

Étude de risques technologiques gaz de schiste

Jean-Paul Lacoursière, ing.

Professeur associé

Génie chimique et biotechnologique

Université de Sherbrooke

JP Lacoursière inc.

Stéphanie Lacoursière, ing

JP Lacoursière inc.

Analyste

Courriel: Jean-Paul.Lacoursiere@USherbrooke.ca

Notes biographiques 1/2

Jean-Paul Lacoursière, ing.

- Baccalauréat, génie chimique, École Polytechnique 1966
- Industrie chimique (Union Carbide), 1966-1991
- Consultant 1991 – maintenant
- Chargé de cours, Centre de formation en environnement, Université de Sherbrooke, 1998-2004
- Professeur associé, Génie chimique, Université de Sherbrooke 2004 – maintenant
- OCDE - Groupe de travail sur les accidents chimiques (1998 – maintenant)
 - Accidents chimiques - Principes directeurs pour la prévention, la préparation et l'intervention
 - Indicateurs de performance en sécurité
- **CSA – Comités techniques**
 - Z-731 – Plans d'urgence pour l'industrie
 - Z-276 – Gaz naturel liquéfié
 - Z-246.2 – Plan d'urgence

Notes biographiques 2/2

Stéphanie Lacoursière, ing.

- Baccalauréat, génie chimique, McGill 1992
- Maîtrise, génie chimique McGill, 1994
- Formation en simulation d'accidents – Det Norske Veritas
- JP Lacoursière inc 1997 – maintenant

Contenu de la présentation

1. *Introduction*
2. *Mandat*
3. *Projet type*
4. *Méthodologie utilisée*
5. *Accidentologie*
6. *Modélisation*
7. *Gestion des risques technologiques*
8. *Recommandations spécifiques*
9. *Nœuds papillon*

Définitions CSA/ISO 31000

Terme	Définition
Risque	Effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs <ul style="list-style-type: none">• Un risque est souvent caractérisé en référence à des événements et des conséquences potentiels ou à une combinaison des deux.
Source de risque (danger)	Tout élément qui, seul ou combiné à d'autres, présente un potentiel intrinsèque d'engendrer un risque
Événement (scénario)	Occurrence ou changement d'un ensemble particulier de circonstances
Conséquence	Effet d'un événement affectant les objectifs
Vraisemblance	Possibilité que quelque chose se produise <ul style="list-style-type: none">• Dans la terminologie du management du risque, le mot « vraisemblance » est utilisé pour indiquer la possibilité que quelque chose se produise, que cette possibilité soit définie, mesurée ou déterminée de façon objective ou subjective, qualitative ou quantitative, et qu'elle soit décrite au moyen de termes généraux ou mathématiques (telles une probabilité ou une fréquence sur une période donnée)

1 - Introduction 1/2

- Le comité d'évaluation environnementale stratégique été mandaté pour acquérir des connaissances sur les enjeux relatifs à l'exploration et l'exploitation des ressources gazières du shale d'Utica
- Le volet risques technologiques est un enjeu qu'il faut comprendre et maîtriser pour assurer la sécurité du personnel exploitant et des riverains

1 - Introduction 2/2

Risques technologiques

- Pertes de confinement
 - Substances inflammables
 - Incendie (feu en torche)
 - Explosion
 - Substances toxiques
 - Nuage toxique

2 - Mandat

Le mandat comporte les éléments suivants

1. Fournir un historique d'accidents
2. Identifier les accidents potentiels et leurs causes à chaque étape d'un projet
3. Évaluer les conséquences d'accidents
4. Déterminer les éléments pertinents à la gestion des risques
5. Déterminer les éléments du plan d'urgence
6. Énoncer les mesures de mitigation
7. Déterminer les besoins de communication

3 – Projet Type

Projet type concernant les activités liées au gaz de schiste au Québec ». (CIRAIG 2012)

4 – Méthodologie utilisée 1/6

- HAZID
 - Sources de risques (dangers)
 - Événements (scénarios)
 - Conséquences
 - Vraisemblance (Probabilité)
 - Risques

4 – Méthodologie utilisée 2/6

Processus de gestion des risques selon le MSP



4 - Méthodologie utilisée 3/6

Information requise à diverses phases du projet

<i>Phase du projet</i>	<i>Information requises sur les risques</i>	<i>Décisions importantes basées sur l'appréciation des risques</i>	<i>Méthode d'appréciation des risques</i>
Définition du concept et exploration	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les teneurs d'enjeux • Premières informations pour le processus d'obtention des autorisations • Première ébauche des critères de gestion des risques 	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir le site • Identifier et choisir les critères de risques • Choisir les critères de conception • Décider de continuer le développement de la plateforme d'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> • HAZID • Analyse de conséquences des scénarios d'accidents majeurs • Préparation des critères de risques • Communication des risques aux intervenants gouvernementaux
Développement du concept de base de la plateforme d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre en compte dans le processus de conception, les résultats du HAZID et de l'analyse de conséquences • Estimer les niveaux de risques pour les diverses options de la conception des installations • Servir de base à la sélection d'un concept de base optimisé 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiser le concept en fonction de la sécurité en comparant les diverses options • Confirmer le choix du concept à utiliser • Soumettre aux autorités pour approbation • Décider de faire la conception détaillée 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse qualitative de risques (Matrice de risques) • HAZOP • Analyse quantitative de risques (QRA) • Évaluation détaillée des conséquences d'accidents • Analyse d'explosion / d'incendie • Communication des risques aux intervenants gouvernementaux et aux autres teneurs d'enjeux
Analyse détaillée de la plateforme d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Définir les normes de performance pour les composantes et systèmes • Prendre en compte les enjeux qui ont été identifiés lors de l'étude HAZOP y incluant les niveaux intégrés de sécurité SIL • Définir les devis pour les structures et équipements 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire le choix des équipements, solutions et procédures d'opération • Faire la conception détaillée 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse quantitative de risques détaillée (QRA) • Étude HAZOP détaillée • Études HAZOP des fournisseurs • Développement des nœuds papillon (BowTie) • Analyse des voies d'évacuation
« Commissioning » et mise en fonction de la plateforme d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Produire les résultats finaux des évaluations de risques • Confirmer que les niveaux de risques rencontrent les exigences des autorisations réglementaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Approuver la conception • Approuver la décision de mise en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Finalisation des études de risques et vérification • « Commissioning » des systèmes de sécurité • Communication des risques aux intervenants gouvernementaux et aux teneurs d'enjeux

4 - Méthodologie utilisée 4/6

Matrice de risques

Conséquences		1	2	3	4		
		Vraisemblance					Pas de données permettant une évaluation
		RARE	OCCASIONNEL	POSSIBLE	FRÉQUENT		
1	MINIME – Conséquences environnementales minimales – Émanations planifiées ou non qui ne résultent pas en dépassements des normes environnementales - Slight	BAS	BAS	BAS	MODÉRE	NON CLASSABLE	
2	MINEUR – Conséquences environnementales mineures – Émanations planifiées ou accidentelles qui pourraient conduire à un dépassement des directives environnementales dans la région immédiate du point d'émission mais ne devrait pas résulter en des conséquences importantes pour l'environnement et la santé. - Minor	BAS	MODÉRE	MODÉRE	HAUT		
3	MODÉRÉ – Conséquences environnementales localisées – Émanations ou événement conduisant à un dépassement des directives environnementales dans la région immédiate du point d'émission; conséquences sur les personnes présentes dans le secteur du site à cause du bruit, des odeurs ou du trafic. - Modéré	MODÉRE	HAUT	HAUT	TRÈS HAUT		
4	MAJEUR – Conséquences environnementales majeures – Émanations en continu et dépassement des normes environnementales; dégradation permanente d'un habitat protégé. - Major	MODÉRE	HAUT	TRÈS HAUT	TRÈS HAUT		
5	CATASTROPHIQUE - Conséquences environnementales catastrophiques, i.e. événement causant une pollution pouvant conduire à des préjudices pour la santé des membres du public sur un secteur important à cause de la contamination des sources d'approvisionnement d'eau potable; accident résultant en pertes de vie ou blessures sérieuses pour des membres du public ou les travailleurs. - catastrophique	HAUT	TRÈS HAUT	TRÈS HAUT	TRÈS HAUT		
Pas de données permettant une évaluation		NON CLASSABLE					

4 - Méthodologie Utilisée 5/6

Matrice de risques - Vraisemblances

- **RARE:** Jamais rencontré dans l'histoire de l'industrie de l'extraction des gaz; on ne prévoit pas le rencontrer dans un avenir prévisible lorsque l'on prend en compte les connaissances actuelles et les contrôles existants sur l'exploitation des gaz de schistes.
- **OCCASIONNEL:** Rencontré rarement dans l'industrie de l'extraction des gaz; pourrait probablement se produire dans un avenir prévisible si la gestion et les contrôles sont moindres que les meilleures pratiques.
- **POSSIBLE:** Rencontré plusieurs fois dans l'industrie de l'extraction des gaz; des conséquences de courte durée pourraient survenir avec l'utilisation de la technologie de fracturation. Periodic /Short term Definite
- **FRÉQUENT:** Rencontré plusieurs fois par année sur un site ou au sein de l'entreprise; des conséquences à longs termes pourraient survenir avec l'utilisation de la technologie de fracturation. Frequent/long term definite

4 - Méthodologie Utilisée 6/6

Cas spécifiques

- Éruptions accidentelles

Caractérisation des risques	Niveau de conséquences	Niveau de vraisemblances	Classification des risques
Installation individuelle	Catastrophique	Possible	Très Haut
Effet cumulatif de plusieurs installations (10 puits)	Catastrophique	Fréquent	Très Haut

5 – Accidentologie 1/8

Étude Considine et coll. (2012)

1144 accidents environnementaux

Type d'infraction environnementale	Description	%
Ciment et coffrage	Infractions dues au ciment et coffrage défectueux ayant causé pollution	8,7
Éruptions accidentelles (Blowout)	Infractions dues à des éruptions accidentelles	0,9
Déversements majeurs sur le sol	Infractions dues à des déversements majeurs (> 1514 litres) de fluide sur le sol	4,0
Déversements mineurs sur le sol	Infractions dues à des déversements mineurs (< 1514 litres) de fluide sur le sol	20,6
Migrations de gaz	Infractions dues à la migration de gaz dans les aquifères et substrats	0,5
Restaurations de sites	Infractions dues au défaut de restauration de sites après forage	35,0
Contaminations de l'eau de surface	Infractions dues à la contamination des eaux de surface	30,2

5 – Accidentologie 2/8

Étude Considine et coll. (2012)

1144 accidents environnementaux

	2008	2009	2010	2011	Total	Fréquence Événements environnementaux/puits/an
Période	1	1	1	0,75	3,75	
Puits forés	179	710	1405	1248	3542	
Constats d'infraction environnementale	99	288	428	331	1146	8,63E-02
Impacts majeurs						
Éruptions accidentelles (Blowout)	0	0	2	2	4	3,01E-04
Déversements majeurs sur le sol	0	2	2	5	9	6,78E-04
Migrations de gaz	0	1	1	0	2	1,51E-04
Restauration de sites	1	0	0	1	2	1,51E-04
Contamination de l'eau	0	5	1	2	8	6,02E-04
Sous-total	1	8	6	10	25	1,88E-03
Impacts mineurs						
Ciment et coffrage	0	2	27	56	85	6,40E-03
Restauration de sites	72	68	90	98	328	2,47E-02
Déversements mineurs sur le sol	4	66	56	23	149	1,12E-02
Contamination de l'eau	13	39	133	73	258	1,94E-02
Sous-total	89	175	306	250	820	6,17E-02
Grand-total	90	183	312	260	845	6,36E-02

5 – Accidentologie 3/8

Distribution des conséquences d'éruptions accidentelles,
Texas 1996-2013 (Texas Railroad Commission)

Période	Nombre d'éruptions accidentelles	Incendie	Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	Blessures	Décès
2011/01/12 à 2013/06/06	44	8	7	7	2
2006/01/04 à 2010/08/12	121	12	13	14	2
2001/02/01 à 2005/12/14	93	8	6	7	0
1996/01/03 à 2000/12/22	136	14	21	17	1
	394	42	47	45	5

5 – Accidentologie 4/8

Autres accidents

- Explosion d'une maison à Bainbridge suite à l'infiltration de gaz naturel par un puits d'eau potable suite à des fuites sur un puits de gaz naturel
- Contamination d'un puits d'eau potable à Dimrock, Pennsylvanie
- Alberta 2008 à 2011 10 événements dont 8 éruptions accidentelles
- Colombie Britannique 2009 à 2012 2 éruptions accidentelles

5 – Accidentologie 5/8

Rupture de puits lors de fracturation hydraulique



5 – Accidentologie 6/8

Éruption accidentelle



5 – Accidentologie 7/8

Éruption accidentelle



5 – Accidentologie 8/8

Éruption accidentelle



6 – Modélisation 1/10

Modélisation de pertes de confinement

Inflammables (méthane), propane

- Nuage de gaz explosif
- Explosion
- Feu en torche

6 – Modélisation 2/10

- Seuils d'effets inflammables

EXPLOSION	SURPRESSIONS			
	20,7 kPag (3 psig)	13,78 kPag (2 psig)	6,89 kPag (1 psig)	2,07 kPag (0,3 psig)
	<ul style="list-style-type: none"> Rupture de réservoirs de stockage de produits pétroliers. Dommages importants aux structures d'acier des édifices qui peuvent en causer l'écroulement. 	<ul style="list-style-type: none"> Seuil d'effets menaçant pour la vie. Dommages importants aux murs porteurs (murs de briques, de bois) qui peuvent en causer l'écroulement. 	<ul style="list-style-type: none"> Seuil pour la planification d'urgence 	<ul style="list-style-type: none"> Bris de fenêtres qui peuvent causer des blessures par projection de débris de verre.
FEU EN CHALUMEAU	RAYONNEMENT THERMIQUE			
	25 kW/m²	13 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²
	<ul style="list-style-type: none"> Seuil d'effets menaçant pour la vie, phénomènes de courtes durées. 	<ul style="list-style-type: none"> Seuil d'effets menaçant pour la vie, phénomènes de longues durées. 	<ul style="list-style-type: none"> Brûlure au 2^{ième} degré en 40 secondes. 	<ul style="list-style-type: none"> Effet irréversible sur la vie humaine⁶
RETOUR DE FLAMME	DISTANCE MAXIMALE POUR RETOUR DE FLAMME			
	50% limite inférieure d'explosivité (LIE)¹ Gaz naturel : 2,2 %			

6 – Modélisation 3/10

Puits

Résurgence accidentelle

Feu en torche

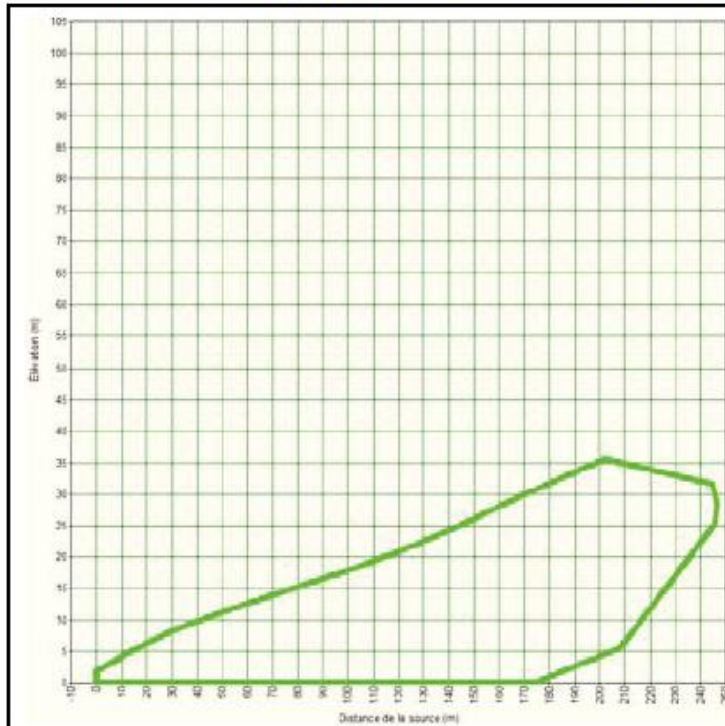
Explosion dans le confinement de la foreuse

- Puits (10 po)
 - Pressions 27 000 kPa (3916 psig) et 2 757 kPa (400 psig)
- Tube de production (4 po)
 - Pressions 71 590 kPa (10 383 psig) et 2 757 kPa (400 psig)
- Fuite sur tubing de contrôle
- Directions horizontale et verticales

6 – Modélisation 4/10

Éruption accidentelle

NORMALISÉ - 222 mm, RETOUR DE FLAMME, VUE EN ÉLÉVATION




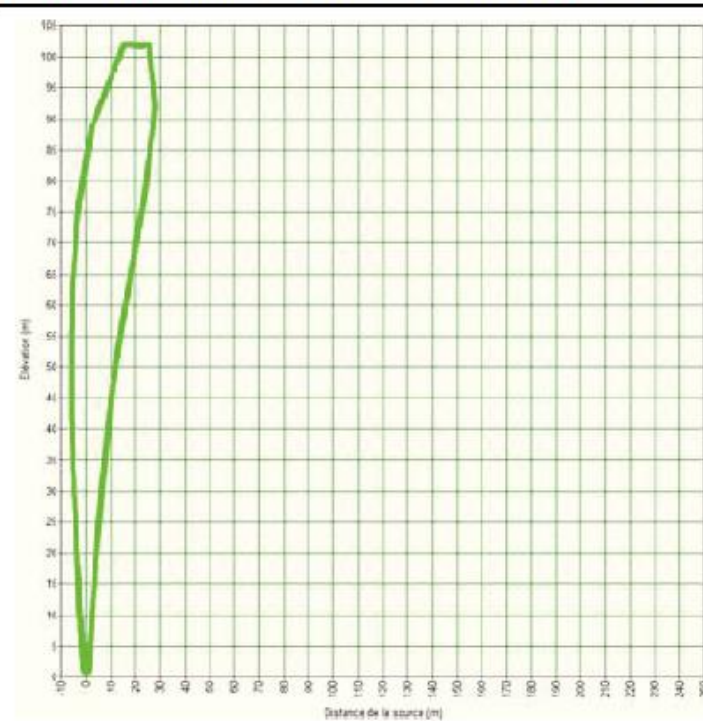
	Distance max au sol
 Retour de flamme 50% LIE (2,2%) Seuil pour la planification d'urgence	185 m

Figure 7-1 Normalisé, horizontal, retour de flamme




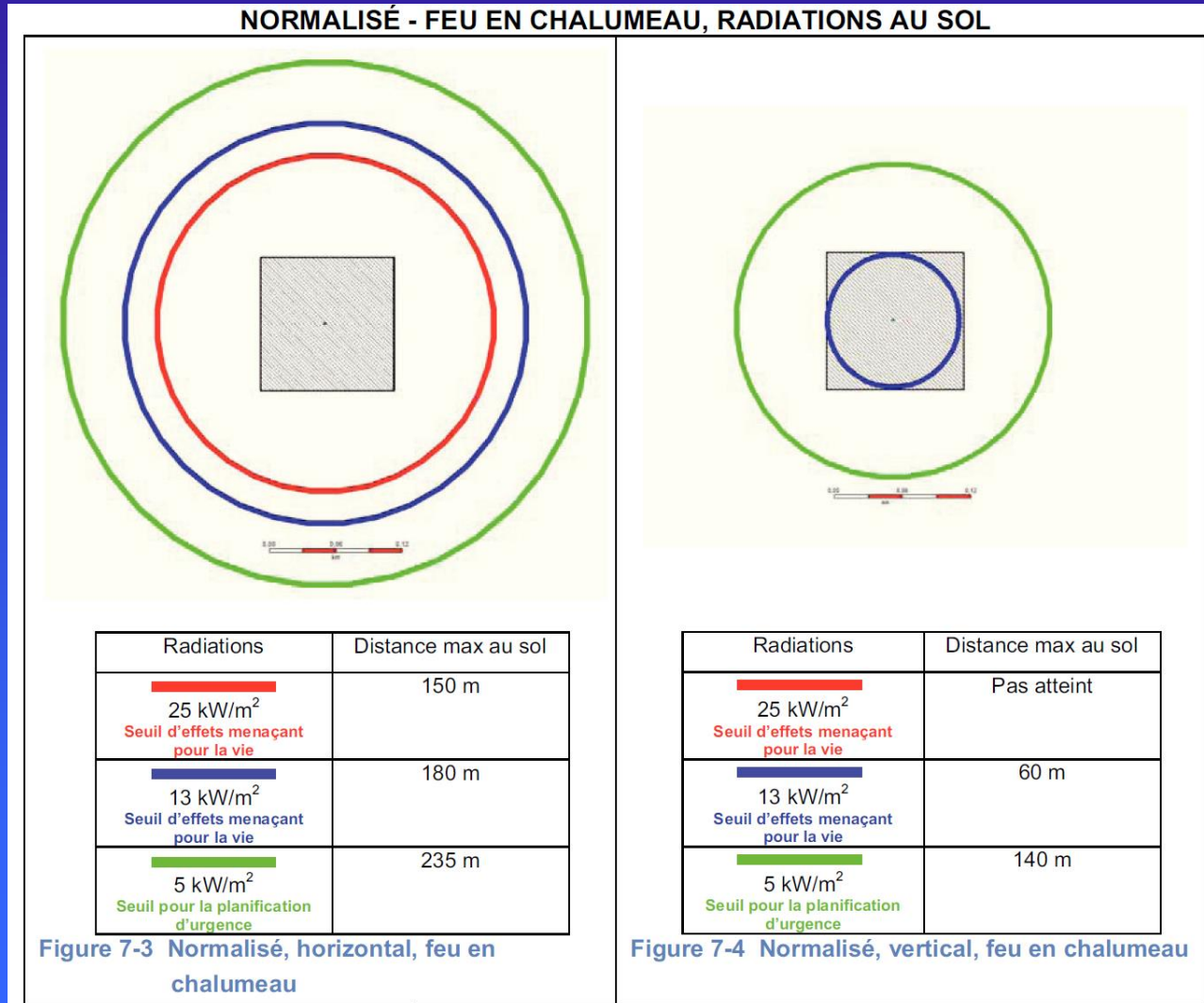
	Distance max au sol
 Retour de flamme 50% LIE (2,2%) Seuil pour la planification d'urgence	1 m

Figure 7-2 Normalisé, vertical, retour de flamme

6 – Modélisation 5/10

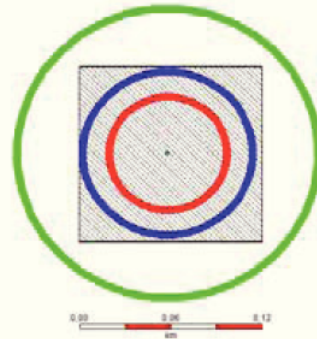
Éruption accidentelle



6 – Modélisation 6/10

Éruption accidentelle

NORMALISÉ - EXPLOSION CONFINÉE, SURPRESSIONS






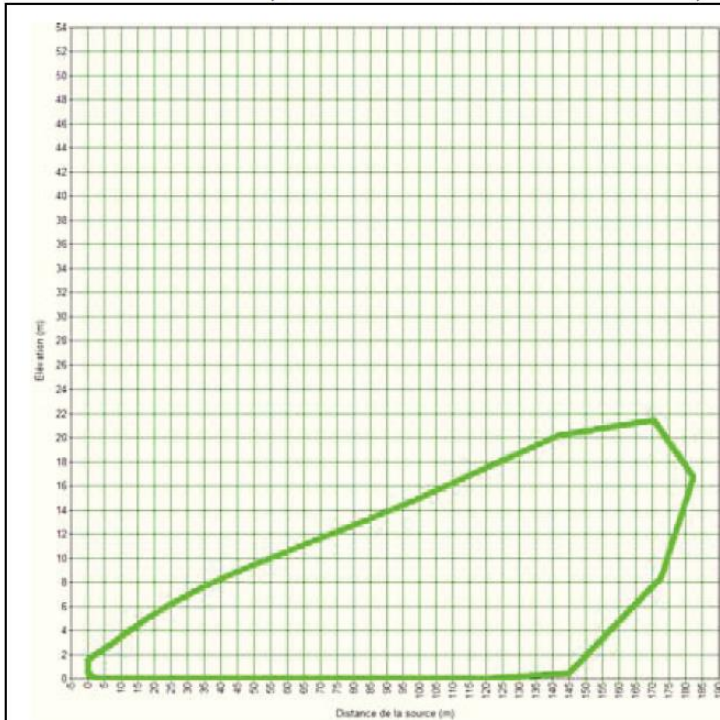
Radiations	Distance max au sol
 20,7 kPa (3 psi) Seuil d'effets menaçant pour la vie	40 m
 13,8 kPa (2 psi) Seuil d'effets menaçant pour la vie	55 m
 6,9 kPa (1 psi) Seuil pour la planification d'urgence	100 m

Figure 7-5 Normalisé, explosion confinée

6 – Modélisation 7/10

Éruption accidentelle

ALTERNATIF 114,3 mm - RETOUR DE FLAMME, VUE EN ÉLEVATION




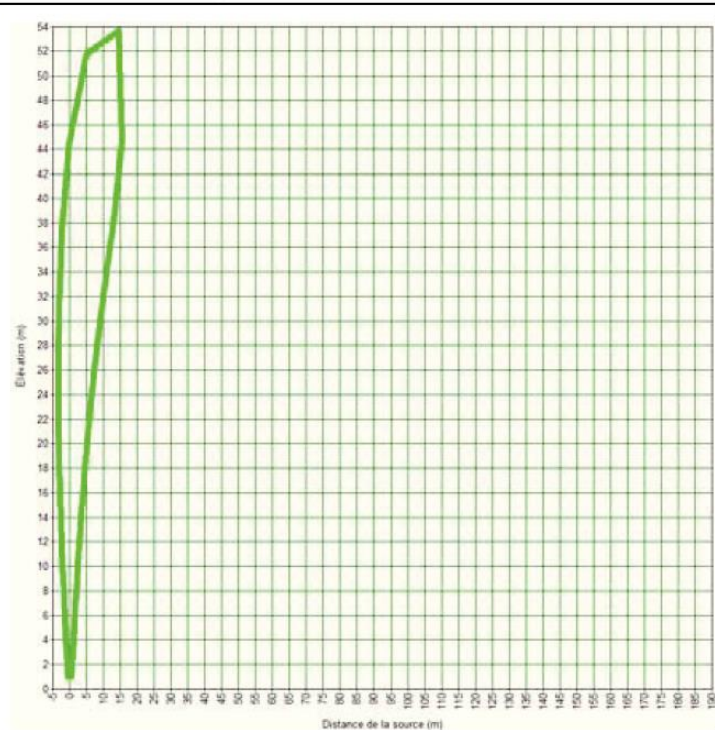
	Distance max au sol
 Retour de flamme 50% LIE (2,2%) Seuil pour la planification d'urgence	150 m

Figure 7-6 Alternatif 114,3 mm horizontal, retour de flamme




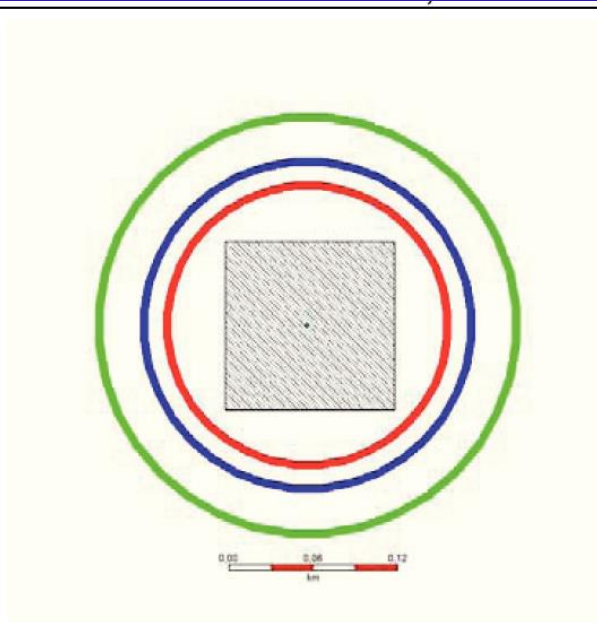
	Distance max au sol
 Retour de flamme 50% LIE (2,2%) Seuil pour la planification d'urgence	1 m

Figure 7-7 Alternatif 114,3 mm vertical, retour de flamme

6 – Modélisation 8/10

Éruption accidentelle






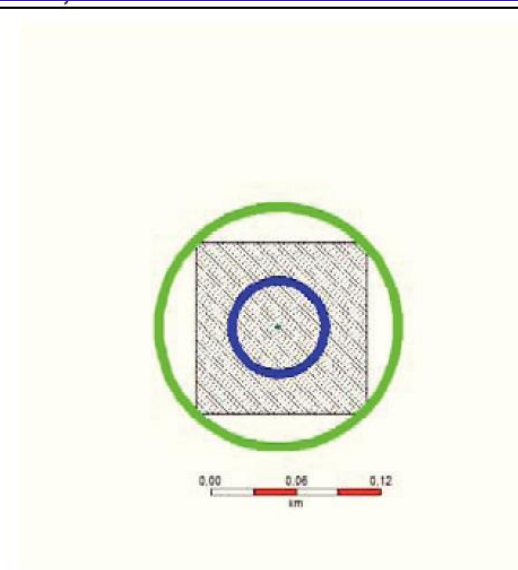
Radiations	Distance max au sol
 25 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	100 m
 13 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	115 m
 5 kW/m ² Seuil pour la planification d'urgence	150 m

Figure 7-8 114,3 mm horizontal, feu chalumeau






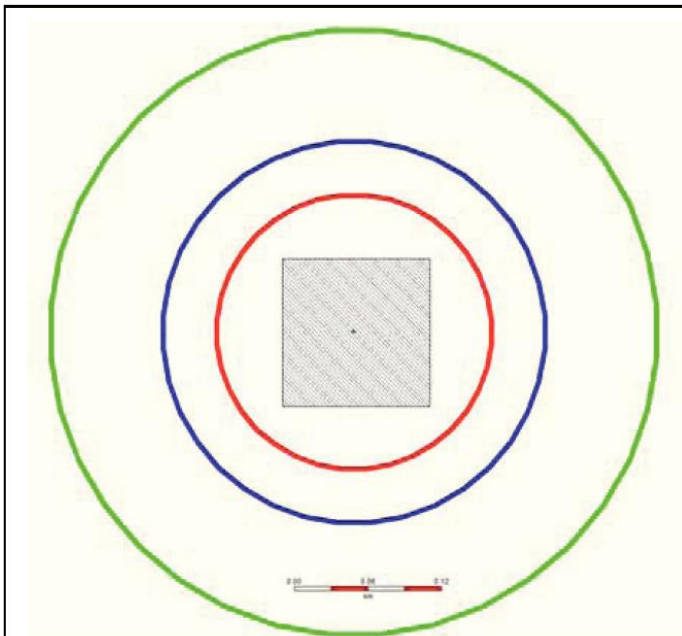
Radiations	Distance max au sol
 25 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	Pas atteint
 13 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	35 m
 5 kW/m ² Seuil pour la planification d'urgence	85 m

Figure 7-9 114,3 mm vertical, feu chalumeau

6 – Modélisation 9/10

ALTERNATIF – BLEVE, RADIATIONS ET SURPRESSIONS






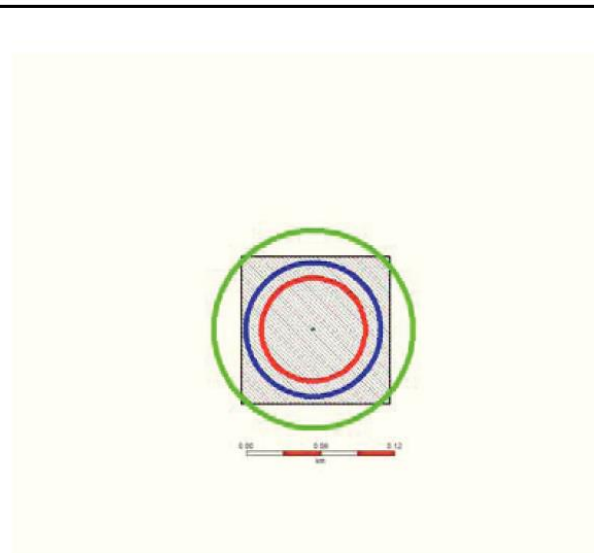
Radiations	Distance max au sol
 25 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	115 m
 13 kW/m ² Seuil d'effets menaçant pour la vie	155 m
 5 kW/m ² Seuil pour la planification d'urgence	250 m

Figure 7-20 Alternatif, BLEVE du réservoir de propane, rayonnement thermique






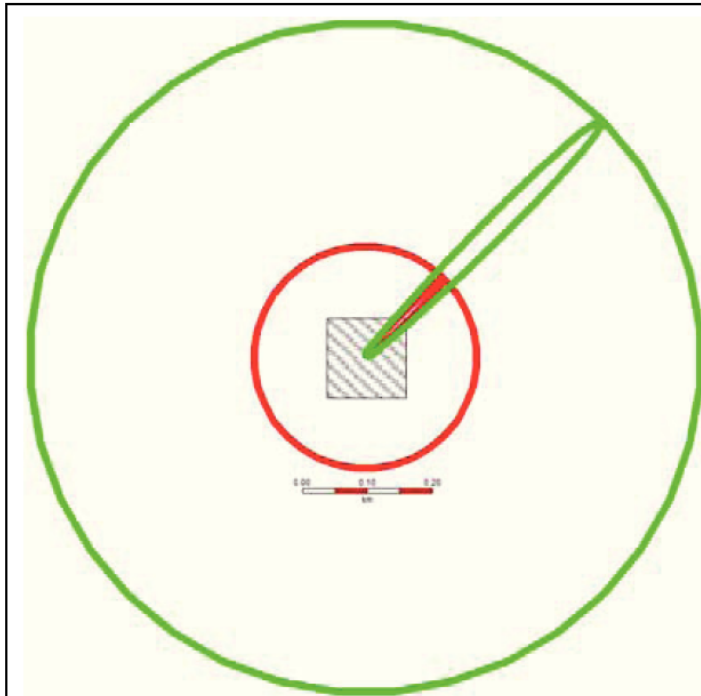
Surpressions	Distance max
 20,7 kPa (3 psi) Seuil d'effets menaçant pour la vie	45 m
 13,8 kPa (2 psi) Seuil d'effets menaçant pour la vie	55 m
 6,9 kPa (1 psi) Seuil pour la planification d'urgence	80 m

Figure 7-21 Alternatif BLEVE du réservoir de propane, surpressions

6 – Modélisation 10/10

NORMALISÉ - NUAGE TOXIQUE





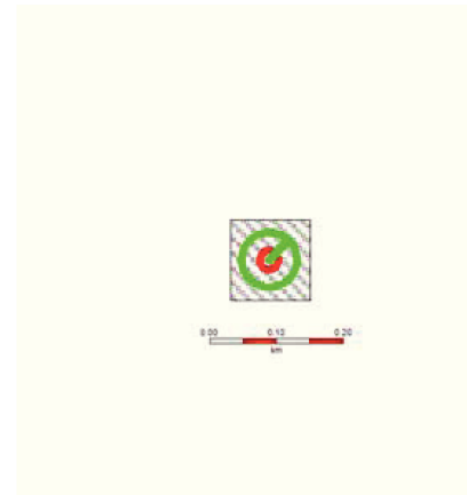
Concentrations	Distance max au sol
 ERPG3 (150 ppm) Seuil d'effets menaçant pour la vie	175 m
 ERPG2 (20 ppm) Seuil pour la planification d'urgence	525 m

Figure 7-13 Normalisé HCl 28%





Concentrations	Distance max au sol
 ERPG3 (150 ppm) Seuil d'effets menaçant pour la vie	15 m
 ERPG2 (20 ppm) Seuil pour la planification d'urgence	40 m

Figure 7-14 Normalisé HCl 15%

7 – Risque technologiques 1/8

Facteurs entrant dans l'appréciation des risques associés au gaz de schiste:

- Très grand nombre de puits
- Grands volumes d'eau et de produits chimiques
- Défis associés au cimentage des puits et coffrages
- Incertitude associés à la détérioration des ciments
- Défis associés à la prévention des déversements de produits chimiques et d'eau de reflux/formation

7 – Risque technologiques 2/8

Facteurs entrant dans l'appréciation des risques associés au gaz de schiste (suite):

- Défis associés à l'identification des sites en prenant compte de la géologie dont les failles
- Toxicité potentiels de certains produits chimiques utilisés comme additifs pour la fracturation
- Trafic élevé de véhicules sur des routes de campagne
- Pression élevée nécessaire à la fracturation
- Potentiel de résurgences accidentelles

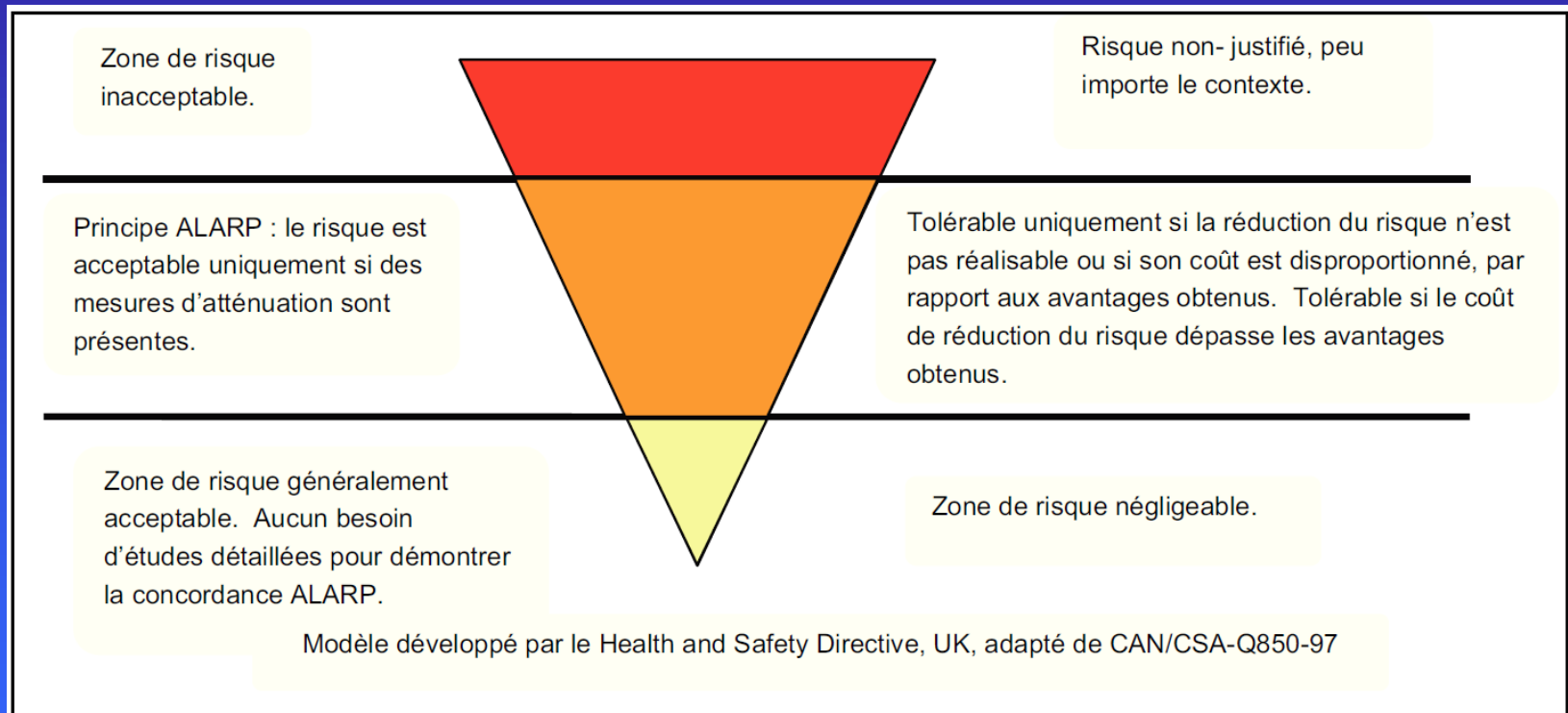
7 – Risque technologiques 3/8

Systemes intrinsèquement plus sécuritaire

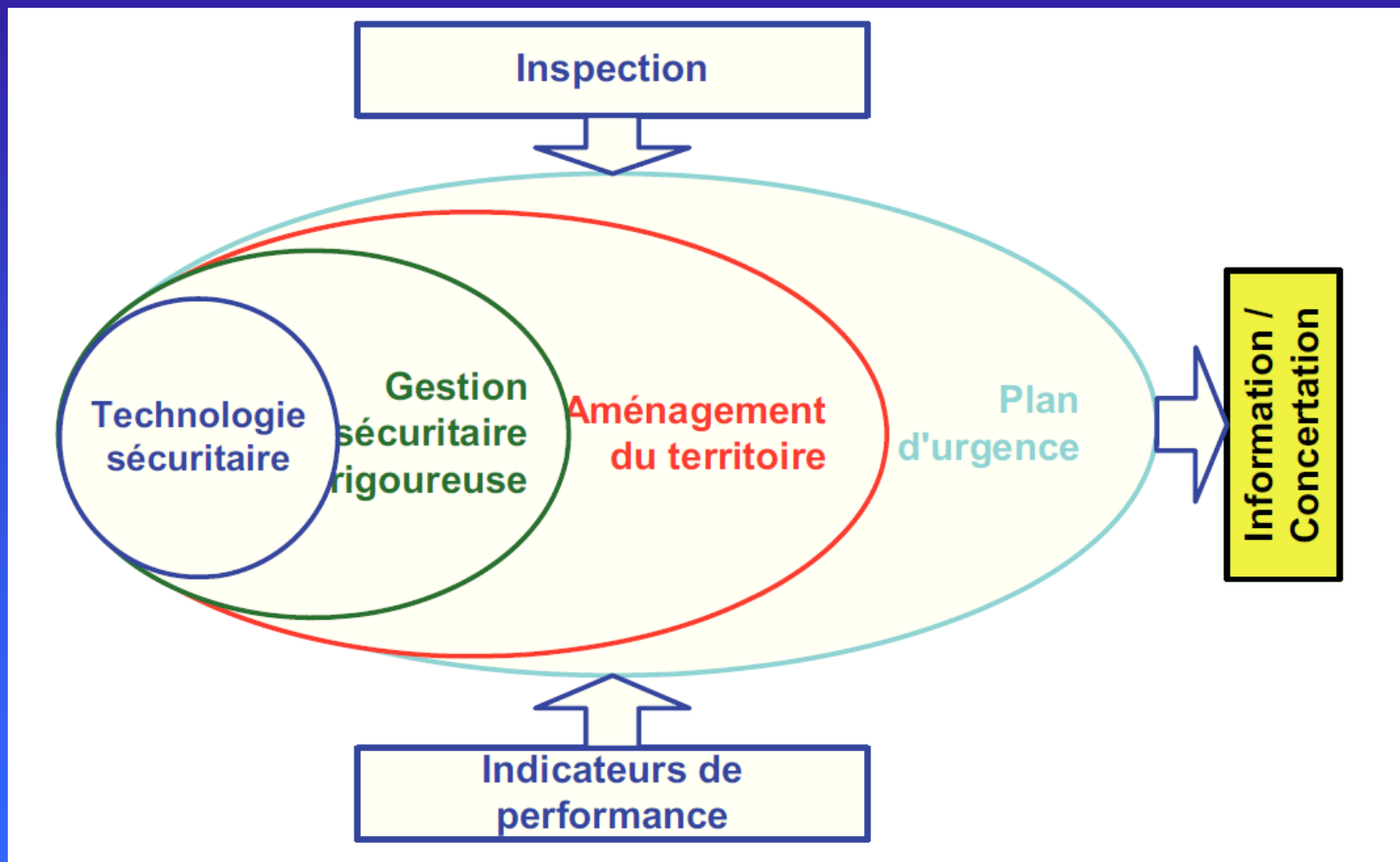
<i>Minimiser</i>	Utiliser des concentrations plus faibles de produits chimiques, amener sur le site les produits à hauts risques en concentration plus faibles, éviter la dilution de ces produits sur le site
<i>Substituer</i>	Remplacer les substances dangereuses par des produits chimiques verts
<i>Modérer</i>	Utiliser des conditions moins dangereuses, ou une forme moins dangereuse de la substance pour réduire l'impact
<i>Simplifier</i>	Concevoir des installations qui éliminent les complexités qui ne sont pas nécessaires, ce qui va diminuer le potentiel d'erreurs et des installations qui sont tolérantes aux erreurs

7 – Risque technologiques 4/8

ALARP



7 – Risque technologiques 5/8



7 – Risque technologiques 6/8

Système rigoureux de gestion des risques

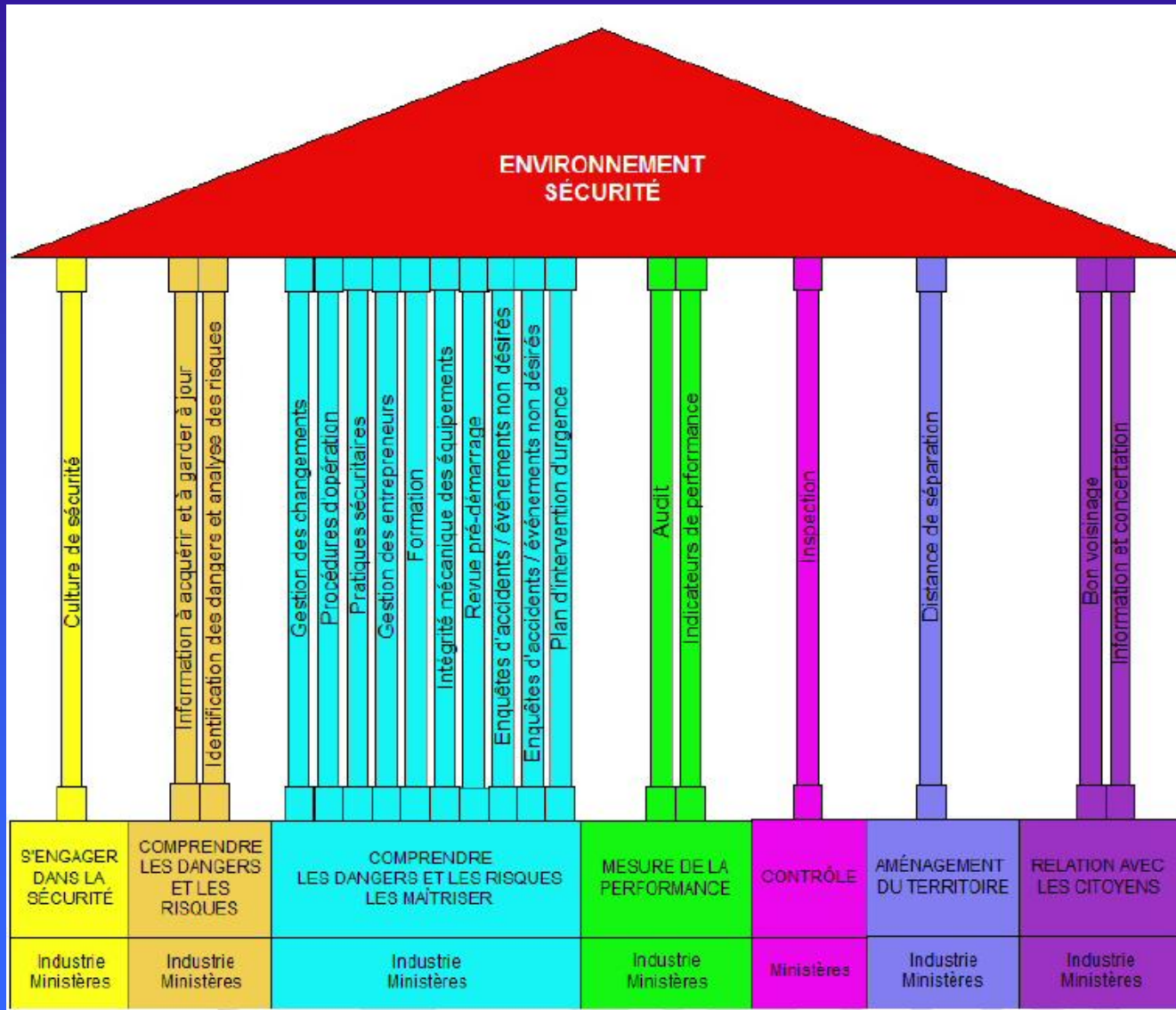
- Culture de sécurité et de protection de l'environnement
- Processus d'identification et d'appréciation des dangers
- Gestion des changements
- Procédures de travail
- Pratiques de travail sécuritaires
- Gestion des entrepreneurs
- Intégrité des équipements critiques

7 – Risque technologiques 7/8

Système rigoureux de gestion des risques (suite)

- Formation et compétence
- Enquête d'accidents
- Plan d'intervention d'urgence
- Indicateurs de performance
- Conformité aux lois et règlements

7 – Risque technologiques 8/8



8 – Recommandations spécifiques

- Système de gestion
- Culture de sécurité
- Facteurs humains
- Plan de sécurité
- Plan d'appréciation des risques
- Plan de protection de l'environnement
- Plan de gestion des déchets
- Plan d'intervention d'urgence

