



Evaluation quantitative du risque lors des opérations en déploiement

G. BRICHE, A. ESPOSITO

S. Kerampran^a, P.-F. Péron^b

a. ENSTA Bretagne

b. Inspection des Poudres et des Explosifs



PYRO
2024

Contexte et objectifs

Dans le domaine de la pyrotechnie, l'évaluation des risques est un enjeu fondamental afin d'anticiper et ainsi de limiter les dommages potentiels sur les êtres humains et les installations d'un fonctionnement intempestif de produits explosifs. Elle se traduit notamment par des distances d'implantation entre installations afin de limiter leur exposition. Ce principe s'applique sur le territoire national tant aux domaines civil que militaire. Dans le cadre des opérations militaires réalisées hors du territoire national, les contraintes d'environnement peuvent rendre difficile, voire impossible l'application des mêmes règles d'implantation des installations. Les pays ont donc développé, pour ces situations, des méthodes d'évaluation quantitative des risques (EQR) et leurs propres critères d'acceptabilité des risques identifiés. Dans un souci d'harmonisation et de respect de règles communes en opération interalliée, l'OTAN définit, au travers de sa directive AASTP-5 [1], des distances d'implantation des installations des bases déployées (stockages pyrotechniques, ateliers, zones vie...). Cette directive prévoit également qu'en cas de non-respect de ces distances, une EQR soit réalisée et quantifiée, à cette fin, les niveaux de probabilité et de conséquences sur les personnes, les équipements et les installations. Ce projet a pour objectif de recenser et comparer les méthodologies utilisées par divers pays membres ou alliés de l'OTAN afin d'apporter aux instances décisionnelles une vision des politiques appliquées en déploiement. Parmi les nations étudiées figurent l'Allemagne, l'Australie, la Belgique, le Canada, les États-Unis, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suisse.

Exemple d'évaluation quantitative du risque - AASTP-5

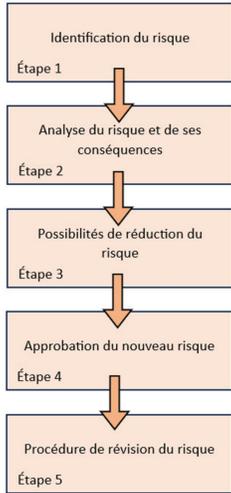


Figure 1 : Méthodologie de l'AASTP-5

La méthodologie de l'OTAN, exposée dans la figure 1, se compose de cinq étapes principales, et est centrée sur l'analyse du risque et sa réduction (étapes 2 et 3). Cette analyse est standardisée pour tous les pays et s'appuie sur des niveaux définis de probabilité et des valeurs quantifiées de la gravité des conséquences. La combinaison de ces deux paramètres permet d'évaluer le risque sur une échelle à trois niveaux (faible, moyen, élevé). L'acceptabilité du risque relève d'une autorité désignée, d'un niveau hiérarchique d'autant plus élevé que le risque est grand.

Niveaux de probabilité :

- **Probable** : l'événement se produit fréquemment
- **Occasionnel** : l'événement se produira quelques fois
- **Rare** : improbable, mais on peut raisonnablement penser que l'événement se produira
- **Improbable** : improbable que l'événement se produise, mais possible
- **Très improbable** : événement si improbable que l'on considère qu'il ne se produira jamais

Niveaux de gravité :

- **Catastrophique** : Conséquences graves inacceptables dans tous les cas, à l'exception des besoins opérationnels les plus urgents. Nombreux décès et / ou blessures graves. Pertes ou dommages importants causés aux matériels et aux infrastructures essentielles à la mission
- **Majeur** : Les conséquences critiques et l'acceptation du risque impliquent des impératifs opérationnels. Certains décès et/ou blessures. Perte ou endommagement de matériels et d'infrastructures essentiels à la mission
- **Mineur** : Les conséquences ne devraient pas perturber les opérations de manière significative. Blessures légères. Impact minimal sur le matériel et les infrastructures
- **Insignifiant** : Effets négligeables ou insignifiants

La concaténation donne le niveau de risque global, comme le montre la figure 2.

| | | Gravité | | | |
|-------------|-----------------|----------------|---------|---------|-------------|
| | | Catastrophique | Majeure | Mineure | Négligeable |
| Probabilité | Probable | Élevé | Élevé | Moyen | Faible |
| | Occasionnel | Élevé | Moyen | Moyen | Faible |
| | Rare | Moyen | Moyen | Faible | Faible |
| | Improbable | Moyen | Faible | Faible | Faible |
| | Très improbable | Faible | Faible | Faible | Faible |

Figure 2 : Matrice de risque de l'AASTP-5

Étude de cas comparative



Figure 3 : Camp opérationnel utilisé pour l'étude

Hypothèses simplificatrices :

- Stockage merlonné de 500 kg d'explosif
- Probabilité d'occurrence "improbable" (munitions en bonne condition et pas d'attaque ennemie imminente)
- Bâtiments pris en compte :
 - à 150 m : quartier général (10 occupants), zone vie (50 occupants) et zone hélicoptères (5 occupants)
 - à 180 m : cantine (50 occupants)
 - à l'extérieur de la base : deux zones d'habitations, à 240 m (20 occupants) et à 280 m (40 occupants)

Résultats et discussion

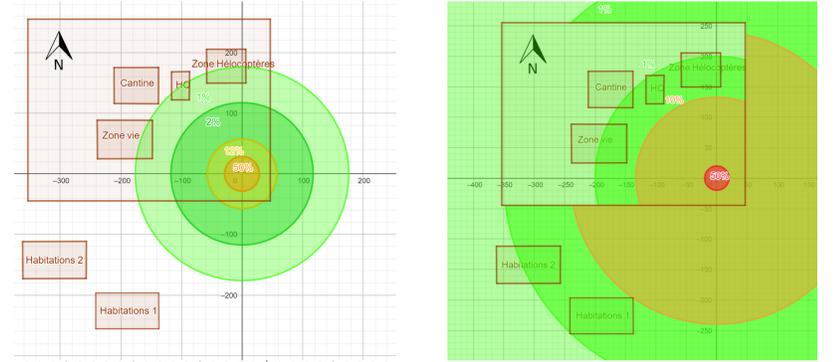


Figure 5 : Conséquences calculées - Allemagne et le Royaume-Uni (a) - AASTP-5 (b)

- Divergences importantes entre pays et organismes en termes de létalité et de niveau de risque

| | Allemagne | États-Unis | Royaume-Uni | AASTP-5 | AASTP-5 (MQDCAT) |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|------------------|
| Nombre total de décès | 2 | 1 | 1 | 12 | 10 |
| Nombre total de blessés | Non donné | Non donné | Non donné | 34 | 23 |
| Niveau de risque | Risque élevé | Risque élevé | Risque faible | Risque moyen | Risque moyen |

- Létalité due principalement à la proximité des habitations par rapport au stockage
- Implantation non acceptable pour l'Allemagne, les États-Unis et l'OTAN (AASTP-5 et avec le logiciel MQDCAT) impliquant une nécessité de prendre des mesures de réduction du risque.

Conséquences calculées suivant les modèles / pays

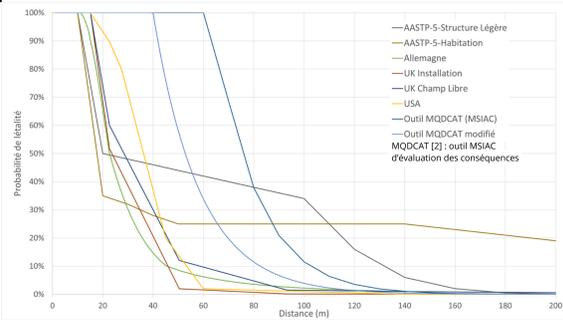


Figure 4 : Comparaison de la probabilité de létalité pour une charge de 500 kg

- Surestimation probable de MQDCAT due aux paramètres génériques pour le siège exposant
- Modification apportée au modèle (stockage en structure légère et faible quantité d'explosif)

Modifications de la position



Figure 6 : Conséquences calculées suivant AASTP-5

Configuration modifiée :

- Stockage au Nord-Est afin d'éloigner les habitations
- Déplacement des installations vers le Sud-Ouest

Résultats :

| | Allemagne | États-Unis | Royaume-Uni | AASTP-5 | AASTP-5 (MQDCAT) |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Nombre total de décès | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2645 |
| Nombre total de blessés | / | / | / | 0,52 | 0,6055 |
| Niveau de risque | Risque faible | Risque moyen | Risque faible | Risque faible | Risque faible |

- Réduction importante du nombre total de décès suivant AASTP-5 et MQDCAT
- Situation de risque acceptable pour l'ensemble des pays

Modification du stockage

Configuration modifiée :

- Séparation du stockage de 500 kg en deux îlots de 250 kg chacun
- Conservation de l'emplacement des différents bâtiments

Résultats :

| | Allemagne | États-Unis | Royaume-Uni | AASTP-5 | AASTP-5 (MQDCAT) |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Nombre de décès | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| Nombre de blessés | / | / | / | 2 | 3 |
| Niveau de risque | Risque faible | Risque moyen | Risque faible | Risque faible | Risque faible |

- Réduction drastique du nombre total de décès pour l'OTAN
- Situation de risque acceptable pour l'ensemble des pays, mais 2 morts suivant AASTP-5

Conclusions

- Notre étude recense et compare les différentes échelles de gravité, de probabilité et de risque retenues par différents pays.
- Leur comparaison permet de mettre en évidence des différences d'appréciation non négligeables de ces paramètres et mises en exergue dans l'étude de cas.
- L'évaluation quantitative du risque est un outil d'aide à la définition des mesures de réduction du risque. Dans le cas d'étude, elle a mis en évidence deux modifications possibles pour abaisser sensiblement les niveaux de conséquences : le déplacement du stockage et la séparation en îlots.

Perspectives

- Modéliser numériquement le cas d'étude et comparer les résultats issus de la simulation avec les courbes théoriques
- Affiner le modèle de létalité et la base de données de l'outil MQDCAT modifié
- Poursuivre l'analyse de rétro-ingénierie des courbes de létalité de l'AASTP-5

Références bibliographiques

- [1] AASTP-05 Edn01 Ver03 NATO guidelines for the storage, maintenance and transport of ammunition on deployed missions or operations, 2016.
 [2] L252 Specification of the MSIAC Quantity Distance Consequence Analysis Tool (MQDCAT) V2.4, 2020.

Sécurité Pyrotechnique