

**Premier plan d'appui scientifique à une politique de
développement durable (PADD I)**

Programme "Gestion durable de la Mer du Nord"

Evaluation du site "Paardenmarkt"

Résumé de l'étude

T. Missiaen & J.-P. Henriet
Renard Centre of Marine Technology
Université de Gand
Krijgslaan 281
9000 Gent

RESUME

INTRODUCTION

Après la première guerre mondiale, l'on a déversé une quantité importante de matériel de guerre en mer, sur un plateau de sable appelé "Paardenmarkt" situé à faible profondeur devant la côte de Knokke-Heist. La zone où ce matériel militaire a été déversé occupe une surface de 3 km² environ. Sur les cartes hydrographiques, elle est représentée comme un pentagone avec interdiction de pêche et d'ancrage.

En 1995-1996, des mesures géophysiques ont montré la complexité de la zone de déversement, non seulement en ce qui concerne le matériel déversé (partiellement non magnétique, par ex. des déversements de pierres), mais aussi en ce qui concerne son cadre naturel et l'évolution récente du site de déversement. Ces premiers résultats ont fait apparaître que le choix d'une combinaison de techniques acoustiques et magnétiques pour l'observation est efficace. Mais pour pouvoir analyser la problématique de manière optimale, il faut élargir le choix en utilisant des techniques de recherche complémentaires, ceci non seulement pour pouvoir comprendre le fonctionnement de la zone d'étude en tant qu'écosystème, mais également pour pouvoir évaluer les risques possibles pour les riverains et les utilisateurs de la Mer du Nord.

OBJECTIFS DU PROJET

Une évaluation correcte de l'emplacement de déversement exige une approche multidisciplinaire intégrée. L'objectif principal du projet était donc de réunir l'expertise géophysique, géochimique, sédimento-dynamique, biologique, écologique et celle au niveau des techniques de construction.

Les objectifs généraux du projet d'évaluation du Paardenmarkt sont les suivants :

- Synthèse des données historiques et récentes existantes ou disponibles en relation avec le site ;
- Analyse des stratégies possibles pour une extension de la recherche scientifique (non seulement en ce qui concerne la caractérisation du matériel déversé, mais aussi celle du cadre naturel du site) et analyse des perspectives possibles d'un monitoring de la zone ;
- Réévaluation de la stratégie actuelle du "statu-quo", analyse des risques existants et évaluation des options politiques possibles, depuis le statu-quo jusqu'au renflouage ;
- Développement d'une stratégie pour la communication et l'information du public ainsi que pour la diffusion de l'expertise acquise.

Pour pouvoir répondre de manière optimale aux différents objectifs, l'on a procédé à une subdivision en 7 thèmes principaux : (1) synthèse des données historiques et récentes disponibles, (2) stratégie d'évaluation de l'emplacement de déversement ; (3) stratégie concernant l'évaluation et la simulation du comportement du gaz (de combat) ; (4) perspectives pour le monitoring de l'emplacement de déversement ; (5) réévaluation de la stratégie actuelle et potentiel de réhabilitation ; (6) communication et information du public ; (7) "Capacity building" transfrontalière.

Au total, 8 groupes d'étude ont participé à cette étude : (1) Renard Centre of Marine Geology (RCMG), Université de Gand (coordinateur) ; (2) Bureau d'étude MAGELAS ; (3) Bureau d'étude G-TEC ; (4) TNO - Prins Maurits Laboratorium (NL) ; (5) CEREGE, université d'Aix - Marseille (F) ; (6) Dépt. Biologie marine, Université de Gand ; (7) Dépt. Techniques civiles, Université de Gand ; (8) Institut pour la Protection de la Nature.

RESULTATS DE L'ETUDE

1. Synthèse des données historiques et récentes disponibles

Historique de l'emplacement de déversement

- La quantité totale du matériel de guerre déversé est évaluée à quelques 35.000 tonnes. Il s'agit vraisemblablement de munitions allemandes principalement, dont de nombreux obus de 77 mm. Il est probable qu'un tiers est composé de munitions chimiques, principalement remplies de (di)phosgène, de chloropicrine, de Clark ou d'ypérite (gaz moutarde).
- Des articles de journaux et des rapports parlementaires datant de 1919 suggèrent la possibilité d'une deuxième opération de déversement, britannique cette fois. Néanmoins, aucune preuve définitive de cette action n'a pu être découverte jusqu'à présent.
- En 1972, l'on a retrouvé des munitions sur le sol marin au cours d'opérations de plongée. La zone était signalée sur les cartes maritimes par un carré avec interdiction de pêche et d'ancrage. A la suite des mesures magnétiques effectuées en 1998, cette zone d'interdiction a finalement été étendue à un pentagone d'une surface totale de $\pm 3 \text{ km}^2$.

Etudes géophysiques /géochimiques récentes

- Les mesures géophysiques effectuées en 1995-1996, montrent que la structure de la zone de déversement est extrêmement complexe (sédimentation récente, gaz biogène (méthane), matériel déversé magnétique et non-magnétique).
- Les résultats magnétométriques indiquent une zone centrale avec fortes déviations magnétiques, probablement liée au gros des munitions déversées, entourée d'une zone avec déviations plus faibles. Dans la zone centrale, les munitions semblent être complètement enterrées sous quelques mètres de sédiments.
- Les échantillons de sédiments et d'eau prélevés dans la zone de déversement entre 1995-1996 n'indiquent pas de pollution, sauf pour 1 échantillon où l'on a mesuré une faible concentration d'ypérite. Des échantillons supplémentaires prélevés dans l'entourage immédiat du premier n'ont toutefois pas apporté de confirmation.
- Une campagne géophysique intégrée, avec prélèvement d'échantillons, a eu lieu en 2000 pour avoir une étude complémentaire du cadre sédimento-dynamique de cette zone.

Cadre sédimento-dynamique

- La profondeur de l'emplacement de déversement varie entre 5.6 et 1.5 m (par rapport à MMEE, moyenne des mortes-eaux lors de la marée d'équinoxe). Les courants de marées sont principalement rectilinéaires, avec une direction NE-SO et atteignent maximum 1.5 m/s. Les vagues dues au vent et aux tempêtes ont comme direction principale SSO-SO, resp. NO.
- Les sédiments de surface dans la zone de déversement sont, pour la plupart, constitués de sable et de boues, probablement également sous l'influence de la zone de déversement des dragages Br&W à Zeebruges Est.
- Entre 1954 et 1976, une partie de la zone de déversement était soumise à l'érosion. Ceci explique probablement la découverte de munitions sur le sol marin faite par les plongeurs en 1972.
- L'extension du port de Zeebruges a eu comme conséquence une nette augmentation des sédiments sur l'emplacement du déversement (jusqu'à 4 m dans le coin sud-est, avec une diminution progressive vers le nord), ainsi que l'apparition d'une zone d'érosion au nord-ouest du site de déversement.
- Les données les plus récentes semblent indiquer un lent déplacement de cette zone d'érosion vers l'est et une tendance à la stagnation du processus de sédimentation, mais une vérification complémentaire s'avère nécessaire.

Etudes similaires à l'étranger

- Jusqu'à présent, au moins 80 sites de déversement de munitions ont été identifiés en Mer du Nord et dans l'océan Atlantique du nord-est (Mer Baltique non comprise). Cette liste est probablement incomplète.
- Malgré les recherches entreprises ces dernières années, un grand nombre de questions restent encore sans réponse. L'on sait par exemple très peu sur la migration des substances

chimiques dans l'environnement marin (eau et sédiments) ainsi que sur leur impact sur celui-ci.

- Les rapports internationaux soulignent la nécessité d'effectuer des inventaires, des mesures in-situ, des études fondamentales, des analyses des risques (y compris plan d'urgence), de renforcer l'ouverture par rapport au public et de collaborer au niveau international.

2. Stratégie d'évaluation de l'emplacement de déversement

Potentiel d'une étude géophysique en 3D avec résolution très élevée

- Les développements récents dans les techniques d'études sismiques et magnétométriques (entre autres, leur utilisation simultanée) permettent de déterminer de manière détaillée la distribution spatiale des munitions et des sédiments qui les recouvrent.
- La nouvelle méthode du câble au sol à 4 composantes offre des perspectives étendues pour la caractérisation des caractéristiques physiques des sédiments et des voies de migration des substances toxiques.
- Des mesures auto-potentiellées peuvent fournir des informations importantes sur la localisation d'objets à contenance métallique, cette méthode est de plus économique et d'une utilisation facile.

Potentiel d'une étude sédimento-dynamique

- Des mesures bathymétriques peuvent être effectuées de manière optimale par exemple avec un système d'écho-sondeur à multifaisceaux ; ceci fournit une image quantitative extrêmement précise de la topographie du sol marin.
- Une étude morphologique peut, par exemple, être effectuée avec un sonar multifaisceaux et/ou latéral. Les deux techniques permettent une analyse qualitative du transport sédimentaire ainsi qu'une classification acoustique du sol marin.
- L'on peut, par exemple, obtenir des informations hydrodynamiques et sédimento-dynamiques à l'aide d'un Acoustic Doppler Current Profiler (AcDCP) combiné avec des détecteurs Optical BackScatter (OBS).

Etude biologique du benthos

- Les récents changements intervenus au niveau de la sédimentologie et de la bathymétrie ont probablement entraîné une modification de la composition du benthos. L'on ne dispose toutefois pas de données le confirmant.
- Le benthos de la zone côtière orientale est nettement plus pauvre que celui de la zone occidentale. La zone de déversement est principalement caractérisée par la présence de la communauté *Abra alba* - *Mysella bidentata*.
- La présence de gaz biogène (méthane) entraînera une augmentation locale de la productivité benthique. L'effet sur la structure de la communauté benthique est toutefois inconnu.

3. Stratégie pour l'évaluation et la simulation des gaz (de combat)

Cadre géochimique général

- En raison de la dissolution élevée et de l'hydrolyse relativement rapide, la plupart des composées chimiques ne représentent probablement pas un grand danger pour l'environnement marin, excepté en ce qui concerne les substances Clark et ypérite.
- Qu'il s'agisse de Clark I ou de Clark II, ces deux substances représentent une menace à long terme étant donné leur toxicité élevée, la lenteur de leur hydrolyse et leurs produits de décomposition, également très toxiques.
- En raison de son hydrolyse extrêmement lente, l'ypérite peut rester longtemps active dans l'environnement marin (des dizaines d'années ou plus).
- La présence de grandes quantités d'explosifs (TNT) sur l'emplacement de déversement peut éventuellement former une charge supplémentaire.

Potentiel d'une étude de la migration du gaz (de combat)

- Le gaz de méthane naturel présent dans le sol est une conséquence de la décomposition bactérienne de matériel organique, provenant probablement d'une couche de tourbe peu profonde. Les données sismiques suggèrent une faible concentration de gaz, probablement en dessous de 1%.
- Le gaz biogène a peu d'influence sur la conductivité électrique et thermique du sédiment. Par contre, sa compressibilité et sa viscosité augmentent en fonction de la concentration du gaz.
- D'une manière générale, le volume des sédiments qui pourraient être contaminés par de l'ypérite libérée sera relativement faible (rayon < 30 cm).

Comportement à long terme et aspects écotoxicologiques

- Le comportement et la décomposition des produits de combat chimiques dans l'environnement marin sont en grande partie déterminés par leur solubilité dans l'eau de mer.
- Le plus grand danger de l'ypérite est celui d'un contact direct avec des organismes (marins).
- Les liaisons de Clark peuvent facilement s'adsorber à des particules sédimentaires et forment ainsi peut-être une menace à long terme pour les organismes vivant sur le sol marin.
- Étant donné la dissolution élevée, il est peu probable que l'on puisse retrouver des concentrations très élevées de TNT ou de son produit de décomposition, le DNT.
- Les métaux lourds ne sont pas décomposés et forment donc une charge environnementale à long terme. Toutefois, étant donné la forte dissolution, leur concentration dans la colonne d'eau sera probablement relativement faible, bien que des pics de concentration ne puissent être exclus à proximité des munitions.
- Des recherches supplémentaires concernant les effets chroniques et sublétaux sur l'environnement marin s'avèrent nécessaires.

4. Perspectives pour le monitoring de l'emplacement de déversement

Stratégie pour un monitoring géophysique

- Le monitoring du sol marin est un point crucial, afin de suivre l'évolution de l'érosion et de l'accumulation dans la zone et de détecter les objets sur le sol marin. Un intervalle d'un an semble suffisant pour la phase initiale.
- Un monitoring en profondeur de l'emplacement de déversement est nécessaire, afin de cartographier la structure interne et l'évolution. Un intervalle d'un an semble suffisant pour la phase initiale.
- Le peu de profondeur exige un bateau avec tirant d'eau limité. Ceci limite le nombre de détecteurs et de systèmes d'acquisition de données pouvant être utilisés.
- La création d'un "Observatoire du Paardenmarkt" ne permet pas seulement une gestion optimale du monitoring, mais peut en même temps contribuer au développement d'une compréhension fondamentale.
- Dans le cas d'une île artificielle, un monitoring en profondeur interne peut être effectué par exemple avec des trous de forage verticaux et horizontaux ; un intervalle de monitoring de 5-10 ans semble suffisant dans ce cas.
- Dans le cas d'un renflouage, un monitoring géophysique avec la résolution la plus élevée possible est crucial tant avant, que pendant les opérations de renflouage.

Stratégie pour un monitoring géochimique

- Un monitoring géochimique régulier, c'est-à-dire le prélèvement régulier d'échantillons, est très important et reçoit la priorité la plus élevée ; ce n'est que ce biais qui permettra de suivre l'état actuel et l'évolution future du processus de décomposition.
- Les prélèvements d'échantillon doivent idéalement être effectués selon le même protocole, à des endroits fixes et à des intervalles déterminés. Un intervalle d'un an semble suffisant pour la phase initiale.
- Un certain nombre d'échantillons d'eau et de sédiments doivent également être prélevés dans l'entourage direct, pour servir de référence.

- Les échantillons doivent être analysés en ce qui concerne la présence de métaux lourds, de TNT, d'ypérite, de Clark, ainsi que de leurs produits de décomposition respectifs.
- Compte tenu de la proximité immédiate de la côte, une "surveillance" chimique supplémentaire entre la zone de déversement et la plage est à conseiller (par ex. installation de détecteurs chimiques).
- Dans le cas d'une île artificielle, les prélèvements d'échantillons devront se concentrer sur les abords. Un monitoring chimique complémentaire est possible via des trous de forage (équipés de filtres d'eau).
- En cas de renflouage des munitions, des quantités incontrôlées de substances toxiques pourraient être libérées. Un monitoring géochimique approfondi est donc d'une importance cruciale pour l'ensemble de l'opération.

Stratégie pour un monitoring biologique

- Le monitoring des oiseaux de mer doit être effectué à des intervalles réguliers et à l'aide de différentes méthodes de comptage (bateau, avion, comptages depuis la terre), des informations complémentaires provenant de mesures effectuées dans la zone côtière.
- Le monitoring biologique de la faune interne peut être effectué par rapport à une zone de référence ou à l'aide des relations connues benthos-sédiments (modèle HABITAT). Les prélèvements d'échantillons doivent, de préférence, être manuelles, afin de limiter à un minimum les risques éventuels.
- La bioaccumulation de substances chimiques dans des organismes benthiques peut servir d'indicateur en ce qui concerne une fuite éventuelle au niveau des munitions.
- Dans le cas d'une île artificielle, un monitoring biologique comprendra idéalement tant la faune que la flore (incubation des oiseaux de mer, paramètres biologiques/écologiques, structure de la végétation, colonisation benthique).

5. Réévaluation de la stratégie actuelle et potentiel de réhabilitation du site

Analyse des risques pour la situation actuelle

- Les munitions ne sont probablement pas encore fort corrodées. Les conditions pauvres en oxygène (présence de méthane) ralentissent probablement le processus de corrosion.
- Il peut se passer encore des centaines d'années, voire même mille ans, avant que toutes les munitions ne soient complètement rongées par la rouille. La libération des substances chimiques n'aura pas lieu à court terme, mais aura très certainement lieu à long terme.
- Lors du processus de rouille, les liaisons seront libérées très lentement. Des pics de concentration peuvent toutefois se produire en cas de perturbation mécanique (par ex. ancrage, filet de pêche, opérations de renflouage).
- Les liaisons de Clark entraîneront peut-être une pollution prolongée du sol marin. Généralement, l'effet sera local et donc relativement limité, mais un "rayon de pollution" plus important est possible en fonction de l'érosion du sol.
- L'ypérite se présente sous la forme d'une masse très visqueuse et, dans la plupart des cas, restera probablement accrochée près des restes des munitions, une fois celles-ci rongées par la rouille. Des perturbations mécaniques peuvent toutefois libérer des morceaux de la masse d'ypérite et ceux-ci peuvent éventuellement être rejetés vers le rivage.
- Il faut tenir compte du risque d'une catastrophe maritime à grande échelle (par ex. en cas de forte tempête). Des accidents à la suite d'activités de pêche ou de construction ne peuvent pas être entièrement exclus, mais resteront probablement limités à des munitions éventuellement dispersées à l'extérieur de la zone de déversement proprement dite.
- Les effets à long terme ne doivent pas être perdus de vue. L'élévation du niveau des mers peut entraîner l'intrusion d'eau de mer dans la nappe aquifère, avec le risque possible d'une diffusion des substances chimiques. En raison du réchauffement de la terre, la fréquence des tempêtes augmentera, et donc le risque de catastrophes maritimes.
- Le risque d'un rejet de munitions sur le rivage est extrêmement faible.
- Une extension de la zone d'érosion au NO du site vers le SE peut résulter en une érosion (d'une partie) de l'emplacement de déversement, ce qui pourrait libérer des munitions. Un bon monitoring de cette zone est donc conseillé.
- Le danger pour la santé publique via la consommation de poisson contaminé est minime.

- Afin de pouvoir mieux évaluer les risques actuels et futurs, il faut effectuer des mesures in-situ et des études complémentaires (remonter un certain nombre d'obus, prélever des échantillons, dynamique des sédiments).

Evaluation des solutions possibles basées sur les techniques de construction

- Les options possibles pour un recouvrement de l'emplacement de déversement sont entre autres l'apport de sable, de brise-lames ou son élévation jusqu'à obtenir une île artificielle. Cette dernière solution semble la plus indiquée en ce qui concerne la durabilité et la valeur écologique ajoutée.
- La construction d'une île artificielle, qui pourrait peut-être servir d'aire d'incubation, exige une élévation du sol jusqu'au niveau Z + 6.50 (par rapport à MMEE). Le choix se porte ici sur une structure en fer à cheval : 3 côtés formés par une digue composée de pierres déversées, les deux autres par une butte de sable.
- Le prix total d'une telle construction est estimé à 405 millions d'EUR (16,4 milliards BEF) hors TVA. Ceci est toutefois une estimation brute, influençable par de multiples facteurs.
- Un renflouage des munitions semble techniquement faisable, mais exige des études préalables. Une durée minimum de 2-3 ans semble réaliste. Les estimations provisoires du prix total varient entre 10 millions à des centaines de millions EUR.
- Une opération de renflouage entraîne des risques élevés pour le personnel et l'environnement, et exige un transport adapté. La destruction d'une quantité aussi élevée d'obus chimiques pose ici le gros problème. Sauf en cas de danger immédiat, le renflouage des munitions ne semble pas être la meilleure solution.

Réhabilitation possible en une zone naturelle

- Une île artificielle offre des possibilités intéressantes en tant qu'aire d'incubation pour les sternes, mouettes et pluviers, et en tant que zone de repos pour les phoques. Elle assurerait même la survie des populations actuelles de sternes et de mouettes condamnées à disparaître à cause du développement futur du port. Pour pouvoir offrir suffisamment de possibilités pour l'incubation, l'île doit satisfaire à différentes exigences écologiques.
- La flore et la faune intertidale de l'île serviront également de zone d'alimentation pour les oiseaux au cours de l'incubation, ainsi que pour les oiseaux migrateurs et hivernant. L'absence de perturbation d'origine humaine et le développement de micro-habitats entraîneront probablement une augmentation de la biodiversité du substrat dur.

6. Communication et information du public

- Dans le but d'une plus grande transparence par rapport au public, il est prévu de publier une brochure d'information en étroite collaboration avec l'UGMM.
- Des informations supplémentaires seront diffusées via la publication d'articles scientifiques, des résultats de l'atelier de travail et de l'inventaire des emplacements européens de déversement de munitions (phase préparatoire).

7. "Capacity building" transfrontalière

Organisation d'un atelier de travail international

- Un atelier de travail international "Chemical munition dumpsites in coastal environments" a été organisé à Gand en juillet 2001. L'objectif de cet atelier était de donner une vue d'ensemble de la recherche actuelle et de la politique en découlant dans différents pays (Russie comprise).
- Les conclusions les plus importantes étaient la nécessité (1) d'études complémentaires à l'aide de prélèvements d'échantillons, afin de déterminer l'état exact de chaque zone de déversement, (2) de développer un standard uniforme pour l'analyse des risques, et (3) d'élaborer un inventaire des emplacements européens marins de déversement de munitions.

Dimension européenne

- En février 2000, la proposition de projet "TOXDUMP" a été introduite dans le cadre du 5ème programme-cadre de l'UE. Malgré une évaluation positive, le projet n'a pas été retenu pour un financement. Une nouvelle proposition est prévue pour le 6ème programme-cadre.
- En octobre 2000, RCMG et TNO ont participé au séminaire de l'OTAN "Environmental and safety implications of dumped ordnance in coastal waters" à Riga (Lettonie).
- En octobre 2001, en collaboration avec le Forschungszentrum Terramare (RFA), une campagne géophysique a eu lieu avec le RV Belgica sur des emplacements de déversement de munitions dans le Wattenmeer allemand.
- Les capacités de la nouvelle méthode sismique VHR 3D seront démontrées au cours d'un atelier sur terrain en 2003.

Stratégie pour la diffusion de l'expertise

- Publication des résultats de l'atelier (planification : hiver 2001/2002).
- Première ébauche de l'inventaire des emplacements européens de déversement de munitions.
- Publication des résultats (technologiques) de l'étude du Paardenmarkt.

RECOMMANDATIONS POUR L'AVENIR

Un grand nombre de facteurs représentent encore des inconnues jusqu'à présent. Une évaluation correcte de l'emplacement de déversement exige des mesures in-situ complémentaires ainsi qu'un monitoring régulier. Afin de pouvoir déterminer l'état actuel de munitions et leur degré de corrosion, il faut remonter un certain nombre (représentatif) d'obus à la surface. Ces munitions pourront ensuite être utilisées pour la modélisation du futur processus de corrosion.

Mettre le plus rapidement possible un programme de monitoring en route est d'une importance vitale. Un monitoring géochimique a ici la priorité la plus élevée : l'analyse des échantillons d'eau et de sédiments peut donner des informations sur des fuites éventuelles ainsi que sur le processus de dégradation. Les échantillons doivent être analysés sur la présence de métaux lourds liée aux munitions, de TNT, de produits de combat chimiques et de leurs produits de décomposition. Des mesures biologiques complémentaires peuvent aider à déterminer le degré d'atteinte écologique.

Le monitoring du sol marin est d'une importance cruciale, afin de suivre les processus d'érosion et d'accumulation et de détecter de possibles objets sur le sol. Une attention spéciale doit ici être accordée à la zone d'érosion au NO de l'emplacement de déversement - une extension de cette zone vers le sud-est (liaison possible avec l'Appelzakgeul) peut entraîner l'érosion (d'une partie) de l'emplacement de déversement, ce qui pourrait entraîner des munitions à la surface. Un monitoring en profondeur est nécessaire pour pouvoir évaluer la structure interne et l'évolution de la zone de déversement.

L'un des problèmes importants de l'emplacement de déversement est sa proximité immédiate avec la côte. Bien qu'il soit peu probable que des obus complets puissent être rejetés sur le rivage, l'on ne peut exclure entièrement le risque d'un rejet de morceaux d'ypérite. C'est pourquoi il semble bien avisé de prendre des mesures de sécurité supplémentaires dans la zone entre l'emplacement de déversement et la côte (par ex. en installant des détecteurs chimiques). Une stratégie optimale à long terme du monitoring de la zone de déversement peut être garantie par la création d'un "Observatoire du Paardenmarkt", ceci non seulement du point de vue de la gestion des opérations de monitoring et de l'acquisition d'une compréhension fondamentale, mais aussi comme garantie d'une bonne communication. *Mutatis mutandis*, ce concept s'inspire des "Observatoires du littoral" en France, bien que la compétence soit plus limitée.

Mis à part les mesures in-situ et le monitoring, la poursuite des études fondamentales est également bien nécessaire. Des thèmes importants seraient par exemple : le comportement dynamique des liaisons toxiques, les effets à long terme sur l'environnement (y compris sur les organismes sur le sol marin), l'utilisation simultanée de techniques de mesure (géophysiques) et d'une modélisation des risques. Idéalement, cette recherche doit se faire dans le cadre de projets nationaux et internationaux.

Il ne semble pas pour l'instant y avoir d'indications pour un danger immédiat. La meilleure option est donc de laisser l'emplacement de déversement en paix - à condition de le surveiller régulièrement. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra suivre de près une éventuelle pollution et l'évolution du site, et détecter à l'avenir des risques possibles.

Si les résultats du monitoring devaient indiquer une libération de munitions (par exemple due à l'érosion), l'on peut alors réfléchir à l'élévation de l'île. Il faut ici remplir les conditions écologiques nécessaires pour garantir une utilisation optimale en tant qu'aire d'incubation et zone de repos. Une telle "protection" supplémentaire ne résout toutefois pas le problème des fuites possibles des munitions, un monitoring complémentaire sera donc toujours nécessaire.

Le renflouage des munitions est une entreprise onéreuse et surtout risquée, au cours de laquelle des quantités incontrôlées de substances nocives pourraient se retrouver dans l'environnement. En plus de ce problème, il faut également pouvoir disposer d'un transport approprié et d'une capacité de destruction étendue. Sauf en cas de danger immédiat, le renflouage ne représente donc pas l'option conseillée, bien qu'offrant, en théorie, la seule possibilité de résoudre l'affaire vraiment à fond.

Les effets à long terme de l'élévation du niveau des mers et du réchauffement de la terre ne peuvent pas être oubliés. Le réchauffement de la terre entraînera une augmentation de la fréquence des tempêtes, et par là même du risque d'une catastrophe maritime. L'élévation du niveau des mers peut induire un reflux de la nappe aquifère de la mer vers la terre, avec un danger croissant de pollution de la nappe aquifère dans la zone côtière.

Renforcer la transparence par rapport au public est également un point très important. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra répondre aux nombreuses incertitudes et aux doutes à ce sujet et éviter des réactions de suranxiété.

Aucune réflexion stratégique ne peut toutefois l'emporter sur les raisons de la morale et celles d'un saine jugement. Nous devons consacrer le meilleur de nos capacités à ce problème, aujourd'hui et demain, parce que nous le devons, et à la société actuelle, et à celle des générations à venir.