) volume	LSE % volume	Tension de vapeur (hPa 20°C)	Densité 1 atm, 25°C	T°C Auto inflammation (°C)	Inflammabilité	Instabilité	Corrosion et érosion	Toxicité	Odeur	Dangers environnement	Symboles de risque	Mentions de dangers	Incompatibilités	Conditions à éviter	Quantité max

Tableau 2 : Exemple de tableau de synthèse des caractéristiques physico-chimiques et incompatibilités des substances

4.1.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX FLUIDES PRESENTS DANS LE SOUS-SOL

De la même manière, il est attendu que les dangers des fluides susceptibles d'être présents dans le sous-sol, notamment l'hydrocarbure objet du forage, soient décrits. La composition, les caractéristiques (densité, température, etc.) et les propriétés physico-chimiques des fluides devront être fournies.

Autres exemples de fluides susceptibles d'être présents dans le sous-sol : hydrocarbure de couche superficielle (exemple : CH₄), H₂S, CO₂, etc.

Les phénomènes redoutés susceptibles de se produire (Incendie, feu de nappe, feu torche, UVCE, dispersion toxique, pollutions d'aquifères, etc.) seront décrits.

4.1.3 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX FORMATIONS GEOLOGIQUES

Les formations géologiques susceptibles de présenter un potentiel de dangers sont les formations sensibles à l'eau : sel, gypse, anhydrite, etc. susceptibles de conduire à des mouvements de terrain (effondrement, gonflement, etc.).

Les phénomènes redoutés susceptibles de se produire (effondrement, gonflement, etc.) devront être décrits.

4.1.4 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS/EQUIPEMENTS ET AUX OPERATIONS DE MAINTENANCE

Les situations dangereuses associées aux équipements et installations dangereux doivent être décrites, y compris lors des opérations de maintenance, que les équipements soient permanents ou provisoires (ex. : chute de mât).

4.2 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

A ce stade, l'exploitant doit démontrer qu'une démarche de réduction des potentiels de dangers a été menée en amont des opérations en s'appuyant à minima sur l'application des 4 principes suivants :

- Substituer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux : c'est le principe de substitution ;
- Minimiser les quantités de substances dangereuses mises en œuvre : c'est le principe d'intensification :
 - Il s'agit, par exemple, de réduire le volume des équipements au sein desquels le potentiel de danger est important, par exemple de minimiser les volumes de stockage. Dans le cas d'une augmentation des approvisionnements, la question du transfert des risques doit être posée en parallèle, notamment par une augmentation du transport ou des opérations de transfert de matières dangereuses sur le site.
- Définir des conditions opératoires ou de stockage moins dangereuses : c'est le principe d'atténuation ;

- Il s'agit, par exemple, lors de la conception de l'architecture du puits, d'optimiser la pression de fond pour limiter le risque de fracturation des terrains ;
- Concevoir l'installation de telle façon à réduire les impacts d'une éventuelle perte de confinement ou d'un événement accidentel, par exemple en minimisant la surface d'évaporation d'un épandage liquide ou en réalisant une conception adaptée aux potentiels de dangers (dimensionnement de la tenue d'un réservoir à la surpression par exemple) : c'est le principe de limitation des effets.

Dans le cas où les potentiels de dangers identifiés dans le § 4.1 n'ont pu être ni réduits ni supprimés en amont des opérations, l'exploitant doit apporter les justifications dans ce paragraphe.

Les potentiels de dangers retenus pour la suite de l'étude doivent être clairement identifiés (liste, tableau, etc.) et une justification doit être apportée pour les potentiels de dangers non retenus à ce stade.

5. ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE

L'objectif de ce chapitre est de recueillir et d'exploiter les informations disponibles sur les incidents ou accidents survenus en phase de forage, en interne à l'entreprise ou en externe, afin d'en tirer un retour d'expérience (REX) pertinent pour la maîtrise des risques liés aux travaux de forage envisagés et, le cas échéant, d'améliorer le niveau de sécurité sur le site.

Cette analyse constitue une base de travail nécessaire pour l'analyse des risques qui sera menée ultérieurement.

L'analyse du REX a en particulier pour but d'aider à :

- confirmer ou préciser les sources de dangers potentielles (associées aux produits, aux installations, aux conditions d'exploitation, etc.) ;
- identifier des scénarios d'accidents susceptibles de se produire ;
- identifier et caractériser les causes, les phénomènes dangereux occasionnés et les conséquences des accidents ;
- obtenir des informations sur les performances des barrières de sécurité (techniques, humaines, organisationnelles).

Les incidents ou accidents à considérer pour l'analyse du REX doivent :

- être des événements qui ont ou auraient pu conduire à un accident majeur. La majorité des accidents du travail, c'est-à-dire ceux ne pouvant conduire à un accident majeur, et les impacts chroniques ne doivent pas être pris en compte ;
- s'être produit sur des ouvrages ou installations et dans des contextes comparables à ceux prévus pour les travaux envisagés.

Deux types de REX sont donc attendus : le REX interne et le REX externe.

Le REX interne, c'est-à-dire propre à l'exploitant, est primordial. Il doit faire l'objet d'une présentation détaillée dans l'EDD et d'une démonstration de sa prise en compte dans la gestion de la sécurité : modifications ou création de procédures, modification de mode opératoire, mise en place ou adaptation des barrières de sécurité, etc.

Le REX externe est destiné à compléter ou préciser le REX interne, notamment par comparaison des actions correctives réalisées après un incident ou un accident sur un autre site avec les mesures mises en place ou prévues sur le site objet de l'étude de dangers. Il peut être réalisé à partir de diverses sources d'informations :

- rapports d'enquêtes publiés sur des accidents particuliers ;
- résumés d'accidents extraits de bases de données ;
- bulletins d'alerte diffusés par des régulateurs, associations ou syndicats professionnels ;
- publications scientifiques ;

- rapports sur les statistiques d'accidents émis par des instituts de recherche (par ex. SINTEF), bureaux d'études ou cabinets d'assurance spécialisés (Lloyd's Register, Det Norske Veritas) ou associations professionnelles (IADC, IOPG).

Afin de permettre la compréhension des bases utilisées, un recensement des principales sources d'information disponibles dans le domaine de l'exploration-production des hydrocarbures est disponible dans le rapport de INERIS réf. DRS-15-149641-02735A du 7 mai 2015, joint en annexe C.

A l'issue de l'identification des potentiels de danger et de l'analyse du retour d'expérience, l'exploitant dispose de l'ensemble des éléments qui doivent être retenus pour la suite de l'étude de danger et a minima, toutes les situations identifiées (événements, phénomènes dangereux, etc.) lors de ces étapes devront être étudiées lors de l'analyse préliminaire des risques (chapitre 6).

6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse préliminaire des risques est le cœur de l'étude de dangers. L'objectif de ce chapitre est l'identification la plus exhaustive possible des scénarios accidentels liés aux travaux de forage, qu'ils soient susceptibles d'occasionner des phénomènes dangereux pendant la durée des travaux ou, par leur cinétique lente, dans des phases ultérieures à la phase de forage (à l'exclusion des scénarios accidentels liés uniquement à la phase d'exploitation). L'analyse préliminaire des risques doit également permettre une hiérarchisation des situations accidentelles et une sélection des phénomènes dangereux pouvant conduire à un accident majeur.

Au regard des travaux envisagés et du contexte local, l'analyse préliminaire des risques doit conduire à n'identifier que les ERC pertinents parmi les ERC listés au § 6.2.

Pour rappel (Cf. §1.2), les risques de type « accidents au poste de travail » (chute, heurt, etc.) auxquels le personnel est susceptible d'être exposé, ne correspondent pas à la définition d'un accident majeur et ne font donc pas partie du champ de l'étude. Ils sont à étudier dans le Document Unique.

Avant de présenter la démarche d'analyse préliminaire des risques dans le contexte de travaux de forage, voici le rappel de la terminologie utilisée pour décrire un accident.

Un accident est le résultat du développement d'une séquence accidentelle (ou scénario accidentel), c'est-à-dire d'un enchaînement d'événements indésirables susceptibles de porter atteinte à des enjeux vulnérables. Ces enjeux peuvent être humains, environnementaux, économiques, etc.

Classiquement, une séquence accidentelle peut être représentée sous la forme d'un arbre ou « nœud papillon ». Celui-ci est constitué d'un ou plusieurs événements initiateurs (EI), qui peuvent mener, en cas d'absence ou d'inefficacité de barrières de prévention, à un événement redouté central (ERC). Celui-ci correspond généralement à une perte de confinement.

L'ERC peut dégénérer, s'il n'est pas maîtrisé par des barrières de mitigation adaptées et efficaces, en un ou plusieurs phénomènes dangereux (PhD) dont les effets ont une certaine intensité.

6.1 PRESENTATION DE LA METHODE RETENUE

Ce paragraphe de l'EDD doit présenter la méthode choisie par l'exploitant pour :

- identifier de façon exhaustive l'ensemble des événements redoutés centraux susceptibles de se produire et de conduire à un accident majeur (éruption en tête de puits, perte de confinement d'une substance dangereuse, remontée excessive de gaz, etc.) ;
- identifier de façon exhaustive l'ensemble des événements initiateurs (dérives de paramètres, défaillances techniques, humaines ou organisationnelles,...) pouvant conduire à la survenue d'un phénomène dangereux sur le site de forage ;

- identifier les phénomènes dangereux associés ;
- recenser les barrières de sécurité prévues, en prévention et en mitigation et les décrire le plus précisément possible (type, dimensionnement, seuils de détection, asservissements associés, etc.), en lien avec les équipements ou les opérations auxquels elles sont rattachées, afin que leur intervention dans les scénarios accidentels soit compréhensible ;
- sélectionner les phénomènes dangereux qui seront analysés et caractérisés lors de l'étude détaillée des risques.

Afin de conférer le plus d'exhaustivité possible à l'analyse des risques, l'exploitant aura, de préférence, eu recours à une méthode d'analyse systématique et adaptée aux installations et aux opérations mises en œuvre lors des travaux de forage.

Même si certaines méthodes répondent à des canevas différents, beaucoup suivent un cheminement similaire à savoir :

- identifier une dérive ou défaillance ;
- en identifier l'ensemble des causes puis des conséquences ;
- effectuer une estimation des effets possibles ;
- et enfin, identifier les barrières de sécurité existantes ou devant être proposées pour limiter les risques d'accident ou d'incident.

Pour une description précise des principales méthodes d'analyse des risques, le lecteur pourra se référer au rapport INERIS Ω-7 « Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle » en date du 24 décembre 2006.

6.1.1 CRITERES D'APPRECIATION DU RISQUE

L'étude de dangers doit présenter les critères ayant servi à caractériser les risques et à sélectionner les phénomènes dangereux pouvant conduire à un accident majeur. Ces critères doivent permettre a minima de respecter les exigences réglementaires (Cf. définition d'un accident majeur au § 1.2).

L'échelle de cotation qualitative de l'intensité des effets et, éventuellement, celle utilisée pour les fréquences d'occurrence des événements initiateurs si elles sont déterminées lors de l'analyse préliminaire des risques, doivent figurer dans l'étude de dangers.

Le présent chapitre n'a pas vocation à caractériser les phénomènes dangereux, cette caractérisation fait l'objet du chapitre 7.

6.1.2 DECOUPAGE FONCTIONNEL

Un découpage fonctionnel doit être réalisé afin de définir des mailles d'étude⁵. Ce découpage pourra correspondre aux phases de travaux décrites au chapitre 2 au regard des potentiels de dangers spécifiques qu'elles présentent, des phénomènes dangereux susceptibles de se produire et des enjeux susceptibles d'être atteints par leurs effets.

6.1.3 DEMARCHE ET OUTILS SUPPORTS

En application du principe de proportionnalité, lorsque les dangers ou la présence d'enjeux le justifient, il est préconisé de réaliser l'analyse préliminaire des risques en groupe de travail réunissant des personnes expérimentées et spécialistes des installations et des opérations à mener, au moins pour les étapes d'identification des scénarios d'accident et des barrières de sécurité associées.

Le fait de réaliser cette analyse en groupe de travail permet de répondre aux critères suivants :

- l'analyse des risques doit tenir compte des spécificités de chaque site de forage en matière d'environnement, d'installations, d'opérations et de stratégie de sécurité retenue au regard de la coactivité sur le site. Ces renseignements sont disponibles auprès des personnes ayant une connaissance approfondie du sous-sol, des travaux de forage et des équipements mis en œuvre localement ;
- les accidents majeurs sont généralement des sinistres rares résultant d'enchaînements et de combinaisons d'événements parfois difficiles à prédire ;
- Une réflexion menée en commun par plusieurs personnes de sensibilités et de compétences différentes favorise un examen plus riche des circonstances pouvant conduire à un accident majeur ;
- l'analyse des risques en groupe de travail est un outil participant à l'appropriation de l'étude de dangers et à la communication entre les différents intervenants.

Les tableaux ou autres supports ayant servi à conduire et retranscrire les réflexions menées lors de l'analyse des risques doivent figurer dans l'étude dangers.

6.2 CONTENU DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse préliminaire des risques doit a minima prendre en compte :

- Les agresseurs internes (Cf. § 2) ;
- Les pertes d'utilités (électricité, gasoil, eau, etc.) ;
- Les risques associés aux opérations simultanées ;

⁵ L'application du **principe de proportionnalité** est possible à ce stade, notamment en définissant des fonctions ou mailles d'étude plus ou moins larges.

- Les agresseurs externes identifiés comme potentiels événements initiateurs (Cf. § 3) ;
- Les ERC correspondant aux potentiels de dangers retenus (Cf. § 4) ;
- Les scénarios accidentels identifiés lors de l'analyse du retour d'expérience (Cf. § 5).

La mise en œuvre d'une méthode systématique doit conduire à étudier et identifier les séquences accidentelles propres à chaque phase de travaux, installation ou équipement.

La liste suivante fournit les principaux ERC retenus pour des opérations de forage (liste non exhaustive et non limitative) :

- Éruption en tête de puits (cet ERC pourra être dissocié en plusieurs sous-ERC) ;
- Éruption souterraine (pouvant conduire à un phénomène dangereux souterrain ou de surface) ;
- Dissolution d'une formation sensible à l'eau⁶ ;
- Hydratation d'une formation sensible à l'eau⁵ ;
- Chute de mât ;
- Charge explosive activée ;
- Perte de confinement d'un équipement en surface (capacité de stockage, tuyauterie, vanne) (exemple : stockage de gasoil) ;
- Remontée excessive de gaz dans la boue (hors éruption).

A noter que certains ERC ne conduiront pas forcément à un accident majeur tel que défini au §1.2 mais sont susceptibles d'avoir des conséquences graves sur l'environnement ou les travailleurs. Les principaux identifiés par le groupe de travail sont :

- Chute de charge (tige de forage, moufle-crochet-charge, tête d'injection, etc.) ;
- Perte d'une source radioactive (dans le puits ou en surface) ;
- Perte excessive de boue dans les terrains⁷ ;
- Communication hydraulique non souhaitée entre deux nappes d'eau de qualités différentes.

A toutes fins utiles, ces 2 derniers ERC sont développés en annexe B.

Tout ERC non retenu devra faire l'objet d'une justification.

⁶ Même si ces phénomènes se développent après le forage, les barrières de sécurité doivent être mises en place pendant la phase de forage.

⁷ Cet ERC correspond à une perte de boue non maîtrisée susceptible de conduire à une pollution d'aquifère.

Pour chaque ERC retenu, l'analyse des risques devra faire apparaître l'ensemble des scénarios susceptibles de conduire à cet ERC. Certaines séquences accidentelles feront apparaître plusieurs événements se succédant pour conduire à l'ERC (ex. : erreur de composition -> densité de boue insuffisante -> pression de fond inférieure à la pression de formation -> venue -> ERC : Éruption en tête de puits).

Pour chaque scénario, l'analyse doit remonter jusqu'à l'évènement de base ou cause initiale/profonde :

- Défaillance matérielle :
 - Défaut de conception ;
 - Défaut de montage ;
 - Défaut de mise en œuvre ;
 - Panne ;
 - Usure/ fatigue (uniquement pour les équipements utilisés pour différents forages) ;
 - Corrosion (uniquement pour les équipements utilisés pour différents forages), etc. ;
- Défaillance organisationnelle/ humaine :
 - Agression mécanique (manutention, levage, véhicule, etc.) ;
 - Erreur opératoire ;
 - Erreur de maintenance ;
- Causes externes :
 - Evènement naturel ;
 - Effets dominos, etc. ;
- Méconnaissance du sous-sol inhérente à l'activité :
 - Pression supérieure à la pression attendue ;
 - Présence d'une substance dangereuse ;
 - Présence d'une formation sensible, etc.

Par ailleurs, tous les phénomènes dangereux susceptibles de se produire en conséquence de chaque ERC devront être identifiés. Enfin, pour chaque séquence accidentelle, l'ensemble des barrières de sécurité (prévention et protection) prévues devra être listé et décrit. Les tableaux d'analyse de risques doivent également comporter l'étude des scénarios induits par l'action des barrières de sécurité susceptibles de conduire à des phénomènes dangereux aux conséquences potentiellement majeures (exemple rejet de gaz par le diverter).

Il est à noter que toute modification du programme de forage (exemple : modification de l'architecture du puits, mise en œuvre d'un équipement ou d'une barrière de sécurité différents de ceux initialement prévus, etc.) susceptible de modifier les résultats de l'analyse préliminaire des risques nécessite un réexamen de celle-ci par l'exploitant.

6.3 SELECTION DES PHENOMENES DANGEREUX

A l'issue de l'analyse, sur la base de critères d'estimation de l'intensité des effets et de la définition d'un accident majeur, il est attendu que l'exploitant identifie et présente les phénomènes dangereux retenus pour l'étude détaillée des risques.

Au stade de l'analyse des risques, cette intensité ne nécessite pas d'être déterminée finement pour chaque phénomène dangereux. Une cotation à l'aide d'une échelle simple doit permettre d'estimer si les effets du phénomène dangereux peuvent potentiellement atteindre des enjeux directement ou par effets dominos.

Tout phénomène dangereux non retenu devra faire l'objet d'une justification.

En l'absence de justification, les phénomènes dangereux devront être pris en compte dans l'EDR.

Les critères utilisés pour l'évaluation de l'intensité des phénomènes dangereux doivent être explicités, il peut s'agir de :

- la nature et la quantité de produit ;
- le volume et les caractéristiques des équipements mis en jeu ;
- la localisation de l'installation par rapport aux limites de l'établissement ou à la présence de plusieurs travailleurs (selon la définition d'un accident majeur, à partir de 5 blessés graves potentiels) ;
- la possibilité d'effets dominos...

Une synthèse des phénomènes dangereux retenus est présentée en mentionnant la phase de travaux et l'unité fonctionnelle à l'origine du phénomène ainsi que son intitulé.

Ce sont ces phénomènes qui seront repris et caractérisés lors de l'étude détaillée des risques (chapitre 7) en justifiant :

- des choix et des hypothèses de modélisations pour avoir des effets enveloppes (ex : localisation du point de fuite, ...) ;
- des choix d'exclusion des scénarios (physiquement impossibles (exemple : éruption d'une formation qui n'est pas en surpression) ou considérés comme extrêmement peu probables).

Des modélisations pourront être attendues, afin de confirmer la prise en compte ou non de certains phénomènes dangereux dans l'étude détaillée des risques. Dans ce cas, ces modélisations doivent avoir notamment pour données d'entrée les valeurs de référence des seuils d'intensité définis en annexe II de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

7. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

La finalité de l'étude détaillée des risques est de porter un examen approfondi sur les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur afin de permettre à l'inspection de déterminer si les dangers peuvent être maîtrisés par des prescriptions adaptées.

Pour mémoire, la définition d'un accident majeur est indiquée au §1.2.

L'étude détaillée des phénomènes dangereux retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques doit fournir les éléments permettant de vérifier la maîtrise des risques potentiels générés par les opérations de forage selon des critères préalablement définis, précisés dans les paragraphes suivants.

7.1 APPRECIATION DE LA DEMARCHE DE REDUCTION DU RISQUE A LA SOURCE

Pour chaque accident majeur identifié, on trouvera ci-après les conditions dans lesquelles cet accident pourrait être considéré comme maîtrisé. Ces conditions ont été définies sur la base des bonnes pratiques mises en œuvre dans la profession au regard de l'étendue éventuelle d'un accident et des enjeux susceptibles d'être impactés en cas d'accident.

Ces conditions sont constituées de deux composantes étroitement liées :

- Le respect de pratiques techniques, humaines, organisationnelles, et de la mise en place de barrières permettant de limiter autant que possible la survenue d'un accident ;
- Le respect de dispositions minimales d'éloignement des enjeux de la zone des conséquences potentielles de l'accident permettant de réduire la gravité de l'accident.

Pour la 1^{ère} condition - Le respect de pratiques techniques, humaines, organisationnelles, barrières permettant de limiter autant que possible la survenue d'un accident – il est retenu de classer chaque phénomène dangereux retenu dans l'une des trois catégories suivantes :

- Catégorie 1 : les accidents dont les effets sont limités et n'impactent que la zone de forage (plancher de forage et poste de commande) ;
- Catégorie 2 : les accidents dont les effets dépassent la zone de forage mais restent confinés aux limites du site de forage ;
- Catégorie 3 : les accidents qui sortent des limites du site de forage.

En effet, les pratiques et barrières minimales à mettre en place doivent être directement liées à la catégorie du phénomène dangereux. Cette catégorie devra être déterminée sur la base de l'intensité du phénomène dangereux et de la configuration du site de forage. L'intensité de chaque phénomène dangereux sera, dans la mesure du possible, évaluée quantitativement conformément aux règles méthodologiques énoncées dans l'arrêté du 29 septembre 2005⁸. A toutes fins utiles, le lecteur pourra se référer aux différents rapports oméga de l'INERIS portant sur des phénomènes dangereux (<https://www.ineris.fr/fr/recherche-appui/risques-accidentels/presentation/rapports-omega>).

Pour la 2^{ème} condition - Le respect de dispositions minimales d'éloignement des enjeux de la zone des conséquences potentielles de l'accident permettant de réduire la gravité de l'accident - une condition d'éloignement des enjeux est associée à chaque catégorie :

- Conditions correspondant à la catégorie 1 (proximité de la zone de forage) : présence simultanée de moins de 5 personnes et possibilité de présence ponctuelle de plus de 5 personnes sous réserve d'un taux de présence inférieure à 10% du temps ;
- Conditions correspondant à la catégorie 2 (zone strictement limitée à l'intérieur de la clôture du site) : présence simultanée de moins de 20 personnes et possibilité de présence ponctuelle de plus de 20 personnes sous réserve d'un taux de présence inférieure à 10% du temps ;
- Conditions correspondant à la catégorie 3 (zone externe aux limites du site) : pas d'impact sur une zone abritant des enjeux sensibles (zone abritant au moins un établissement recevant du public, une habitation, un local de travail permanent ou une voie de circulation routière d'un trafic supérieur à 5 000 véhicules par jour).

Si pour un accident majeur (ou phénomène dangereux) identifié donné, ces conditions sont respectées, l'accident pourra être considéré comme maîtrisé.

Si, en revanche, l'une des deux conditions précédentes n'est pas respectée l'exploitant devra démontrer qu'il a mis en place :

- En cas de non-respect des pratiques minimales identifiées pour un accident donné, une ou plusieurs mesures permettant d'atteindre un niveau de maîtrise du risque au moins équivalent ;
- En cas de non-respect du critère d'éloignement des enjeux pour la catégorie 3, une ou plusieurs mesures supplémentaires à celles issues des pratiques identifiées précédemment.

Cette démonstration sera analysée au cas par cas par l'inspection sur la base des éléments transmis dans l'étude de dangers.

⁸ 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 de effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Dans le cadre de l'élaboration de ce guide, le groupe de travail a travaillé sur les principaux ERC listés au 6.2 pour définir les phénomènes dangereux associés, estimer la catégorie de chaque phénomène dangereux et en déduire les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre. L'identification de ces mesures a été réalisée sur la base des prescriptions réglementaires, des pratiques usuelles et des meilleures pratiques existantes au sein de la profession. Certaines barrières identifiées dans les nœuds-papillon peuvent répondre partiellement ou totalement à des dispositions réglementaires, indépendamment de l'obligation de se conformer en intégralité aux exigences réglementaires.

Il devra être démontré dans l'étude de dangers que les barrières ainsi mises en œuvre sont performantes (efficacité, temps de réponse) et que leur performance est maintenue dans le temps (maintenance, test, gestion des modifications). Pour ce faire, l'exploitant pourra s'appuyer sur les guides méthodologiques Oméga 10 « Evaluation des barrières Techniques de Sécurité » et Oméga 20 « Evaluation des barrières Humaines de Sécurité ».

Concernant plus spécifiquement le BOP, le lecteur pourra se référer au rapport INERIS « Document de synthèse relatif à une Barrière de sécurité sur les installations de forage d'hydrocarbures Onshore : bloc obturateur de puits (BOP) » (réf. DRA-18-171525-10838C).

La 1^{ère} étape a consisté à élaborer les nœuds papillon pour chaque ERC identifié sur la base de l'analyse préliminaire des risques. Ensuite, une catégorisation de chaque phénomène dangereux a été réalisée par le groupe de travail sur la base d'une estimation qualitative des distances d'effet, puis les barrières minimales ont été définies.

Légende des nœuds-papillon :

	Évènement initiateur
	Évènement Redouté Central
	Évènement Redouté Secondaire
	Phénomènes dangereux et effets
	Barrière de sécurité
	Bonne pratique

Il est important de préciser que ce travail n'a pas vocation à remplacer le travail à mener par l'exploitant au cours de l'élaboration de l'étude de dangers. Les nœuds-papillon présentés dans ce guide sont génériques. Ainsi, il conviendra de s'assurer que les nœuds-papillon présentés dans l'étude de dangers prennent en compte les spécificités des travaux de forage réalisés (par exemple : identification d'autres causes très spécifiques ou, au contraire, impossibilité ou non pertinence de certaines causes). Par ailleurs, il n'a pas été réalisé de différenciation entre les différentes tailles de fuite pouvant être générées par les différentes causes identifiées. De même, la catégorisation des phénomènes dangereux devra être déterminée, dans la mesure du possible, sur la base de modélisations (évaluation des distances d'effet des phénomènes dangereux) ou sur la base d'une caractérisation qualitative spécifique. Enfin, la condition de présence d'enjeux devra être appréciée en fonction de l'organisation du travail sur le site de forage et de la présence d'enjeux à l'extérieur du site de forage pendant la durée des opérations.

7.2 ERC : ÉRUPTION SOUTERRAINE

Le scénario considéré ici est une éruption souterraine c'est-à-dire la sortie d'une substance dangereuse (hydrocarbure liquide ou gazeux, H₂S, etc.), de l'enveloppe de sécurité du puits, pouvant conduire à un phénomène dangereux souterrain ou de surface, à « l'extérieur » du puits. A la différence de l'ERC « Éruption en tête de puits », l'ERC « Éruption souterraine » ne pourra pas être maîtrisée grâce au bloc obturateur de puits (BOP) ou au diverter (cas des premières phases de forage).

7.2.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une éruption souterraine sont :

- Pollution d'un aquifère d'eau potable ou potabilisable ou à usage agricole, domestique ou industriel ;
- Explosion en zone confinée suite à une accumulation de gaz inflammable (cave d'habitation, parking souterrain, etc.) ;
- Explosion à l'air libre ou Flash fire suite à une remontée de gaz en surface ;
- Feu de nappe suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface ;
- Pollution suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface ;
- Dispersion de gaz toxique en surface (H₂S).

Les phénomènes dangereux engendrés par l'ERC « Éruption souterraine » pourront être en **catégorie 1, 2 ou 3** selon les cas de figure (nature de l'hydrocarbure, localisation de la fuite en surface, débit de fuite, etc.). Pour les phénomènes dangereux correspondant à une remontée en surface, dans le cas où la localisation de la fuite ne pourra pas être déterminée, la catégorie 3 devra être retenue par défaut. Dans ce cas, il devra être considéré que les conséquences sont susceptibles d'impacter des enjeux sensibles.

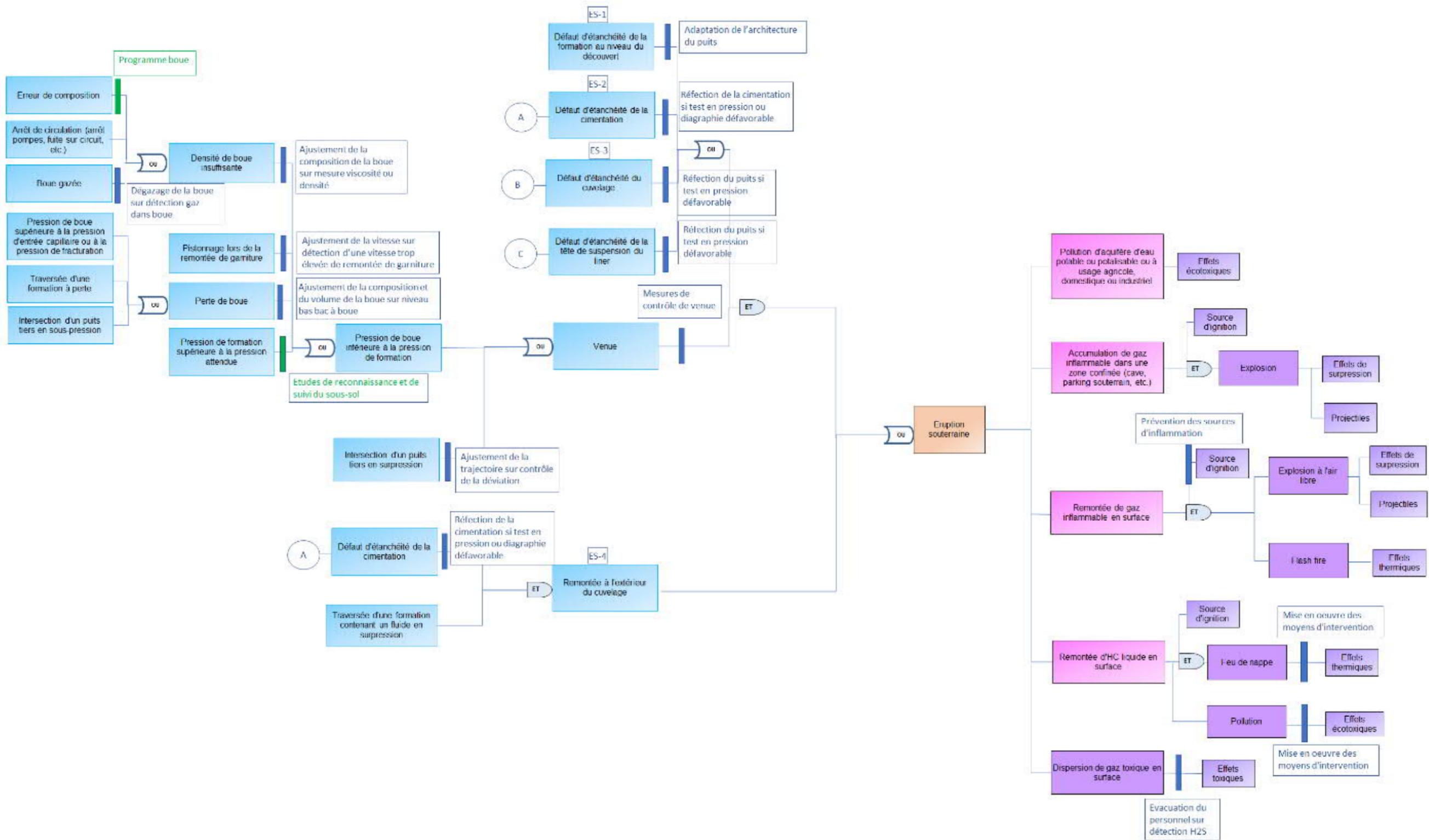
Les conditions d'éloignement des enjeux de la zone des conséquences potentielles correspondant à la catégorie 3 (zone externe aux limites du site) sont : pas de présence d'enjeux sensibles. En théorie, il serait donc nécessaire à l'exploitant de mettre en œuvre une ou plusieurs mesures supplémentaires par rapport aux barrières minimales identifiées sur le nœud-papillon.

Néanmoins, le retour d'expérience montre que la remontée en surface d'une éruption souterraine susceptible d'engendrer un accident atteignant des enjeux sensibles est très peu probable. Par conséquent, sous réserve que l'étude de dangers présente une argumentation basée sur le retour d'expérience et le contexte local, le risque pourra être considéré comme maîtrisé sans ajout de barrière supplémentaire par rapport aux barrières minimales.

Pour le PhD « Pollution d'un aquifère d'eau potable ou potabilisable ou à usage agricole, domestique ou industriel », la démonstration devra comporter des éléments sur le terme source, la pression de gisement, la cinétique du phénomène et la vulnérabilité de l'aquifère.

7.2.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant. Pour rappel, les sous-arbres A, B et C sont joints en annexe A.



7.3 ERC : ÉRUPTION EN TÊTE DE PUIITS

Le scénario considéré ici est une éruption en tête de puits c'est-à-dire une remontée de substance dangereuse (d'hydrocarbure liquide ou gazeux, H₂S, etc.) pouvant conduire à un phénomène dangereux de surface, « intérieur » au puits. A la différence de l'ERC « Éruption souterraine », l'éruption en tête de puits pourra être maîtrisée grâce au bloc obturateur de puits (BOP).

Cet ERC pourra être dissocié en plusieurs sous-ERC si l'exploitant souhaite distinguer des tailles de fuite différentes (exemple : petite fuite de 10 mm, fuite pleine section, etc.).

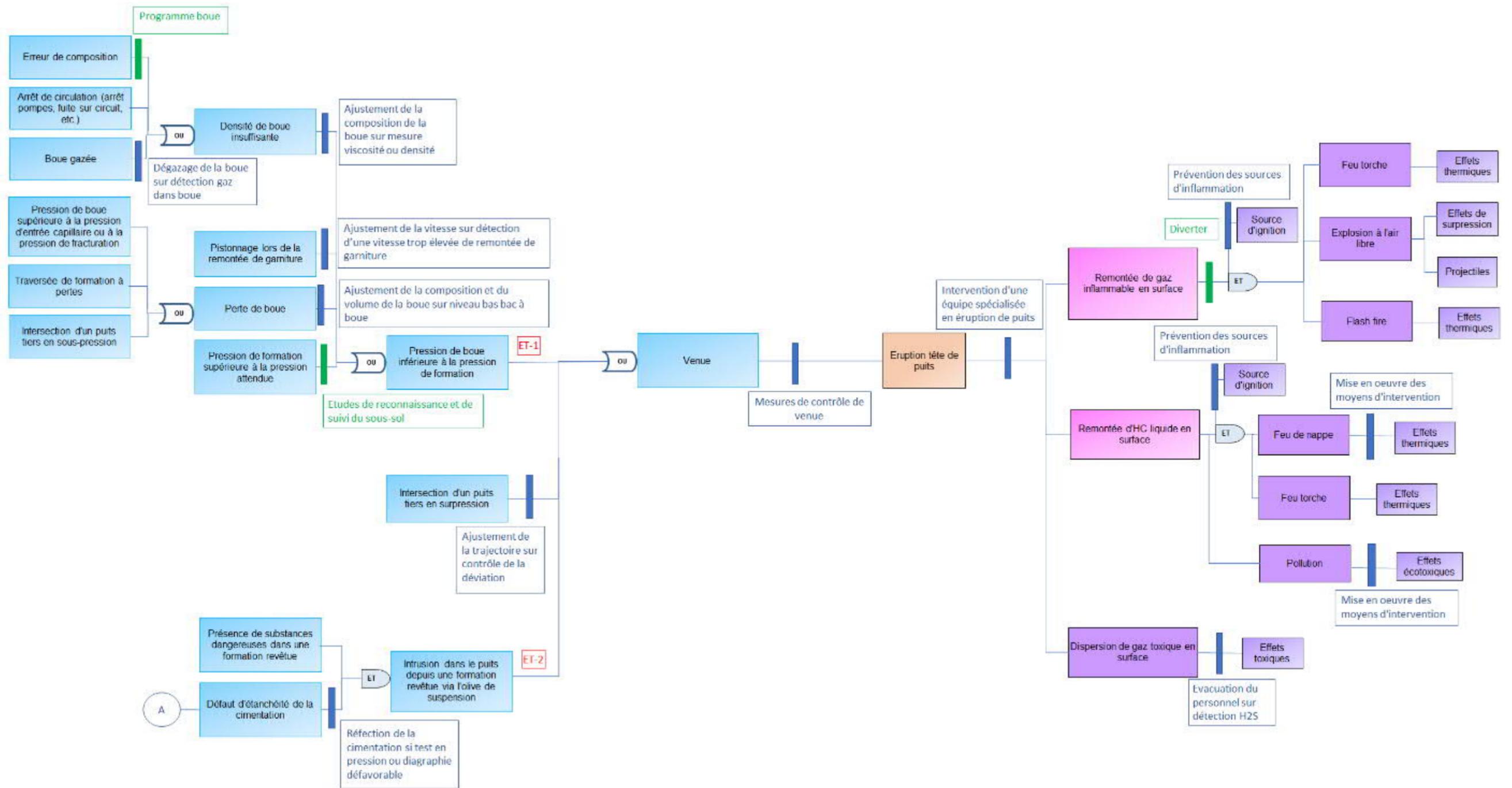
7.3.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une éruption en tête de puits sont :

- Feu torche suite à une remontée en surface de gaz ou d'hydrocarbure liquide – **CAT. 2 ou 3** ;
- Explosion à l'air libre ou Flash fire suite à une remontée de gaz en surface – **CAT. 2 ou 3** ;
- Feu de nappe suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface - **CAT. 1 ou 2** ;
- Pollution suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface - **CAT. 1 ou 2** ;
- Dispersion de gaz toxique en surface (H₂S) - **CAT. 3**.

7.3.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant. Pour rappel, le sous-arbre A est joint en annexe A.



7.4 ERC : DISSOLUTION INCONTROLEE D'UNE FORMATION EVAPORITIQUE

Le scénario considéré ici est une dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique (sel, gypse) entraînant un affaissement ou un effondrement généralisé.

Ce phénomène se produit lorsqu'un moteur d'écoulement existe et que les travaux de forage conduisent à une mise en communication hydraulique avec une formation évaporitique. Le moteur d'écoulement va entraîner une dissolution de cette formation. En fonction des caractéristiques géométriques de la formation (profondeur, puissance, extension), les éventuels désordres générés en surface seront variables. Il est possible de n'observer aucun désordre en surface ou bien un affaissement progressif ou encore un effondrement généralisé. Les mécanismes qui mènent à ces phénomènes dangereux ont des cinétiques lentes, de plusieurs années à dizaines d'années. L'affaissement ou l'effondrement serait observé bien après la phase de forage mais, étant donné que les barrières de sécurité sont à prévoir dès la phase de forage, cet ERC est à étudier dans l'étude de dangers forage.

7.4.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique sont :

- Affaissement - **CAT. 1, 2 ou 3** ;
- Effondrement généralisé – **CAT. 2 ou 3** ;
- Pollution d'un aquifère d'eau potable ou potabilisable ou à usage agricole, domestique ou industriel - **CAT. 1, 2 ou 3** ;
- Explosion en zone confinée suite à une accumulation de gaz inflammable (cave d'habitation, parking souterrain, etc.) – **CAT. 2 ou 3** ;
- Explosion à l'air libre ou Flash fire suite à une remontée de gaz en surface – **CAT. 2 ou 3** ;
- Feu de nappe suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface - **CAT. 1 ou 2** ;
- Pollution suite à une remontée d'hydrocarbure liquide en surface - **CAT. 1 ou 2** ;
- Dispersion de gaz toxique en surface (H₂S) - **CAT. 3**.

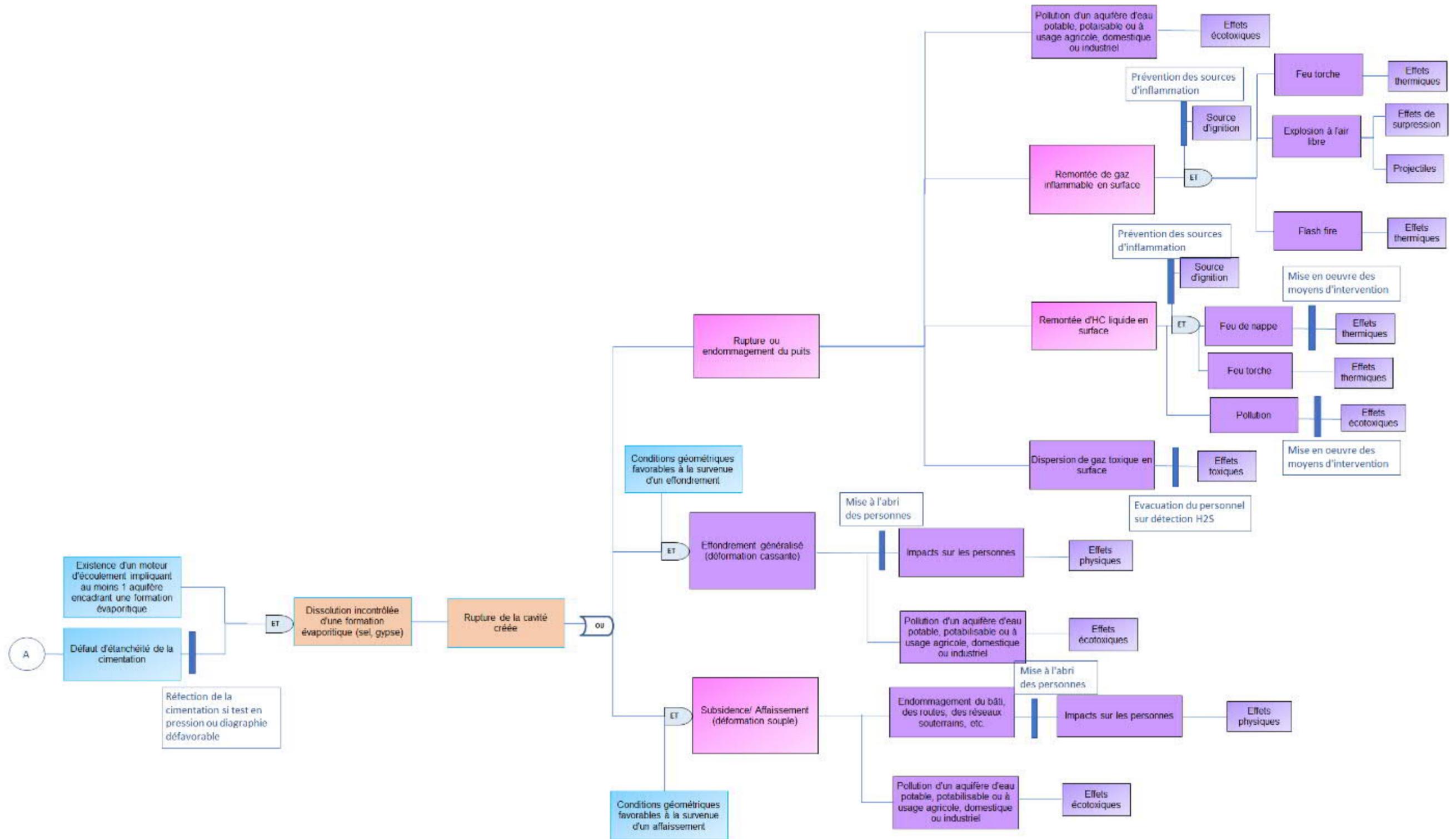
L'affaissement entrainera très rarement des impacts sur les personnes du fait d'une cinétique très lente qui permet de mettre en sécurité les personnes potentiellement exposées dans un délai raisonnable. Pour autant, l'EDD doit prévoir la mise en œuvre de mesures de mitigation et d'information adaptées (collectivités, propriétaires des terrains avoisinants, etc.) en cas de risque de survenue d'un affaissement.

7.4.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.

Il est à noter que la prise en compte de certaines branches n'est pas forcément pertinente. Ainsi, leur exclusion sera possible mais elle devra faire l'objet d'une démonstration spécifique dans l'EDD qui visera notamment à préciser que les conditions géométriques favorables à la survenue de l'ERS ne sont pas réunies.

En cas de nécessité de mise en place d'une barrière supplémentaire, l'exploitant pourra, par exemple, mettre en place un monitoring du phénomène dangereux.



7.5 ERC : HYDRATATION INCONTROLEE D'UNE FORMATION SENSIBLE A L'EAU

Le scénario considéré ici est l'hydratation incontrôlée d'une formation sensible à l'eau (anhydrite, argile) entraînant un gonflement de la formation pouvant conduire à une surrection.

Ce phénomène est comparable au précédent excepté que la formation sensible à l'eau est, dans ce cas, une formation susceptible de gonfler au contact de l'eau. L'hydratation de la formation ne peut se produire que si un moteur d'écoulement est créé. Le phénomène de surrection est un phénomène généralement lent.

7.5.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une hydratation incontrôlée d'une formation sensible à l'eau sont :

- Surrection - **CAT. 1, 2 ou 3.**

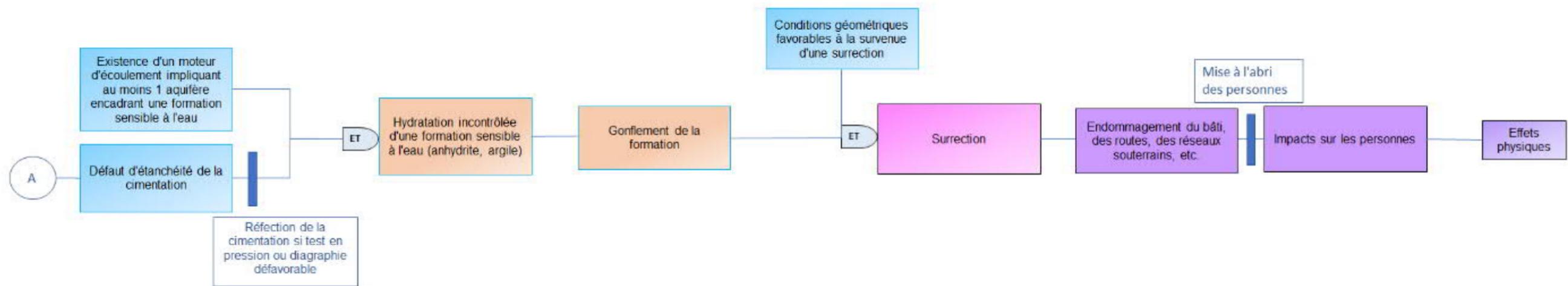
La surrection entrainera très rarement des impacts sur les personnes du fait d'une cinétique très lente qui permet de mettre en sécurité les personnes potentiellement exposées dans un délai raisonnable. Pour autant, l'EDD doit prévoir la mise en œuvre de mesures d'information adaptées (collectivités, propriétaires des terrains avoisinants, etc.) en cas de risque de survenue d'une surrection.

7.5.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.

Pour rappel, le sous-arbre A est joint en annexe A.

En cas de nécessité de mise en place d'une barrière supplémentaire, l'exploitant pourra, par exemple, mettre en place une surveillance du phénomène dangereux.



7.6 ERC : CHUTE DE MAT

Le scénario considéré ici est la chute du mât de forage.

7.6.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une chute de mât sont :

- Impact sur les personnes - **CAT. 2 ou 3.**

Afin de limiter les enjeux pouvant être impactés par la chute du mât, la première bonne pratique consiste à installer la base vie à une distance minimale correspondant à la hauteur du mât et à éloigner l'appareil de forage des limites de site.

7.6.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.

Précisions sur les causes et barrières identifiées dans le nœud-papillon :

- Agressions mécaniques (agression par choc/collision d'un engin ou d'un appareil de manutention, de levage in situ, chute de charge, crash d'un avion) :
 - L'agression par chute d'avion / hélicoptère n'est retenue que si la distance entre le site de forage et les pistes d'un aéroport/aérodrome est inférieure à 2 km (§ 3.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010). La barrière valorisée est l'éclairage du mât, en tête du mât (obligation de signalisation et d'information sur le site). À noter également que l'exploitant informe l'aviation civile des travaux à venir mais cette information ne peut pas être valorisée comme une barrière.
 - La collision avec un engin n'est pas retenue car le mât est rendu physiquement inaccessible aux engins.
- Evènements météorologiques (vents forts) : l'action de sécurité est différente en fonction de la vitesse du vent, généralement 2 seuils prédéfinis, et de l'appareil de forage. Des exemples de mesures pouvant être prises : arrêt des opérations de forage, évacuation des personnes, couchage du mât, mesures de protection du matériel.
- Usure/fatigue/vieillessement du mât et de ses équipements (élingues, poutres, etc.) :

La barrière identifiée est le contrôle périodique du mât selon les recommandations du constructeur. A noter que le mât peut fonctionner en mode dégradé si une poutre ou une élingue est endommagée à condition d'adapter ses limites d'utilisation (charge et vitesse de vent réduites) après avis et prise en compte des éventuelles préconisations du constructeur.

- Défaut de montage :

Il existe une liste de vérifications avant le démarrage des opérations de forage (procédure de vérification périodique) et un document contractuel entre le contractant de forage et l'opérateur imposé par la réglementation.

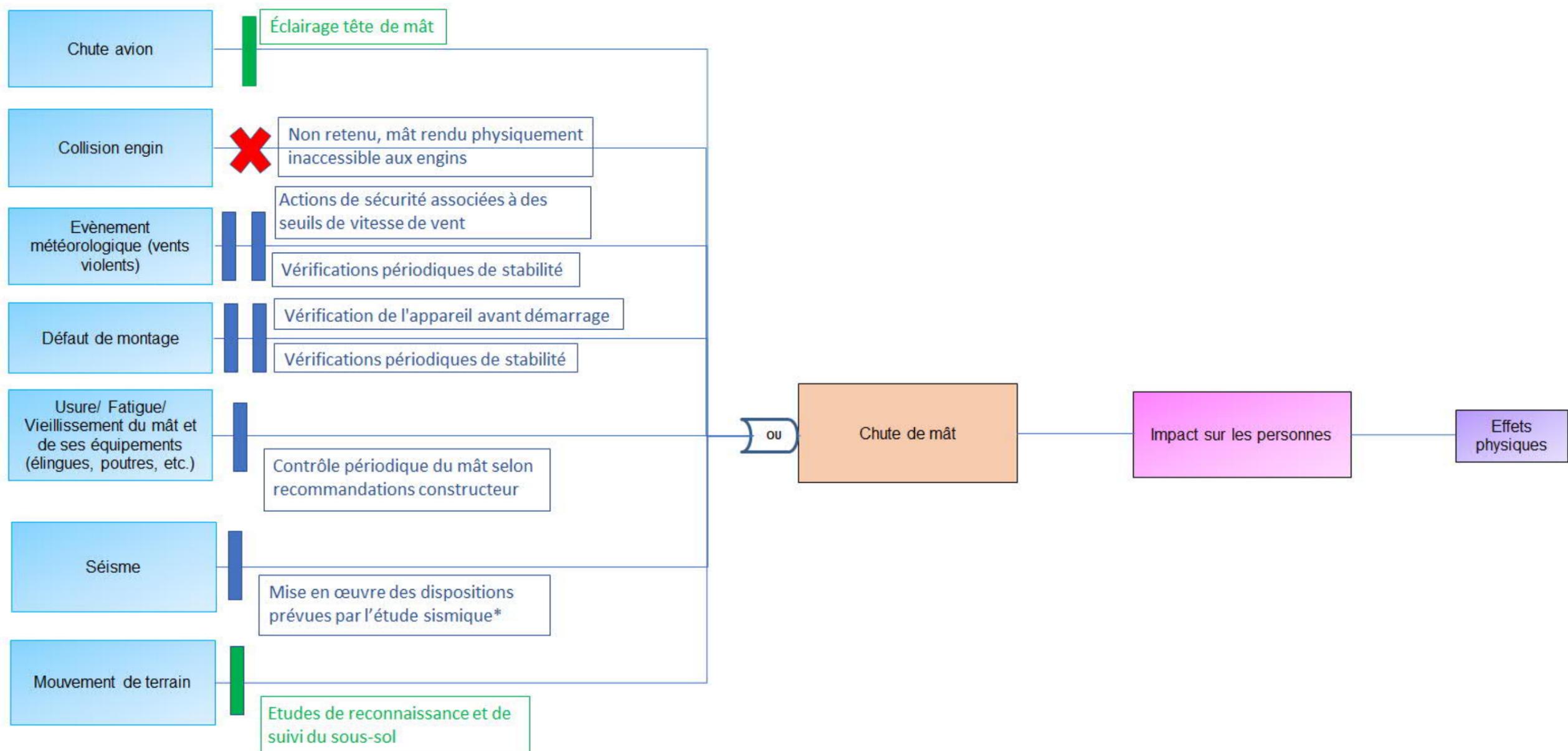
- Mouvement de terrain/séisme (2 causes à séparer) :

Pour la cause mouvement de terrain, des études sur la stabilité des sols sont réalisées en amont des opérations de forage.

Pour la prévention du séisme, il est recommandé de se rapprocher des exigences réglementaires de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 applicables aux établissements Seveso Seuil Bas situés en zone de sismicité 4 ou 5. Si l'analyse du risque sismique réalisée par l'exploitant démontre la tenue de l'installation au séisme de référence, la cause peut être exclue. Si l'analyse ne le permet pas, l'exclusion ne pourra être possible qu'en cas de mise en place d'une ou plusieurs barrières de prévention et/ou de protection spécifiques.

- Inondation :

Conformément au §1.2.1 de la Circulaire du 10 mai 2010, cette cause ne sera pas retenue sous réserve du respect des exigences réglementaires. L'exploitant devra s'assurer du maintien en état de bon fonctionnement de ses équipements en cas de crue rapide.



* Uniquement lorsque les travaux de forage requièrent une étude sismique (Cf. § 3.4 du guide)

7.7 ERC : ACTIVATION D'UNE OU DE PLUSIEURS CHARGE(S) EN SURFACE

Le scénario considéré ici est l'activation d'une ou de plusieurs charges en surface.

Les deux causes identifiées sont :

- L'activation lors de manipulation de la charge en surface ;
- La remontée de charges n'ayant pas explosé avec activation en surface.

Les opérations mettant en œuvre des charges explosives sont réalisées par une entreprise extérieure qui possède les compétences nécessaires (habilitations).

Ces opérations ne sont pas réalisées en cas d'orage.

Les charges sont toujours les mêmes, seul le mécanisme de mise à feu diffère : déclenchement basse pression, haute tension ou par mécanisme de pression (déclenchement du détonateur par choc grâce à une barre lâchée dans le puits). Les déclenchements basse pression et par choc ne sont quasiment plus utilisés.

Les opérations de perforation sont réalisées avec l'appareil de service au cours de l'installation de la complétion.

Il est à noter que lorsque la perforation est réalisée par TCP (Tubing-conveyed perforating), les charges ne sont pas remontées en surface pour éviter le risque d'activation d'une charge non explosée en surface. Cette pratique présente l'inconvénient de rendre impossible toute perforation ultérieure.

Une « pollution d'aquifère » ou une « éruption en surface » due à l'activation intempestive d'une ou plusieurs charge(s) lors de la descente ou de la remontée du canon n'est pas retenue car elle est jugée trop improbable.

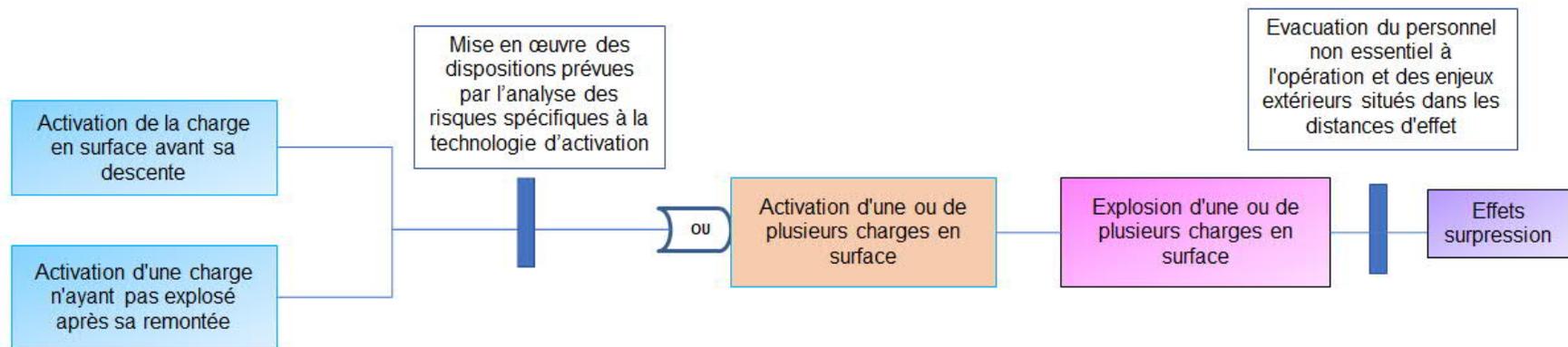
7.7.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler de l'activation d'une ou de plusieurs charge(s) explosive(s) en surface sont :

- Explosion d'une ou de plusieurs charges en surface - **CAT. 1, 2 ou 3.**

7.7.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.



7.8 ERC : PERTE DE CONFINEMENT D'UN EQUIPEMENT EN SURFACE

Le scénario considéré ici est la perte de confinement d'un équipement de surface de type capacité de stockage, tuyauterie ou vanne (exemple : stockage de gasoil).

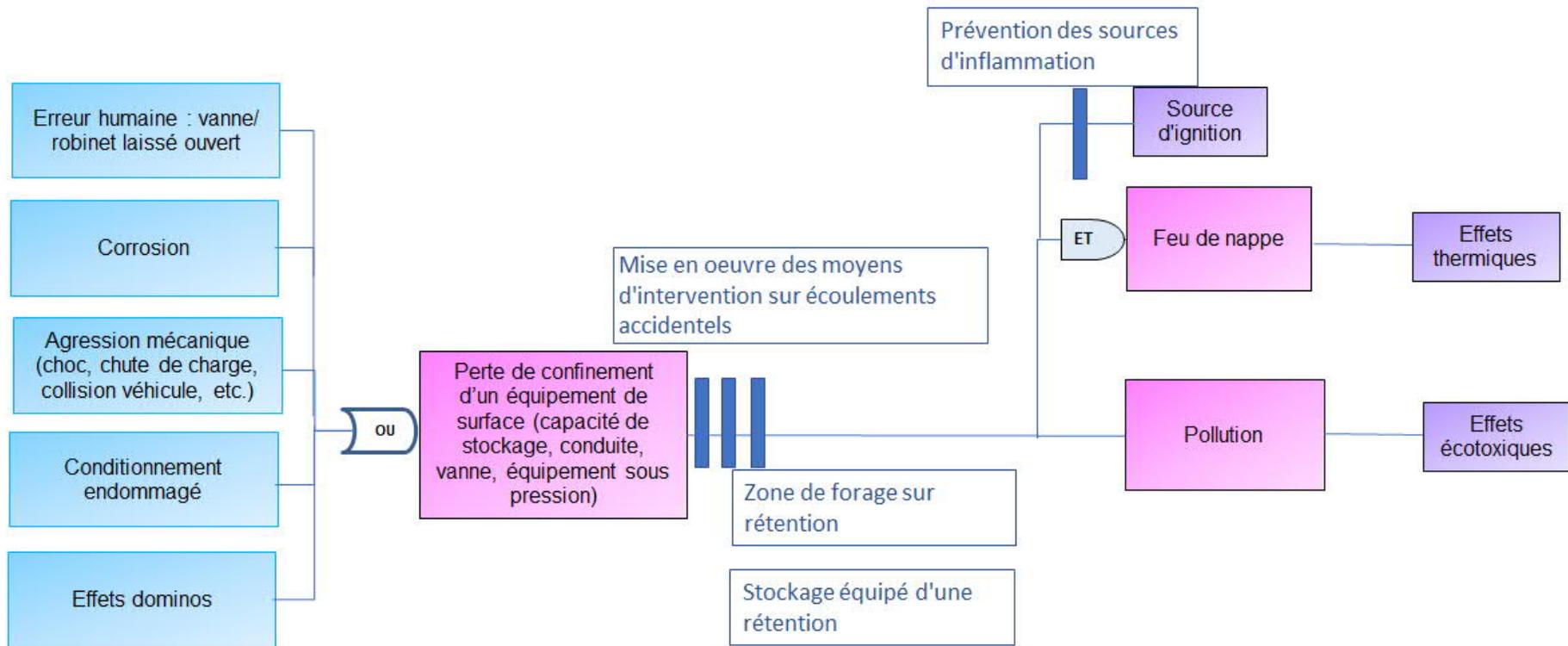
7.8.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une perte de confinement d'un équipement en surface sont :

- Feu de nappe - **CAT. 1, 2 ou 3** ;
- Pollution – **CAT. 1 ou 2.**

7.8.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.



7.9 ERC : REMONTEE EXCESSIVE DE GAZ DANS LA BOUE (HORS ERUPTION)

Le scénario considéré ici est une remontée excessive de gaz dans la boue en surface. A la différence d'une venue, la remontée de gaz est attendue. Elle doit être retenue comme ERC lorsque la quantité de gaz est susceptible de conduire à un phénomène dangereux.

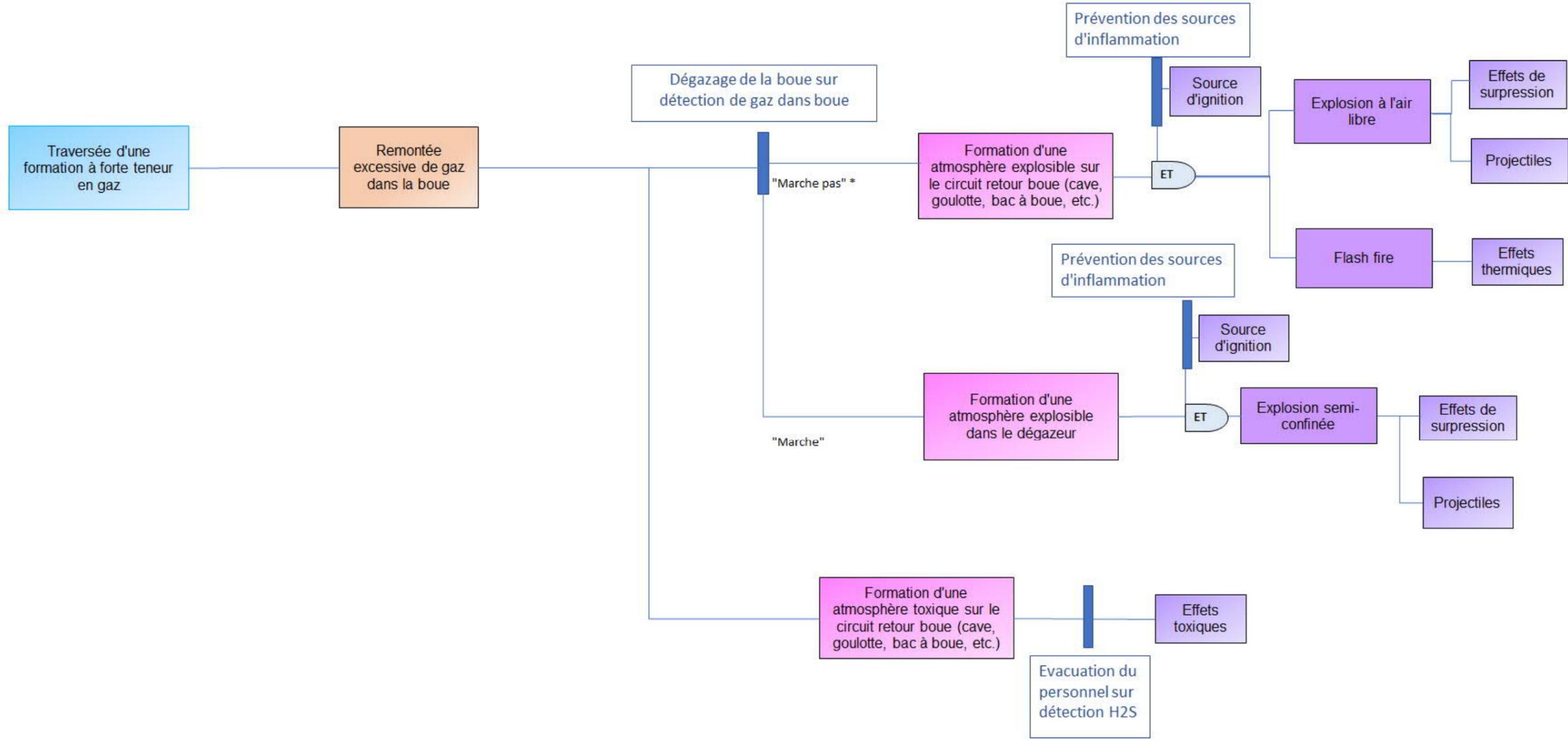
7.9.1 PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES ET CATEGORISATION

Les phénomènes dangereux pouvant découler d'une remontée excessive de gaz dans la boue sont :

- Explosion à l'air libre ou Flash fire suite à une remontée de gaz en surface – **CAT. 1 ou 2** ;
- Explosion semi-confinée dans le dégazeur - **CAT. 1 ou 2** ;
- Dispersion de gaz toxique en surface (H₂S) - **CAT. 3**.

7.9.2 NOEUD-PAPILLON ET BARRIERES MINIMALES

Les bonnes pratiques et barrières minimales à mettre en œuvre pour les phénomènes dangereux de catégorie 3 sont celles figurant sur le nœud-papillon suivant.



* Le dysfonctionnement de la fonction de sécurité peut être dû à :

- une défaillance de la détection
- un problème de diagnostic
- un défaut de mise en service du dégazeur (d'origine technique ou humaine)
- une défaillance du dégazeur (par exemple la pression de fonctionnement du dégazeur est dépassée, le dégazeur ne joue plus son rôle et laisse passer du gaz par la ligne liquide. Cette pression de fonctionnement est fonction de la hauteur du siphon et de la densité de la boue présente dans ce siphon)

7.10 TABLEAU DE SYNTHÈSE DES BONNES PRATIQUES ET BARRIÈRES MINIMALES

Barrière ou bonne pratique	Evènement auquel elle s'oppose	ERC concerné	Prescription réglementaire correspondante	Description de la barrière ou de la bonne pratique
Programme boue	Erreur de composition	Éruption souterraine Éruption en tête de puits	Art.4 de l'AM*	Bonne pratique car il s'agit d'un paramètre intervenant dans l'étude de conception du puits
Dégazage de la boue sur détection gaz dans boue	Boue gazée Remontée excessive de gaz dans la boue	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Remontée excessive de gaz dans la boue	Art. 9 décret 2016-1303	
Ajustement de la composition de la boue sur contrôle régulier de viscosité et de densité	Densité de boue insuffisante	Éruption souterraine Éruption en tête de puits	Art. 50 de l'AM	Planification de la composition de la boue par phase de forage, adaptée à la profondeur, à la nature de la roche forée, à la pression rencontrée et à la température.
Ajustement de la composition et du volume de la boue sur niveau bas bac à boue	Perte de boue	Éruption souterraine Éruption en tête de puits		Ingénierie boue (adaptation de la composition) associée à plusieurs moyens de détection : <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle viscosité/densité - Niveau bas bac à boue - Détection gaz (CH₄, H₂S, etc.) en surface, etc. Les actions possibles seront : <ul style="list-style-type: none"> - Ajout de colmatant - Ajout d'alourdisant, etc.
Ajustement de la vitesse sur détection d'une vitesse trop élevée de remontée de garniture	Pistonnage lors de la remontée de garniture	Éruption souterraine Éruption en tête de puits		
Etude de reconnaissance et de suivi du sous-sol	Pression de formation supérieure à la pression attendue	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Chute de mât	Art.4 de l'AM	Bonne pratique car il s'agit d'un paramètre intervenant dans l'étude de conception du puits
Ajustement de la trajectoire sur contrôle de la déviation	Intersection d'un puits tiers en surpression	Éruption souterraine Éruption en tête de puits	Art. 4 de l'AM	Barrière unique qui englobe l'étude anti-collision et le suivi de la déviation pendant les travaux de forage
Réfection de la cimentation si test en pression ou diagraphie défavorable	Défaut d'étanchéité de la cimentation	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique Hydratation incontrôlée d'une formation sensible à l'eau	Art. 48 et 49 de l'AM	
Réfection du puits si test en pression défavorable	Défaut d'étanchéité du cuvelage Défaut d'étanchéité de la tête de suspension du liner	Éruption souterraine	Art. 49 de l'AM	
Adaptation de l'architecture du puits	Défaut d'étanchéité de la formation au niveau du découvert	Éruption souterraine	Art. 30-3 du décret 2006-649	Modification du programme des travaux de forage suivant les profils de pression et les couches géologiques (notamment calcul de tolérance à une venue)

Barrière ou bonne pratique	Evènement auquel elle s'oppose	ERC concerné	Prescription réglementaire correspondante	Description de la barrière ou de la bonne pratique
Mesures de contrôle de venue	Éruption souterraine Éruption en tête de puits	Éruption souterraine Éruption en tête de puits	Art. 50, 59 de l'AM Art. 29 du Décret 2016-1303	La barrière « Mesures de contrôle de venue » regroupe un ensemble de moyens de détections et un ensemble d'actions qui peuvent être impliqués dans d'autres barrières. Les actions consistent à : - l'obturation sur la garniture ou l'obturation totale du sondage ou du puits ; - la circulation et la gestion en surface des fluides de forage et des déblais de formation ; - le rétablissement de l'équilibre hydrostatique du sondage ou du puits. Cela peut aller en dernier recours jusqu'au bouchage du puits.
Évacuation du personnel sur détection H ₂ S	Dispersion de gaz toxique en surface	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique Remontée excessive de gaz dans la boue	Art.9 décret 2016-1303	Pour l'ERC éruption souterraine, valable uniquement si l'H ₂ S sort à proximité de la tête de puits Détection H ₂ S génère une alarme qui entraîne l'évacuation du personnel
Intervention d'une équipe spécialisée en éruption de puits	Éruption en tête de puits	Éruption en tête de puits	Art. 11 du décret 2016-1303	
Diverter	Éruption en tête de puits	Éruption en tête de puits		Bonne pratique Lors du forage des formations superficielles, avant la pose du BOP, le diverter permet de canaliser le rejet gaz dans une zone éloignée des enjeux à protéger.
Prévention des sources d'inflammation	Source d'ignition	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique Perte de confinement d'un équipement de surface Remontée excessive de gaz dans la boue		Prévention des sources d'inflammation : zonage ATEX, permis feu, interruption des travaux de forage en temps orageux (réduction de la gravité car évacuation des personnes), vérifications des installations électriques (liaisons équipotentielles et mises à la terre), etc.
Mise en œuvre des moyens d'intervention	Feu de nappe et pollution	Éruption souterraine Éruption en tête de puits Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique	Art. 11 du décret 2016-1303	Moyens d'intervention incendie : réserve d'eau et d'émulseur, extincteurs, formation du personnel et exercice, etc.
Mise à l'abri des personnes	Impacts sur les personnes	Dissolution incontrôlée d'une formation évaporitique Hydratation incontrôlée d'une formation sensible à l'eau		
Éclairage tête de mât	Chute d'avion	Chute de mât		Bonne pratique
Actions de sécurité associées à des seuils de vitesse de vent	Evènement météorologique (vents violents)	Chute de mât	Art. 40 de l'AM	
Vérifications périodiques de stabilité	Evènement météorologique (vents violents)	Chute de mât	Art. 40 de l'AM	
	Défaut de montage		Art. 33 de l'AM	
Vérification de l'appareil avant démarrage	Défaut de montage	Chute de mât	Art. 30 de l'AM	
Contrôle périodique du mât selon recommandations constructeur	Usure/ Fatigue/ Vieillessement du mât et de ses équipements (élingues, poutres, etc.)	Chute de mât	Art. 33 et 38 de l'AM	

Barrière ou bonne pratique	Evènement auquel elle s'oppose	ERC concerné	Prescription réglementaire correspondante	Description de la barrière ou de la bonne pratique
Mise en œuvre des dispositions prévues par l'étude sismique	Séisme	Chute de mât		Uniquement lorsque les travaux de forage requièrent une étude sismique (Cf. § 3.4 du guide)
Mise en œuvre des dispositions prévues par l'analyse des risques spécifiques à la technologie d'activation	Activation de la charge en surface avant sa descente ou Activation d'une charge n'ayant pas explosé après sa remontée	Activation d'une ou de plusieurs charges en surface		
Évacuation du personnel non essentiel à l'opération et des enjeux extérieurs situés dans les distances d'effet	Explosion d'une ou de plusieurs charges en surface	Activation d'une ou de plusieurs charges en surface	Art.36 de l'AM	
Mise en œuvre des moyens d'intervention sur écoulements accidentels	Perte de confinement d'un équipement de surface	Perte de confinement d'un équipement de surface	Art. 20 de l'AM	
Stockage équipé d'une rétention	Perte de confinement d'un équipement de surface	Perte de confinement d'un équipement de surface	Art. 19 de l'AM	
Zone de forage sur rétention	Perte de confinement d'un équipement de surface	Perte de confinement d'un équipement de surface	Article 22 de l'AM	
Design de la cimentation	Défaut d'étanchéité de la cimentation	Défaut d'étanchéité de la cimentation	Art. 4 de l'AM	Bonne pratique

* AM : Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières

8. SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX ERC SUSCEPTIBLES DE CONDUIRE A UN ACCIDENT MAJEUR

Évènements redoutés centraux	Phénomènes dangereux	Catégorie	Commentaires
Éruption souterraine	Pollution d'un aquifère d'eau potable ou potabilisable, à usage agricole, domestique ou industriel	Cat 1, 2 ou 3	Phénomène à étudier en détail (nature de l'HC, caractérisation du terme source - pression de gisement, vulnérabilité de l'aquifère, etc.)
	Explosion confinée (suite à une accumulation de gaz inflammable dans une zone confinée)		On ne peut pas caractériser en intensité les PhD associés à l'éruption souterraine car on ne sait où l'HC va sortir et à quel débit.
	Explosion à l'air libre/ Flash fire suite à un rejet de gaz en surface		Éruption souterraine : cas particulier car catégorie 3 et potentiellement enjeux sensibles impactés mais probabilité faible de remontée en surface donc si respect des barrières minimales + argumentation dans EDD basée sur REX et contexte locaux, le risque pourra être considéré comme acceptable.
	Feu de nappe suite à une remontée d'HC liquide en surface		
	Pollution suite à une remontée d'HC liquide en surface		
	Dispersion de gaz toxique en surface		
Éruption en tête de puits	Explosion à l'air libre/Flash fire suite à un rejet de gaz en surface	Cat 2 ou 3	
	Feu torche suite à un rejet de gaz ou HC liquide en surface		Rejet vertical si fuite pleine section cuvelage Rejet horizontal si petite fuite
	Feu de nappe suite à une remontée d'HC liquide	Cat 1 ou 2	Dépend de la configuration de la plate-forme (caniveau, rétention déportée, etc.)
	Pollution en surface suite à une remontée d'HC liquide	Cat 1 ou 2	
	Dispersion de gaz toxique en surface	Cat 3	
Dissolution d'une formation sensible à l'eau	Mouvement de terrain (affaissement ou effondrement généralisé)	Affaissement : Cat 1, 2 ou 3 Effondrement généralisé : Cat 2 ou 3	Affaissement génère des impacts faibles Si cat 2 ou 3 : exemple de mesure supplémentaire : monitoring et qualification de la cinétique du phénomène
Hydratation d'une formation sensible à l'eau	Mouvement de terrain (surrection)	Cat 1, 2 ou 3	Si cat 2 ou 3 : exemple de mesure supplémentaire : monitoring et qualification de la cinétique du phénomène

Évènements redoutés centraux	Phénomènes dangereux	Catégorie	Commentaires
Perte de stabilité du mât de forage / Défaillance structurelle	Effet mécanique sur les personnes (choc, écrasement, etc.)	Cat 2 ou 3	Dépend de la configuration de la plate-forme : notamment éloignement du mât par rapport aux limites du site (cat 2 ou 3), éloignement du mât par rapport à la base vie (respect ou pas de la condition d'enjeux de la catégorie 2), présence d'enjeux à proximité du site respect ou pas de la condition d'enjeux de la catégorie 3)
Activation d'une charge explosive en surface	Explosion en surface	Cat 1, 2 ou 3	
Perte de confinement d'un équipement de surface	Épandage de substances écotoxiques en surface (sol, eaux superficielles) : Feu de nappe	Cat 1, 2 ou 3	
	Épandage de substances écotoxiques en surface (sol, eaux superficielles) : pollution	Cat 1 ou 2	
Remontée excessive de gaz dans la boue (hors éruption).	Explosion/Flash fire suite à un rejet de gaz en surface	Cat 1 ou 2	
	Explosion semi-confinée dans le dégazeur		
	Dispersion de gaz toxique en surface (H ₂ S)	Cat 3	

Tableau 3 : Liste non exhaustive des ERC, PhD associés et catégorie des PhD

9. GLOSSAIRE

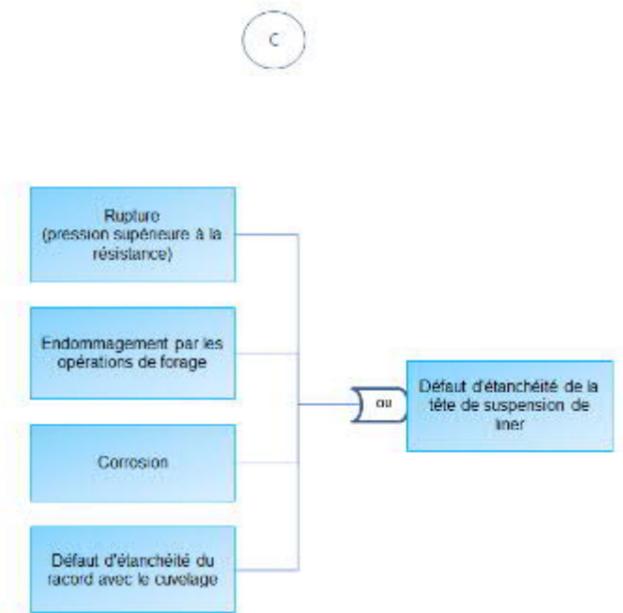
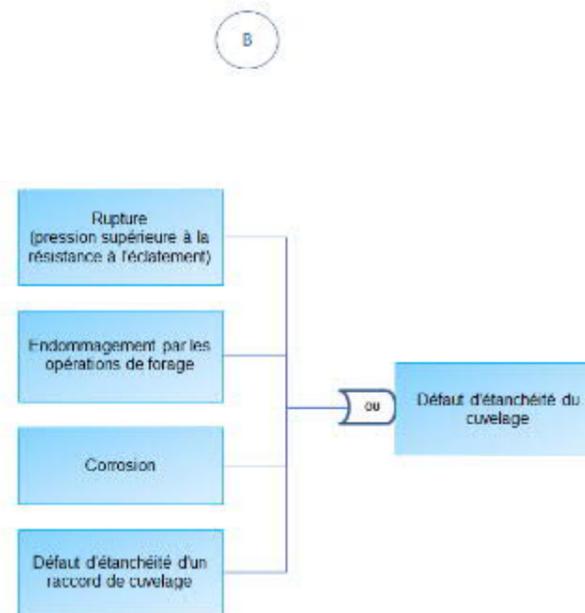
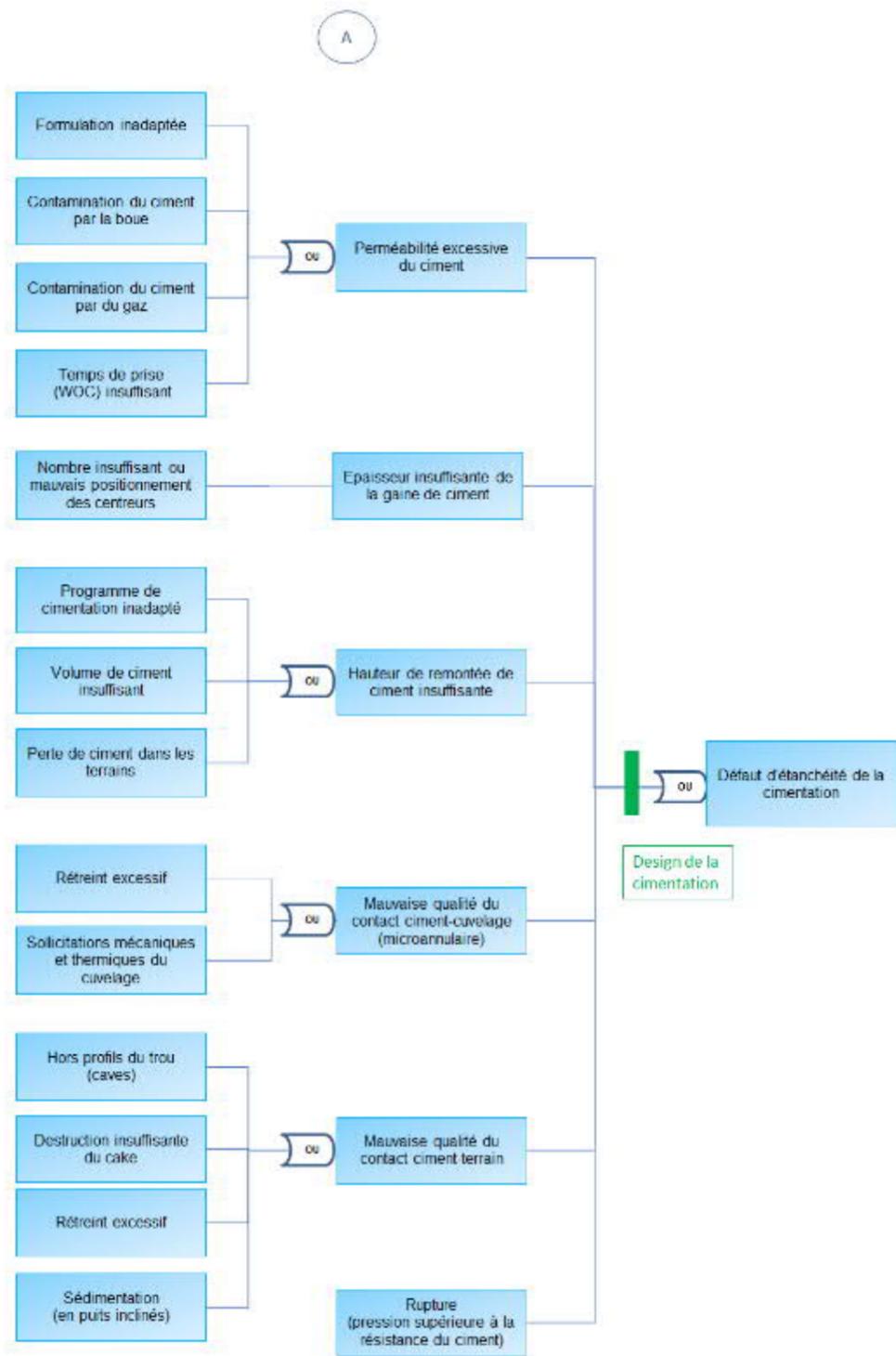
Accident	Un accident est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.
Affaissement	Dépression topographique liée, dans le cas de travaux de forage, à l'éboulement d'une cavité souterraine générée par le lessivage d'une formation sensible à l'eau. Ce phénomène est lent, progressif et souple.
Agresseur externe	Infrastructures de transport, risques naturels, activités humaines, etc., extérieurs aux installations et activités exercées sur le site étudié, susceptibles d'être <u>la cause</u> d'un accident majeur sur le site.
APR	Analyse Préliminaire des Risques
BP	Basse Pression
Diverter	Obturbateur annulaire dont la fonction est de canaliser une éventuelle venue vers une torchère et ainsi de protéger l'unité de forage
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSS	Document de Santé et Sécurité
EDD	Étude de dangers
Effondrement généralisé	Rupture, souvent dynamique des terrains de surface lié, dans le cas de travaux de forage, à l'éboulement d'une cavité souterraine générée par le lessivage d'une formation sensible à l'eau. Ce phénomène est potentiellement brutal et peut s'étendre sur plusieurs hectares.
EI	Etude d'impact
Enjeux sensibles	Établissement recevant du public, lieu d'habitation, local de travail permanent, voie de circulation routière d'un trafic supérieur à 5 000 véhicules par jour.
ERC	Evènement Redouté Central
ERS	Evènement Redouté Secondaire
FIT	Formation Integrity Test
HP	Haute Pression
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
LOT	Leak Off Test
MMR	Mesures de Maîtrise des Risques
MTES	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

PhD	Phénomène dangereux
	Un phénomène produit des effets physiques d'une certaine intensité – sans préjuger de la présence d'enjeux.
POI	Plan d'Opération Interne
Potentiel de danger	Source de danger ou élément dangereux du fait de la propriété intrinsèque d'une substance, d'un équipement ou d'un procédé Exemples : un réservoir de liquide inflammable est porteur du danger lié à l'inflammabilité du produit contenu, une charge disposée en hauteur présente un danger lié à son énergie potentielle, une charge en mouvement celui de l'énergie cinétique associée, etc.
Séisme de référence	Le séisme de référence correspond, pour les installations existantes, au séisme de période de retour 3000 ans et, pour les installations nouvelles, au séisme de période de retour 5000 ans.
Surrection	Soulèvement lent et progressif des terrains de surface lié, dans le cas de travaux de forage, au gonflement d'une formation sensible à l'eau.
Venue	Entrée involontaire de fluides provenant d'une formation géologique dans le puits.

10. LISTE DES ANNEXES

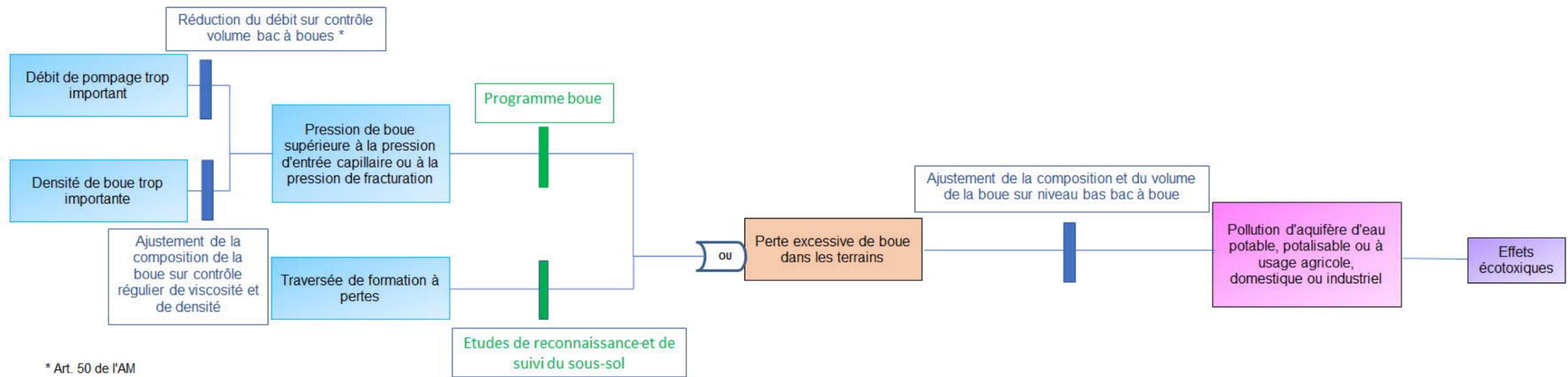
Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe A	Sous-arbres A, B et C	1 A3
Annexe B	Nœuds-papillon des ERC : - Perte excessive de boue dans les terrains, - Communication hydraulique non souhaitée entre deux aquifères de compositions différentes	2 A3
Annexe C	Sources d'informations sur les accidents dans le domaine de l'exploration-production des hydrocarbures	2 A4
Annexe D	Schéma des chemins de fuites préférentiels pour l'éruption souterraine et de l'éruption en tête de puits	1 A4

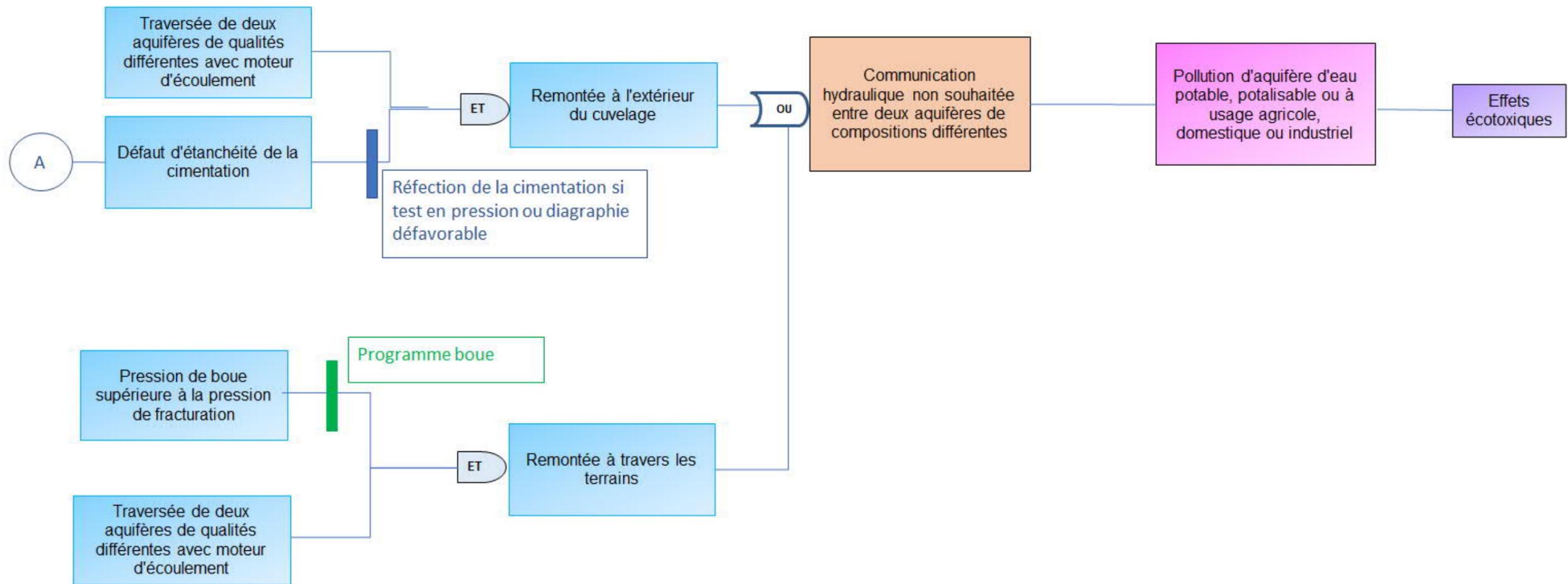
ANNEXE A : Sous-arbres A, B et C



Annexe B : Nœuds-papillon des ERC :

- Perte excessive de boue dans les terrains ;
- Communication hydraulique non souhaitée entre deux aquifères de compositions différentes.





Annexe C : Sources d'informations sur les accidents dans le domaine de l'exploration-production des hydrocarbures

Service ou organisation	Pays	Fonction	Nom de la base	Secteurs industriels couverts	Types d'accidents recensés	Etendue géographique du recensement		Période couverte	Conditions de reporting	Nbre total d'accidents dans la base	Nbre d'accidents dans l'Expl-Prod	Documents en accès public	Evénements dans la base INERIS
OGP ou IOGP ⁽¹⁵⁾	International	Association de producteurs	WCID ⁽¹⁶⁾	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Monde	Terre Mer	1991-2012	Volontaire (Anonyme)	3046	3046	Résumés Bulletins d'alerte Rapp. statistiques	12
IADC ⁽¹⁷⁾	International	Association de professionnels du forage	ISP ⁽¹⁸⁾	Exploration ou exploitation par forage	Incidents sur puits	Monde	Terre Mer	1962-auj	Volontaire	-	-	Bulletins d'alerte Rapp. statistiques	3
Oil & Gas UK	UK	Association de producteurs		Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	UK	Mer	2013-auj	Volontaire	-	-	Rapp. statistiques	
STEP CHANGE IN SAFETY	UK	Syndicat professionnel	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	UK	Terre Mer	2011-auj	Volontaire	460	-	Résumés	6
DNV ⁽¹⁹⁾	Norvège	Bureau d'expertise	WOAD	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Monde	Mer	1975-auj	Volontaire	6500	6500	Résumés (accès payant)	
SINTEF	Norvège	Institut de recherche	BLOWOUT	Pétrole-gaz	Eruptions de puits	Monde	Terre Mer	1955-auj	Volontaire	573	573	-	
CEDRE ⁽²⁰⁾	France	Institut de recherche	-	Tous secteurs	Pollutions accidentelles	Monde	Mer Eaux intérieures	1979-auj	Volontaire	280	10	Résumés	5
NOAA ⁽²¹⁾	Etats-Unis	Institut de recherche	-	Tous secteurs	Pollutions accidentelles	Monde	Mer Eaux intérieures	1957-auj	Volontaire	2700	-	Résumés	2
Oil & Gas Int.	International	Site d'actualités	-	Pétrole-gaz	Majeurs	Monde	Terre Mer	2013-auj	Volontaire	-	-	Articles (accès payant)	
RIG ZONE	International	Site d'actualités	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Monde	Terre Mer	2005-auj	Volontaire	-	-	Articles	2
OIL RIG DISASTERS	UK	Site spécialisé	-	Pétrole-gaz	Majeurs	Monde	Mer	1948-2007	Volontaire	202	202	Résumés	32
MEDIAS	International	-	-	Tous secteurs	Majeurs Individuels	Monde	Terre Mer	-	-	-	-	Articles	37
AUTRES	International	Divers	-	Tous secteurs	Majeurs Individuels	Monde	Terre Mer	-	-	-	-	Divers	24

⁽¹⁵⁾ International Association of Oil and Gas Producers ⁽¹⁶⁾ Well Control Incident Database ⁽¹⁷⁾ International Association of Drilling Companies ⁽¹⁸⁾ Incident Statistics Program

⁽¹⁹⁾ Det Norske Veritas ⁽²⁰⁾ Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux

⁽²¹⁾ National Oceanic and Atmospheric Administration - Emergency Response Division

Entité	Pays	Fonction	Nom de la base	Secteurs industriels couverts	Types d'accidents recensés	Etendue géographique du recensement		Période couverte	Conditions de reporting	Nbre total d'accidents dans la base	Nbre d'accidents dans l'Expl-Prod	Documents en accès public	Evénements dans la base INERIS
BARPI ⁽¹⁾	France	Appui à l'autorité de régulation	ARIA ⁽²⁾	IC-transport mine-carrière-stockage-barrage-digue	Majeurs	Monde	Terre Mer	1992-auj	Volontaire	43000	80	Résumés Rapp. Statistiques	80
PSA ⁽³⁾	Norvège	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Norvège	Mer	2004-2013	Obligatoire	55	45	Rapp. d'enquête Arrêtés de presc. Rapp. statistiques	22
HSE ⁽⁴⁾	UK	Autorité de régulation	ORION	Tous secteurs	Majeurs Individuels	UK	Terre Mer	1991-auj	Obligatoire	-	-	Bulletins d'alerte Rapp. statistiques	3
			HCR ⁽⁵⁾	Tous secteurs	Pollutions accidentelles	UK	Terre Mer	1992-auj	Volontaire	-	-	Rapp. statistiques	-
			Collision	Tous secteurs	Collisions en mer	UK	Mer	1985-auj	Obligatoire	-	-	Rapp. statistiques	-
BSEE ⁽⁶⁾	Etats-Unis	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Etats-Unis	Mer	1984-2013	Obligatoire	723	723	Rapp. d'enquête	74
DEA ⁽⁷⁾	Danemark	Autorité de régulation	EASY	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Danemark	Mer	2005-auj	Obligatoire	-	-	Rapp. statistiques	-
NOPSEMA ⁽⁸⁾	Australie	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Australie	Mer	-	Obligatoire	-	-	Résumés Rapp statistiques	-
AER ⁽⁹⁾	Canada	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Pollutions accidentelles	Alberta	Terre	Année en cours	Obligatoire	~ 80 /an	~ 80 /an	Résumés	5
CNSOPB ⁽¹⁰⁾	Canada- Nlle Ecosse	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Pollutions accidentelles	Nouvelle-Ecosse	Mer	2000-auj	Obligatoire	150	150	Résumés Rapp. statistiques	5
CNLOPB ⁽¹¹⁾	Canada-T.Neuve & Labrador	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Terre-Neuve & Labrador	Mer	1997-auj	Obligatoire	-	-	Rapp. statistiques	-
NSSM ⁽¹²⁾	Pays-Bas	Autorité de régulation	-	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Pays-Bas	Terre Mer	-	Obligatoire	-	-	Bulletins d'alerte	1
IRF ⁽¹³⁾	International	Groupe de régulateurs	PMR ⁽¹⁴⁾	Pétrole-gaz	Majeurs Individuels	Monde	Mer	-	Obligatoire	-	-	Rapp. statistiques	-
⁽¹⁾ Bureau d'Analyse des risques et Pollutions Industriels			⁽²⁾ Analyse, Recherche et Information sur les Accidents			⁽³⁾ Petroleum Safety Authority			⁽⁴⁾ Health and Safety Executive				
⁽⁵⁾ Hydrocarbon Release Database			⁽⁶⁾ Bureau of Safety and Environmental Enforcement			⁽⁷⁾ Danish Energy Agency							
⁽⁸⁾ National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Author.						⁽⁹⁾ Alberta Energy Regulator			⁽¹⁰⁾ Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board				
⁽¹¹⁾ Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board					⁽¹²⁾ Netherland's State Supervision of Mines			⁽¹³⁾ International Regulators' Forum					
⁽¹⁴⁾ Performance Measurement Project													

Annexe D : Schéma des chemins de fuites préférentiels de l'éruption souterraine et de l'éruption en tête de puits

