



## **Identification et sélection des indicateurs de sécurité environnementale maritime pour une gestion durable du port d'Agadir (Identification and selection of maritime safety environmental indicators for sustainable management in the port of Agadir)**

**Chafia HAJJI\*<sup>1</sup>, Abdelaziz BENDOU<sup>2</sup>, Mohammed HASSOU<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> LMPEE, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir, BP 1136 Agadir, Maroc.

<sup>2</sup> Ecole nationale de commerce et de gestion d'Agadir. Anza-BP : 5953 Agadir, Maroc.

<sup>3</sup> Division infrastructures et exploitation régionale, port de commerce. Anza-BP : 5953 Agadir, Maroc.

Received 30 Sep 2015, Revised 09 Jun 2016, Accepted 16 Jun 2016

\*Corresponding author. E-mail: [chafiahajji3@gmail.com](mailto:chafiahajji3@gmail.com); Tel: (0648448867)

### **Résumé**

L'objectif de ce travail est de concevoir un plan de gestion de la qualité des eaux portuaires du port d'Agadir en identifiant et en sélectionnant des indicateurs de sécurité environnementale spécifiques à ce port. Il s'agit d'élaborer un système de contrôle et de suivi de la qualité des eaux portuaires à partir d'une évaluation préalable de l'état de la qualité environnementale du port. Dans le cadre de ce processus, les masses d'eau ont été déterminées et caractérisées, l'importance du risque dû à la qualité des eaux a été évaluée ; l'impact de l'activité portuaire sur la qualité de l'eau a été démontré et les endroits où les efforts de gestion devraient être axés ont été identifiés. Tous ces indicateurs ont démontré que, même si un certain nombre de facteurs des activités anthropiques et des usages ont des impacts potentiellement négatifs sur le port d'Agadir, la perturbation provoquée dans la qualité des masses d'eau est négligeable, et surtout locale limitée à la surface intérieure. Comme résultat final, l'application à Agadir de la Recommandation pour Œuvres Maritimes (ROM 5.1) a mis en évidence sa pertinence comme un outil intégré pour gérer les défis de l'environnement du port. Cette contribution permettra ainsi de soutenir la réussite de certaines indicateurs de sécurité environnementale et systèmes de planification contre la pollution conformément au droit international de l'environnement, afin de favoriser le positionnement du port d'Agadir dans l'ensemble des infrastructures de qualité gérées sur la base de requêtes de respect et protection de l'environnement. Cet aspect ne fournira pas seulement une valeur ajoutée au port, mais aussi des bénéfices remarquables, directs et indirects, grâce à leur intégration dans les routes de plusieurs compagnies maritimes opérant dans l'océan atlantique et représentant des exigences environnementales dans les ports où elles accèdent.

*Mots-clés:* indicateurs de sécurité environnementale, management de l'environnement, développement durable, pollution portuaire, port d'Agadir.

### **Abstract**

The objective of this work is to design a quality of port waters management plan Agadir port by identifying and selecting specific environmental safety indicators at this port. This is to develop a system of control and monitoring of the quality of port waters from a preliminary assessment of the state of the environmental quality of the port. As part of this process, the water bodies have been identified and characterized; the importance of risk due to water quality was assessed; the impact of

port activities on the water quality has been demonstrated and where the management efforts should focus was identified. All these indicators showed that although a number of factors of anthropogenic activities and uses have potentially negative impacts on the port of Agadir, the disruption caused in the quality of water bodies is negligible, especially limited local to the inner surface.

As a final result, the application of ROM 5.1 in Agadir has highlighted its relevance as an integrated tool to manage the challenges of the port environment. This contribution will support the success of some indicators of environmental safety and planning systems against pollution in accordance with international environmental law, to promote the positioning of the port of Agadir overall quality infrastructure managed on the basis of respect requests and protection of the environment. This aspect will not only provide added value to the port, but also remarkable, direct and indirect benefits through integration into the roads of several shipping lines operating in the Atlantic Ocean and representing environmental requirements in ports where they access .

*Keywords:* indicators of environmental safety, environmental management, sustainability, harbor pollution, port of Agadir.

## **1. Introduction**

En termes de contribution à la croissance économique, le secteur portuaire joue un rôle primordial dans la chaîne logistique mondiale et le commerce international. La logistique portuaire peut être ainsi définie comme étant l'ensemble des moyens stratégiques et opérationnels permettant d'optimiser les fonctions intermodales dans la chaîne portuaire. C'est aussi une démarche permettant de rendre plus rapide et plus efficiente que rapide les différentes opérations d'un port [1].

Au Maroc, les ports qui assurent 98 % des échanges externes du Royaume et constituent un secteur vital pour son économie, doivent, non seulement contribuer à l'amélioration de la compétitivité de l'économie nationale, mais aussi, saisir l'opportunité offerte par le transport maritime international en se positionnant dans ce secteur, notamment au niveau de la Méditerranée et de l'Europe [2]. A cet effet, vu la position géostratégique avantageuse du pays, Il est important de comprendre le rôle majeur que peut jouer le Maroc et les ports marocains dans les échanges mondiaux. Pour moderniser son secteur portuaire, le Maroc a déjà mis en œuvre une réforme portuaire avec l'introduction de la concurrence dans ce secteur. Il a aussi entrepris de grandes réalisations telles que la construction du nouveau port Tanger Med dont la montée en puissance va positionner le Royaume comme pivot incontournable entre l'Europe de l'Ouest et du Nord et l'Asie [3].

Il est reconnu que le développement des installations portuaires et leurs activités connexes contribuent de manière significative à la croissance du transport maritime, au développement économique du Maroc, et de fournir à la fois des emplois directs et indirects dans la région. Toutefois, les opérations et les activités portuaires peuvent également avoir un impact potentiel considérable sur l'environnement (un impact sur l'air, l'eau et le sol et les sédiments, affectant à la fois les environnements terrestres et marins) : les installations portuaires sont essentiellement situées sur des zones proches du littoral, ce dernier est inclus dans le domaine public maritime naturel dont les dépendances sont des espaces qui méritent d'être protégés en raison des richesses qu'ils comportent et des multiples utilisations qu'ils offrent. Le contrôle de ces influences reste l'objectif majeur d'un système de gestion environnementale (EMS) [4]. Partant de là, il semble tout à fait légitime de s'interroger sur le degré de la protection de l'environnement portuaire au Maroc ? Donc, Pour gérer l'environnement parallèlement aux activités diverses des ports et du transport, une approche structurée de gestion de l'environnement dans une optique de développement durable apparaît indispensable. Donc, la gestion efficace de l'environnement dans les ports doit prendre en compte les impacts potentiels sur l'environnement, des possibilités d'atténuation, méthodes de prédiction, de l'information sur les indicateurs environnementaux et la législation. Ainsi, la volonté actuelle de la protection de l'environnement portuaire dépend étroitement de la conduite collective mobilisant tous les acteurs locaux selon un mode partenarial en vue d'une planification, une gestion et un suivi mieux intégrés et

durables de cet environnement fragile [5]. La croissance des activités portuaires est une garantie pour le développement local et pour construire des territoires économiquement et socialement intégrés. Afin d'évaluer la performance environnementale des autorités portuaires et de suivre les progrès vers l'amélioration continue, les indicateurs pertinents de sécurité et de performance environnementale maritime peuvent être utilisés [6]. De cette façon, les autorités portuaires peuvent démontrer la conformité et l'amélioration continue par des preuves scientifiques et des mesures quantifiables.

Il ya plusieurs lignes directrices pour mettre en œuvre un Système de Management Environnemental (SME), tels que le système d'évaluation environnementale Port (PERS) (ESPO, 2011); le (EMAS) règlement de management environnemental et (Commission européenne, 2009), l'Organisation internationale de normalisation (ISO) 14001 (ISO 2004) et la ROM 5.1 [7]. Ces normes exigent un engagement explicite à l'amélioration continue de la performance environnementale grâce à l'utilisation d'indicateurs de performance et de sécurité environnementale. ROM 5.1 est une norme de gestion et de performance environnementale conçu par l'Administration nationale espagnol des ports pour donner aux autorités portuaires un outil standardisé afin d'accroître les connaissances sur les liens entre la perturbation anthropique et les attributs environnementaux des plans d'eau. Elle fournit un ensemble de techniques et outils méthodologiques ayant la capacité de prévoir et vérifier les problèmes environnementaux et de reconnaître les éléments sur lesquelles les efforts de gestion devraient se concentrer [8]. Dans cet article, l'identification et la sélection des indicateurs de sécurité environnementale maritime dans la zone portuaire d'Agadir a été menée en concevant des procédures méthodologiques (ROM 5.1) pour la gestion de la qualité des eaux portuaires.

## 2. Présentation du site

### 2.1. Localisation

Le Port d'Agadir est situé dans la région de Souss Massa, sur la côte atlantique du Maroc (Fig.1). Il se trouve à 30°25'N – 9°38'W, à 170 km au sud du port d'Essaouira, à 180 km au nord du port de Sidi Ifni et à 35 km du cap Ghir. La zone portuaire est bordée par Anza au Nord West et Agadir au Sud West [9].



**Figure 1.** Localisation du Port d'Agadir

Ce port est mis en fonctionnement en 1988 et, en 2002, sa partie amplifiée et modernisée est inaugurée (Fig.2).



**Figure 2.** Images panoramiques du Port d'Agadir.

## 2.2. Principales caractéristiques environnementales du Port d'Agadir

Conditions climatiques : Les températures minimales moyennes mensuelles varient entre 10 °C en hiver et 18 °C en été. Par contre, les températures maximales varient entre 22 et 26 °C respectivement.. La pluviométrie est rare, atteignant des valeurs moyennes de 260 mm, décembre étant le mois le plus pluvieux (25 mm) et juillet le moins pluvieux (2 mm). Le régime des vents est marqué d'un caractère saisonnier. En hiver, on assiste d'habitude à trois ou quatre grandes tempêtes en provenance du Sud West. Depuis fin mars jusqu'à début juin prévaut un vent fort du Nord West, tandis qu'en juillet et en août souffle un vent de l'Est, connu localement sous le nom de "chergui", dont l'intensité est très élevée.

Conditions océanographiques : Le courant dominant de la zone d'Agadir vient du sud. Ce courant présente une vitesse approximative de 36 cm/s. Un courant côtier dans la même direction fait le tour de la jetée ouest d'Anza ; à l'est de la jetée, le courant s'oriente progressivement vers le Nord Est et sa vitesse peut atteindre les 103 cm/s.

Bathymétrie et type de fond : Le Port d'Agadir présente un fond mou sur toute son étendue. Dans les docks, le tirant d'eau maximum (15 cm) se trouve dans la zone neuve, tandis que le minimum (entre 4 et 9 m) est situé dans la vieille zone. La zone de visite présente un tirant d'eau de plus de 20 m.

## 3. Méthodologie

### Objectif:

L'objectif de ce travail est de concevoir un Plan de gestion de la qualité des eaux portuaires du Port d'Agadir en identifiant et en sélectionnant des indicateurs de sécurité environnementale spécifique à ce port.. Cela veut dire élaborer un système de contrôle et de suivi de la qualité des eaux portuaires à partir d'une évaluation préalable de l'état de la qualité environnementale du port. Ce travail se fonde sur les documents législatifs suivants:

- Directive Cadre sur l'Eau 2000/60 (DCE) : L'objectif global de cette directive (masses d'eau de surface) est d'atteindre le bon état écologique d'ici 2025[10].

Cependant, les plans d'eau substantiellement modifiées dans leurs caractéristiques physiques peuvent ne pas être en mesure d'harmoniser le développement économique avec les objectifs écologiques requis par la DCE [11]. Cette catégorie des eaux de surface modifiées pour supporter des usages spécifiques, telles que les activités portuaires ou de navigation, peut être désignée comme masses d'eau fortement modifiées (MEFM) à partir d'un point de vue socio-économique, lorsque la cessation de tels usages et la suppression des modifications physiques aurait des effets négatifs importants sur les utilisations de l'eau [12][13].( Fig.3)

- En partant de cette directive, les Ports de l'état espagnole ont développé la Recommandations pour Œuvres Maritimes 5.1:0.5. Qualité des eaux côtières dans les zones portuaires (désormais ROM 5.1).

ROM 5.1 est un outil méthodologique scientifique, ayant une incidence directe sur les processus environnementaux des systèmes portuaires. ROM 5.1 fournit de nouveaux outils techniques pour: la classification

des masses d'eau dans les zones portuaires, l'évaluation des risques environnementaux, l'évaluation du potentiel écologique, et la reconnaissance des sites où les efforts de gestion devraient se concentrer. Cette norme de performance et de sécurité environnementale se divise en quatre grands programmes qui vont de la caractérisation des unités de gestion (masses d'eau) jusqu'à la gestion des épisodes contaminants (Fig.4).

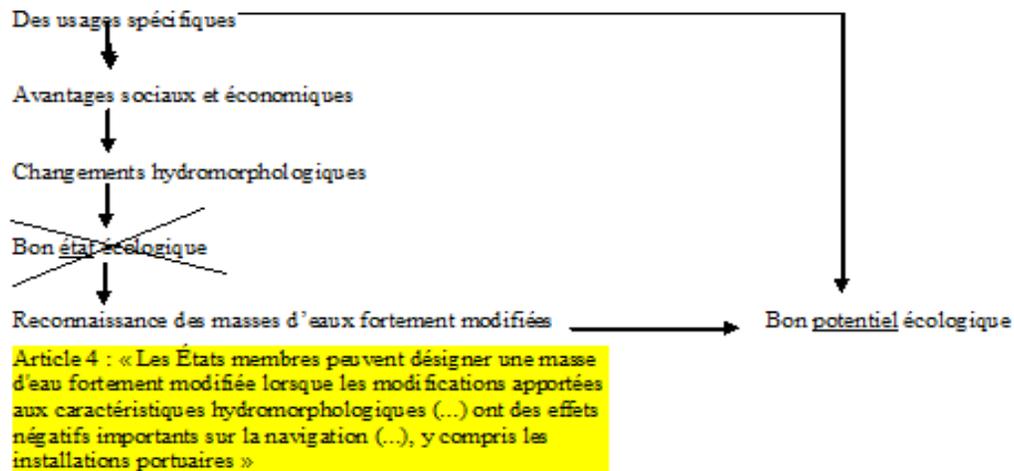


Figure 3 : Schéma illustrant l'atteinte du bon potentiel écologique

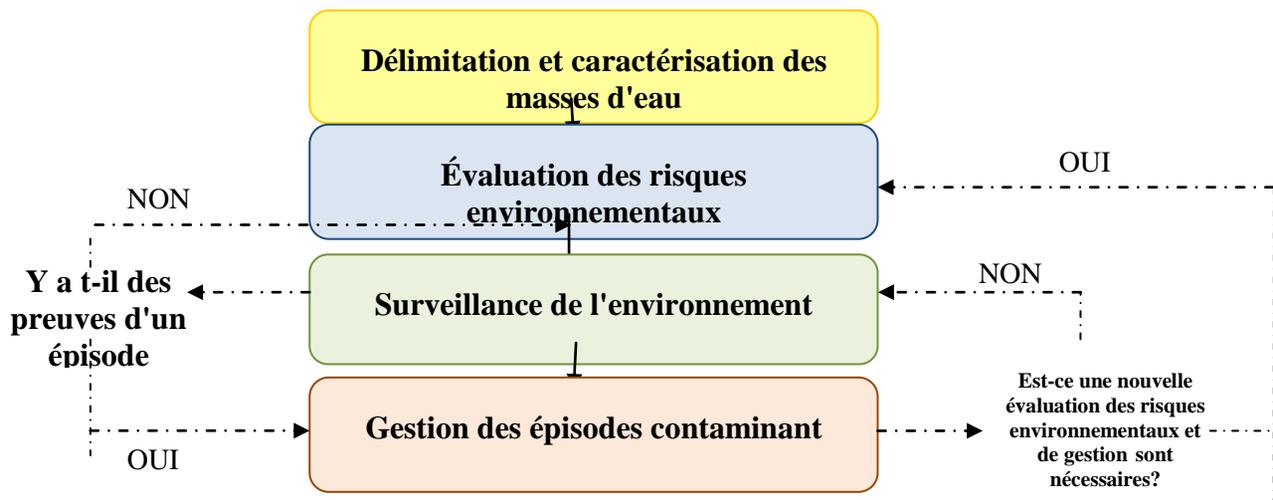


Figure 4 : Démarche méthodologique de ROM 5.1.

- Directive 2008/105/CE, relative aux normes de qualité et sécurité environnementale dans le cadre de la politique des eaux. Son objet est d'établir des normes de qualité environnementale pour les substances prioritaires et d'autres contaminants, dans le but d'aboutir à un bon état chimique des eaux superficielles.

*Validation:* La démarche méthodologique a été testée dans une sélection de ports qui sont représentatifs des différentes conditions sociales, économiques, hydrodynamique et de l'environnement (Fig.5) et est mis en œuvre dans trois autres Ports espagnols dans les îles Canaries, la Méditerranée et le golfe Gascogne.

Aujourd'hui, ROM 5.1 joue un rôle important dans la mise en œuvre de la DCE. Cette contribution présente la démarche méthodologique de ROM 5.1, décrit les résultats obtenus dans le port d'Agadir et vérifie la pertinence et la force de la démarche méthodologique pour identifier où sont les problèmes, quelles sont leurs sources et quels types de mesures devraient être appliquées ?

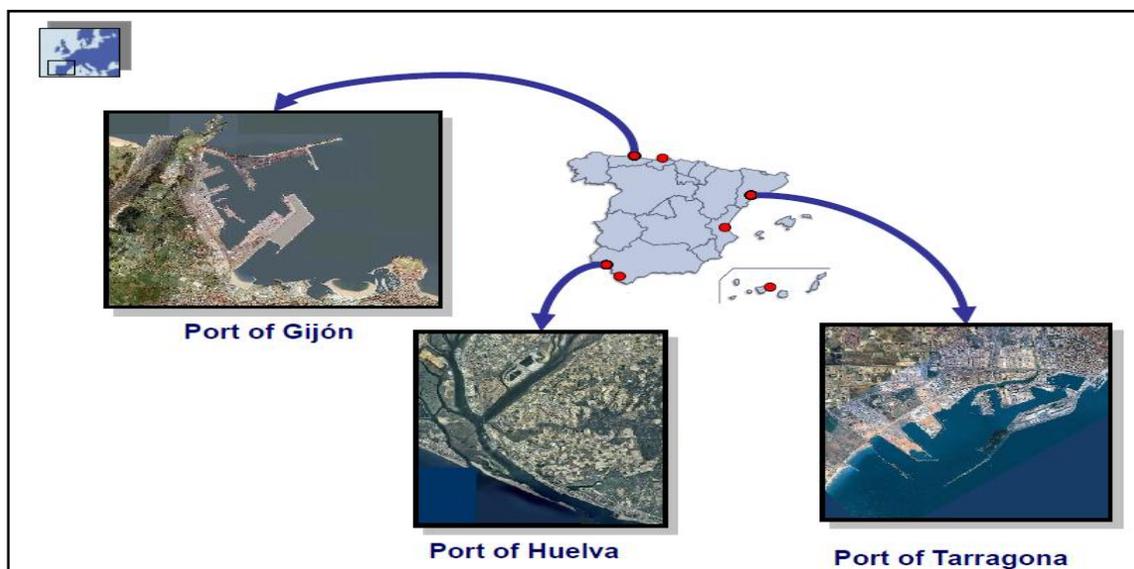


Figure 5: Les ports espagnols où ROM 5.1 a été appliquée.

#### 4. Résultats et discussion

La sélection et l'utilisation d'indicateurs environnementaux est un processus relativement complexe en raison de leur multifonctionnalité. Par conséquent, la sélection des indicateurs de sécurité environnementale maritime doivent être accompagnés par un processus rigoureux de validation [14]. Dans les évaluations mentionnées dans cet article, on a appliqué certaines recommandations qui ont été prises en compte dans le port d'Agadir. Comme on peut le voir par la suite, plusieurs évaluations et programmes sont complémentaires pour la gestion du port, ce qui donne la cohérence des résultats obtenus. Il est important de souligner le fait que ce choix peut être considéré comme une première étape dans la construction de la culture de la surveillance de l'environnement à travers les ports marocains.

L'objectif de cette identification et sélection des indicateurs environnementaux est de fournir au port d'Agadir un ensemble d'indicateurs qui peuvent être utilisés en tant que point de départ pour l'amélioration du contrôle et la gestion durable.

##### 4.1. Programme de délimitation des usages et de typification des masses d'eau

La recommandation établit (en tant que premier programme d'intervention) la délimitation des usages et la classification des unités de gestion (masses d'eau), comme instrument d'ordre du milieu aquatique. Ce programme consiste à :

- Délimitation des usages du milieu aquatique.
- Attribution des catégories et types de masses d'eau

##### 4.1.1. Délimitation des usages du milieu aquatique

La délimitation a pour objet de reconnaître l'utilisation du milieu aquatique portuaire et les particularités physiques ou physiographiques les plus importantes. La ROM établit deux classes d'usages génériques : les usages portuaires et les non portuaires.

- Délimitation des usages portuaires

La Loi des Ports marocaine (Dahir n° 1-05-146 portant promulgation de la loi n° 15-02 relative aux ports et portant création de l'agence nationale des ports et de la Société d'exploitation des ports (Bulletin officiel n° 5378 du 15/12/2005)) établit les activités portuaires et les termes et conditions des autorisations pour leur gestion. De

même, les articles 1 et 3 de cette même loi annonce que chaque port établira les limites des différentes activités qui seraient réalisées dans ses eaux (ancrage, quai sportif, etc.). Le Port d'Agadir inclut une zone portuaire et une zone de visite à l'extérieur du brise-lame (Fig.6). Les usages effectués dans le port sont, principalement, la pêche, le commerce et la navigation.

- *Délimitation des activités et usages non portuaires*

La ROM 5.1 démontre l'existence de zones protégées dans le contexte de la DMA : zones destinées à la protection d'espèces aquatiques d'importance économique, zones d'usage récréatif (y inclus les eaux de bain), zones susceptibles de développer des problèmes d'eutrophisation et zones destinées à la protection d'habitats ou d'espèces.

Dans ce travail, on recommande la définition d'une Zone d'Influence Portuaire, qui s'étendrait sur une mille nautique autour des installations du Port d'Agadir (Fig.7). Tenant compte de cette zone d'Influence proposée, le Port d'Agadir présente deux usages non portuaires : la plage d'Anza et celle d'Agadir. Celle-ci est considérée la plus importante de la ville, étant très fréquentée par les touristes. La plage d'Anza n'est pas apte pour se baigner, puisqu'elle reçoit des rejets provenant de la zone industrielle adjacente. Il faut préciser que le contrôle de l'état de ces plages est affecté aux autorités compétentes en la matière.



**Figure 6.** Délimitation de la Zone portuaire (A) et de la Zone de Visite (B)

4.1.2. *Attribution des catégories et types de masses d'eau :*

La ROM 5.1 établit deux catégories d'eaux : les eaux modifiées (quand les altérations physiques produites par l'activité humaine auraient induit à un changement essentiel dans leur nature), et les eaux non modifiées (eaux superficielles ne correspondant pas à la catégorie précédente). À leur tour, les eaux non modifiées sont classées par rapport à leur salinité (non modifiées de transition ou non modifiées côtières). Dans le cas du Port d'Agadir, toutes les eaux confinées (docks) de la zone de service portuaire sont considérées des masses d'eau modifiées, tandis que la zone de visite est considérée une masse d'eau non modifiée.



**Figure 7.** Délimitation de la Zone d’Influence (C) et de la Plage d’Agadir (D)

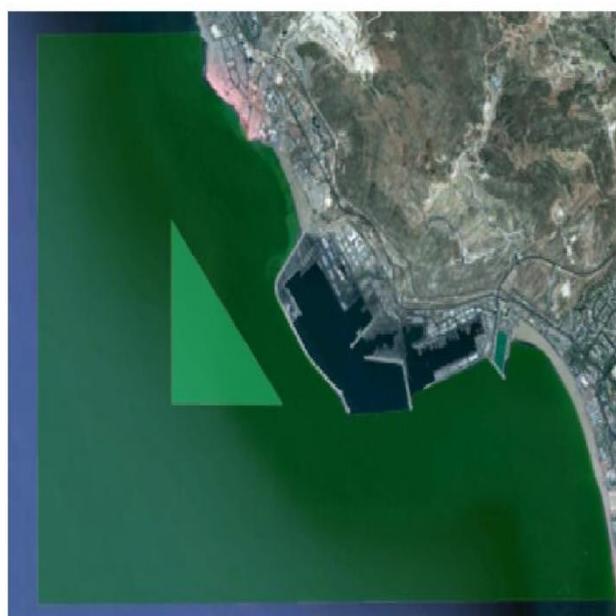
Quatre masses d’eau modifiées ont été définies :

1. Le dock des marchandises (66 Ha)
2. Le “Triangle de pêche” (8 Ha)
3. Les docks de la vieille zone, où se trouvent la flotte de pêche et les installations militaires (44 Ha)
4. La marina (6 Ha)

La masse d’eau non modifiée inclut la zone de visite et la zone d’influence proposée (2 800 Ha). (Fig. 8 et 9)



**Figure 8.** Identification des masses d’eau modifiées.



**Figure 9.** Masse d’eau non modifiée.

#### *4.2. Programme d'évaluation et de gestion des risques environnementaux*

Le programme d'évaluation et de gestion des risques environnementaux identifie les émissions contaminants (aussi bien celles résultant de l'activité portuaire que celles générés par des tiers ou par des accidents) dans le but d'évaluer leurs impacts sur la qualité des eaux portuaires. Le programme d'évaluation et de gestion des risques environnementaux est une information de valeur pour optimiser la conception du programme de surveillance environnementale et sera appliqué malgré la variation des émissions contaminants (nombre, type ou caractéristique).

##### *4.2.1. Liste des pressions environnementales*

Pour créer une liste des pressions environnementales exercées sur les eaux portuaires, il est nécessaire d'analyser les installations portuaires, les infrastructures installées dans les environs et toutes les marchandises qu'on peut trouver, dans un moment donné, dans le port.

Dans le cas du Port d'Agadir, la liste des pressions environnementales a été structurée selon l'origine dudit impact (Tab. 1).

##### *4.2.2. Identification et caractérisation des émissions contaminants*

Une fois que les pressions environnementales sont connues, il faut identifier et caractériser les émissions contaminants. Ainsi, l'objectif de cette phase est la localisation et la caractérisation des émissions contaminants résultant de l'activité ordinaire ou des accidents.

On entend, par émission contaminant, le déchargement, dans le milieu aquatique portuaire, de substances ou énergies qui pourraient altérer la qualité des masses d'eau réceptrices. En fonction de la forme par laquelle l'émission contaminant s'introduit dans le milieu aquatique, celle-ci sera qualifiée de ponctuelle (émission de substances contaminants canalisée par des points fixes et prédéfinis) ou diffuse (émission non canalisée de substances contaminants).

Le Port d'Agadir présente deux pressions ponctuelles de grande importance : le rejet correspondant aux eaux de rejet de la station d'épuration et celui des eaux industrielles, associées à la zone industrielle située dans les environs du port. Cependant, tel que cité par la suite, la majorité des pressions qui peuvent toucher la qualité des eaux portuaires d'Agadir sont diffuses.

Le détail des émissions contaminants identifiées pour les différentes masses d'eau considérées pour le port d'Agadir est représenté dans les tableaux 1 et 2.

#### *4.3. Programme de surveillance environnementale*

Le programme de surveillance environnementale permet de connaître l'état et l'évolution de la qualité des eaux portuaires. Le programme renferme trois plans de travail indépendant :

- Plan de surveillance systématique.
- Plan de suivi continu.
- Plan d'inspection visuelle.

##### *4.3.1. Plan de surveillance systématique*

Le plan de surveillance systématique est l'outil utilisé pour évaluer la qualité des masses d'eau portuaires. Pour cela, divers paramètres physiques, chimiques et biologiques, sélectionnés en fonction des caractéristiques du port sont étudiés périodiquement. Ces paramètres sont évalués aussi bien dans le milieu pélagique (colonne d'eau) que dans le milieu benthonique (sédiment). La ROM 5.1 démontre que la qualité des masses d'eaux est évaluée par l'étude de leur qualité chimique et de leur état ou de leur potentiel écologique.

#### 4.3.1.1. Évaluation de la qualité chimique des masses d'eau

L'évaluation de la qualité chimique (aussi bien du milieu pélagique que du milieu bentonique) se réalise au travers de l'analyse des substances prioritaires et des substances prioritaires dangereuses détectées dans les masses d'eau de la zone de service portuaire. Selon la DMA, le bon état chimique est celui où les concentrations de ces substances ne dépassent pas les normes de qualité environnementale (NQE). Dans ce but, les Directives 2008/105/CE et 2009/90/CE établissent les spécifications techniques de l'analyse chimique et les NQE des substances citées.

#### - Sélection des indicateurs de la qualité chimique

Pour évaluer la qualité chimique des masses d'eau, on utilise comme indicateurs ces substances prioritaires, qu'on estime présentes dans le port, après avoir déterminé les pressions environnementales que subit la zone portuaire. En adoptant une posture conservatrice à ce sujet, on a considéré les substances suivantes dans le Port d'Agadir :

- Métaux lourds: Cd, Pb, Hg et Ni. Sont d'habitude présentes dans les zones portuaires. On a établi leur échantillonnage dans toutes les masses d'eau.
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP): naphthalène et fluoranthène. Toutes deux sont étroitement liées à l'usage de combustibles fossiles. On établira leur analyse dans toutes les masses d'eau.
- Phénols: 4-para-nonylphénol (présent dans les peintures et détergents industriels), dans toutes les masses d'eau. Pentachlorophénol (présent dans les produits de traitement du bois), dans la masse d'eau n° 3, où se trouve le chantier naval de navires de pêche artisanale.

**Tableau 1.** Description des pressions environnementales

<b>Pressions environnementales</b>	<b>Descriptions</b>
Associés au transport maritime	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Déchets domestiques.</li> <li>○ Vidange des dépôts d'eaux grises et noires directement dans les eaux portuaires.</li> <li>○ Caisses, palettes de manutention et emballages.</li> <li>○ Huiles, pièces de rechange et autres matériaux dérivés de la maintenance navale.</li> <li>○ Ferraille.</li> <li>○ Pertes d'hydrocarbures durant le ravitaillement.</li> </ul>
Associés au secteur de pêche	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Déchets organiques</li> <li>○ Filets et autres ustensiles de pêche abandonnés.</li> </ul>
Associés au transport d'hydrocarbures et autres marchandises dangereuses	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pertes durant la manipulation et le transfert</li> </ul>
Associés au transport de minéraux en vrac	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pertes directes durant le transfert du bateau vers le quai.</li> <li>○ Ruissellements durant les épisodes de pluie intense.</li> </ul>
Associés au rejet du seuil de barrage, situé dans la partie neuve de la zone de pêche	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rejet d'eaux résiduaire</li> </ul>
Associés au rejet de l'émissaire situé au nord du Port d'Agadir	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rejet d'eaux résiduaire</li> </ul>
Associés aux rejets incontrôlés de la Zone Industrielle d'Anza	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rejet d'eaux résiduaire</li> <li>○ Rejet de déchets industriels</li> </ul>

- Composés organochlorés: Chloroalcanes C10-C13, Hexachlorocyclohexane et Trichlorométhane, employés dans l'industrie métallurgique, les peintures, les plastiques et les dégraissants. On envisage leur étude dans les masses 1 et 3, où l'on trouve les chantiers navals aussi bien des navires métalliques que dans ceux de la construction artisanale.
- Autres composants: Phtalate de bis (2-ethylhexil) (plastifiant, rend les plastiques plus flexibles), dans toutes les masses. Benzène (peintures, dégraissants, nettoyeurs...) et Tributylétain (antifouling) dans les zones des chantiers navals.

**Tableau 2.** Classification des émissions contaminants

Masse	Emission	Description	Classification
Masse 1	Diffuse	Associées au transport maritime	Émission portuaire
		Stockage de matériaux minéraux en plein air	Émission portuaire
		Stockage de céréales dans des silos	Émission portuaire
		Déchargement d'hydrocarbures	Émission portuaire
		Chantiers navals de navires métalliques	Émission portuaire
Masse 2	Diffuse	Associées au transport maritime	Émission portuaire
		Stockage d'appareils et de filets de pêche	Émission portuaire
	Ponctuel	Seuil de RAMSA	Émission venant d'ailleurs
Masse 3	Diffuse	Associées au transport maritime	Émission portuaire
		Chantiers navals de navires de bois	Émission portuaire
		Pêche artisanale et côtière	Émission portuaire
		Lixiviats( filtrations des points de collecte de déchets)	Émission portuaire
Masse 4	Diffuse	Associées au transport maritime	Émission portuaire
		Résidus solides dérivés de l'activité touristique et domestique de la Marine	Émission portuaire
Masse 5	Diffuse	Associées au transport maritime	Émission portuaire
		Eaux industrielles incontrôlées de la Zone Industrielle d'Anza	Émission venant d'ailleurs
	Ponctuel	Émissaire d'eaux résiduaires	Émission venant d'ailleurs

**- Évaluation des indicateurs de la qualité chimique**

Cette évaluation est réalisée en considérant plusieurs points:

Malgré les recommandations de la ROM quant au nombre de points d'échantillonnage, pour évaluer la qualité chimique des masses d'eau dans le port d'Agadir, on propose une maille d'échantillonnage, dénommée maille optimale, formée par un nombre de points d'échantillonnage inférieur à celui proposé dans la ROM. L'objectif de cette diminution est de favoriser l'instauration du système dans le Port d'Agadir, en assurant à tout moment la représentativité des données. Les points sélectionnés ont été distribués de façon à couvrir la totalité de la masse d'eau (Fig.10).

**Type d'échantillons:** on distinguera deux types d'échantillons:

- Pélagiques: échantillons d'eau. Ils seront ponctuellement recueillis sur deux profondeurs : surface et fond. Pour cela, on utilisera les équipes d'échantillonnage recommandé par la typologie d'échantillons à analyser (on recommande l'usage d'une bouteille océanographique du type Niskin).
- Benthonique: échantillons du sédiment superficiel de la masse d'eau.

Il sera recueilli par plongée autonome ou au moyen d'un carottier et / ou d'une drague.

#### **Fréquence d'échantillonnage:**

- Échantillons pélagiques: trimestrielle (Circulaire du 29/01/13 relative à l'application de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié établissant le programme de surveillance de l'état des eaux, pour les eaux douces de surface (cours d'eau, canaux et plans d'eau).
- Échantillons benthoniques: annuelle.

Ces fréquences font appel à une scène conservatrice et sans information préalable de la présence / absence de certaines substances contaminants. D'après les résultats obtenus suite aux premières évaluations, on pourra minimiser les fréquences (au cas de juge inutile la maintenance de cet effort d'échantillonnage) ; la surveillance des masses d'eau portuaires est un système dynamique, évalué et renouvelé annuellement.

#### **- Évaluation de la qualité chimique**

L'évaluation de la qualité chimique de chaque masse d'eau sera réalisée par comparaison des valeurs de chaque paramètre, obtenu à partir des échantillons analysés avec les valeurs-limites des normatives européennes en vigueur.

Dans le tableau 3, les normes de qualité environnementale et les directives de référence de chacun des paramètres proposés pour l'étude de la qualité chimique des masses d'eau du port d'Agadir sont cités.

Enfin, on considèrera qu'une masse d'eau respecte les requis de qualité chimique lorsque tous les paramètres se trouvent dans les limites établis.



**Figure 10.** Points d'échantillonnage pour l'étude de la qualité chimique (Q).

#### **4.3.1.2. Évaluation de l'état ou du potentiel écologique des masses d'eau :**

##### **- Sélection des indicateurs de l'état et du potentiel écologiques**

Pour évaluer l'état (eaux non modifiées) et le potentiel écologiques (eaux modifiées) des masses d'eau du Port d'Agadir, la ROM recommande l'analyse d'une série d'indicateurs physico-chimiques et biologiques, classés en deux catégories :

- Indicateurs d'État (dont l'objectif est de prévoir les effets nuisibles et de préciser la portée de la contamination)
- Indicateurs de Pression (dont l'objectif est de caractériser l'influence des agents externes sur les écosystèmes).

**Tableau 3.** Normes de qualité environnementale et directives de référence des paramètres pour l'étude de la qualité chimique des masses d'eau du Port d'Agadir.

	Valeur Annuelle Moyenne	Concentration Maximale admissible	Directives de références
<b>Métaux lourds</b>			
Cadmium (µg/l)	0.2	0.45-1.5	DIR 2008/105/CE
Plomb (µg/l)	7.2	Non applicable	DIR 2008/105/CE
Mercure (µg/l)	0.05	0.07	DIR 2008/105/CE
Nickel (µg/l)	20	Non applicable	DIR 2008/105/CE
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>			
Fluoranthène (µg/l)	0.1	1	DIR 2008/105/CE
Naphtalène (µg/l)	1.2	Non applicable	DIR 2008/105/CE
<b>Phénols</b>			
4-(para) -nonylphénol (µg/l)	0.3	2	DIR 2008/105/CE
Pentachlorophénol (µg/l)	0.4	1	DIR 2008/105/CE
<b>Composés organochlorés</b>			
Chloroalcanes C10-C13 (µg/l)	0.4	1.4	DIR 2008/105/CE
Hexachlorocyclohexane (µg/l)	0.002	0.02	DIR 2008/105/CE
Chloroforme (µg/l)	2.5	Non applicable	DIR 2008/105/CE

Sachant qu'à Agadir prédominent les fonds mous, les indicateurs proposés pour évaluer l'état ou le potentiel écologiques sont regroupés au niveau du tableau 4.

**Tableau 4:** Indicateurs d'évaluation des masses d'eau du Port d'Agadir.

		<b>Indicateurs</b>	
<b>Moyen pélagique</b>	<b>Physico-chimiques</b>	<b>Etat</b>	Saturation d'oxygène
			Turbidité
		<b>Pression</b>	Hydrocarbures totaux
			Détergents
	<b>Biologiques</b>	<b>Etat</b>	Chlorophylle « a »
<b>Moyen benthonique</b>	<b>Physico-chimiques</b>	<b>Etat</b>	Carbone organique total
			Azote kjeldahl
			Phosphore total
		<b>Pression</b>	Métaux lourds
			PCB
		HAP	

- **Moyenne des indicateurs de l'état et du potentiel écologiques**

L'évaluation des indicateurs sélectionnés se réalisera dans toutes les masses d'eau et tout au long d'un cycle annuel. Par ailleurs, on considérera :

- Points d'échantillonnage : le nombre de points d'échantillonnage est établi en respectant les critères énoncées par le Circulaire du 29/01/13 relative à l'application de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié établissant le programme de surveillance de l'état des eaux, pour les eaux douces de surface (cours d'eau, canaux et plans d'eau) selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sqrt{A}}{400} \times C \quad (1)$$

Où :

N: Nombre minimum de points d'échantillonnage.

A: Superficie de la masse d'eau (m<sup>2</sup>).

C: Coefficient de pondération. C = 1 : Masses modifiées. C = 0.5 : Masses non-modifiées.

Tout comme dans le cas de la qualité chimique, cette phase propose un réseau d'échantillonnage destiné à évaluer la qualité écologique des masses d'eau portuaires, présentant un nombre de points inférieurs à celui qui lui correspondrait suivant l'équation mentionnée ci-dessus (Tab.5 et Fig. 11). Encore une fois, l'objectif est de favoriser l'instauration du système dans le Port d'Agadir, en assurant à tout moment la représentativité des données.

**Tableau 5.** Points d'échantillonnage par masse d'eau.

MASSES D'EAU	SURFACE (m2)	POINTS D'ECHANTILLONNAGE	POINTS PROPOSÉS
1	1193600	3	2
2	108300	1	1
3	435900	2	2
4	61000	1	1
5	28920000	7	3

- Type d'échantillons :
  - Pélagiques (eau): ils seront recueillis en surface pour la détermination des hydrocarbures totaux et des détergents. Pour le reste des paramètres physico-chimiques, on mesurera le profil vertical au moyen d'une sonde multi-paramètres.
  - Benthonique (sédiment superficiel) : On utilisera un carottier ou une drague ou bien il sera recueilli par un plongeur professionnel.
- Fréquence d'échantillonnage :
  - Pélagique : trimestrielle.
  - Benthonique : annuelle.

- **Évaluation de l'État et du Potentiel Écologiques**

La ROM propose que l'étude de l'état et du potentiel écologiques des masses d'eau soit réalisée par des indices de qualité spécifiques :

- ✓ Indice de qualité de la colonne d'eau (IAG)
- ✓ Indice de qualité des fonds mous (ISED). Celui-ci inclut deux indices spécifiques : ICQ : (pour estimer sa contamination chimique) et ICO (pour estimer sa contamination organique).

Son calcul sera établi à partir de la valeur annuelle moyenne de chaque indicateur calculée dans chaque masse d'eau. Par la suite, ces valeurs seront normalisées au travers des tableaux recommandés dans la ROM. Enfin, une fois obtenus les indices définissant la qualité de la colonne d'eau (IAG) et des fonds (ISED), on évaluera l'État ou le Potentiel écologique d'après le tableau 6 ci-après.

#### 4.3.1.3. Évaluation finale de la qualité des masses d'eau

La qualité de chaque masse d'eau portuaire répond aux deux composants, à savoir la qualité chimique et la qualité écologique. Ainsi, l'évaluation finale de la qualité de chaque masse d'eau est obtenue au travers de l'étude conjointe des deux aspects.

#### 4.3.2. Plan de suivi continu

La ROM 5.1 recommande la réalisation d'un suivi continu dans des points concrets des masses d'eau soumises à une plus grande pression, au moyen de systèmes de "mesure en temps réel", complétant le plan de surveillance systématique. Le lieu et le nombre des points de suivi continu dépendront de la configuration du port ainsi que de l'hydrodynamique, de l'étendue et de l'homogénéité des masses d'eau.

Pour le Port d'Agadir, on recommande la réalisation d'un suivi continu des hydrocarbures et de l'oxygène dissout, en plaçant le système de mesure proche du terminal de déchargement de combustible, dans le port commercial. Le placement de ce capteur permettra de donner une réponse rapide en cas de tout épisode contaminant d'hydrocarbures ou de rejets résiduels.

#### 4.3.3. Plan d'inspection visuelle

Ce plan comprend les actions visant la détection rapide des épisodes contaminants imprévisibles. Ces actions sont basées sur la reconnaissance systématique (au moins trois fois par jour) de toutes les eaux portuaires et de compléter le rapport des incidences. Il est important de disposer d'un personnel exclusif pour ces tâches et suffisamment préparé pour détecter les problèmes environnementaux possibles qui se généreraient et en informer.



Figure 11. Lieu des points d'échantillonnage pour l'étude du potentiel / de l'état écologique.

#### 4.3. Programme de gestion des épisodes contaminants :

Selon la ROM 5.1. Le Programme de gestion des épisodes contaminants représente le procédé par lequel on aborde les problèmes possibles de qualité des masses d'eau de la zone de service portuaire, détectés par le programme de surveillance environnementale.

**Tableau 6.** Grille d'évaluation de l'état écologique.

		Indice de qualité de la colonne d'eau (I <sub>aq</sub> )									
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Indice de qualité des fonds marins (I <sub>fm</sub> )	10	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
	9	90	81	72	63	54	45	36	27	18	9
	8	80	72	64	56	48	40	32	24	16	8
	7	70	63	56	49	42	35	28	21	14	7
	6	60	54	48	42	36	30	24	18	12	6
	5	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	4	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4
	3	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3
	2	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
	1	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

	Très bon état ou potentiel écologique		État ou potentiel écologique déficient
	Bon état ou potentiel écologique		Mauvais état ou potentiel écologique
	État ou potentiel écologique insuffisant		

Dans ce but, le Port d'Agadir fait de grands efforts dans la gestion de ses épisodes contaminants. Dans ce cadre, on développera actuellement un Plan de Contingence, qui l'aidera à faire face à ces épisodes contaminants et dans lequel on tiendra compte aussi bien des Plans de Contingence par contamination accidentelle de toutes les installations commerciales et industrielles situées dans l'espace portuaire, que des moyens requis pour la prévention et la lutte contre la contamination accidentelle. Cela permettra d'assurer une réponse rapide et ordonnée lors d'un événement de contamination des eaux portuaires, ce qui favorisera la maintenance de sa qualité. Ce plan comporte entre autres :

**- Niveau de gravité de la pollution**

Bien que la définition des niveaux de gravité de la pollution indiqués dans le P.I.P.A. (plan d'intervention contre la pollution marine accidentelle) soit conforme à beaucoup des classifications spécifiées dans des recommandations internationales, sur la base de trois niveaux de risque, cette caractérisation doit être complétée avec plus d'information de façon qu'on garantisse l'assignation du niveau de gravité approprié pour l'accident observé. Selon les règles et principes de la procédure d'intervention échelonnée (Fig.12), pour assigner un niveau de gravité approprié, il est recommandé de définir divers scénarios de risque qu'on pourrait élaborer plus facilement avec l'aide des Cartes de Sensibilité mentionnées ci-dessous.

En ce qui concerne la définition de ces scénarios, on devra combiner les différentes variables qui caractérisent un possible accident, considérant au moins:

- Zone du Port (ou de son milieu) où il a lieu, identification du niveau de sensibilité de la zone ;
- Situation des vents et marées ;
- Type de polluant ;
- Entreprise/activité de déclenchement ;
- Ampleur initiale de l'accident.

Des aspects apparemment si insignifiants comme l'heure à laquelle s'est produit un accident, doivent être pris en considération pour définir les scénarios de risque et, par conséquent, l'organisation de l'intervention la plus appropriée. Après la comparaison des différentes méthodologies pour l'identification de ces scénarios, on considère que le plus approprié soit peut être celui qui est basé sur la création et l'utilisation de matrices de risque. Sur la base de ces scénarios de risque, l'identification des différents niveaux de gravité sera plus facile et, par conséquent, celle des interventions les plus appropriées. Également, on recommande l'élaboration de fiches pour mieux les organiser, afin de recueillir des informations essentielles identifiées pour chaque scénario et niveau, puisqu'une telle structuration facilitera leur éléction et interprétation.

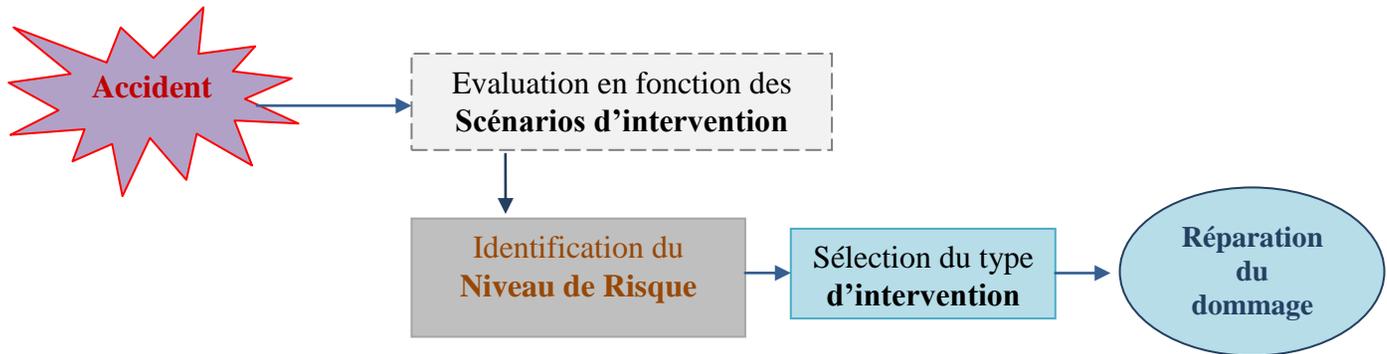


Figure 12. Définition conventionnelle de la préparation et intervention échelonnée.

- *Structure de l'alarme*

Dans ce point du P.I.P.A. (plan d'intervention contre la pollution marine accidentelle), on trouve un schéma d'organisation qui a besoin d'un niveau explicatif plus élevé, étant donné que dans le document ne sont pas mentionnés les procédures et les personnes nécessaires dans chaque étape. Une fois de plus, selon la méthodologie d'intervention échelonnée, il faudrait établir un diagramme en cascade avec la réponse la plus appropriée selon le cas d'urgence (Fig.13).

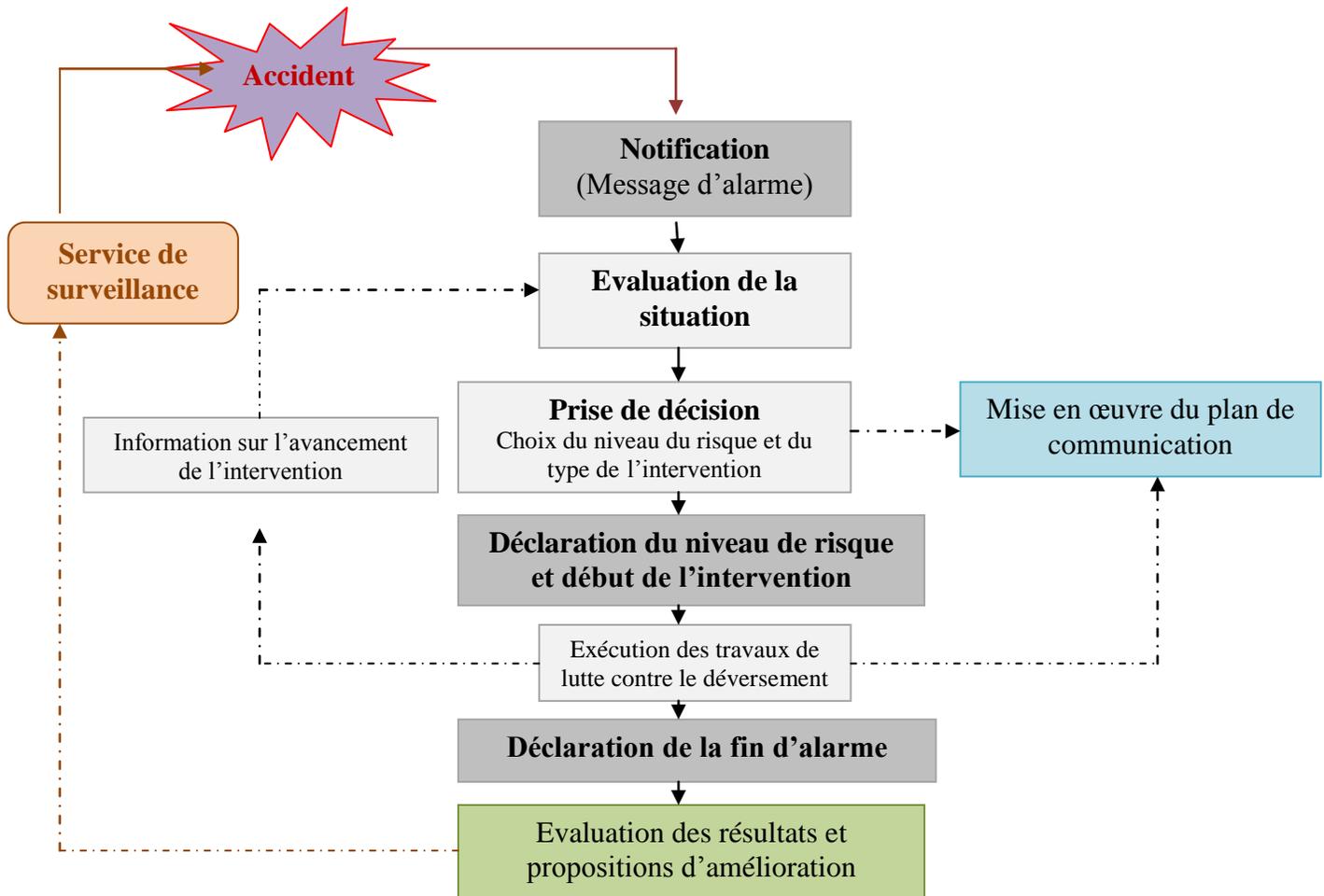


Figure 13. Propositions de structure d'Alarme

À cette fin, chaque étape devra être correctement définie et identifier tous les facteurs agissant sur sa réponse correspondante : accident initiateur, procédure de déclaration d'alarme, ampleur de l'intervention, etc., en identifiant les moyens humains et matériels. On pourrait organiser ces informations, par exemple, en ajoutant un tableau explicatif qui associe à chaque étape du diagramme ses informations essentielles.

On voudrait souligner que ce tableau devrait agir comme le point central qui structurerait les points restants du Plan, puisqu'il établirait le schéma d'organisation et d'intervention de l'équipe assignée au Plan. Une fois de plus, il faut souligner l'importance de concentrer le contenu du Plan sur son objectif final: l'organisation de l'intervention en cas d'accident de manière agile, organisée et efficace.

## **Conclusion**

Tout type d'activité économique et industrielle a un certain impact sur l'environnement et les ports ne font pas exception. Donc, les autorités portuaires, bien diversifiées en taille, doivent partager un peu de bon sens en matière d'exigences économiques avec le développement durable, de respect de la législation et de réduction des coûts et des risques [15].

Cette étude estime que l'adoption et l'utilisation des indicateurs de sécurité environnementale maritime au sein du port d'Agadir peuvent apporter des avantages aux autorités portuaires parce que ces indicateurs surveillent les progrès réalisés, donnent une idée des tendances au fil du temps, et mesurent les objectifs qui sont atteints.

Bien que les problèmes de pollution dans le port d'Agadir ont souvent des causes très diverses et enchevêtrées, il devient urgent de penser à appliquer les recommandations, but du présent article, pour améliorer la gestion environnementale et soutenir la décontamination dans le Port d'Agadir avec la mise en œuvre d'un plan de gestion et de surveillance de la qualité des eaux en se basant sur la ROM 5.1 qui pourrait aussi contribuer à réduire les risques sanitaires et les impacts sur l'environnement susceptibles de compromettre la dépollution portuaire.

ROM 5.1. « Qualité des eaux côtières dans les zones portuaires » est un standard méthodologique inclus dans la normalisation des travaux maritimes qui permet de fournir aux autorités des indicateurs de sécurité environnementale portuaire pour explorer le lien entre les activités portuaires et la qualité des masses d'eau. Même si un certain nombre de ces outils sont déjà inclus dans la réglementation marocaine pour la préservation de l'environnement cette contribution vérifie la pertinence de la démarche méthodologique à travers sa mise en œuvre dans le port d'Agadir.

La mise en œuvre de la ROM 5.1 au port d'Agadir permettra d'améliorer la qualité des masses d'eau, l'optimisation et l'évaluation des risques environnementaux, l'activation de la gestion des épisodes de contamination et d'identifier les domaines prioritaires dans lesquels une intensification des efforts de gestion doit être axée.

La relation de ROM 5.1 avec les EMS réside dans sa capacité à intégrer ces procédures dans un cadre unique de gestion et de fournir des outils techniques spécifiques pour la gestion de la qualité de l'eau dans les zones portuaires (par exemple les conditions de référence spécifiques et les seuils en fonction de la classification des eaux). Le schéma de la ROM 5.1 découle d'un processus d'interaction permanente qui permet aux résultats d'un programme de travail, l'amélioration des autres (par exemple la surveillance de l'environnement vérifie l'évolution de la qualité de l'eau, fournit des preuves sur les perturbations causées par l'activité portuaire, établit la connexion avec les sources possibles, souligne les faiblesses et active la gestion des épisodes de contamination). Cette intégration avec la réduction de l'étendue de la zone de juridiction de port renforce la procédure de gestion de ROM 5.1 et permet de comparer les résultats entre les ports.

Les évaluations et estimations réalisées sur place ont été déterminantes pour la structuration d'une grande partie des recommandations, en essayant toujours de réaliser des propositions réalistes et adapté aux circonstances du Port d'Agadir.

**Remerciements**-Les auteurs remercient et reconnaissent le soutien de l'ANP (agence nationale des ports) dans l'exécution du projet référencé dans le présent document. Les auteurs remercient également le Conseil régional Souss Massa pour leur collaboration et leur coopération en matière de documentation.

### Références

1. Terhorst P., *Ann. Ponts Chaussees*. 102 (2002) 43
2. Sierra J.P., Martín C., Mösso C., M. Mestres M., Jebbad R., *Renew. Energ.* 96 (2016) 20
3. Frar I., Ben Allal L., Ammari M., Azmani A., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2014) 390
4. Wooldridge C., McMullen C., Howe V., *Mar. Policy*. 23 (1999) 413
5. Fujita M., Mori T., *J. Dev. Econ.* 49 (1996) 93
6. Donnelly A., Jones M., O'Mahony T., Byrne G., *Environ. Impact Assess. Rev.* 27 (2007) 161
7. Puig M., Wooldridge C., Darbra M., *Mar. Pollut. Bull.* 81 (2014) 124
8. Seguí X., Puig M., Quintieri E., Wooldridge C., Darbra M., *Environ. Sci. Polic.* 58 (2016) 29
9. Martínez A., Uche J., Valero A., Valero-Delgado A.C., *Energ.* 35 (2010) 1008
10. Hajji C., Bendou A., *Rema*, 38 (2014) 11
11. Roche P.A., Billen G., Bravard J.P, Décamps H., Pennequin D., Vindimian E., Wasson J.G., *C. R. Geosci.* 337 (2005) 243
12. Ondiviela B., Gómez A.G., Puente A., Juanes J.A., *Environ. Sci. Policy*. 33 (2013) 320
13. Sámano M., Bárcena J., García A. , Gómez A., Álvarez C., Revilla J.A., *J. Environ. Manage.* 107 (2012) 37
14. Dinwoodie J., Tuck S., Knowles H., Benhin J., Sansom M., *Bus. Strat. Environ.* 21 (2012) 111
15. Grifoll M., Jordà G., Espino M., Romo J., García-Sotillo M. *J. Mar. Syst.* 88 (2011) 60

(2016) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>