



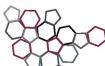
REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



UNIVERSITÀ  
DI CORSICA  
PASQUALE  
PAOLI



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente**



# GRRinPORT

Gestion durable des déchets et des eaux usées dans les ports

Plans d'action et lignes directrices



## INDEX

<b>PREMISSE</b>	<b>4</b>
<b><u>PLAN D'ACTION POUR LA GESTION DURABLE DES DÉCHETES DANS LES PORTS</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b>PREMISSE</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>13</b>
<b>2. CLASSIFICATION DES DÉCHETES D'EXPLOITATION DES NAVIRES</b>	<b>19</b>
<b>3. PLANES DE COLLECTE ET DE GESTION DES DÉCHETES DANS LES PORTS</b>	<b>21</b>
<b>4. IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX ASPECTS CRITIQUES ET DES OBJECTIFS PRIORITAIRES</b>	<b>23</b>
<b>5. ASPECTS TARIFAIRES</b>	<b>27</b>
5.1 Exemples de tarification: le cas du Port de Cagliari	28
5.2 Exemples de tarification: le cas du Port du Livourne	31
<b>6. SYSTÈMES DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>33</b>
<b>7. ACTIONS CONCRÈTES POUR LA GESTION DURABLES DES DÉCHETES DANS LES PORTS</b>	<b>36</b>
O.S.1) Améliorer les procédures de collecte et de gestion des déchets à bord et les infrastructures de collecte dans les ports migliorare le procedura di raccolta e gestione dei rifiuti a bordo	37
O.S.2) Appliquer les conditions appropriées pour encourager et améliorer la gestion des déchets à bord des navires et dans les ports	43
O.S. 3) Promouvoir l'obtention de certifications environnementales et la participation à des programmes de coopération	47
<b><u>PLAN D'ACTION POUR LA GESTION DURABLE DES EAUX USÉES ET DES DEVERSEMENTS ACCIDENTELS DANS LES EAUX PORTUAIRES</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b>PREMISSE</b>	<b>50</b>
<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>51</b>
<b>2. CLASSIFICATION DES EAUX USEES PRODUITES PAR LES BATEAUX</b>	<b>60</b>
<b>3. MODALITÉS DE GESTION DES EAUX USÉES PRODUITES PAR LES BATEAUX DANS LES PORTS</b>	<b>63</b>
<b>4. PLANS DE COLLECTE ET DE GESTION DES EAUX USÉES ET DES DÉCHETES DANS LE PORTS</b>	<b>69</b>
<b>5. ASPECTS TARIFAIRES</b>	<b>71</b>
5.1 Exemples de tarification: le Port de Cagliari	71
5.2 Exemples de tarification : le port de Livourne	73
5.3 Exemples de tarification : les ports d'Ajaccio et de Bastia	75
<b>6. PLANS DE GESTION DES URGENCES EN CAS DE DÉVERSEMENT DE POLLUANTS DANS LE PORTS</b>	<b>78</b>

6.1. L'étude de cas du Port de Cagliari : confinement des déversements dans les eaux du port et gestion durable de la ressource en eau	83
<b>7. IDENTIFICATION DES PRINCIPAL CRITICITÉS ET OBJECTIFS PRIORITAIRES</b>	<b>88</b>
<b>8. ACTIONS POUR LA GESTION DURABLES DES EAUX USÉES ET DES DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS DANS LES PORTS</b>	<b>93</b>
O.S. 1) Augmenter la disponibilité et l'utilisation des stations fixes d'assèchement des eaux de cales et des eaux noires dans les ports	94
O.S. 2) Communiquer des informations claires et facilement accessibles dans la langue officielle de l'État membre où se trouve le port et dans une langue utilisée au niveau international	96
O.S. 3) Identifier et appliquer des incitations économiques appropriées pour améliorer la gestion des eaux usées sur les navires et pour la livraison dans les ports	100
O.S. 4) Adopter des systèmes de prévention des impacts environnementaux causés par les micro-déversements d'hydrocarbures dans les eaux portuaires	103
O.S. 5) Minimiser les impacts dus aux services dédiés aux activités récréatives (pollution et rejet des eaux)	105
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>107</b>
<b><u>PLAN D'ACTION POUR UNE GESTION SOUTENABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE CONTAMINÉS</u></b>	<b>109</b>
<b>PREMISSE</b>	<b>110</b>
<b>1. LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE</b>	<b>111</b>
1.1 Opérations de dragage réalisées au sein du SIN	115
1.2 Opérations de dragage réalisées en dehors d'une zone SIN	123
<b>2. PLAN D'ACTION POUR LA GESTION DURABLE DES SÉDIMENTS CONTAMINÉS</b>	<b>130</b>
<b>3. APPLICATION DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) AU PLAN D'ACTION DE SÉDIMENTS PROPOSÉ PAR GRRINPORT</b>	<b>138</b>
3.1 Définition du but et de la portée	138
3.2 Résultats	140
<b>4. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>141</b>
4.1 Normative	143
<b>5. ANNEXE A - EXEMPLES DE BONNES PRATIQUES: UN REGARD SUR L' EUROPE</b>	<b>144</b>
<b>6. ANNEXE B – PUBLICATION DES RÉSULTATS DE L'ACV DANS UNE REVUE SCIENTIFIQUE</b>	<b>154</b>

## **LIGNES DIRECTRICES ET CART GÉOREFÉRENCÉE POUR LE SUIVI DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DÉRIVANT DES INTERVENTIONS ANTHROPIQUES DANS LES PORTS** **155**

<b>PREMISSE</b>	<b>156</b>
<b>1. CADRE COGNITIF</b>	<b>160</b>
1.1 Le contexte italien	160
1.1.1 MOUVEMENTS DE SÉDIMENTS DUS AUX INTERVENTIONS PRÉVUES SUR LES FONDS MARINS	160
1.1.2 EAUX DE DRENAGE DES RÉSERVOIRS DE PONTAGE	172
1.1.3 ÉVÈNEMENTS ACCIDENTELS SUR LES NAVIRES EN PROXIMITÉ DES PORTS	178
1.2 Le contexte français	184
1.2.1 LA LÉGISLATION FRANÇAISE RELATIVE AUX REJETS	187
1.2.2 LA NOTION DE DOMMAGE ENVIRONNEMENTAL DANS LA LÉGISLATION FRANÇAISE	189
<b>2. CADRE DE ZONE D'INTÉRÊT</b>	<b>193</b>
2.1 Classification Géomorphologique	195
2.2 Analyse Hydrologique	195
2.3 Système de collecte et de gestion des eaux pluviales et des eaux usées	196
2.4 Données Bathymétriques et Topographiques	196
2.5 Données Météo Marines	197
2.6 Qualité Des Eaux	198
2.6.1 TEST ÉCOTOXICOLOGIQUE	199
2.6.2 BIOACCUMULATION AVEC MYTILUS GALLOPROVINCIALIS	200
2.6.3 BIOMARKERS	201
2.6.4 TESTS IN SITU	202
2.6.5 MICROORGANISMES	202
2.7 Présence de cingles sensibles	205
2.7.1 POPULATION BIOCÉNOTIQUE	205
2.7.2 PRAIRIE DE POSIDONIA OCEANICA	206
<b>3. LE PLAN DE SURVEILLANCE</b>	<b>208</b>
3.1 Surveillance des activités de manutention des sédiments au port	210
3.2 Surveillance des interventions de confinement et d'élimination des déversements accidentels d'hydrocarbures et autres eaux usées	217
<b>4. ANNEXE 1 – ESEMPLI DE CARTES SIG</b>	<b>222</b>
<b>5. ANNEXE 2 – BIBLIOGRAPHIE CITÉE ET DE CONSULTATION</b>	<b>234</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>247</b>

## Prémisse

**GRRinPORT - Gestion durable des déchets et eaux usées dans les ports** est un projet qui a débuté en avril 2018, terminé en Juin 2021, financé par le Programme Opérationnel Interreg Italie-France Maritime. L'objectif général de GRRinPORT a été **d'améliorer la qualité de des eaux marines dans les ports** en limitant l'impact de l'activité portuaire et du trafic maritime sur l'environnement.

Pour atteindre cet objectif général, GRRinPORT a défini un **ensemble de bonnes pratiques pour la gestion des déchets et des eaux usées produites à bord des navires et des sédiments dragués dans les eaux portuaires**, conformément aux principes de la valorisation des ressources et économie circulaire. Les bonnes pratiques s'adressent aux organismes de gestion et aux utilisateurs des zones portuaires et peuvent être étendu à tous les ports de la zone du Programme et, en perspective, à l'ensemble du bassin méditerranéen.

GRRinPORT a cherché à promouvoir **le repositionnement des structures portuaires dans un contexte éco-durable et éco-innovant** avec une avec une approche de coopération transfrontalière basé sur un certain nombre d'éléments innovants. En effet, le principal effet négatif du système actuel de gestion des eaux usées et des déchets dans les ports, c'est-à-dire la pollution des eaux et des sédiments portuaires, découle principalement du manque d'information et de sensibilisation des usagers du port, du manque ou de l'absence d'infrastructures de livraison dans les ports, mais aussi de la nécessité pour les usagers de s'adapter à différentes règles et procédures dans chaque port/pays.

Avec un budget de 1 276 054,12 €, dont 1 084 646,00 € financés par le Fonds Européen de Développement Régional, les partenaires de GRRinPORT ont atteint les objectifs du projet par : i) la définition de **Plans d'Action** pour la gestion durable des déchets et des eaux usées produits à bord des navires et des sédiments de dragage, adressés aux organismes gestionnaires et aux utilisateurs des zones portuaires, ii) la mise en œuvre **d'Actions Pilotes** spécifiques pour la gestion des déchets, des déversements accidentels d'hydrocarbures et des sédiments de dragage contaminés, contribuant ainsi à la diffusion d'approches communes et vertueuses entre des installations situées dans des pays différents mais partageant le même environnement marin, la mer Méditerranée. De cette façon, les installations portuaires sont améliorées au-delà de la simple fonctionnalité, en créant, si elle est absente, ou en améliorant, si elle est manquante, la **connexion** entre les stratégies de gestion des déchets et des eaux usées dans les ports concernés et dans les territoires dans lesquels ils sont situés.

Plus précisément, les activités du projet GRRinPORT visaient à :

*1) Améliorer la gestion dans les ports des déchets générés par le trafic maritime et les activités portuaires en la préparation de :*

a) une étude des préférences individuelles concernant l'activité de collecte et de stockage des déchets à bord et leur livraison au port, visant à comprendre les préférences individuelles des utilisateurs (pêcheurs, plaisanciers, grands navires, touristes, résidents) des installations portuaires de Cagliari, Ajaccio et Livourne.

b) un **Plan d'Action pour la gestion durable des déchets**

**dans les ports**, contenant des indications sur les approches et les procédures pour visant à optimiser et à harmoniser la gestion à bord, les types de conteneurs, les communications navire-port, livraison et stockage temporaire dans le port. Les activités d'étude ont été réalisées dans les ports de Cagliari, Livourne, Ajaccio et Bastia.

c) un'APP pour informer les utilisateurs du port des services écologiques promus par le Projet et pour fournir la localisation des zones équipées par le Projet et des zones équipées où les plaisanciers peuvent déposer les déchets produits à bord de leurs bateaux. La **App GRRinPORT** est disponible sur les principales boutiques pour Android et iOS, en italien, français et anglais

2) *Améliorer la gestion dans les ports des eaux usées générées par le trafic maritime et l'activité portuaire par la mise à disposition de :*

d) un **Plan d'Action pour la gestion durable des eaux usées et des déversements accidentels dans les eaux portuaires** contenant des indications sur les approches et les procédures visant à optimiser et à harmoniser la gestion à bord, la communication navire/port, la livraison des eaux usées et la gestion des déversements accidentels d'hydrocarbures. Les actions d'étude ont été réalisées dans les ports de Cagliari, Livourne, Ajaccio et Bastia. L'objectif a également été atteint par la réalisation de deux **Actions Pilotes**, mises en œuvre dans le port de Cagliari (Zone équipée pour l'aspiration et le transport des eaux usées des bateaux de plaisance et pour la vérification des performances des produits recyclables en laine de mouton, à utiliser pour le confinement des déversements d'hydrocarbures dans l'eau) et d'une action pilote mise en œuvre dans les ports de Cagliari, Ajaccio et Livourne (Zone équipée pour la collecte et le stockage des huiles végétales usagées).

e) **Des lignes directrices et une carte géoréférencée** pour le suivi des impacts environnementaux des activités humaines dans les ports. Cette action a concerné les ports de Cagliari, Livourne, Ajaccio et Bastia.

3) *Optimiser les systèmes de traitement des sédiments de dragage contaminés dans les ports par la préparation de :*

f) un **Plan d'Action** pour la gestion durable des sédiments contaminés résultant des activités de dragage du port. Le plan contient également les résultats obtenus par **l'Action Pilote** (Zone équipée pour le traitement des sédiments de dragage contaminés) qui prévoyait deux installations différentes conçues et mises en service à Livourne et à Pise grâce auxquelles des études sur le traitement des sédiments contaminés ont été réalisées dans le but de réduire la quantité à utiliser comme décharge, par l'identification de méthodologies techniquement et économiquement efficaces pour l'élimination des contaminants organiques et inorganiques sur des matrices de composition différente, dans l'optique d'une économie circulaire permettant, par conséquent, la réutilisation du matériel décontaminé.

Le partenaire principal du projet GRRinPORT était **l'Université de Cagliari**, qui a participé avec deux départements, **DICAAR - Département d'ingénierie civile, environnementale et architecturale** et **DISB - Département des sciences biomédicales**. Les autres partenaires du projet étaient la **Région autonome de Sardaigne**, avec la **Direction générale de l'Agence régionale du district hydrographique de Sardaigne**, RAS-ADIS; la **Mediterranean Sea and Coast Foundation (MEDSEA)**, **l'Université de Corse Pasquale Paoli** avec le Laboratoire **Lisa – Umr CnrS6240 Lieux, Identités, eSpaces et Activité**; l'Office des Transports de la Corse (OTC);

**l'Université de Pisa** avec le **DESTEC - Département d'ingénierie de l'énergie, des systèmes, du territoire et de la construction; l'Institut Supérieur de la Protection et de la Recherche Environnementale (ISPRA)**, Section Expérimentale pour l'évaluation du risque écologique marin du CN-COS, Livourne.

## Auteurs

Nome	Istituzione
<b>Alessandra Carucci</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Giorgia De Gioannis</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Daniela Spiga</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Aldo Muntoni</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Elena Tamburini</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Raffaella Lussu</b>	Université de Cagliari - UNICA
<b>Isabella Pecorini</b>	Université de Pisa - UNIPI
<b>Renato Iannelli</b>	Université de Pisa - UNIPI
<b>Alessio Ceccarini</b>	Université de Pisa - UNIPI
<b>Simona Di Gregorio</b>	Université de Pisa - UNIPI
<b>Fabiano Pilato</b>	ISPRA
<b>Simona Macchia</b>	ISPRA
<b>Andrea La Camera</b>	ISPRA
<b>Davide Sartori</b>	ISPRA
<b>Alessandro Lai</b>	SarLand Srls (au nom de RAS - ADIS)
<b>Alice Scanu</b>	SarLand Srls (au nom de RAS - ADIS)
<b>Antonio Corda</b>	RAS-ADIS
<b>Corinne Idda</b>	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
<b>Dominique Prunetti</b>	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
<b>Claudio Detotto</b>	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
<b>Olivier Beaumais</b>	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
<b>Josè Bassu</b>	OTC





**Développement de  
stratégies intégrées,  
transfrontalières et  
innovantes de gestion des  
déchets dans les ports**

**Plan d'action pour la gestion  
durable des déchets dans les ports**

## Prémisse

L'une des principales critiques apparues dans la gestion environnementale des ports est l'absence de procédures homogènes (même entre ports appartenant à la même route touristique et/ou commerciale) qui réglementent le dépôt, la gestion et le traitement des déchets produits à bord des bateaux, ce qui peut encourager l'utilisation de pratiques inappropriées et dangereuses pour l'environnement par les utilisateurs, ou peut provoquer des malentendus entre ces derniers et les opérateurs portuaires. Il est donc nécessaire de développer et de mettre en œuvre un modèle transfrontalier commun qui réglemente le dépôt et la gestion des déchets de manière homogène. À cette fin, ce Plan d'Action pour la gestion soutenable des déchets dans les ports a été élaboré, dans le but de fournir des Lignes Directrices pour le secteur, à partager entre les partenaires, les organismes de gestion et les utilisateurs finaux à travers des actions de formation, de communication et de sensibilisation appropriées. L'objectif est d'atteindre des normes environnementales élevées qui protègent le milieu marin de la pollution causée par le trafic maritime.

## 1. Introduction

La principale référence réglementaire opérant pour la protection du milieu marin pour la prévention de la pollution par les navires, due non seulement à des causes accidentelles, mais aussi à des opérations ordinaires, est la convention MARPOL 73/78 (MARitime POLLution), dite "Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires", adoptée au niveau international. Les États membres, en tant que parties contractantes à l'Organisation maritime internationale (OMI), doivent se conformer au respect de ses prescriptions portuaires et maritimes, en ce qui concerne la gestion des déchets et des polluants à bord, à l'interdiction de déchargement en mer et de dépôt au port. La convention MARPOL établit l'interdiction générale pour les navires de décharger des déchets en mer, mais réglemente également les conditions dans lesquelles certains types de déchets peuvent être rejetés dans le milieu marin. Cependant, au cours des vingt dernières années, la convention MARPOL et ses annexes ont été l'objet d'importants changements qui ont établi des règles et des interdictions plus strictes pour le rejet de déchets de navires à la mer. La Directive (UE) 2019/883, dans le but de protéger le milieu marin contre les effets négatifs des rejets de déchets de navires utilisant des ports situés sur le territoire de l'Union et en même temps d'assurer le bon fonctionnement du trafic maritime, prescrit d'améliorer la disponibilité et l'utilisation des installations portuaires pour la collecte des déchets des navires. La directive a aligné la législation de l'UE en conformité avec la convention MARPOL et s'applique à tous les navires, quel que soit leur drapeau, faisant escale ou opérant dans un port d'un État membre, à l'exception des navires effectuant des services portuaires, et à l'exception de navires de guerre, auxiliaires

navals ou d'autres navires appartenant à un État ou exploités par un État et utilisés, pour le moment, uniquement pour des services publics non commerciaux. Il convient de noter que les déchets produits par les navires, terme par lequel nous entendons tous les déchets, y compris les eaux résiduaires et les eaux de cale, produits à bord d'un navire, sont sujet à une planification spécifique conformément au décret législatif du 26 juin 2003 n. 182, en transposition de la directive 2000/59/CE, actuellement désormais abrogée par la directive 2019/883/CE. Cette dernière a également modifié la définition des « déchets de navires » pour inclure les déchets pêchés accidentellement, c'est-à-dire collectés dans les filets lors des opérations de pêche.

## COMPARAISON DES DÉFINITIONS

Directive (UE) 2019/883:

**déchets de navire :** tous les déchets, y compris les résidus de cargaison, générés pendant les opérations de service d'un navire ou pendant les opérations de chargement, de déchargement et de nettoyage, et entrant dans le champ d'application des annexes I, II, IV, V et VI de la convention MARPOL, ainsi que des déchets accidentellement capturés.

Directive 2000/59/CE:

**déchets d'exploitation des navires :** tous les déchets, y compris les eaux résiduaires, et les résidus autres que les résidus de cargaison, générés pendant le service d'un navire et relevant du champ d'application des annexes I, IV et V de MARPOL 73/78, ainsi que les déchets associés à la charge visée dans les lignes directrices pour la mise en œuvre de l'annexe V de MARPOL 73/78.

## EN ÉVIDENCE

La Directive (UE) 2019/883 doit être mise en œuvre par les États membres au plus tard le 28 juin 2021. Il convient de noter qu'en Italie le projet de loi « Salva mare » est en cours d'approbation, contenant des « dispositions pour la valorisation des déchets en mer et dans les eaux intérieures et pour la promotion de l'économie circulaire », approuvée par la Chambre des députés et actuellement en discussion à la Commission Environnement du Sénat. La disposition prévoit que les entrepreneurs de la pêche peuvent récupérer les déchets solides dispersés en mer lors de l'exercice de l'activité de pêche pour les déposer, sans aucune charge économique pour eux, aux îles écologiques installées dans le port pour la collecte. Le coût sera redistribué « sur l'ensemble de la communauté » grâce à une nouvelle composante incluse dans la taxe sur les déchets. C'est une mesure d'une extrême importance et d'urgence étant donné que, jusqu'à présent, les pêcheurs ont été contraints de jeter des déchets, principalement du plastique, accidentellement dans le réseau, afin de ne pas commettre le crime de transport illicite de déchets ou d'être accablés par les frais d'élimination connexes.

En outre, les principes fondamentaux établis pour la gestion des déchets par la directive 2008/98/CE sont également appliqués dans la gestion des déchets produits par les navires et transférés vers les infrastructures de collecte portuaire, y compris, en plus de l'institution de systèmes de tri sélectif et aux objectifs de réduction de la quantité de déchets, la hiérarchie selon laquelle la réutilisation et le recyclage sont

privilégiés par rapport aux autres formes de valorisation et d'élimination.

Le décret législatif 182/2003 a pour but la conservation et l'amélioration de la qualité du milieu marin et la réalisation de cet objectif est poursuivie par la création de zones spéciales équipées pour la collecte des déchets et des résidus des navires, les soi-disant installations de réception portuaires (IPR) (d'après la traduction de la définition originale « port reception facilities »). Une « installation de réception portuaire » est toute structure fixe, flottante ou mobile capable de fournir le service de collecte des déchets des navires (Directive (UE) 2019/883). L'organisation, au sein de chaque port, d'un système efficace de collecte des déchets des navires et la disponibilité d'installations portuaires adéquates de collecte sont essentielles pour la mise en œuvre effective de la politique de « tolérance zéro des rejets illégaux des navires ». En outre, l'article 5 du décret-loi 182/2003 impose à l'Autorité Portuaire l'obligation d'établir un plan de collecte et de gestion des déchets produits par les navires. Cependant, bien que l'élaboration de ce plan soit une obligation réglementaire, il n'y a pas d'action de coordination nationale et transfrontalière qui uniformise les modalités de gestion des différentes catégories de déchets à bord des bateaux et dans les ports, à travers un service répondant aux critères de facilité d'accès et d'efficacité.

Le 1er mars 2018, l'OMI a adopté le guide consolidé révisé à l'intention des gestionnaires et des utilisateurs des installations de réception portuaires (MEPC.1/Circ. 834/Rev.1) (« Guide consolidé de l'OMI ») qui comprend des formats standard pour la notification des déchets, pour la réception de la livraison des déchets et pour le signalement des insuffisances présumées détectées dans les installations de réception portuaires. La convention MARPOL exige que les

informations sur les installations de réception portuaires soient tenues à jour et communiquées à l'OMI qui, à cette fin, a créé une base de données dans son système mondial intégré d'information sur le trafic maritime («GISIS»). En ce qui concerne l'adéquation, la directive (UE) 2019/883 précise que les installations de collecte des déchets portuaires sont considérées comme adéquates si elles sont en mesure de répondre aux besoins des navires utilisant le port, sans leur causer de retards injustifiés, comme également spécifié dans les orientations consolidées de l'OMI et dans les directives de l'OMI [résolution MEPC. 83 (44)]. Afin de garantir l'adéquation des installations de réception portuaires, il serait essentiel d'élaborer, de mettre en œuvre et de réviser les plans de collecte et de gestion des déchets, après consultation de toutes les parties intéressées, telles que les utilisateurs et exploitants du port ou leurs représentants, les autorités locales compétentes, les gestionnaires des services d'accueil portuaires, les représentants de la société civile.

Malgré ces évolutions réglementaires, les rejets de déchets dans la mer continuent de se produire, entraînant des coûts environnementaux, sociaux et économiques importants. Cela est dû à une combinaison de facteurs, notamment l'absence d'installations de collecte adéquates dans certains ports, une application souvent insuffisante de la législation et le manque d'incitations au dépôt des déchets terrestres (directive (UE) 2019/883).

Il n'est pas acceptable que les efforts de tri des déchets à bord des navires et des bateaux de plaisance, conformément aux normes et standards internationaux, soient compromis par le manque d'organisation et de normalisation du tri sélectif à terre.

Les informations collectées lors des activités du projet GRRinPORT et les analyses menées sur le système actuel de

gestion des déchets dans les Ports du projet, objet des Rapports Π.1.1, Π.1.2 et Π.2.2, ont permis d'identifier les principaux enjeux critiques et proposer les solutions possibles.

## 2. Classification des déchets d'exploitation des navires

Les installations de réception portuaires doivent pouvoir collecter les fractions de déchets différenciés conformément aux catégories établies dans la convention MARPOL.

Ce document traitera en particulier de la gestion des déchets visés à l'annexe V de la convention MARPOL, tandis que celle des huiles et eaux usées, visées aux annexes I et IV, sera détaillée dans le Plan d'Action pour la gestion des eaux résiduaires.

### EN ÉVIDENCE

**En ce qui concerne les déchets visés à l'annexe V, les types suivants sont indiqués:**

- Plastique
- Gaspillage alimentaire
- Déchets ménagers (produits en papier, chiffons, verre, métal, etc.)
- Huile de cuisson
- Cendres produites par les incinérateurs
- Déchets d'exploitation
- Carcasses d'animaux
- Engins de pêche
- Déchets d'équipements électriques et électroniques
- Résidus de cargaison (nocifs pour le milieu marin)
- Résidus de cargaison (non nocifs pour le milieu marin)

**Auxquels il convient d'ajouter, bien que non régis par la convention MARPOL, mais signalés par la directive (UE) 2019/883:**

- Déchets pêches accidentellement.

Pour chaque type, chaque port devrait fournir, dans son Plan de collecte et de gestion des déchets et par voie électronique, dans la partie dédiée du système d'information, de surveillance et d'application visé à l'article 13 de la Directive (UE) 2019/883, des informations claires concernant:

- disponibilité des structures: types (conteneurs, monte-charge, barges, compacteurs, présence/ besoin de chariots élévateurs pour le retrait des déchets, etc.) et capacité en m<sup>3</sup>;
- procédures de recouvrement et méthodes de dépôt:
  - nécessité d'utiliser des sacs avec des caractéristiques spécifiques;
  - séparation du verre par couleur, retrait des bouchons, etc.
  - séparation du papier en présence de contamination;
  - séparation plastique par type (par exemple emballage et plastique dur);
- les prix et toutes limites sur les quantités et les types qui peuvent être transférés;
- tout système d'incitation sur les matières recyclables transférées.

Il est important que les utilisateurs finaux reçoivent des informations claires et correctes pour améliorer la gestion des déchets à bord et au port.

### 3. Plans de collecte et de gestion des déchets dans les ports

Conformément à la directive (UE) 2019/883, les plans de collecte et de gestion des déchets dans les ports, établis en fonction de la dimension du port et du type de navires qui y font escale, doivent inclure :

- l'évaluation du besoin d'installations de réception portuaires en fonction des besoins des navires qui font habituellement escale au port;
- description du type et de la capacité des installations de réception portuaires;
- la description des procédures d'acceptation et de collecte des déchets des navires;
- la description du système de recouvrement des coûts;
- la description de la procédure de signalement des insuffisances présumées constatées dans les installations de réception portuaires;
- la description de la procédure de consultation permanente avec les utilisateurs du port, les sociétés de gestion des déchets, les exploitants de terminaux et les autres parties intéressées;
- un aperçu du type et des quantités de déchets livrés par les navires et gérés dans les installations.

En outre, les plans de collecte et de gestion des déchets portuaires peuvent inclure :

- un résumé de la législation nationale pertinente, de la procédure et des formalités de livraison des déchets aux installations de réception portuaires;
- identification d'un point de contact dans le port;
- une description des installations et des processus de

prétraitement pour tout flux de déchets spécifique dans le port;

- une description de la façon d'enregistrer l'utilisation réelle des installations de réception portuaires;
- une description des procédures d'enregistrement des quantités de déchets livrés par les navires;
- une description de la manière dont les différents flux de déchets sont gérés dans le port.

## 4. Identification des principaux aspects critiques et des objectifs prioritaires

Les produits développés dans le cadre du projet GRRinPORT, notamment les produits T1.1.1 « Rapport des flux », T1.1.2 « Rapport des procédures de gestion des déchets » et T1.2.2 « Rapport des expressions de préférence », ont permis d'identifier un ensemble d'objectifs prioritaires en vue de la mise en œuvre d'actions pour une gestion transfrontalière intégrée des déchets dans les ports.

Au cours du développement des produits susmentionnés, il est apparu que, dans certains ports de la zone d'étude, les installations de collecte et de gestion des déchets devaient être considérablement améliorées, voire mises en œuvre. À cette fin, il est essentiel de vérifier la capacité d'hébergement des ports par rapport aux différents types de déchets, différenciés par les catégories indiquées au paragraphe 2.

En outre, il y avait une volonté encourageante de la part des utilisateurs des zones portuaires de payer des redevances liées à la mise en œuvre d'un système efficace de tri sélectif des déchets; cependant, les préférences étaient hétérogènes, tout comme la volonté de contribuer aux coûts. La criticité représentée par la disponibilité de données fragmentées et d'informations sur la gestion des déchets produits par les navires et des résidus de cargaison, qui ne permettent pas d'avoir une image complète de la question des déchets, est mise en évidence. Étant donné que, comme l'exige la Directive (UE) 2019/883, une partie du tarif indirect que les navires doivent payer au moment de l'escale comprend une partie des coûts directs totaux pour le traitement des déchets livrés au cours de l'année précédente, il est nécessaire de collecter et mettre à jour systématiquement les

données sur l'élimination des déchets. Il est apparu que les outils utilisés pour la traçabilité et le suivi des déchets produits dans la zone portuaire sont souvent qualitativement déficients ou inadaptés. Le manque de données sur les flux de déchets livrés aux installations de collecte portuaires, en termes de quantité et de type de déchets, entrave le suivi efficace des activités. En outre, les informations sur les inspections portuaires, ainsi que les exonérations accordées aux navires en trafic de ligne, ne sont pas systématiquement échangées entre les acteurs concernés et entre les États membres, ce qui complique la gestion tant au niveau national que transfrontalier.

Un autre problème critique qui a émergé est l'utilisation fréquente de la possibilité d'exemption de l'obligation de livrer des déchets. On sait qu'un navire peut se rendre au prochain port d'escale sans avoir livré les déchets si:

- le navire exploite un service de ligne avec des escales fréquents et réguliers;
- il existe un accord qui garantit la livraison des déchets et le paiement des tarifs dans un port tout au long du voyage du navire; cet accord doit être motivé par un contrat signé avec un port ou une société de gestion des déchets et des récépissés de livraison des déchets, notifié à tous les ports situés le long de la route du navire et accepté par le port où la livraison et le paiement ont lieu; il peut s'agir d'un port de l'Union ou d'un autre port, dans lequel des installations adéquates sont disponibles;
- l'exemption ne porte pas atteinte à la sécurité maritime, à la santé, aux conditions de vie et de travail à bord ou au milieu marin.

Afin d'accorder l'exemption, il doit évidemment y avoir une capacité de stockage suffisante dédiée à tous les déchets qui

ont déjà été accumulés et qui seront accumulés lors du voyage prévu du navire vers le prochain port d'escale. Le certificat d'exemption confirmera que le navire remplit les conditions et obligations nécessaires à l'application de l'exemption elle-même et certifie sa durée.

Il est jugé opportun, afin d'appliquer la dérogation ou la possibilité d'exemption à l'obligation de dépôt, une intensification des contrôles, même aléatoires, visant à vérifier « une capacité de stockage suffisante », en utilisant efficacement l'instrument de notification préalable pour sélectionner les navires à inspecter, un échange fructueux d'informations par voie électronique entre les différents ports, concernant les déchets produits, stockés et déchargés des navires, afin de minimiser les risques de comportement illégal. En outre, la capacité de stockage devrait être déterminée de manière harmonisée, sur la base d'une méthodologie et de critères communs. Afin d'assurer l'uniformité de l'application de la dérogation, la Commission Européenne adoptera des actes d'exécution afin de définir les méthodes à utiliser pour le calcul d'une capacité de stockage dédiée suffisante.

Dans le but de capitaliser sur les expériences acquises par les partenaires des autres projets Interreg 2014-2020 du cluster thématique «Qualité des eaux portuaires, gestion des déchets et eaux résiduaires dans les ports», la criticité est apparue et confirmée dans le Produit T1.2.1 du Projet des NO-impacts, représentée par la présence de flux importants de déchets solides non suffisamment différenciés (relevant du chapitre CER 20) qui limitent la possibilité de gestion des déchets dans une perspective d'économie circulaire.

A l'origine de ce phénomène, on note le manque de responsabilisation des utilisateurs et l'absence d'un système

efficace de gestion des déchets, notamment le biodéchets biodégradable (résidus alimentaires), notamment dans le cas des grands navires.

L'examen des données collectées et des criticités a permis d'identifier quelques objectifs stratégiques fortement interdépendants et orientés vers les interventions à mettre en œuvre:

- l'amélioration de la disponibilité et de l'utilisation des installations de réception portuaires;
- communication d'informations claires et facilement accessibles, dans la langue officielle de l'État membre où le port est situé et dans une langue utilisée au niveau international, sur la localisation des IPR, les horaires de travail, la liste des déchets jetables, les procédures de livraison, les contacts opérateurs et services proposés, structuration du système de recouvrement des coûts;
- identification et application d'incitations économiques appropriées pour améliorer la gestion des déchets à bord des navires et pour leur dépôt vers les IPR ;
- -adoption de certifications environnementales pour la gestion soutenable des déchets à bord.

## 5. Aspects tarifaires

Si la priorité d'éviter les rejets illégaux en mer est partagée par tous les acteurs concernés, la manière dont le système tarifaire est structuré l'est moins. Les redevances relatives aux installations portuaires et aux services de gestion des déchets produits par les navires sont couvertes par un tarif à la charge des navires.

Le système de recouvrement des coûts des IPR par l'application de tarifs fixes ou indirects, établi par la directive (UE) 2019/883, prévoit le paiement d'un tarif fixe pour les services fournis par les IPR et pour le dépôt des déchets au lieu de débarquement, indépendamment du dépôt effectif des déchets par les navires et sans autres charges directes en cas d'utilisation. Les secteurs de la pêche et de la plaisance devront également être soumis à des impôts indirects, compte tenu de leur contribution à la production de déchets marins. Il est possible de fixer une limite maximale aux quantités pouvant être transférées sans frais supplémentaires, au-delà desquelles, en revanche, un tarif direct supplémentaire peut être appliqué. De cette manière, on estime que les utilisateurs seront incités à décharger les déchets au port, sans exiger une exemption de l'obligation actuelle de dépôt.

En général, le tarif est déterminé par l'Autorité portuaire et, pour les déchets, il est calculé conformément aux dispositions suivantes:

- a) une redevance fixe, indépendante de l'utilisation effective du service de collecte portuaire, proportionnée de manière à couvrir au moins 35% des coûts d'investissement et d'exploitation du service même;

- b) une part variable liée à la quantité et au type de déchets effectivement livrés par le navire au service de collecte, proportionnée de manière à couvrir la part des coûts non couverte par la part fixe.

Des tarifs différents peuvent être établis en fonction de la catégorie, du type et des dimensions du navire, pour la fourniture de services aux navires en dehors des heures normales de travail dans le port, en fonction de la nature dangereuse des déchets. Des tarifs réduits peuvent être envisagés en fonction du type de trafic pour lequel les navires sont utilisés (par exemple ceux utilisés pour le transport maritime à courte distance, avec des escales fréquentes et régulières) et pour les navires conçus, équipés ou utilisés pour minimiser les déchets et les gérer dans une manière soutenable pour l'environnement et compatible.

Il est clair que, pour inciter à l'utilisation maximale du service de dépôt des déchets visé à l'annexe V de la convention MARPOL, les tarifs établis pour le dépôt ne doivent pas créer d'effet dissuasif à l'utilisation des installations de réception portuaires et, au contraire, une incitation pour les navires à déverser leurs déchets en mer. L'objectif est d'une part d'assurer l'efficacité du service offert par le port et d'autre part de faciliter le dépôt par l'opérateur du navire.

### 5.1 Exemples de tarification: le cas du port de Cagliari

Les règles tarifaires pour la réalisation du service portuaire de gestion des déchets dans le port de Cagliari sont indiquées dans le « Plan de collecte et de gestion des déchets produits par les navires et des résidus de cargaison » (2014-2016).

Pour les déchets « ordures », le tarif fixe est différencié selon le type de bateau et précisément :

- pour les navires à passagers, il est calculé en fonction des mètres cubes produits, sur la base du nombre de passagers et de personnel embarqués et transportés;
- pour les navires marchands amarrés au port selon le tonnage brut.

Tout excédent, par mètre cube, est facturé en comptant le coût de l'élimination des déchets et le supplément pour l'exécution du service.

En particulier, en ce qui concerne les navires à passagers, deux tranches sont envisagées, en fonction du nombre de personnes (équipage et passagers) qu'ils ont transportées; s'il est inférieur à 600 unités, un tarif fixe devrait être paramétré sur la production moyenne de 2 m<sup>3</sup> de déchets à laquelle une augmentation éventuelle s'ajoute pour chaque m<sup>3</sup> conféré en surplus de la quantité moyenne de 2 m<sup>3</sup>; s'il dépasse 600 unités, un tarif fixe devrait être paramétré à la production moyenne de 4 m<sup>3</sup>, auquel s'ajoute un éventuel supplément pour excédents.

Pour les cargos, il existe 3 classes réparties sur la base du tonnage (T.S.):

- 0 à 3.000 T.S.  
3.001 à 6.000 T.S.
- plus de 6.000 T.S.

Un tarif fixe est envisagé sur la base de la production moyenne de 1 m<sup>3</sup> de déchets en fonction du tonnage auquel s'ajoute une éventuelle augmentation pour chaque mètre cube conféré en surplus de la quantité de 1 m<sup>3</sup>. Pour le service fourni par bateau à moteur aux navires dans le port, en plus

du tarif marchand, on applique l'additionnel bateau à moteur supplémentaire calculé en fonction de la distance du port.

Les navires à passagers et les cargos qui obtiennent une dérogation ou une exemption et n'utilisent pas le service portuaire seront tenus de payer la redevance fixe pour chaque catégorie de navire.

Pour les navires effectuant des voyages de moins de 6 heures et de moins de 12 heures, une réduction de 50% et 20% respectivement est envisagée, à condition qu'ils prouvent qu'ils ont livré les déchets au port d'origine. La réduction sera appliquée au taux à payer: en cas de non-attribution uniquement sur la rémunération fixe, en cas d'attribution sur la somme de la rémunération fixe et de la part excédentaire (si due).

Pour les bateaux de plaisance, les bateaux de pêche et les petits bateaux, compte tenu de leur regroupement dans des zones en concession à des opérateurs uniques, un système tarifaire unique a été élaboré. Plus précisément, pour les embarcations de plaisance et les unités de pêche, un taux fixe annuel a été identifié, déterminé par l'Autorité portuaire en accord avec les représentants du secteur et le concessionnaire des déchets.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des critères tarifaires et les tarifs actuels appliqués dans le port de Cagliari pour les ordures.

## EN EVIDENCE

NAVIRES À PASSAGERS		CARGOS		
≤ 600 passagers y compris l'équipage	> 600 passagers y compris l'équipage	0 - 3.000 T.S.	3.001 - 6.000 T.S.	> 6.001 T.S.
Tarif fixe jusqu'à 2 m <sup>3</sup> € 158,40	Tarif fixe jusqu'à 4 m <sup>3</sup> € 237,6	Tarif fixe jusqu'à 1 m <sup>3</sup> € 39,60	€ 55,44	€ 95,04
Excédent avec un surplus de 2 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52	Excédent avec un surplus de 4 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52	Excédent avec un surplus de 1 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52		
<b>SERVICE EN LIGNE AVEC AÉROPORTS FRÉQUENTS ET RÉGULIERS</b>				
Tarif fixe jusqu'à 1 m <sup>3</sup> € 79,2	Tarif fixe jusqu'à 2 m <sup>3</sup> € 118,80	Tarif fixe jusqu'à 1 m <sup>3</sup> € 31,68	€ 43,56	€ 71,28
Excédent avec un surplus de 1 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52	Excédent avec un surplus de 2 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52	Excédent avec un surplus de 1 m <sup>3</sup> (à m <sup>3</sup> ) € 47,52		

PLAISANCE AMARRÉ	PLAISANCE EN TRANSIT	NAVIRE DE PÊCHE
Tarif fixe annuelle € 158,40	Tarif fixe bimensuelle € 7,92	Tarif fixe annuelle € 79,2
Traitement à m <sup>3</sup> € 47,52	Traitement à m <sup>3</sup> € 47,52	Traitement à m <sup>3</sup> € 47,52

## 5.2 Exemples de tarification: le cas du port de Livourne

Le tarif pour l'exécution des services de collecte et de gestion des déchets et des résidus de cargaison produits par les navires qui se rendent au port de Livourne est indiqué à l'Annexe 2 de l'Ordonnance no. 25 du 25/09/2018 de l'AdSP de la mer Tyrrhénienne du Nord. Les tarifs appliqués pour la réalisation du service portuaire de collecte des déchets au port de Livourne sont appliqués à un taux fixe à tous les navires qui accostent dans le port et, une fois par jour, dans le cas de plusieurs escales quotidiennes (pour les navires en service régulier qui relie Livourne au port de l'île de Capraia). Des taux différenciés sont appliqués en fonction des

quantités de déchets éliminés, divisés en solides, liquides et spéciaux.

Les réductions suivantes du taux d'amarrage sont envisagées:

- 10% pour les navires exemptés;
- 20% pour les navires ayant livré leurs déchets séparément.

EN EVIDENCE				
TYPE DE NAVIRE	T.j.b.	Tarif régulier €	En exemption €	Avec tri sélectif €
DE CROISIÈRE	Jusqu'à 25.000	1.209,30	1.087,84	967,97
	Plus de 25.000	1.343,66	1.209,30	1.074,43
PAR CARGAISON ET RO/RO TOUT MARCHANDISES	Jusqu'à 4.000	204,82	183,93	164,37
	De 4.001 a 18.000	227,01	204,82	181,33
	Plus de 18.000	249,16	224,37	199,59
FERRIES ET RO/RO PASSAGERS	Jusqu'à 4.000	271,34	243,95	216,55
	De 4.001 à 18.000	302,65	272,65	242,63
	Plus de 18.000	332,66	300,05	266,12

T.j.b. : tonneau de jauge brute

**ARIFS POUR LA LIVRAISON ET LA GESTION DES DÉCHETS**

Déchets solides similaires aux déchets urbains (CER 200301, 200101, 200102, 200138, 200139, 200140):

## 6. Systèmes de gestion de l'environnement

Au cours de la dernière décennie, le nombre de ports ayant adopté des systèmes de gestion environnementale certifiés en Europe a affiché une tendance à la hausse. Un Système de Management Environnemental est un ensemble d'activités et de processus de gestion visant à définir et atteindre des objectifs de réduction des impacts environnementaux, d'efficacité opérationnelle et de suivi fonctionnel des résultats. Les systèmes les plus courants dans le contexte portuaire européen sont, dans l'ordre, ISO 14001: 2015, EcoPorts PERS et EMAS.

L'objectif de l'ISO 14001 est de fournir un cadre pour la protection de l'environnement, en harmonie avec les besoins sociaux et économiques. Il indique les exigences pour l'adoption, par une organisation en général, d'un Système de Management Environnemental qui améliore sa performance environnementale et assure le respect des obligations réglementaires et l'atteinte des objectifs liés à la protection de l'environnement. Le standard peut être adopté virtuellement par tout type d'organisation qui entend gérer ses responsabilités environnementales de manière systématique, en conditionnant également tous les processus sous-jacents à la fourniture de biens et de services: dans une perspective de « cycle de vie », on veut éviter le transfert d'éventuels impacts négatifs d'une phase du cycle à une autre. Enfin, le standard vise à apporter des avantages opérationnels et financiers grâce à l'application de solutions efficaces d'un point de vue environnemental, et à prévoir des mesures de communication adéquates.

EcoPorts PERS (Port Environmental Review System) est le seul Système de Management Environnemental conçu spécifiquement pour le contexte portuaire. Sur la base des recommandations de l'Organisation Européenne des Ports Maritimes, PERS est conçu pour aider les autorités portuaires dans les processus de conformité environnementale, pour le développement soutenable des opérations portuaires, pour protéger l'environnement, améliorer la santé publique, compte tenu des questions liées au changement climatique. Étant un système sectoriel, flexible et adaptatif relativement aux changements législatifs, il peut être intégré à des outils plus vastes tels que ISO 14001 ou EMAS, avec lesquels il établit une relation claire. À l'instar de la norme ISO 14001, PERS peut conduire à des améliorations, ainsi qu'en termes de soutenabilité environnementale et de conformité aux réglementations, de nature économique, de «accountability» et de responsabilité et relations publiques, intégration de la gestion et de contrôle.

EMAS, acronyme de Eco-Management and Audit Scheme, est l'outil développé par la Commission européenne pour améliorer la performance environnementale des organisations et organismes de différents types. Il partage cet aspect d'ouverture avec l'ISO 14001, et les objectifs généraux avec ce standard et avec PERS. Il met ensuite l'accent sur les avantages liés à la crédibilité, à la transparence, à la gestion des risques et des opportunités et à l'implication des ressources humaines, aspects qui ne sont pas sans rapport avec les autres outils. EMAS intègre et vise à aller au-delà de l'ISO 14001, qui pour sa part bénéficie d'une plus grande diffusion au niveau mondial. L'adoption d'un Système de Management Environnemental unique n'empêche pas, mais favorise plutôt l'intégration avec les autres mentionnés ici: il existe des cas fréquents dans lesquels un port a obtenu la

certification pour deux ou tous les systèmes énumérés ici.

De même, dans le domaine maritime-naval, un cadre de référence est proposé par la norme ISO 21070: 2017, relative à la protection de l'environnement en matière de gestion des déchets à bord. Parmi les objectifs de ce standard, reconnus et recommandés par l'OMI, il y a l'augmentation de l'efficacité dans l'adoption de systèmes et technologies navals adéquats, et l'application de critères relatifs à la hiérarchie des déchets. Il convient de noter, en ce sens, que l'absence de hiérarchie des déchets dans les Plans de Collecte et de gestion des déchets dans les ports a été signalée par la Commission dans l'évaluation REFIT relative à la directive 2000/59/CE.

La directive UE 2019/883 prévoit que la gestion soutenable des déchets par les navires peut conduire à une réduction des tarifs de dépôt. Les critères d'identification des caractéristiques de cette gestion sont en cours de définition par la Commission Européenne et devraient être publiés pendant l'année en cours. La reconnaissance de l'ISO 21070 dans les contextes portuaires peut représenter une opportunité dans le cadre de l'identification des critères relatifs à la réduction des tarifs de dépôt des déchets.

## 7. Actions concrètes pour la gestion durable des déchets dans les ports

Le plan d'action proposé suit une logique classique selon laquelle chaque objectif stratégique est décliné en actions concrètes visant à impliquer efficacement les acteurs locaux. D'autres interventions intéressantes visant la gestion soutenable des déchets dans les ports, qui ne seront pas reproduites dans ce document, sont illustrées dans le Plan d'Action du Projet IMPACT-NO, auquel il convient de se référer pour plus d'informations. Il a identifié 15 mesures à caractère opérationnel, managérial et économique, visant notamment le gaspillage alimentaire et les emballages. Par exemple, il est suggéré l'adoption d'une stratégie pour réduire le gaspillage alimentaire dans les restaurants, les self-services, les bars, les cafés, à bord des grands navires et la stipulation d'accords avec les banques alimentaires ou les organisations caritatives, ainsi que l'utilisation de systèmes de traitement des déchets organiques (séchoirs, cellules de refroidissement rapide, compostage). Il est conseillé d'augmenter et d'améliorer les conteneurs, à l'usage des utilisateurs, pour le tri sélectif à bord, de prévenir la production de déchets en réduisant l'utilisation des emballages unidoses et jetables, d'organiser des campagnes de sensibilisation et d'information des passagers et de formation du personnel des navires pour encourager et améliorer le tri sélectif.

Le projet PORT-5R, appartenant au même pôle thématique que le projet GRRinPORT, vise la gestion soutenable des déchets produits par les navires dans les ports en adoptant la stratégie des 5R (en italien): Réduction, Réutilisation, Recyclage, Collecte, Valorisation. Dans le cadre du projet, un « Plan conjoint pour la prévention, la réduction et l'élimination

des déchets marins dans les ports » a été élaboré, qui considère les différentes manières de récupérer les déchets des navires en fonction du type de déchets même, les problèmes liés au transfert des déchets aux installations et la capacité des installations mêmes proportionnelles à la quantité de déchets collectés et donc au nombre de navires arrivant dans le port. Par ailleurs, un « Manuel du plaisancier » a été rédigé qui recueille les bonnes pratiques en référence aux 5R et promeut les comportements vertueux à suivre pour une gestion soutenable des déchets et effluents dans les ports.

### **O.S. 1) Améliorer les procédures de collecte et de gestion des déchets à bord et les infrastructures de collecte dans les ports**

Le premier objectif stratégique vise la mise en place de procédures et d'infrastructures adéquates basées sur la connaissance des flux à gérer. En effet, le projet a révélé un certain nombre de lacunes dans les services de collecte des déchets à la fois dans les ports et à bord des navires. En outre, il apparaît que la gestion des déchets n'est souvent pas soumise à un suivi attentif tant en termes de quantités que par rapport aux différents types de déchets.

Il est nécessaire de donner la priorité à la mise en œuvre dans la zone portuaire de pratiques vertueuses, visant à garantir une gestion soutenable et efficace des déchets. À cette fin, il est jugé essentiel de fournir des outils adaptés pour la réussite d'un tri sélectif efficace, de sorte que ce qui est déjà fait à terre le soit en mer.

## Tableau 1 - Action 1.1: Augmenter le pourcentage de déchets collectées séparément à bord des grands navires

But (s) de l'action	Installer à bord des conteneurs adaptés pour le tri sélectif des déchets, en nombre et type adéquats pour intercepter toutes les fractions de produits d'intérêt prévues par la convention MARPOL, en fournissant des panneaux appropriés pour sensibiliser. Cela permettra de mieux identifier les aspects quantitatifs et qualitatifs de la production de déchets à bord et
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• informations à bord sur le système de collecte et de traitement</li> <li>• mise en place du suivi quantitatif des déchets collectés</li> <li>• formation de tout le personnel à la gestion des déchets</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Société de transport maritime
Partenaires possibles	Villes, Autorités portuaires, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	6 à 12 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des quantités de déchets non valorisables</li> <li>• augmentation du pourcentage de déchets valorisés</li> <li>• normalisation des équipements destinés au tri sélectif à bord</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantité de déchets produits par type de déchet et utilisateur</li> <li>• nombre d'installations à bord</li> <li>• efficacité d'interception des différentes fractions</li> </ul>

## Tableau 2 - Action 1.2: Augmenter le pourcentage de déchets collectées séparément dans les installations

But (s) de l'action	Les ports commerciaux sont tenus de mettre en place des infrastructures portuaires de collecte capables de gérer les types et les quantités de déchets produits par les navires qui utilisent normalement le port. Le tri sélectif des déchets doit être défini conformément aux catégories de déchets de la convention MARPOL et effectué à l'aide d'équipements et d'équipements uniformes dans chaque port de commerce
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>normalisation des infrastructures selon la convention MARPOL</li> <li>réduction de l'impact environnemental du transport maritime</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>augmentation du nombre de conteneurs de tri sélectif</li> <li>normalisation des installations de réception portuaires</li> <li>réduction de la quantité de déchets non triés</li> <li>des structures efficaces pour éviter les retards dans les activités ordinaires des navires</li> <li>augmentation de la quantité de déchets valorisés</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>quantité de déchets gérés</li> <li>efficacité d'interception des différentes fractions</li> </ul>

### Tableau 3 - Action 1.3: Définir une procédure de suivi des quantités et types de déchets valorisés dans les ports et leurs modes de gestion

But (s) de l'action	<p>Afin de surveiller les types et les quantités de déchets et de résidus de cargaison produits par les navires, il est nécessaire et obligatoire de définir et d'appliquer une procédure appropriée de surveillance des flux.</p> <p>Il est également nécessaire d'assurer la traçabilité des flux de déchets et en particulier des flux dangereux, en créant un registre de suivi. Les éléments de suivi porteront, outre le type et la quantité, sur la gestion des déchets aussi bien à bord des navires qu'au port, avec une attention à la qualité des eaux portuaires, en particulier à la proximité des jetées pour le déchargement des matières dangereuses, les zones carénées, les stations de ravitaillement et la qualité des sédiments marins.</p> <p>Il est recommandé d'utiliser le format de notification visé à l'annexe 2 de la directive (UE) 2019/883 et le formulaire de réception de la livraison des déchets visé à l'annexe 3, afin d'uniformiser la procédure de collecte des données</p>
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>remplir les formulaires de notification préalable, les bons de livraison et les formulaires de traçabilité des déchets</li> <li>création d'un registre numérique de surveillance</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaire maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>une meilleure collecte et gestion des déchets</li> <li>traçabilité des déchets</li> <li>une meilleure gestion environnementale des déchets dans la zone portuaire</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>registre des formulaires correctement et régulièrement remplis</li> <li>nombre de bons de livraison et de fiches de traçabilité des déchets</li> </ul>

## Tableau 4 - Action 1.4: Préparer et mettre à jour les Plans de collecte et de gestion des déchets

But (s) de l'action	<p>Élaborer des plans de collecte et de gestion des déchets comprenant tous les éléments requis par la directive (UE) 2019/883. Cela permettra une harmonisation des plans élaborés pour les différents ports, facilitant la gestion des déchets selon un modèle commun.</p> <p>Les procédures de réception, de collecte, de stockage, de traitement et d'élimination devraient conduire à une réduction progressive de l'impact de ces activités sur l'environnement.</p>
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• s'adapter aux exigences de la directive (UE) 2019/883</li> <li>• mettre en œuvre le plan de gestion</li> <li>• impliquer toutes les parties intéressées</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une meilleure gestion des installations de réception portuaires</li> <li>• une meilleure mise en œuvre des procédures de réception et de collecte des déchets produits à bord des navires</li> <li>• un suivi correct du type et de la quantité de déchets livrés par les navires et gérés dans les infrastructures de réception portuaires</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantités de déchets gérés</li> <li>• nombre de fractions de déchets collectées séparément dans les infrastructures portuaires</li> <li>• présence de Plans de collecte et de gestion des déchets à jour conformes aux indications fournies par la Directive- cadre sur les déchets</li> </ul>

## Tableau 5 - Action 1.5: Mettre en place des groupes de travail périodiques afin d'améliorer les procédures de gestion des déchets à bord et au port

But (s) de l'action	Afin de partager les procédures de gestion des déchets entre tous les acteurs impliqués, définir les meilleures solutions, normaliser les méthodes de gestion des déchets à bord des bateaux et dans les ports et, le cas échéant, les améliorer périodiquement, il convient de mettre en place des tables de travail périodiques où chaque participant peut apporter sa propre contribution et partager son expérience, également afin d'améliorer et de standardiser les plans de collecte et de gestion des déchets
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• action de coordination nationale et transfrontalière</li> <li>• partage d'expériences</li> <li>• participation active à la proposition de nouvelles solutions</li> <li>• identification des bonnes pratiques</li> <li>• revue des procédures de gestion</li> <li>• organisation de formations périodiques du personnel et de campagnes d'information</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 18 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une meilleure collecte et gestion des déchets</li> <li>• une meilleure gestion environnementale des déchets dans la zone portuaire</li> <li>• facilité d'accès et efficacité du service</li> <li>• uniformité des procédures de gestion</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flux de déchets gérés dans le port</li> <li>• mise à jour des plans de collecte et de gestion des déchets</li> </ul>

## **O.S. 2) appliquer les conditions appropriées pour encourager et améliorer la gestion des déchets à bord des navires et dans les ports**

Le deuxième objectif stratégique a pour but de définir des conditions plus claires d'exemption pour l'attribution et d'appliquer des systèmes de tarification différenciés adéquats afin d'encourager les gestionnaires de port, les gestionnaires des compagnies maritimes et tous les utilisateurs des zones portuaires à être vertueux dans la gestion des déchets. Le terme « incitation » doit être compris comme une réduction du tarif ou l'application d'un tarif encourageant.

## Tableau 6 - Action 2.1: Définir les conditions d'exemption de dépôt

But (s) de l'action	Afin de réduire le nombre de cas pour lesquels un navire peut se rendre au prochain port d'escale sans avoir livré ses déchets, il est nécessaire de définir des conditions d'exemption de livraison plus strictes et des critères clairs. En particulier, il est nécessaire de définir: les méthodes et les critères à utiliser pour calculer la capacité de stockage dédiée suffisante; les critères permettant de distinguer les navires qui effectuent un service régulier avec des escales fréquentes et régulières (par exemple une escale dans le port x avec une fréquence d'au moins y fois par semaine/mois)
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identification claire de la capacité de stockage</li> <li>• présence d'infrastructures d'accueil portuaires performantes</li> <li>• harmonisation des conditions d'exemption et des procédures de demande et d'approbation</li> <li>• intensification des contrôles et inspections</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des rejets en mer</li> <li>• réduction globale des quantités de déchets non triés</li> <li>• meilleure gestion environnementale des déchets</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre de demandes de dispense de cession</li> <li>• nombre de demandes d'exemptions</li> <li>• accords sur la livraison des déchets et sur le paiement des tarifs dans un port donné</li> <li>• quantités de déchets différenciés</li> </ul>

## Tableau 7 - Action 2.2: Appliquer des incitations adéquates pour le tri sélectif des déchets à bord des navires et dans les ports

But(s) de l'action	La mise en place d'incitations et de coûts différenciés basés sur les performances en termes d'efficacité de la collecte sélective représente une solution qui permettrait de sensibiliser les producteurs de déchets à réduire les déchets. Cela améliorerait également les performances de collecte et de récupération à bord des navires. Il sera nécessaire de réaliser une étude préalable afin de déterminer le dispositif approprié à mettre en place ainsi que le coût induit.
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>réalisation d'une étude pour définir le tarif incitatif</li> <li>évaluation des coûts et bénéfices de cette politique</li> <li>actions de communication sur la politique et les plans tarifaires</li> <li>mise en œuvre coordonnée de cette politique dans les ports</li> <li>améliorer les performances de gestion des déchets à bord des navires</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 18 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>diminution globale des quantités de déchets non triés</li> <li>transparence des coûts pour l'utilisateur</li> <li>amélioration des performances de tri</li> <li>maîtrise des dépenses</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>quantités de déchets différenciés</li> <li>coût de la tri sélectif</li> </ul>

## Tableau 8 - Action 2.3: Mettre en place des incitations pour les bateaux "certifiés"

But(s) de l'action	Pour limiter l'impact des activités portuaires et du trafic maritime sur l'environnement, une réduction des taxes portuaires pour les exploitants de navires peut être mise en œuvre dans le respect des bonnes pratiques environnementales ou une tarification différenciée pour la collecte et le traitement des déchets et des eaux résiduaires des bateaux certifiés. Green Passport, Lloyd's Certifié Eco ou RINA Green Plus.
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• connaissance des normes de certification</li> <li>• améliorer les performances de gestion des déchets à bord des navires</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 18 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des quantités de déchets produits</li> <li>• amélioration de la qualité de l'environnement dans les ports</li> <li>• amélioration de la performance environnementale des bateaux</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• augmentation du nombre de navires certifiés</li> <li>• quantités de déchets produits</li> <li>• réduction de taxe pour les bateaux certifiés</li> </ul>

### O.S. 3) Promouvoir l'obtention de certifications environnementales et la participation à des programmes de coopération

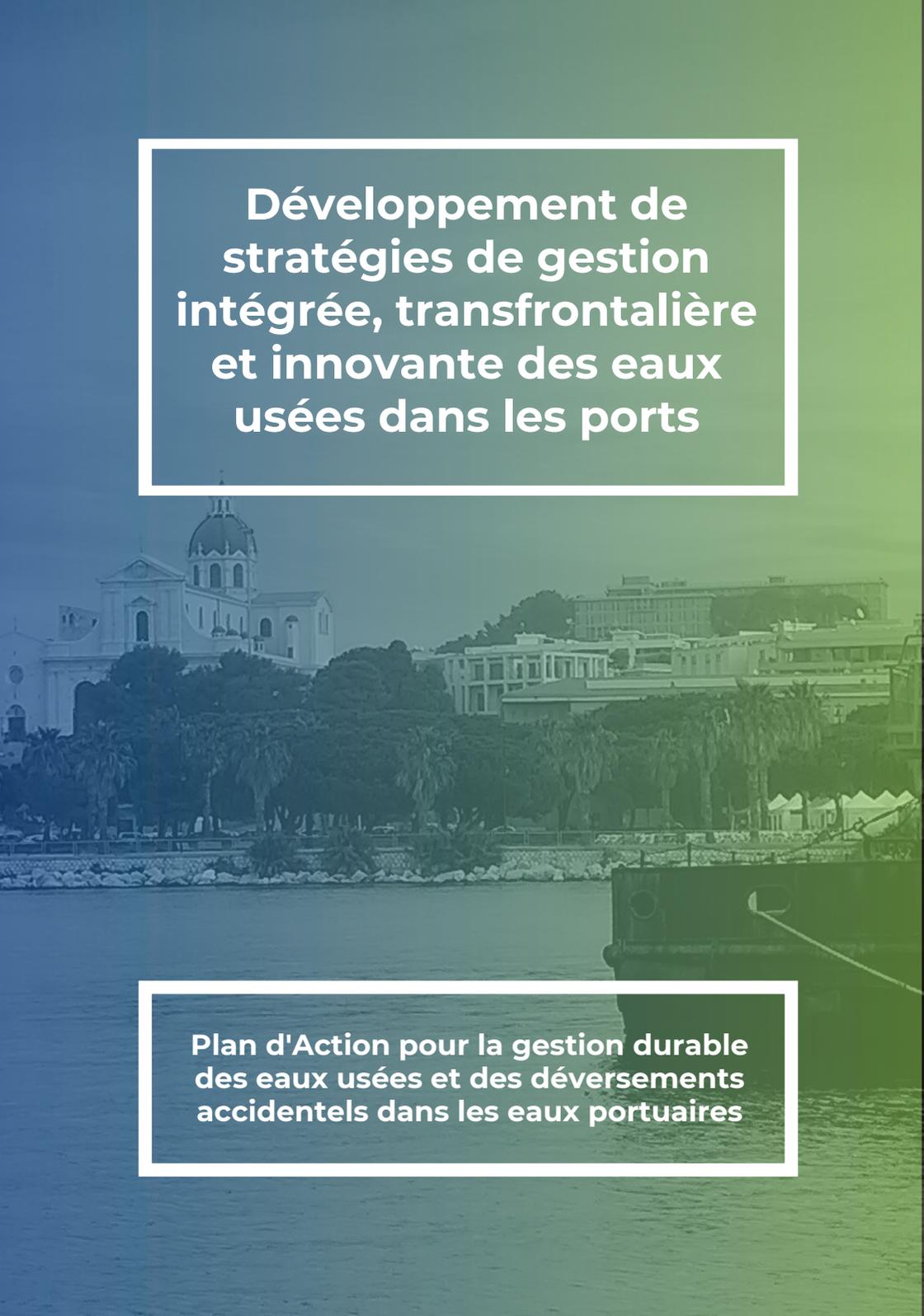
Le troisième objectif stratégique de ce Plan d'action évalue l'importance de disposer de systèmes de gestion environnementale et de participer à des programmes de coopération pour le transfert de bonnes pratiques entre les organes de gestion des zones portuaires pour une bonne gestion des déchets.

**Tableau 9 - Action 3.1: Certification de la performance environnementale des ports**

But(s) de l'action	L'obtention d'une certification environnementale garantirait la qualité environnementale de la gestion portuaire. Cela permettrait de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• aider tous les opérateurs portuaires à gérer l'impact de leurs activités sur l'environnement et démontrer l'efficacité de leur gestion</li> <li>• évaluer, améliorer et annoncer sa performance environnementale</li> </ul>
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• définition d'une politique environnementale</li> <li>• réalisation d'un audit environnemental sur les déchets</li> <li>• respect des normes de certification</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• améliorer la performance environnementale des ports</li> <li>• une plus grande efficacité de gestion</li> <li>• reconnaissance du statut de port « propre » à l'échelle européenne</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obtenir une ou plusieurs certifications de système de management environnemental</li> <li>• quantités de déchets gérés</li> <li>• nombre de gares de triage disponibles</li> </ul>

## Tableau 10 - Action 3.2: Encourager la participation aux programmes de coopération pour l'échange de bonnes pratiques

But(s) de l'action	L'intégration d'un programme de réseau portuaire (national ou européen) permettrait aux autorités portuaires et aux gestionnaires de se rassembler pour défendre leurs intérêts et favoriser la coopération sur différents sujets (réglementation, environnement, sécurité, économie, etc.). L'adhésion permettrait de partager les expériences et les bonnes pratiques dans les différentes zones portuaires.
Thème/compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• définition d'objectifs communs</li> <li>• recherche de partenaires sur la problématique de la gestion des déchets dans les ports</li> <li>• la mise en réseau</li> </ul>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de projet	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Villes, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, organisations de gestion des déchets compétentes, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• promouvoir la coopération entre les autorités portuaires</li> <li>• échange d'expériences et de bonnes pratiques en matière de gestion des déchets dans les ports</li> <li>• amélioration de la qualité de la gestion des déchets et surtout de l'efficacité de la collecte sélective avec une meilleure coordination des pratiques dans les différents ports</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efficacité d'interception des différentes fractions de déchets</li> <li>• nombre de programmes de coopération intégrés</li> <li>• nombre de partenaires du réseau</li> </ul>



**Développement de  
stratégies de gestion  
intégrée, transfrontalière  
et innovante des eaux  
usées dans les ports**

**Plan d'Action pour la gestion durable  
des eaux usées et des déversements  
accidentels dans les eaux portuaires**

## Prémisse

L'une des principales critiques apparues dans la gestion environnementale des ports est l'absence de procédures homogènes (même entre ports appartenant à la même route touristique et/ou commerciale) qui réglementent le dépôt, la gestion et le traitement des eaux usées produites à bord des bateaux qui peuvent encourager l'utilisation de pratiques inappropriées et dangereuses pour l'environnement par les utilisateurs, ou peuvent provoquer des incompréhensions entre ces derniers et les opérateurs portuaires.

Il est donc nécessaire de développer et de mettre en œuvre un modèle transfrontalier commun qui régule de manière homogène le dépôt et la gestion des eaux usées. A cet effet, ce « **Plan d'Action pour la gestion soutenable des eaux usées et des déversements accidentels dans les eaux portuaires** » a été élaboré, dans le but de fournir des orientations pour la filière, à partager entre les partenaires, les organismes gestionnaires et les utilisateurs finaux par des actions de formation, de communication et de sensibilisation adaptées. L'objectif est d'atteindre des normes environnementales élevées qui protègent le milieu marin de la pollution causée par le trafic maritime.

## 1. Introduction

La mer Méditerranée est la plus grande mer semi-fermée du monde. Bien qu'elle ne représente que 1 % de l'aire marine mondiale totale, elle figure parmi les routes les plus fréquentées du transport maritime mondial et la principale destination touristique au monde (Eurostat, 2011). Le long de ses 46.000 km de côtes, on compte près de 600 villes, 1.000 ports touristiques et commerciaux, 13 usines de production de gaz et 180 centrales thermoélectriques. Le trafic maritime est intense : plus de 2.000 ferries, 1.500 cargos et 2.000 bateaux commerciaux naviguent chaque jour en la mer Méditerranée. L'urbanisation, le tourisme, les activités industrielles, le trafic maritime et l'agriculture sont donc les principales pressions anthropiques sur l'écosystème méditerranéen (AEE, 2006), dont la réactivité est accélérée par les conditions océanographiques de mer semi-fermée (Piante, 2015). A ce jour, la Méditerranée est la mer la plus polluée au monde par les hydrocarbures pétroliers (Abdulla & Linden, 2008) ; environ 360 millions de tonnes de pétrole et de produits pétroliers raffinés traversent la mer Méditerranée chaque année et on estime que 400.000 tonnes sont rejetées en mer chaque année à la suite d'opérations navales, ce qui représente la principale cause de pollution pétrolière dans le bassin (Piante 2015). Dans le même temps, la richesse de la biodiversité (Coll et au., 2010), également attestée par les nombreuses aires marines protégées (AMP) présentes, qui couvrent 10 % de la surface de la mer Méditerranée, pousse dans le sens de la durabilité, avec l'objectif de concilier développement économique, protection de l'environnement et bien-être social.

Conjuguer développement économique et protection de l'environnement est l'un des objectifs du « **Plan d'action pour**

**la gestion soutenable des eaux usées et des déversements accidentels dans les eaux portuaires »,** qui, à travers l'identification des principaux problèmes critiques liés au trafic maritime dans les ports et des principaux objectifs, veut proposer une série d'actions pour les atteindre.

De manière générale, les questions auxquelles le Plan d'action veut répondre sont donc:

- i) quels sont les outils nécessaires pour que le trafic maritime soit durable ?
- ii) quelles actions doivent être mises en place pour contribuer à la réalisation de l'Objectif de Développement Durable 14 (ODD 14) « Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines pour le développement soutenable » ?

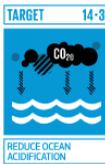
L'ODD 14 est l'un des 17 objectifs de développement durable identifiés dans l'Agenda 2030 qui prennent en compte de manière équilibrée les trois dimensions du développement durable (économique, sociale et écologique, Fig. 1). Chaque objectif est divisé en plusieurs cibles. Pour l'ODD 14, ceux jugés les plus pertinents aux fins du Plan d'Action ont été indiqués dans l'encadré.

# **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**



**Fig. 1. Les 17 objectifs de développement durable (Source : site Web de l'ONU).**

## EN ÉVIDENCE

	<p><b>Objectif de développement durable 14 - ODD14</b></p> <p><b><i>"Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines pour un développement durable"</i></b></p>
	<p>D'ici 2025, prévenir et réduire significativement toutes les formes de pollution marine..</p>
	<p>D'ici 2025, prévenir et réduire significativement toutes les formes de pollution marine.</p>
	<p>Minimiser et traiter les effets de l'acidification des océans..</p>
	<p>D'ici 2020, préserver au moins 10 % des zones côtières et marines..</p>

L'analyse faite dans le Plan d'Action, pour l'identification des principaux problèmes critiques sur lesquels intervenir, part du contexte réglementaire : la principale référence opérant pour la tutelle du milieu marin pour la prévention de la pollution par les bateaux, due non seulement à cause des opérations accidentelles mais aussi ordinaires, est la « *Convention internationale pour la Prévention de la Pollution par les Navires* » dite convention **MARPOL 73/78** (MARitime POLLution) et adoptée au niveau international. Les États membres, en tant que parties contractantes à la convention MARPOL, doivent se conformer aux exigences de MARPOL tant dans le contexte portuaire que maritime, en ce qui concerne la gestion de tous les types de déchets et d'eaux usées générés à bord, à l'interdiction de décharger en mer et à livraison au port. MARPOL 73/78 est divisé en Annexes : celles qui intéressent dans le cas de la gestion des déchets liquides sont **I** (*Règlement pour la Prévention de la Pollution par les Hydrocarbures*) et **IV** (*Prévention de la Pollution par les Eaux Usées des Navires*), dont les objectifs sont illustrés dans l'encadré 1.

## ENCADRÉ 1 **Convention MARPOL 73/78**

### **Annexe I - OBJECTIFS**

- minimiser la production d'eau contaminée par des hydrocarbures à bord des navires ;
- minimiser la quantité d'hydrocarbures rejetés en mer ;
- minimiser le risque de pollution par les pétroliers pour le transport des hydrocarbures ;
- protéger les zones marines spéciales.

### **Annexe IV - OBJECTIFS**

- minimiser la pollution résultant des eaux noires et grises produites à bord des navires.

En 2019, la Directive Européenne 2019/883 (encadré 2) a été publiée, modifiant la précédente directive 2010/65/UE et abrogeant la directive 2000/59/CE. La directive 2019/883 régit notamment les installations de réception portuaires : un élément clé qui doit être soutenu et régulé de manière adéquate dans tous les ports afin d'assurer la conservation et l'amélioration de la qualité du milieu marin. Une « installation de réception portuaire » est définie comme toute structure fixe, flottante ou mobile pouvant assurer le service de collecte des déchets des navires.

La même directive requiert également l'adoption par les autorités portuaires du "*Plan de collecte et de gestion des déchets produits par les navires*", après consultation des parties intéressées.

## ENCADRÉ 2

## Directive UE 2019/883

### Installations d'accueil portuaires:

- ils doivent recevoir les types et les quantités de déchets des navires qui utilisent habituellement le port, en les gérant d'une manière respectueuse de l'environnement ;
- - elles doivent être organisées de manière à éviter des procédures trop longues et génératrices de retards ;
- - ne doit pas percevoir de redevances excessives, qui pourraient décourager l'utilisation de celles-ci par les navires.

### Tarifs:

- - le tarif comprend : i) une partie fixe (ou indirecte) qui garantit le droit de livrer des quantités limitées de déchets et est nécessaire pour couvrir les coûts du système ; ii) une partie variable (ou directe) calculée sur la base de la quantité de déchets/effluents conférée ;
- - ils peuvent être différenciés en fonction de la catégorie, du type et de la taille du navire et du type de trafic dans lequel le navire est engagé ;
- - le tarif peut être réduit pour les « navires verts ».

### Plans de collecte et de gestion des déchets des navires

- ils contiennent une analyse de la situation actuelle de la gestion des déchets ;
- - ils contiennent les mesures écologiquement durables à adopter pour la réutilisation, le recyclage, la valorisation et l'élimination des déchets collectés.

En Italie, le **Décret Législatif 182/2003** a transposé la directive 2000/59/CE (maintenant abrogée et remplacée par 2019/883) obligeant effectivement les Autorités portuaires à se doter d'installations de **réception portuaires adéquates**, identifiant également les **tarifs correspondants pour la livraison**, et des **Plans de collecte et de gestion des déchets produits par les navires**. Cependant, bien que l'élaboration de ce Plan soit une obligation réglementaire, il n'existe à l'heure actuelle aucune action de coordination nationale et transfrontalière qui uniformise les modalités de réception des déchets. Si cette stratégie n'est pas toujours réalisable, du fait de spécificités de gestion et d'exploitation différentes à terre, il est souhaitable de poursuivre des critères de facilité d'accès et d'efficacité, afin d'optimiser les pratiques à bord dans la livraison des déchets. En France, l'article R5314-7 du Code Des Transports prévoit que chaque port doit être équipé d'un plan de réception et de traitement des déchets, mettant ainsi en œuvre les indications de la Directive 883/2019. Un nouvel instrument réglementaire plus détaillé devrait être publié d'ici juin 2021, conformément à 883/2019.

En Corse, le SDAGE (Schéma de Gestion de l'Eau 2016-2021) et le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (annexe 6 du PADDUC, Schéma d'aménagement et de développement durable de la Corse, approuvé le 02/10/2015 par l'Assemblée de Corse) traitent notamment des aspects relatifs à la gestion de l'eau, mais contiennent également des dispositions concernant la gestion des déchets et des eaux usées.

Cela dit, malgré l'existence d'une structure réglementaire solide et actualisée, tant au niveau international, européen que national, il existe de nombreuses questions critiques liées surtout au dialogue entre les bateaux et le port et l'absence ou le manque de structures adéquates à terre pour la gestion

des eaux usées à bord des bateaux. Cela signifie que des rejets de déchets dans la mer continuent de se produire, à la fois accidentels et volontaires, entraînant des coûts environnementaux, sociaux et économiques importants.

## 2. Classification des eaux usées produites par les bateaux

Le Plan D'action traite, comme mentionné, de la gestion des eaux usées telle que définie par les **Annexes I et IV** de la convention MARPOL (encadré 3). L'Annexe I indique les comportements à adopter pour limiter la pollution des mers d'origine minérale ("pétrole", comme indiqué par MARPOL). Une liste non exhaustive des eaux usées considérées dans l'Annexe I est la suivante (Appendice I, Annexe I, MARPOL):

- le pétrole sous toutes ses formes : pétrole brut, fioul, résidus d'hydrocarbures et produits raffinés (autres que les produits pétrochimiques qui sont soumis aux dispositions de l'Annexe II) ;
- déchets huileux (déchets d'huiles minérales et synthétiques pour moteurs, engrenages et lubrification ; huiles produites à partir de la séparation huile/eau)
- les boues (« boues », produites par séparation huile/eau) ;
- eaux de lavage des citernes (« slop ») et résidus de charge ;
- les résidus huileux des machines, tels que les eaux de cale (« eaux de sentine ») et les boues.

L'eau de cale (eau de sentine) est collectée dans le réservoir de cale situé au point le plus bas du navire. Les boues sont des résidus d'hydrocarbures issus de la séparation huile/eau. Les boues et les eaux de cale sont stockées dans des réservoirs différenciés, dont la capacité et la position à bord sont signalées dans le « *Certificat de prévention de la pollution par les hydrocarbures* » du navire.

L'Annexe IV concerne les « eaux usées » (comme indiqué par MARPOL), à savoir:

- les rejets des salles de bains et des sanitaires (dispensaires, infirmeries) par les lavabos, lavabos, toilettes;

- les rejets des espaces hébergeant des animaux vivants;
- les autres rejets qui se mélangent aux rejets indiqués ci-dessus.

## EN ÉVIDENCE

### **Annexe I - Règles pour la prévention de la pollution par les huiles minérales** (Prévention de la pollution par les hydrocarbures) - entrée en vigueur le 02/10/1983

Pour les bateaux en général, et hors cas particuliers, le déchargement en mer peut avoir lieu dans les conditions suivantes:

- Le bateau est en navigation (« en route »), l'effluent aqueux est traité et la teneur en hydrocarbures ne dépasse pas 15 ppm ;
- Il n'y a pas de contamination par des résidus de cargaison ou, dans le cas des pétroliers, l'effluent ne provient pas des zones de pompage des cargaisons

### **Annexe IV - Règles de prévention de la pollution par les eaux usées des navires** (Prévention de la pollution par les eaux usées des navires) - entrée en vigueur le 27/09/2003

Le rejet en mer peut avoir lieu à condition que:

- - le bateau navigue à une vitesse d'au moins 4 nœuds et se trouve à au moins 3 milles marins de la terre la plus proche, si les eaux usées sont traitées (ou broyées et désinfectées), ou sinon, au-delà de 12 milles
- - le rejet s'effectue à flux modéré ("à débit modéré")
- - L'effluent ne produit pas de solides flottants visibles ni de décoloration de l'eau.

 Dans la zone spéciale de la mer Baltique, il existe une interdiction absolue de décharger.

### 3. Modalités de gestion des eaux usées produites par les bateaux dans les ports

Les déchets liquides peuvent être collectés via:

- véhicules nautiques (remorqueurs, bateaux à moteur, bateaux écologiques, barges, Fig. 2)
- véhicules terrestres (citernes, jets-canaux, Fig. 3)
- systèmes d'aspiration et de transport dans le réservoir (Fig. 4)
- les systèmes d'aspiration canalisés (Fig. 5).

Le choix de la méthodologie de gestion des eaux usées dans un port dépend des équipements présents et de la logistique du port lui-même ; les modalités de collecte doivent être déclarées dans le Plan de collecte et de gestion des déchets et effluents.

En général, dans les ports, il y a à la fois des véhicules terrestres (camions aspirateurs) qui travaillent à quai, et des véhicules nautiques (barges) qui travaillent en rade, qui peuvent être utilisés alternativement en fonction des besoins du bateau et de la logistique du port, dans le but de faciliter l'opération de déchargement et de la sécuriser.

Les systèmes d'aspiration sous vide basés sur des colonnes installées dans les quais et reliés à un réservoir ou à des systèmes canalisés directement dans l'égout (sous réserve d'autorisation), sont plus rares, même si ces dernières années plusieurs ports en Italie et en Europe les équipent. En Italie, ce sont surtout les débarcadères touristiques qui disposent de stations fixes pour l'aspiration des eaux noires et des cales. En Europe, il est plus fréquent que les ports soient équipés de stations d'aspiration d'eaux noires et de cales, même si elles

sont parfois peu médiatisées et peu utilisées.



**Fig. 2 – Opération de déchargement des déchets d'un yacht à travers un véhicule terrestre (Source: web site <https://www.sangoi.it/spurgo-yacht-e-imbarcazioni/>)**



**Fig. 3 – Opération d'aspiration des eaux usées d'un ferry à travers un navire nautique**



**Fig. 4 – Colonne d'aspiration d'eau de cale (Source: site web <https://www.sistemamarine.it/aspirazione-reflui-2/>)**



**Fig. 5 – Port Vell à Barcelone: un port équipé d'un système d'aspiration canalisée (Source: site internet <https://flovac.es/en/projects/marinas-and-port-facilities/>)**

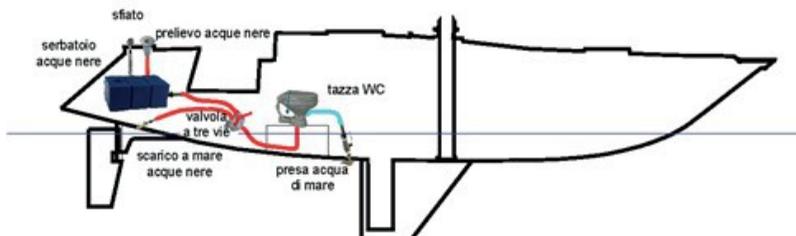
Le contrôle des rejets non conformes dans les eaux portuaires, par les autorités, est difficile à mettre en œuvre car ils se situent souvent en dessous de la ligne de flottaison et donc difficilement vérifiables sauf au moment immédiat du déversement.

Suite à la publication du décret législatif du 11 janvier 2016 no. 5, en application de la Directive Européenne n. 2013/53/UE, les constructeurs de bateaux sont obligés d'équiper ces derniers de systèmes d'échappement reliés à des réservoirs ou à des stations d'épuration. Par conséquent, les nouveaux bateaux auront la possibilité de stocker leurs propres eaux usées à l'intérieur et donc de les livrer conformément à la loi. Ainsi, si les ports sont équipés de systèmes de collecte des eaux usées, le service d'élimination dans le port peut être proposé aux navires équipés de tels dispositifs de collecte. En haute mer, ils peuvent, en règle générale, décharger à plus de 3 milles de la côte et à une vitesse d'au moins 4 nœuds. Dans les bateaux de plaisance existants, la criticité des rejets d'eaux usées resterait. Cependant, ils pourraient être adaptés au moyen de solutions technologiques qui doivent être de grande consommation, en adéquation avec le type de plaisance et en

adéquation avec le pouvoir d'achat des différents plaisanciers (cf. Fig. 6-7-8). Les coûts estimés pour l'adaptation d'un bateau peuvent aller de 500/1000 € pour le kit plus l'installation qui peuvent varier en fonction des dispositions et des espaces disponibles dans le bateau.

Dès lors, une planification visant à adapter les bateaux de plaisance existants serait souhaitable, peut-être appuyée par une politique d'incitations économiques à l'installation de kits pour l'intégration de l'ensemble du système de rejet des eaux et d'évacuation des cales. A cet égard, il pourrait être opportun de prévoir des incitations avec des remises ou des crédits, même pour une durée limitée, pour l'utilisation d'infrastructures visant à récupérer les rejets d'eaux noires et grises, afin de favoriser un travail de sensibilisation progressive envers les plaisanciers, avant procéder ensuite à des contrôles et à des sanctions sévères y afférentes en cas de non-respect des interdictions de déchargement au port. Cette prise de conscience pourrait également être favorisée avec des applications web de services adaptées qui, en informant le plaisancier sur l'organisation de la gestion des déchets des eaux usées, lui permettraient de mieux communiquer avec les prestataires pour demander assistance, informations et/ou effectuer des réservations. En outre, un système pourrait être envisagé qui permet au plaisancier, une fois qu'il a utilisé le service de l'opérateur de la marine, de voter sur la qualité de celui-ci et d'obtenir des crédits pour le service successif.

**SCHEMA IMPIANTO DI SCARICO CON SERBATOIO  
 ACQUE NERE CON PRELIEVO DA COPERTA**



**Fig. 6 - Schéma d'installation d'un kit pour l'adaptation d'un bateau existant non équipé d'un système d'échappement raccordé à un réservoir ou à une station d'épuration des eaux noires**



**Fig. 7 - Détail d'un kit de récupération des eaux usées avec raccordement standard au système de collecte et d'aspiration (Source Giornale della Vela- Panama Editore)**

### SCHEMA IMPIANTO DI SCARICO ACQUE DI SENTINA CON PRELIEVO DA COPERTA



**Fig. 8 - Schéma d'installation des kits pour l'adaptation de bateaux existants équipés d'une pompe de cale des eaux grises**

## 4. Plans de collecte et de gestion des eaux usées et des déchets dans les ports

Conformément à la Directive (UE) 2019/883, les plans de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées dans les ports, établis en fonction de la taille du port et du type de bateaux y faisant escale, doivent comporter:

- l'évaluation du besoin d'installations d'accueil portuaires en fonction des besoins des bateaux qui font habituellement escale au port;
- une description du type et de la capacité des installations de réception portuaires;
- la description des modalités de réception et de collecte des déchets et eaux usées des bateaux;
- la description du système de recouvrement des coûts;
- la description de la procédure de signalement des insuffisances présumées constatées dans les installations de réception portuaires;
- la description de la procédure de consultation permanente avec les utilisateurs du port, les sociétés de gestion des déchets, les opérateurs de terminaux et les autres parties intéressées;
- un aperçu de la nature et des quantités de déchets et d'eaux usées livrées par les navires et gérées dans les usines.

En outre, les plans de collecte et de gestion des déchets et effluents portuaires peuvent inclure:

- un résumé de la législation nationale applicable, de la procédure et des formalités de livraison des déchets

aux installations de réception portuaires;

- identification d'un point de contact dans le port ;
- une description des installations et des processus de prétraitement pour tout flux de déchets spécifique dans le port ;
- une description des modalités d'enregistrement de l'utilisation effective des installations de réception portuaires ;
- une description des modalités d'enregistrement des quantités de déchets livrés par les navires ;
- une description de la gestion des différents flux de déchets dans le port.

Selon la Directive 2019/883, les Plans de collecte et de gestion doivent être mis à jour au moins tous les 3 ans (ou en présence de changements opérationnels significatifs dans la gestion du port) et doivent être cohérents avec la planification régionale des déchets. En France, une loi est attendue en juin 2021 pour réglementer la gestion des déchets et des eaux usées dans les ports.

D'après une analyse menée dans le cadre du projet GRRinPORT, en Italie seulement 30% des Plans de collecte et de gestion des principaux ports sont régulièrement mis à jour.

## 5. Aspects tarifaires

Le système de recouvrement des coûts des installations de réception portuaires est établi par la directive (UE) 2019/883 et prévoit le paiement d'une redevance qui, généralement, est déterminée par l'Autorité Portuaire et calculée conformément aux dispositions suivantes:

- a) une redevance fixe, indépendante de l'utilisation effective du service de collecte portuaire, proportionnée à couvrir au moins 30 % des coûts d'investissement et de fonctionnement du service lui-même ;
- b) une part variable liée à la quantité et au type d'effluents effectivement livrés par le navire au service de collecte, proportionnée de manière à couvrir la partie des coûts non couverte par la part fixe..

La partie fixe du tarif peut être différenciée selon la catégorie, le type et la taille du bateau. En général, des quotas supplémentaires sont envisagés pour la prestation de services en dehors des heures normales de travail dans le port, ou si le service est fourni dans le port et non sur le quai. De même, des tarifs réduits peuvent être envisagés en fonction du type de trafic pour lequel les navires sont utilisés (par exemple ceux utilisés pour le transport maritime à courte distance, avec des escales fréquentes et régulières) et pour les navires conçus, équipés ou utilisés pour minimiser les eaux usées et les gérer en manière écologiquement durable et compatible.

### Exemples de tarification : le Port de Cagliari

Les règles tarifaires pour l'exécution du service portuaire pour la gestion des déchets et des eaux usées dans le port de Cagliari (Fig. 9) sont indiquées dans le « Plan de collecte et de gestion des déchets produits par les navires et les résidus de

cargaison » (2014-2016). Le tarif des eaux usées se compose d'une redevance fixe (indépendante de l'utilisation effective du service de collecte portuaire ) et d'un tarif variable lié à la quantité et au type de déchets produits et effectivement livrés par le bateau. classées « pétrole » que « eaux usées », le quota fixe est indépendant du tonnage et du type de navires et est calculé différemment selon qu'il s'effectue par voie terrestre (1 heure d'utilisation est considérée) ou par bateau à moteur (il est considéré comme un supplément) et est le même pour les navires à passagers et les cargos.

Les navires à passagers et cargo qui obtiennent une dérogation ou une exemption et n'utilisent pas le service portuaire seront en tout état de cause tenus de payer la redevance fixe pour chaque catégorie de navire.

Pour les bateaux de plaisance, un tarif journalier proportionné à la taille du véhicule est identifié, modulé sur le forfait établi pour l'enlèvement à bord du navire, exact par le gestionnaire du lieu de débarquement et transféré par la suite au concessionnaire du service des déchets. Pour les navires de pêche, un taux forfaitaire annuel est identifié applicable à chaque unité qui dimensionne le port en considérant au moins la double catégorie de navires de pêche plus grands et plus petits.



**Fig. 9 - Le port de Cagliari (Source : site web Autorité de Système du Port de la mer de Sardaigne)**

PORT DE CAGLIARI					
NAVIRES À PASSAGERS/NAVIRES DE CHARGE					
	Véhicule terrestre		Véhicule maritime		
	Devis fixe (Jusqu'à 1 heure d'utilisation )	Surplus (À m <sup>3</sup> )	Quota fissa	Surplus (À m <sup>3</sup> )	Bateau à moteur supplément
<b>PETROL</b>	€ 200	€ 90	€ 200	€ 90	€ 300
<b>EAUX USEES</b>	€ 200	€ 55	€ 200	€ 55	€ 300

## 5.1 Exemples de tarification : le port de Livourne

Le tarif pour l'exécution des services de collecte et de gestion des déchets et résidus de cargaison produits par les navires qui se rendent au Port de Livourne (Fig. 10) est indiqué à l'Annexe 2 de l'Ordonnance no. 25 du 25/09/2018 de l'AdSP de la Mer Tyrrhénienne du Nord. Les tarifs appliqués pour

l'exécution du service portuaire sont appliqués forfaitairement à tous les navires qui accostent au port et, une fois par jour, en cas de plusieurs escales quotidiennes (pour les navires en service en ligne qui relient Livourne au port de Capraia Isole). Les réductions suivantes du taux d'amarrage sont envisagées:

- 10 % pour les navires exemptés (c'est-à-dire avec des escales fréquentes et régulières, explicitement exemptés) ;
- 20 % pour les navires qui ont livré leurs déchets séparément.

Le taux est majoré de 50 % pour les navires en rade et de nouvelles majorations sont envisagées dans le cas où:

- le navire ne procède pas lui-même au pompage (37,42 €/h) ;
- le service dépasse 4 heures.



**Fig. 10 - Le port de Livourne (Source : site Internet de l'Autorité du Système Portuaire De La Mer Tyrrhénienne du Nord))**

## PORT DE LIVOURNE

TYPE DE NAVIRE	T.j.b.:	Tarif Régulier €	En Exemption €	Avec collecte séparée €
DE CROISIÈRE	Jusqu'à 25.000	1.209,30	1.087,84	967,97
	Plus de 25.000	1.343,66	1.209,30	1.074,43
NAVIRE DE CHARGE ET RO/RO TOUT MARCHAN DISES	Jusqu'à 4.000	204,82	183,93	164,37
	A partir de 4.001 à 18.000	227,01	204,82	181,33
	Plus de 18.000	249,16	224,37	199,59
FERRIES ET RO/RO PASSAGERS	Jusqu'à 4.000	271,34	243,95	216,55
	A partir de 4.001 à 18.000	302,65	272,65	242,63
	Plus de 18.000	332,66	300,05	266,12

T.j.b.: Tonneau de jauge brute

### **FRAIS DE LIVRAISON ET DE GESTION DES DÉCHETS**

Déchets liquides (CER 130403 eaux de cale, CER 160708 eaux de ballast) : pour chaque m<sup>3</sup> ou fraction 35,68 €  
 Eaux grises (eaux usées, CER 200304) : pour chaque m<sup>3</sup> (quantité minimum : 25 m<sup>3</sup>) 120,36 €

## 5.2 Exemples de tarification : les ports d'Ajaccio et de Bastia

Le tarif appliqué au port de commerce d'Ajaccio (Fig. 11) est basé sur un tarif unique en fonction de la quantité de déchets rejetés (0,25 €/ m<sup>3</sup>). Dans le port de commerce de Bastia (Fig. 12) le tarif est bien inférieur, égal à 0,0016 €/ m<sup>3</sup>. A ces tarifs s'ajoutent ceux relatifs au nettoyage des jetées:

- à Ajaccio il est fonction du nombre de passagers transportés et du type de bateau ;
- à Bastia cela dépend de la quantité de marchandises et de véhicules touristiques transportés



**Fig. 11 - Le port d' Ajaccio Tino Rossi (Source : page Facebook Port Ajaccio Tino-Rossi)**

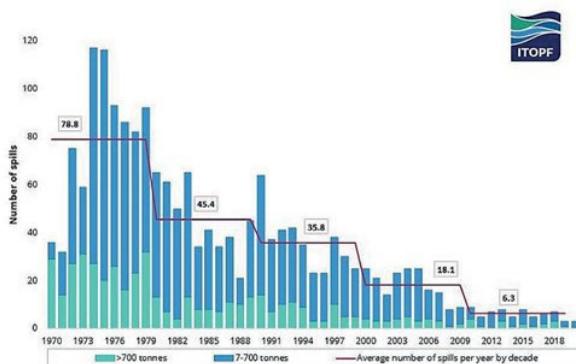


**Fig. 12 - Le port de Bastia (Source : page web du Port de Bastia)**

PORTS D' AJACCIO ET DE BASTIA			
	Frais fixes	Nettoyage des quais	
AJACCIO	0,25 €/m <sup>3</sup>	Navires de ligne	2,69 €/passager
		Navires de croisière	2,04 €/passager
BASTIA	0,0016 €/m <sup>3</sup>	-	0,03 €/tonnes brutes de marchandises
		-	0,03 €/véhicule transporté

## 6. Plans de gestion des urgences en cas de déversement de polluants dans les ports

La pollution par les hydrocarbures en mer est générée à la fois par des déversements accidentels et par les opérations normales de navigation. Les déversements accidentels peuvent impliquer de petites quantités d'hydrocarbures, par exemple : lors du ravitaillement ou de la vidange des réservoirs, ou dériver d'accidents impliquant de gros bateaux, provoquant ainsi le rejet de grandes quantités de produits pétroliers. Au fil des années, le nombre d'accidents ayant conduit à des marées noires en mer dans le monde a considérablement diminué (Fig. 13) malgré le fait que le trafic maritime est en constante augmentation, grâce à l'amélioration générale des conditions de navigation et en particulier : aux technologies de l'information et de la communication (TIC) qui ont eu un impact positif sur la sécurité de la navigation, à la législation qui a fixé des exigences techniques strictes (par exemple, double fond).



**Fig. 13 - Nombre de déversements d'hydrocarbures provenant de navires**  
 (Source : <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>)

Les autorités maritimes des États européens, opérant via SafeSeaNet (le système d'information et de surveillance du trafic des navires de l'UE, géré par l'EMSA - Agence Européenne pour la Sécurité Maritime) sont obligées d'utiliser le message dit POLREP (POLLution REPorting) pour la transmission sur le réseau de nouvelles d'un accident qui a causé ou est susceptible de causer une pollution de la mer ou des côtes, indiquant également les mesures prises et envisagées.

En Italie, il existe 3 niveaux d'intervention en cas de pollution de la mer résultant d'accidents et/ou de déversements accidentels et sont régis par autant de plans d'intervention:

- le « Plan national d'urgence pour la défense contre les pollutions aux hydrocarbures ou autres substances nocives causées par les accidents maritimes » (D.P.C.M. 4 novembre 2010) ;
- le « Plan opérationnel d'urgence pour la défense de la mer et des zones côtières contre les pollutions accidentelles par les hydrocarbures et autres substances nocives » (Décret Ministériel 29/01/2013) publié par l'ex MATTM (aujourd'hui Ministère de la Transition écologique) ;
- le « Plan opérationnel local d'urgence contre la pollution marine par les hydrocarbures et autres substances nocives » élaboré par chaque Autorité portuaire..

Les mesures contenues dans le Plan National d'Intervention d'Urgence s'appliquent aux événements affectant de très grandes zones maritimes ou côtières. Dans ce cas, les responsabilités incombent à la Protection Civile.

Les mesures contenues dans le Plan Opérationnel d'Intervention d'Urgence, en revanche, s'appliquent à des cas de pollution moins étendus qui peuvent être traités avec les

moyens et les structures disponibles sans l'intervention de la Protection Civile. L'objectif fondamental du Plan est d'identifier les tâches et les responsabilités des parties impliquées, en commençant par le responsable de

l'événement de pollution, et en impliquant les organismes ministériels (MiTE), le Commandement Général du Corps des Autorités Portuaires - Garde-Côtes (MARICOGECAP) afin de coordonner les actions et d'agir rapidement et efficacement afin de contenir la pollution des mers. Dans le même but, en France, la réglementation de référence est POLMAR (POLLutions MARines), un système qui régule et coordonne les actions d'intervention d'urgence, identifiant les tâches et les responsabilités des sujets impliqués dans la gestion, tant en cas d'événements accidentels qu'en cas d'actes malveillants.

Les mesures contenues dans le Plan opérationnel local s'appliquent au Compartiment maritime spécifiquement identifié dans le document lui-même. Dans ce cas, le Chef de Service prend en charge la direction de toutes les opérations sur la base du plan opérationnel et coordonne les actions d'intervention.

De manière générale, les principales actions d'intervention consistent à:

- **Confinement avec barrages et récupération du produit** : grâce à des barrages tractés par deux bateaux le produit pétrolier est concentré dans une portion de la mer d'où il est collecté grâce à un dispositif de déversoir (skimmer), à adhérence ou autre type. L'efficacité de l'opération est d'autant plus grande que l'intervention est rapide : en effet, l'évaporation, la dispersion vers les côtes, l'enfoncement du produit réduisent également drastiquement le pourcentage de récupération.

Les barrages flottants sont de différents types et sont choisies et utilisées en fonction du milieu marin dans lequel elles doivent être utilisées (ports, bassins, mer ouverte ou eaux peu profondes, fig. 14). Une discussion très détaillée des types de barrages et des dispositifs de collecte a été faite par l'ISPRA (2014).

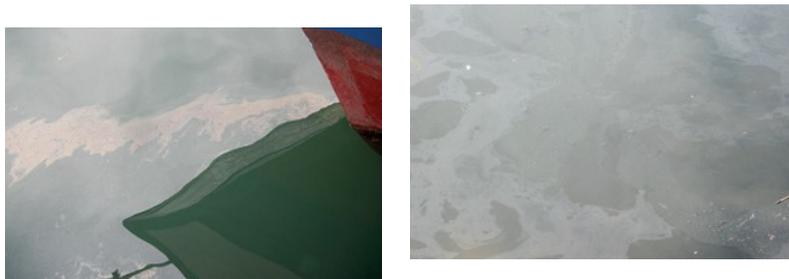
- **Utilisation de produits absorbants et dispersants :** le Décret Ministériel 25/02/2011 indique les exigences que les produits dispersants et absorbants doivent être utilisés en mer pour l'assainissement de la contamination par les hydrocarbures pétroliers. Ils peuvent être de trois types : absorbants inertes, absorbants non inertes et dispersants. Les produits absorbants, inertes et non inertes, agissent sélectivement contre les hydrocarbures et sont souvent utilisés en combinaison avec des barrages de confinement. Ils peuvent être utilisés en feuilles, rouleaux, coussins, toujours en présence d'une enveloppe extérieure en matériau inerte. Les produits dispersants sont des agents chimiques qui favorisent la dispersion des hydrocarbures dans la colonne d'eau, facilitant leur biodégradation. Ils sont surtout utilisés lorsque l'on veut empêcher la migration de la nappe d'hydrocarbures vers des zones sensibles ou difficiles d'accès par des moyens de confinement mécaniques (ex : côte rocheuse). De toute évidence, l'utilisation de réactifs chimiques pourrait augmenter l'exposition des organismes aquatiques aux hydrocarbures dispersés et donc l'utilisation de cette technique doit être soigneusement évaluée et expressément autorisée par MiTE.



**Fig. 14. Entraînements périodiques de lutte contre l'incendie et anti-pollution organis es et coordonn es par la Garde c otiere : utilisation de barrages flottants. (Source : Garde C otiere, page Facebook**

En revanche, il n'existe pas de mesures permanentes de sécurité définies comme « opérationnelles » dans les ports : c'est-à-dire des systèmes absorbants inertes ou non inertes positionn es dans des zones stratégiques (sur les quais où s'effectue le soutage, les opérations d'évacuation des eaux de cale, les zones hydrodynamiquement plus favorables à l'accumulation des hydrocarbures) capables d'absorber les « micro déversements » accidentels que l'on peut trouver dans les ports et identifiables à l'irisation « classique » à la surface de l'eau de mer (Fig. 15). Les mêmes matériaux utilis es en cas d' ev enement d'urgence pourraient être utilis es, notamment en saison touristique, dans les quais d edi es à la plaisance ou à l'amarrage des traversiers à passagers ou des navires de croisière (Fig. 16 et 17), en saison touristique lorsque le trafic maritime est plus

important, mais aussi pendant la saison hivernale où l'activité d'auto-épuration de l'écosystème par les bactéries dégradant les hydrocarbures est minimale.



**Fig. 15. Déversement accidentel d'hydrocarbures des bateaux. A gauche : Marina d'El Kantaoui, Tunisie – contrôle dans le cadre du projet MAPMED de Gestion des Zones Portuaires Dans Le Bassin Méditerranéen IEVP CBCMED Coopération transfrontalière en Méditerranée). A droite : Port de Cagliari - contrôle dans le cadre du projet GRRinPORT.**



**Fig. 16. Barrages en liège traité thermiquement (des barrages CorkSorb® ont été fournis par Amorim et installés dans la Marine d'El Kantaoui dans le cadre du projet MAPMED)**



**Fig. 17. Panneaux en laine de mouton positionnés sur un quai fixe (les panneaux Geolana® ont été fournis par Industries Edizero et installés dans le Port de Cagliari dans le cadre du projet GRRinPORT)**

## 6.1. L'étude de cas du Port de Cagliari : confinement des déversements dans les eaux du port et gestion durable de la ressource en eau

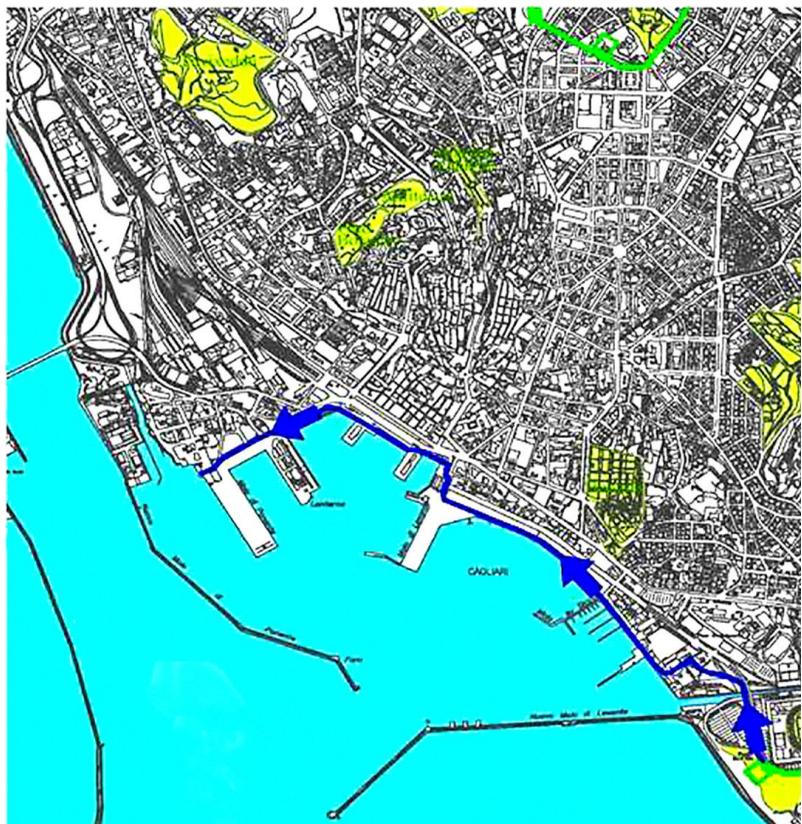
Ces dernières années, l'augmentation progressive de la taille des bateaux de plaisance, l'amélioration continue des conditions d'accès aux ports et du confort des équipements, ont favorisé la présence à bord d'équipages et le choix d'utiliser le bateau souvent comme habitation ou même pour des séjours touristiques sans forcément sortir en mer. Ainsi, alors que l'on assiste à une augmentation du nombre de visiteurs et de touristes dans les ports, certains ports se transforment en parkings portuaires voire en copropriétés flottantes.

Pour ces raisons, une part importante de la pollution des eaux des bassins portuaires due aux bateaux de plaisance peut être causée par le rejet direct des eaux usées à la fois des systèmes sanitaires de bord (eaux noires), et des eaux grises pour la vaisselle ou le lavage (gris d'eau), même s'il est interdit par la loi. La pollution produite est de nature organique (nutritionnelle), microbiologique, chimique et génère un impact visuel. L'impact polluant de ces apports est essentiellement fonction de la population « flottante », c'est-

à-dire du nombre de personnes stationnées à bord des bateaux, et des conditions hydrodynamiques du port. Une autre cause de pollution est déterminée par les déchets et par les produits chimiques dangereux, toxiques pour le milieu aquatique, provenant surtout de la réparation et de l'entretien des bateaux (par des professionnels ou par les plaisanciers eux-mêmes), des opérations de nettoyage et de l'exploitation des mêmes bateaux. Très souvent, l'entretien des bateaux dans les ports s'effectue sur un chantier ouvert, face au quai, qui n'est équipé d'aucune protection contre le ruissellement des eaux de pluie. Pour éviter les déversements accidentels en mer causés par cette activité, il convient d'envisager l'installation de systèmes dans les zones de construction navale qui, adjacents ou à l'intérieur des puits de drainage existants, ont pour tâche d'intercepter les résidus huileux et les hydrocarbures présents dans l'eau de première pluie et lavage pour réduire la concentration d'hydrocarbures en dessous des limites tolérées par la station d'épuration. Dans le cas de bateaux pas trop grands et/ou non équipés de gréements, il faut également prévoir la mise à disposition d'un abri qui protège la zone dédiée à leur entretien, pour éviter que lors d'épisodes météorologiques intenses ou lors de l'entretien à la fois les solides et les liquides sont emportés dans la mer. La zone couverte pourrait être davantage protégée du lessivage au moyen d'une bordure de sol et équipée d'une fosse borgne centrale où les éventuels résidus liquides pourraient s'accumuler en cas de déversement accidentel. En cas de déversement d'huile ou d'hydrocarbures, des systèmes absorbants tels que ceux décrits au paragraphe précédent peuvent être utilisés sur la surface couverte, puis éliminés en tant que déchets. A ce propos, la consommation importante d'eau (potable) liée aux activités de construction navale et de plaisance est également soulignée. Afin de limiter au maximum ces dépenses, les

prélèvements d'eau potable sur le réseau public doivent être réduits, en favorisant la réutilisation de l'eau. A titre d'exemple et en considérant le port de Cagliari comme étude de cas, nous proposons la construction d'une nouvelle conduite d'eau, dérivée du réseau d'eau purifiée (actuellement en construction) de la station d'épuration desservant la ville métropolitaine (purificateur di Is Arenas) et déjà destiné à l'irrigation des parcs de la ville, ce qui créerait un réseau de sous-services dans la zone portuaire (voir Fig. 18).

La construction de ce nouveau réseau d'eau purifiée permettrait une économie considérable d'eau à usage civil (potable), garantissant, en même temps, la ressource en eau nécessaire aux activités portuaires et de chantier, pour la prévention des incendies et éventuellement aussi pour le simple lavage des mêmes bateaux dans des zones équipées adaptées, dans les mêmes marines qui assurent le service aux bateaux de plaisance. A cet effet, les ports de plaisance pourraient créer des zones dédiées au lavage des bateaux desservis par le réseau de réutilisation. Dans ces zones, il serait possible d'alimenter la ressource en eau à faible coût (voire gratuitement) avec pour conséquence d'importantes économies pour les ports de plaisance, ainsi que de permettre le contrôle du déversement des polluants de lavage (utilisation exclusive de produits écologiques) et l'élimination la plus appropriée des substances provenant des opérations de lavage. De telles zones pourraient limiter le « faire-vous-même » incontrôlé (qui risque souvent d'être nocif pour l'environnement) et éviter également le gaspillage actuel d'eau potable.



## LEGENDA

- COLLETTORI ESISTENTI ACQUE NERE
- COLLETTORI ESISTENTI ACQUE DEPURATE
- COLLETTORI IN PROGETTO ACQUE DEPURATE
- PROPOSTA CONDOTTA ACQUE DEPURATE A SERVIZIO DEL PORTO
- ▲ IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO ESISTENTE
- ▲ IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DI PROGETTO
- ALLACCIO IDRICO ED IDRANTE ACQUA DI RIUTILIZZO
- PRINCIPALI AREE VERDI

**Fig. 18 – Planimetrie du réseau proposé d’approvisionnement en eau purifiée desservant la zone portuaire (ligne bleue) pour le port de Cagliari.’**



## 7. Identification des principal criticités et objectifs prioritaires

Malgré le solide système réglementaire européen et national et les infrastructures présentes ou potentiellement implémentables dans les ports, il existe à ce jour de nombreuses criticités qui rendent le trafic maritime non totalement soutenable par rapport à la production d'eaux usées par les bateaux et à la gestion des déversements accidentels (cf. encadré 4).

L'existence de ces criticités ne permet actuellement pas de contribuer de manière satisfaisante à la réalisation de l'ODD 14.

<b>ENCADRÉ 4</b>	<b>PRINCIPALES CRITIQUES</b>
<b>C1</b>	Les plans de collecte et de gestion des déchets et effluents dans les ports ne sont pas mis à jour avec la fréquence nécessaire.
<b>C2</b>	Le service de collecte des déchets produits par les bateaux est "sur appel" et fait souvent appel à des services temporaires à terre (autopurge) ou en rade (barges).
<b>C3</b>	S'il existe des services d'aspiration des eaux usées des bateaux (de tout type, mais surtout de plaisance) dans les ports, ceux-ci ne sont pas annoncés et donc utilisés : souvent les volumes annuels gérés dans les ports sont nuls ou proches de zéro, voire face à un trafic maritime intense.
<b>C3 BIS</b>	S'il existe des services d'aspiration des eaux usées dans les ports, la plupart des bateaux existants (ancienne génération) ne peuvent pas utiliser ces services car ils ne collectent pas leurs propres eaux usées car ils manquent de systèmes de drainage internes reliés à des réservoirs ou à des systèmes de traitement.
<b>C4</b>	Les tarifs d'évacuation des eaux usées et des déchets sont inégaux, souvent peu clairs et n'incitent pas ceux qui se comportent correctement à bord (différenciation des flux d'eau par exemple)
<b>C5</b>	Les ports ne sont presque jamais équipés de systèmes pour éviter les micro-déversements accidentels contenant des hydrocarbures.
<b>C6</b>	L'augmentation du trafic de plaisance, des services qui lui sont dédiés et des activités de construction navale (pollution et gaspillage d'eau) génère un impact négatif s'il n'est pas correctement contrôlé et géré

### **C1. Les plans de collecte et de gestion des déchets et effluents dans les ports ne sont pas mis à jour avec la fréquence nécessaire.**

Selon le Décret Législatif 182/2003, les Plans doivent être mis à jour (à partir de 2010, après un long différend avec l'UE et une série d'avertissements et de procédures d'infraction) tous les 3 ans. Cependant, une première analyse montre que seulement 30% des Plans des principaux ports italiens sont à jour. Cela implique que la quantité de déchets et d'effluents déplacés et gérés dans le port n'est pas toujours connue et que, par conséquent, il n'est pas possible de savoir si et quelles installations de réception portuaires sont adéquates ou à adapter.

### **C2. Le service de collecte des déchets produits par les bateaux est "sur appel" et fait souvent appel à des services temporaires à terre (autopurge) ou en rade (barges).**

La collecte des eaux usées (celles relevant à la fois des Annexes I et IV du Marpol) est confiée, dans la plupart des ports, à des astreintes qui nécessitent une réservation et des délais d'exécution très longs. Les bateaux de plaisance, y compris les grands yachts de cette catégorie, font très peu appel au service d'astreinte (à tel point que les volumes traités et enregistrés dans les ports, aussi bien d'eaux cale que d'eaux noires, sont faibles)

### **C3. S'il existe des services d'aspiration des eaux usées des bateaux (de tout type, mais surtout de plaisance) dans les ports, ceux-ci ne sont pas annoncés et donc utilisés : souvent les volumes annuels gérés dans les ports sont nuls ou proches de zéro, voire face à un trafic maritime intense**

Les stations fixes d'aspiration des eaux noires et de cale ne sont pas très courantes en Italie, même si elles seraient techniquement faciles à installer même dans les ports

existants. La principale difficulté est économique : le coût d'investissement peut être élevé même s'il peut être compensé par le tarif portuaire. Lorsqu'elles sont présentes, les stations fixes ne sont pas toujours utilisées par les plaisanciers, également parce qu'elles ne sont pas toujours annoncées comme un service.

**C3 BIS. S'il existe des services d'aspiration des eaux usées dans les ports, la plupart des bateaux existants (ancienne génération) ne peuvent pas utiliser ces services car ils ne collectent pas leurs propres eaux usées car ils manquent de systèmes de drainage internes reliés à des réservoirs ou à des systèmes de traitement.**

Contrairement aux bateaux neufs qui doivent être équipés de dispositifs de collecte adaptés, dans les bateaux de plaisance existants la criticité de l'absence du réservoir de stockage des eaux usées resterait, et qui doit donc être adaptée par des solutions technologiques qui doivent être de grande consommation, en adéquation avec le type de plaisance et en adéquation avec le pouvoir d'achat des différents plaisanciers. Les coûts estimés pour l'adaptation d'un bateau peuvent aller de 500/1000 € pour le kit plus l'installation qui peuvent varier en fonction des dispositions et des espaces disponibles dans le bateau.

**C4. Les tarifs d'évacuation des eaux usées et des déchets sont inégaux, souvent peu clairs et n'incitent pas ceux qui se comportent correctement à bord (différenciation des flux d'eau par exemple)**

Les tarifs sont payés par les bateaux selon des paramètres qui varient d'un port à l'autre. En général, ils sont calculés sur la base du tonnage du bateau et sur la base de la quantité conférée et il existe rarement des mécanismes incitatifs fondés sur des comportements « vertueux » de la part des ba

bateaux (par exemple, utilisation de colonnes de prise lors si présents, présence de réservoirs différenciés pour le stockage des eaux noires/grises/de cale).

### **C5. Les ports ne sont presque jamais équipés de systèmes pour éviter les micro-déversements accidentels contenant des hydrocarbures.**

Le système d'action et de confinement de la pollution repose principalement sur une intervention rapide en cas d'accident. Si cela est manifestement nécessaire pour les déversements accidentels, les « micro déversements » ou ceux découlant des opérations normales de soutage, les rejets d'eaux de cale, les petites fuites d'hydrocarbures non déclarées, ne sont pas gérés et contribuent à appauvrir la qualité des eaux portuaires.

### **C6. L'augmentation du trafic de plaisance, des services qui lui sont dédiés et des activités de construction navale (pollution et gaspillage d'eau) génère un impact négatif s'il n'est pas correctement contrôlé et géré.**

L'augmentation progressive du trafic de plaisance peut engendrer une pollution due aux rejets d'eaux usées des bateaux dans le port (interdit par la loi). Par ailleurs, la réparation et l'entretien des bateaux (par des professionnels ou par les plaisanciers eux-mêmes) et les opérations de nettoyage génèrent des eaux de ruissellement des chantiers qui ont une charge polluante élevée. Enfin, une autre criticité liée aux activités de construction navale et de plaisance est la gestion durable de la ressource en eau potable compte tenu des prélèvements importants de celle-ci dans les ports.

## 8. Actions pour la gestion durable des eaux usées et des déversements accidentels dans les ports

L'examen des données recueillies et des criticités a permis d'identifier quelques objectifs stratégiques (O.S.) fortement interdépendants et qui s'orientent vers les interventions à mettre en œuvre:

OS 1) augmenter la disponibilité et l'utilisation de stations fixes et d'aspiration des eaux de cale et noires dans les ports ;

OS 2) communiquer des informations claires et facilement accessibles dans la langue officielle de l'État membre où se trouve le port et dans une langue utilisée au niveau international ;

OS 3) identifier et appliquer des incitations économiques appropriées pour améliorer la gestion des eaux usées à bord des navires et pour leur transfert vers les installations portuaires;

OS 4) adopter des systèmes de prévention des impacts environnementaux causés par les micro-déversements d'hydrocarbures dans les eaux portuaires ;

OS 5) Minimiser les impacts dus aux services dédiés aux activités récréatives (réduire la pollution et le gaspillage des eaux).

Le plan d'action proposé suit une logique classique selon laquelle chaque objectif stratégique est décliné en actions concrètes visant à impliquer efficacement les acteurs locaux.

## O.S. 1) Augmenter la disponibilité et l'utilisation des stations fixes d'assèchement des eaux de cales et des eaux noires dans les ports

Le premier objectif stratégique vise à augmenter le nombre de ports qui adoptent des postes de livraison fixes, notamment pour les bateaux de plaisance qui pourraient favoriser l'évacuation des eaux de cale (contaminées par des hydrocarbures) et des eaux noires.

### Taleau 1 - Action 1.1 : Promouvoir l'installation de réservoirs différenciés pour la collecte des eaux noires et des eaux de cale à bord des navires.

<b>But(s) de l'action</b>	<b>Installer des réservoirs différenciés pour la collecte des eaux noires et de cale à bord des bateaux. Cela permettra l'utilisation de stations d'aspiration fixes dans les systèmes portuaires ou mobiles.</b>
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 11 (Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Gestionnaires de marines, autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalité, organismes chargés de la gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 36 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction de la quantité d'eaux usées rejetées en mer</li> <li>• augmentation de la quantité d'eaux usées livrées au port</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantité de déchets livrés au port</li> <li>• nombre de réservoirs à bord</li> </ul>

## Tableau 2 - Action 1.2 - Augmenter le nombre de stations d'aspiration fixes dans les installations portuaires

<b>But(s) de l'action</b>	<b>Les stations fixes pour l'aspiration des eaux usées (à la fois les eaux de cale et les eaux noires) permettent un service beaucoup plus rapide et encouragent donc le propriétaire du bateau à l'utiliser</b>
<b>Cohérence avec les ODD</b>	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 11 (Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
<b>Espaces d'application</b>	Ports du projet
<b>Responsables de l'action</b>	Gestionnaires de marines, autorités portuaires
<b>Partenaires possibles</b>	Région, Municipalité, organismes chargés de la gestion des déchets, etc.
<b>Délai de mise en œuvre prévu</b>	36 mois
<b>Impacts souhaités</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• augmentation du nombre de stations d'aspiration fixes</li> <li>• normalisation des installations de réception portuaires</li> <li>• réduction de la quantité de déchets rejetés en mer</li> <li>• augmentation de la quantité de déchets valorisés</li> <li>• des structures efficaces pour éviter les retards dans les activités ordinaires des navires</li> </ul>
<b>Critères d'évaluation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantité d'eaux usées gérées</li> <li>• nombre de postes fixes installés</li> </ul>

## **O.S. 2) Communiquer des informations claires et facilement accessibles dans la langue officielle de l'État membre où se trouve le port et dans une langue utilisée au niveau international**

L'O.S. 2) vise à améliorer la communication entre le port et les bateaux et à fournir en amont des informations claires sur la manière de gérer les différents flux de déchets et effluents produits dans le port et donc d'encourager leur élimination correcte. Un autre objectif est d'arriver à des procédures partagées entre les différents ports.

## Tableau 3 - Action 2.1 – Promouvoir l'utilisation d'applications pour diffuser des informations de service relatives aux ports

<b>But(s) de l'action</b>	Al fine di migliorare la comunicazione relativa ai servizi presenti nel porto, con particolare riferimento a ubicazione degli impianti portuali, orari di lavoro, elenco dei rifiuti/reflui conferibili, procedure per il conferimento, contatti degli operatori e servizi offerti, strutturazione del sistema di recupero dei costi, prenotazione dei servizi, vanno promossi la progettazione e l'utilizzo di applicazioni per dispositivi portatili (di seguito <i>app</i> )
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 9 (Construire une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation inclusive et durable et soutenir l'innovation)</p> <p>ODD 11 (Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires, Marine
Partenaires possibles	Régions, Municipalités, concepteurs de services informatiques, entreprises de transport maritime, organismes compétents pour la gestion des déchets, associations de plaisanciers
Délai de mise en œuvre prévu	Da 6 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meilleure collecte et gestion des eaux usées (et déchets)</li> <li>• une meilleure gestion environnementale des eaux usées et des déchets dans la zone portuaire</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre d'applications créées</li> <li>• nombre d'applications téléchargées</li> </ul>

## Tableau 4 - Action 2.2 - Préparer et mettre à jour les plans de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées

But(s) de l'action	Élaborer et mettre à jour régulièrement des Plans de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées, comprenant tous les éléments requis par la Directive (UE) 2019/883. Cela permettra une harmonisation des plans élaborés pour les différents ports, facilitant la gestion des déchets et des effluents selon un modèle commun. Les procédures de réception, de collecte, de stockage, de traitement et d'élimination doivent conduire à une réduction progressive de l'impact de ces activités sur le milieu marin.
Cohérence avec les ODD	ODD 11 (Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables) ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables) ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalités, entreprises de transport maritime, gestionnaires maritimes, organismes compétents pour la gestion des déchets, etc
Délai de mise en œuvre prévu	De 6 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une meilleure gestion des installations de réception portuaires</li> <li>• une meilleure mise en œuvre des procédures de réception et de collecte des déchets produits à bord des navires</li> <li>• un bon suivi de la nature et de la quantité de déchets livrés par les navires et gérés dans les infrastructures de collecte portuaires</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantités d'eaux usées gérées</li> <li>• nombre de plans de collecte et de gestion des déchets mis à jour cohérents avec les indications fournies par la directive-cadre sur les déchets</li> </ul>

## Tableau 5 - Action 2.3 - Établir des tables de travail périodiques afin d'améliorer les procédures de gestion des déchets à bord et au port

But(s) de l'action	Afin de partager les procédures de gestion des déchets/déchets entre tous les acteurs impliqués, définir les meilleures solutions, standardiser les méthodes de gestion des déchets à bord des bateaux et dans les ports et, si nécessaire, les améliorer périodiquement, il convient de mettre en place des tableaux de bord un travail où chaque participant peut apporter sa contribution et partager son expérience, également afin d'améliorer et de standardiser les plans de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 11 (Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalités, compagnies maritimes, gestionnaires maritimes, opérateurs maritimes, organismes compétents pour la gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 18 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une meilleure collecte et gestion des déchets et effluents</li> <li>• meilleure gestion environnementale des déchets/effluents dans la zone portuaire</li> <li>• facilité d'accès et efficacité du service</li> <li>• uniformité des procédures de gestion</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les flux de déchets gérés dans le port</li> <li>• Des plans de collecte et de gestion des déchets et des effluents à jour</li> </ul>

### O.S. 3) Identifier et appliquer des incitations économiques appropriées pour améliorer la gestion des eaux usées sur les navires et pour la livraison dans les ports

Le but de l'O.S. 3 est de définir des conditions d'exemption d'attribution plus claires et d'appliquer des systèmes de tarification différenciés adéquats afin d'inciter les gestionnaires de ports, les gestionnaires de compagnies maritimes et tous les utilisateurs des zones portuaires à être vertueux dans la gestion des eaux usées. Le terme « incitation » désigne une réduction du tarif ou l'application d'un tarif d'encouragement.

#### Tableau 6 - Action 3.1 - Identifier des incitations adéquates pour la collecte des déchets à bord des navires

<b>But(s) de l'action</b>	<b>La mise en œuvre d'incitations et de coûts différenciés en fonction des opérations effectuées à bord des bateaux visant à gérer les déchets générés de manière durable, à partir du stockage séparé de ceux-ci, représente une solution qui permettrait de sensibiliser les producteurs d'eaux usées.</b>
Cohérence avec les ODD	ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous) ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables) ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, communes, compagnies maritimes, organismes compétents de gestion des déchets, etc
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 36 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diminution globale des quantités d'eaux usées rejetées en mer</li> <li>• transparence des coûts pour l'utilisateur</li> <li>• maîtrise des dépenses</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des tarifs subventionnés</li> </ul>

## Tableau 7 - Action 3.2 - Mettre en place des incitations pour les bateaux « certifiés »

But(s) de l'action	Afin de limiter l'impact des activités portuaires et du trafic maritime sur l'environnement, une baisse des taxes portuaires pour les exploitants de navires peut être mise en place dans le respect des bonnes pratiques environnementales ou une tarification différenciée pour la collecte et le traitement des déchets et eaux usées des bateaux. Green Passport, Lloyd's Certifié Eco ou RINA Green Plus.
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalités, compagnies maritimes, organismes compétents de gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 18 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• amélioration de la qualité de l'environnement dans les ports</li> <li>• amélioration de la performance environnementale des bateaux</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• augmentation du nombre de navires certifiés</li> <li>• réduction d'impôt pour les bateaux certifiés</li> </ul>

## Tableau 8 - Action 3.3 - Définir les conditions d'exonération de la disposition

But(s) de l'action	Afin de réduire le nombre de cas pour lesquels un navire peut se rendre à la prochaine escale sans avoir livré ses déchets/effluents, il est nécessaire de définir des conditions d'exemption de livraison plus strictes et avec des critères clairs. En particulier, il est nécessaire de définir : les méthodes et critères à utiliser pour calculer la capacité de stockage dédiée suffisante; les critères pour distinguer les navires qui effectuent un service régulier avec des escales fréquentes et régulières (par exemple une escale dans le port x avec une fréquence d'au moins y fois par semaine/mois
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalités, compagnies maritimes, organismes compétents de gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des rejets en mer</li> <li>• une meilleure gestion des eaux usées respectueuse de l'environnement</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre de demandes de depot</li> <li>• nombre de délivrance d'exemptions</li> <li>• accords sur la livraison des eaux usées et sur le paiement des tarifs dans un port donné</li> </ul>

## O.S. 4) Adopter des systèmes de prévention des impacts environnementaux causés par les micro-déversements d'hydrocarbures dans les eaux portuaires.

L'O.S. 4 de ce plan d'action évalue l'importance de disposer de systèmes de prévention des impacts environnementaux causés par les micro-déversements d'hydrocarbures dans les eaux portuaires..

### Tableau 9 - Action 3.1 – Promouvoir les études hydrodynamiques dans les eaux portuaires i

<b>But(s) de l'action</b>	<b>L'obtention d'informations relatives à l'hydrodynamique dans les ports permettrait de connaître les zones d'accumulation "naturelle" de micro-déversements d'eau contaminée aux hydrocarbures où placer des systèmes d'absorption permanents pour le contrôle d'impact..</b>
Cohérence avec les ODD	ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous) ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables) ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires
Partenaires possibles	Région, Municipalités, sociétés d'ingénierie, gestionnaires maritimes
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 36 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• améliorer la connaissance du port</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre d'études hydrodynamiques réalisées</li> <li>• identification des zones potentielles d'accumulation d'hydrocarbures</li> </ul>

## Tableau 10 - Action 3.2 – Contrôle des impacts dérivant de micro-déversements d'eau contaminée par des hydrocarbure

But(s) de l'action	Réduire l'impact causé par les petites pertes d'hydrocarbures liées aux opérations normales des navires dans les ports, par ex. ravitaillement
Cohérence avec les ODD	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
Espaces d'application	Ports du projet
Responsables de l'action	Autorités portuaires, Marine
Partenaires possibles	Région, Municipalités, compagnies maritimes, organismes compétents de gestion des déchets, etc.
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 18 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle des impacts dérivant de micro-déversements d'eau contaminée par des hydrocarbures</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre d'installations</li> <li>• mètres linéaires de quais touchés par l'action</li> </ul>

## O.S.5) Minimiser les impacts dus aux services dédiés aux activités récréatives (pollution et rejet des eaux)

L'O.S. 5 de ce Plan d'Action vise à réduire les impacts liés aux services dédiés aux activités récréatives comme la réparation et l'entretien des bateaux (par des professionnels ou par les plaisanciers eux-mêmes), le nettoyage des coques et l'exploitation des mêmes bateaux.

### Tableau 11 - Action 5.1 – Interventions pour la collecte et la gestion des eaux de ruissellement des zones de construction navale

<b>But(s) de l'action</b>	<b>Construction d'usines dans les zones du chantier naval pour intercepter les résidus huileux et les hydrocarbures présents dans les premières eaux de pluie, les ruissellements des surfaces imperméabilisées et les eaux provenant du lavage des coques. Dans les zones de construction navale dédiées aux petits bateaux, des auvents pourraient également être prévus pour les protéger du ruissellement météorique et une bordure de périmètre au sol pour le confinement.</b>
<b>Cohérence avec les ODD</b>	<p>ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous)</p> <p>ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)</p> <p>ODD 14 (Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines)</p>
<b>Espaces d'application</b>	Ports du projet
<b>Responsables de l'action</b>	Autorités portuaires
<b>Partenaires possibles</b>	Responsables de chantiers et de marinas, organismes compétents pour la gestion des déchets.
<b>Délai de mise en œuvre prévu</b>	12 mois
<b>Impacts souhaités</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>réduction des rejets en mer</li> <li>une meilleure gestion environnementale des eaux de ruissellement, aussi bien d'origine météorique que dues aux opérations d'entretien/nettoyage des zones imperméabilisées.</li> </ul>
<b>Critères d'évaluation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nombre d'installations</li> <li>quantité récupérée d'huiles polluées et d'eaux usées interceptées par les puits qui vont à la livraison/élimination</li> </ul>

## Tableau 12 - Action 5.2 – Création d'un double réseau d'adduction d'eau dans le port

But(s) de l'action	Création d'un réseau d'adduction d'eau épurée pour desservir les chantiers navals, le lavage des bateaux et la prévention des incendies afin d'économiser l'utilisation des ressources en eau potable et la réutilisation de l'eau épurée à très faible coût (Figure 18).
Cohérence avec les ODD	ODD 6 (Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous) ODD 12 (Assurer des modes de consommation et de production durables)
Espaces d'application	Port de Cagliari
Responsables de l'action	Autorité Portuaire
Partenaires possibles	Région, Municipalité, gestionnaire du service d'eau intégré
Délai de mise en œuvre prévu	De 12 à 24 mois
Impacts souhaités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Économie des ressources en eau potable</li> <li>• Réduction des coûts d'approvisionnement en eau pour les marines</li> </ul>
Critères d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• volumes de ressources en eau potable économisés</li> <li>• économies en euros sur les coûts d'approvisionnement en eau potable</li> </ul>

## Bibliographie

Eurostat (2011). Mediterranean and Black Sea Coastal Region. Available online at [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive: Mediterranean\\_and\\_Black\\_Sea\\_coastal\\_region\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Mediterranean_and_Black_Sea_coastal_region_statistics) (accessed January 2, 2020).

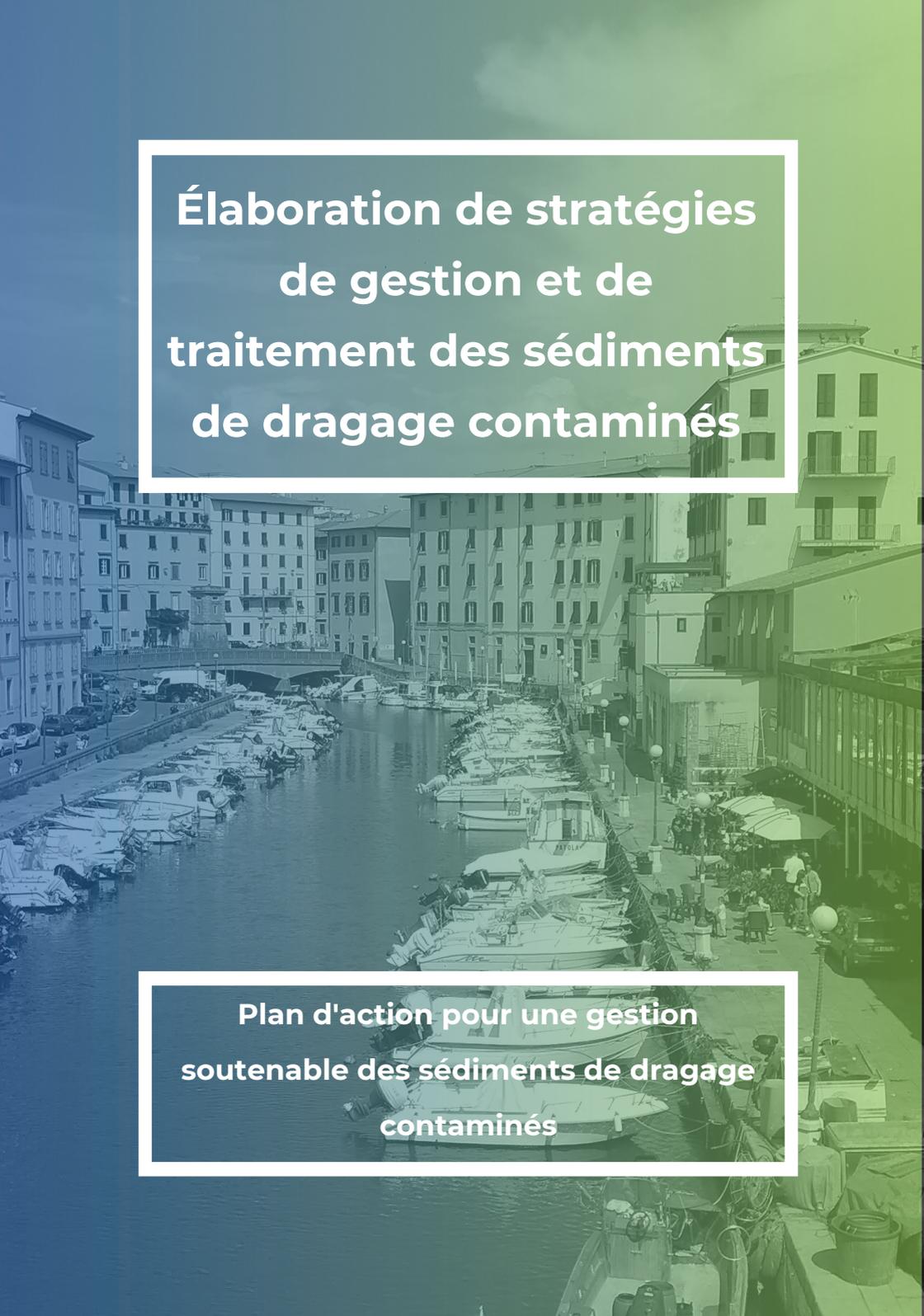
European Environment Agency (2006). Priority Issues in the Mediterranean Environment. Copenhagen: European Environmental Agency

Piante C., Ody D. (2015). Marine transport and ports. In: Blue Growth in the Mediterranean Sea: the Challenge of Good Environmental Status. MedTrends Project. WWF-France. 192 pages

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F. B. R., Aguzzi, J., ... Voultziadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. PLoS ONE, 5(8), 1–36. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842>

ISPRA, 2014. <https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/quaderni/ricercamarina/Quadernon.15versamentodiidrocarburiinmare.pdf>





# Élaboration de stratégies de gestion et de traitement des sédiments de dragage contaminés

Plan d'action pour une gestion  
soutenable des sédiments de dragage  
contaminés

## Prémisse

Ce rapport contient la description du Plan d'action pour la gestion soutenable des sédiments de dragage contaminés.

Après une révision réglementaire sur la gestion des sédiments, un examen de l'état de l'art et des bonnes pratiques est proposé. Une fois le plan d'action défini, la méthodologie ACV (Analyse du Cycle de Vie) a été appliquée au plan d'action avec une référence particulière aux types de traitement étudiés par le groupe de travail.

Le groupe de travail a étudié trois types de traitement: le lavage des sols, l'électrocinétique et l'épandage.

## 1. Le contexte réglementaire

D'un point de vue réglementaire, la gestion des sédiments est dans l'équilibre entre durabilité et sécurité environnementale. Les dispositions générales et internationales rendent difficile la gestion univoque des sédiments de dragage et la rendent en même temps indispensable.

Au niveau européen, la gestion des sédiments est incluse dans diverses directives, dont la *Directive-Cadre Européenne relative à l'Eau*, la *Directive Européenne sur les Déchets* et la *Directive Européenne sur les zones protégées*, sans en avoir de spécifique.

La *Directive-Cadre Européenne relative à l'Eau (2000/60/CE)*, réglemente la surveillance des sédiments pour assurer une bonne qualité de toutes les masses d'eau par rapport à l'utilisation des terres et à la contamination, de plus les niveaux seuils de contamination ne sont pas décrétés au niveau européen mais chaque nation établit ses propres limites de seuil, même à l'intérieur des rivières et des lacs transnationaux.

Le dragage, le déplacement et le stockage final des sédiments sont réglementés par la *Directive Sur Les Eaux Souterraines (2006/118/CE)* qui établit des normes de qualité des eaux souterraines en général (à la fois pour prévenir la pollution mais aussi les inondations et la sécheresse des eaux intérieures).

La *Directive-Cadre Sur Les Déchets (2008/98/CE)* attribue aux sédiments un code d'identification issu du Catalogue Européen Des Déchets, qui les classe comme déchets dangereux ou non dangereux et « permet » leur réutilisation

ultérieure en dehors de la masse d'eau d'origine. De plus, la *Directive Habitat* (92/43/CEE) et la *Directive Oiseaux* (2009/147/CE) qui visent à sauvegarder la biodiversité et les biotopes et espèces rares, réglementent le dragage des sédiments pour éviter les effets négatifs sur l'écosystème. Les opérations de dragage doivent viser à créer ou à améliorer des sites naturels et à compenser la dégradation et la perte des sols.

En Italie, l'une des premières références réglementaires concernant le nettoyage des zones polluées est la loi n°441/1987 qui imposait à toutes les régions d'élaborer un «*Plan Régional d'assainissement*» pour recueillir des connaissances et une vue d'ensemble de la situation actuelle italienne des zones et des sites pollués.

Avec la loi 84/1994, l'accent est mis en particulier sur la gestion des ports avec des références aux zones à assainir. Mais c'est avec l'entrée en vigueur du Décret-Loi 22/1997 (dit «décret Ronchi») que les matériaux de dragage ont commencé à être gérés comme des déchets (avec deux codes CER différents: 17.05.05 et 17.05.06). Cependant, certaines options étaient encore envisagées pour la gestion des matériaux d'excavation provenant de fonds marins ou saumâtres ou de terres côtières émergées, conformément au Décret Ministériel 24/01/1996 (et repris par la suite par l'art. 35 du Décret Législatif 152/99), comme, par exemple, l'immersion des sédiments dans la mer et le dépôt dans les zones adjacentes, telles que les plages, les lagunes, les étangs saumâtres et les digues côtières. Dans le Décret Ministériel 24/01/1996 les procédures techniques nécessaires à l'obtention de l'autorisation de rejet en mer sont précisées et la nécessité de procéder à une activité de caractérisation des sédiments est établie, pour laquelle des critères d'échantillonnage et des paramètres chimiques - physiques et microbiologiques à analyser sont fournis.

Cependant, les critères de qualité pour l'évaluation des sédiments à déverser font défaut dans ce décret, c'est pourquoi les évaluations aux fins de délivrance des autorisations sont accordées au cas par cas, éventuellement également sur la base des résultats d'analyses écotoxicologiques, spécialement préparées pour l'évaluation du risque environnemental des activités de déversement.

En effet, jusqu'en 1999, la localisation en mer était la seule option de gestion des boues issues des activités de dragage des petits et moyens ports répartis sur tout le territoire national. Ces dernières années, l'attention portée à l'environnement marin s'est accrue et il existe une tendance vers une gestion éco-durable des activités liées à la mise en œuvre d'interventions côtières.

Tout cela dans le respect des dispositions de la Convention de Londres de 1972 (notamment dans la résolution approuvant le D.M.A.F. en Anglais (C.E.M.D.) - "*Cadre d'Evaluation des Matériaux de Dragage*"), qui considère les matériaux de dragage comme une "ressource" à récupérer, plutôt que des déchets, concept repris de l'art. 35 du Décret Législatif 152/99, puis par l'art. 109 du Décret Législatif 152/2006.

Le Décret Législatif 152/2006, intégré et mis à jour constamment avec divers décrets ministériels périodiques, en ce qui concerne les sédiments de dragage réglemente principalement:

- **Procédures de référence pour l'échantillonnage et l'analyse des échantillons de sédiments**
- **Concentration des seuils de contamination**, c'est-à-dire qu'elle détermine les niveaux de contamination des matrices environnementales au-dessus desquels une caractérisation du site et une analyse de risque

spécifique sont requises.

- **Concentration des seuils de risque**, c'est-à-dire qu'elle détermine les niveaux de contamination des matrices environnementales à déterminer (au cas par cas) en appliquant une procédure d'analyse de risque propre au site. Si le niveau est dépassé, des mesures de sécurité et d'assainissement sont nécessaires.

Les niveaux de concentration sont définis comme ceux acceptables pour le site.

- **Critères généraux de sécurité, de décontamination et d'assainissement environnementale des sites pollués,**

Une décennie après le Décret Législatif 152/06, en 2016, le Décret directorial 351/2016 a été publié pour l'identification de valeurs de référence de site spécifiques "Critères pour la définition de valeurs de référence spécifiques pour la concentration de polluants pour les matériaux résultant des activités de dragage", mais surtout deux décrets ministériels du Ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire et de la Mer (MATTM) sont adoptés :

- DM 172/2016, qui régit les règles techniques pour les opérations de dragage dans les sites d'intérêt national (zones SIN).
- DM 173/2016, qui régit l'immersion des sédiments de dragage dans la mer, y compris les critères de caractérisation et de gestion dans la zone côtière.

Ainsi, en Italie, la réglementation des opérations de dragage est définie en fonction de la zone dans laquelle se trouvent les

sédiments à draguer (dans les zones SIN ou dans les zones non situées dans un SIN).

Les zones SIN sont des zones portuaires ou des zones marines côtières qui nécessitent un «assainissement», à la fois parce qu'elles sont excessivement contaminées et doivent être remises en état, et parce qu'elles présentent un intérêt écologique particulier et doivent être préservées. Les zones non-SIN sont des zones portuaires ou des zones marines côtières qui ne sont pas situées dans des zones SIN.

### 1.1 Opérations de dragage réalisées au sein du SIN

Les opérations de dragage réalisées dans le cadre du SIN sont régies par le Décret Ministériel 172/2016 ("Règlement régissant les procédures et règles techniques pour les opérations de dragage dans les Sites d'Intérêt National"), par l'art. 5-bis de la loi 84/1994 (et modifications et ajouts ultérieurs) et, sur la base des résultats des analyses physico-chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques, conformément aux dispositions du décret ministériel du 7/11/2008 et des modifications ultérieures et ajouts.

Les méthodologies et critères de réalisation des activités de caractérisation des sédiments à draguer dans la zone SIN sont définis dans le Décret Ministériel du 7/11/2008 (modifié par le Décret Ministériel 04/08/2010). L'échantillonnage pour la caractérisation des sédiments à draguer doit permettre d'émettre des hypothèses fidèles sur la répartition des contaminants. Si possible, l'analyse géostatistique doit être utilisée comme outil privilégié. Alternativement, des critères de précaution sont utilisés pour calculer et caractériser les volumes à gérer.

En ce qui concerne la gestion des sédiments de dragage dans les zones SIN, les possibilités suivantes sont identifiées, sur la

base d'exigences de qualité spécifiques définies sur la base de leurs caractéristiques chimiques, physiques, microbiologiques et écotoxicologiques:

**1) Dépôt ou reflux dans les masses d'eau d'où ils proviennent** ou qu'ils utilisent pour le rechargement des plages et la formation des sols côtiers, ou pour améliorer les conditions des fonds marins par des activités de recouvrement (capping). Directement ou après des traitements d'élimination des contaminants, ces sédiments sont réintroduits dans le plan d'eau après des analyses physico-chimiques et écotoxicologiques appropriées qui attestent des caractéristiques similaires au site de destination et qui ne montrent pas de résultats positifs aux tests écotoxicologiques;

**2) Rejet dans des bassins de collecte étanches, des bassins de collecte ou immobilisation dans des bassins de confinement** réalisés avec les meilleures techniques disponibles (selon les critères de conception formulés par les normes techniques internationales accréditées et adoptées dans les États membres de l'Union européenne). Les sédiments concernés par ces modes de gestion doivent avoir des caractéristiques à garantir l'absence de risques pour la santé et l'environnement, en relation avec l'obligation de ne pas détériorer la qualité des matrices écologiques, du sol, du sous-sol, des eaux souterraines, des eaux de surface, marines et de transition. Cette réutilisation est autorisée si le sédiment est considéré comme non dangereux à son origine ou à la suite d'un traitement exclusivement destiné à l'élimination des polluants.

**Utilisation terrestre des sédiments** à condition que, tels quels, ou après le traitement de dessalement ou l'élimination des polluants (donc à l'exclusion des procédés destinés à immobiliser les polluants par solidification ou stabilisation), ils

ne présentent pas, selon l'usage prévu, des niveaux de contamination supérieurs à ceux indiqués dans les colonnes A et B - Tableau 1 - Annexe 5 - Partie IV du DD Lgs.152/2006, et qui restent conformes aux valeurs limites pour la teneur en lixiviation ("tests de délivrance" réalisés selon la norme EN 12457-2) définis à l'annexe 3 du Décret Ministériel du 05/02/1998 (représenté à la Figure 1) pour la gestion du territoire, révisé par l'article 252 du Décret Législatif 152/2006 (lui-même intégré par le DM 172 /2016 qui traite de la gestion environnementale des phases d'enfouissement sur le territoire). En cas d'utilisation de sédiments dans des zones à couches naturellement salines, il est possible d'obtenir une dérogation au dépassement des niveaux de lixiviation définis à l'annexe 3 du Décret Ministériel du 05/02/1998 pour les sulfates et les chlorures, à condition que, avec l'accord de l'autorité territoriale compétente de l'ARPA (Agence Régionale de Protection de l'Environnement), toute variation des caractéristiques du sol récepteur est évitée.

### Allegato 3

#### CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DEL TEST DI CESSIONE

Per la determinazione del test di cessione si applica l'appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2. Solo nei casi in cui il campione da analizzare presenti una granulometria molto fine, si deve utilizzare, senza procedere alla fase di sedimentazione naturale, una ultracentrifuga (20000 G) per almeno 10 minuti. Solo dopo tale fase si potrà procedere alla successiva fase di filtrazione secondo quanto riportato al punto 5.2.2 della norma UNI EN 12457-2. I risultati delle determinazioni analitiche devono essere confrontati con i valori limite della seguente tabella:

Parametri	Unità di misura	Concentrazioni limite
Nitrati	Mg/l NO3	50
Fluoruri	Mg/l F	1,5
Solfati	Mg/l SO4	250
Cloruri	Mg/l Cl	100
Cianuri	microngrammi/l Cn	50
Bario	Mg/l Ba	1
Rame	Mg/l Cu	0,05
Zinco	Mg/l Zn	3
Berillio	microngrammi/l Be	10
Cobalto	microngrammi/l Co	250
Nichel	microngrammi/l Ni	10
Vanadio	microngrammi/l V	250
Arsenico	microngrammi/l As	50
Cadmio	microngrammi/l Cd	5
Cromo totale	microngrammi/l Cr	50
Piombo	microngrammi/l Pb	50
Selenio	microngrammi/l Se	10
Mercurio	microngrammi/l Hg	1
Amianto	Mg/l	30
COD	Mg/l	30
PH		5,5 <> 12,0

In sede di approvazione del progetto di cui all'articolo 5 del presente decreto, vengono stabiliti i parametri significativi e rappresentativi del rifiuto che devono essere determinati in relazione alle particolari caratteristiche del sito o alla natura del rifiuto

**Fig. 1 Annexe 3 du Décret Ministériel du 05/02/1998 qui indique les valeurs limites pour la teneur en lixiviation**

Pour ces 3 axes principaux, le Décret Ministériel 172/2016 fournit la description, pour toutes les phases de gestion des sédiments (du dragage au dépôt jusqu'au transport, selon les usages prévus par l'article 5 bis, alinéa 2, de la loi L. 84/1994), des procédures applicables à ces opérations, ainsi que les mesures d'atténuation et les critères de préparation et de mise en œuvre des activités de surveillance. Dans la gestion des sédiments dans le contexte du SIN, le Décret Directorial 351/2016 traite des valeurs spécifiques au site, calculées avec une double approche où les valeurs réelles sont exploitées ainsi que les valeurs probabilistes, les détails du site considéré. En plus des analyses chimiques, des tests écotoxicologiques (à réaliser à trois niveaux trophiques) et l'analyse de la communauté benthique sont également pris en considération, pour une évaluation des effets potentiels et indirects sur la santé humaine. Les valeurs seuils seront également déterminées en fonction du contexte environnemental, tel que la présence d'installations aquacoles, de biocénoses sensibles, de zones protégées et de la nécessité éventuelle d'établir des zones tampons entre le SIN et les zones externes.

Parmi les approches internationales possibles, celle utilisée par l'ISPRa est le PEL (Probable Effect Level) qui est le niveau seuil au-dessus duquel des effets toxiques ont été enregistrés, calculé avec la moyenne géométrique entre le 50<sup>e</sup> centile d'une concentration d'une certaine substance qui a toxicité démontrée et le 85<sup>e</sup> centile des données ne montrant aucun effet toxique. Le PEL est calculé avec des données spécifiques au site pour les métaux et les éléments traces, pour l'acceptation d'un certain niveau de contamination pour les environnements compromis.

L'approche qui semble plutôt plus plausible à suivre est basée sur des données réelles et probabilistes, qui identifient le niveau d'Effet Acceptable (LEA) qui doit être choisi en fonction du contexte environnemental, des pressions qui s'exercent sur la zone et des impacts déjà identifiés. D'autres niveaux sont également identifiés : Niveau d'effet certain avec une probabilité de 95 % d'avoir des effets toxiques génériques. Si ces effets sont considérés comme légers ou modérés, la LEC peut être maintenue à la même concentration par précaution, si au contraire les effets sont sévères et/ou très sévères et qu'à proximité de zones sensibles il est raisonnable de baisser la LEC. Lors de l'évaluation de la LEC, une multitude de facteurs sont pris en considération qui semblent être spécifiques au site et chaque valeur de référence sera comparée avec le pool de données utilisé et non avec des plages supérieures ou inférieures.

Pour l'évaluation des effets toxicologiques, le Modèle Adaptatif Généralisé (GAM) est introduit qui est utilisé lorsque l'interpolation entre la concentration du contaminant et l'effet résultant n'est pas linéaire.

En fait, dans ce modèle d'autres variables sont prises en compte. Le jugement de toxicité est conseillé pour attribuer de manière pondérée compte tenu de la signification statistique du test écotoxicologique, de la gravité de l'effet et du type d'exposition (chronique ou aiguë). Le résultat final est la classe de danger donnée par la somme des résultats obtenus par les différents tests (sur trois niveaux trophiques) et corrigé des poids attribués en fonction de la pertinence biologique du point final considéré, de la pertinence écologique de la matrice et l'exposition chronique ou aiguë des organismes.

Enfin, il y a l'analyse de bioaccumulation réalisée sur certains contaminants connus pour leur tendance à la bioaccumulation (Cadmium, Mercure, Plomb, Benzo(a)pyrène, Dioxines). Pour les dioxines et benzo(a)pyrène les oiseaux et non les poissons sont utilisés dans les tests de bioaccumulation. Les données antérieures du SIN sont également évaluées, jusqu'à 6 années précédentes. Ces données doivent tenir compte des organismes sédentaires et en cas d'application de l'aquaculture dans les zones voisines, des tests doivent être effectués sur des espèces comestibles d'un niveau trophique 3. Dans le cas où une augmentation de la bioaccumulation est constatée par rapport aux données précédentes, un système de surveillance des moules doit être installé pour observer les effets sur les espèces comestibles et sédentaires ou extraordinairement (décès de moules d'autres causes que la contamination) d'autres organismes qui peuvent être trouvés dans le site seront observés de la même manière.

**Tableau 1 Poids attribués en fonction du critère biologique, de la matrice, du temps d'exposition, utilisés pour le coefficient W2**

ENDPOINT	(En)	MATRICE	(M)
Crescita	1.2	Sedimento intero (tal quale)	1
Riproduzione	1.5	Acqua interstiziale	0.8
Sviluppo	1.9	Elutriato	0.7
Bioluminescenza	2.4	Sedimento umido (es. centrifugato)	0.5
Sopravvivenza	3	Acqua della colonna	0.3
ESPOSIZIONE	(T)	ORMESI	Ei
Acuta	1	$E \leq 40\%$	0
		$40 < E \leq 100\%$	1.25
Cronica	0,7	$E > 100\%$	1.5

**Tableau 2 Classe de danger écotoxicologique selon le HQ (Hazard Quozient) des batteries de tests**

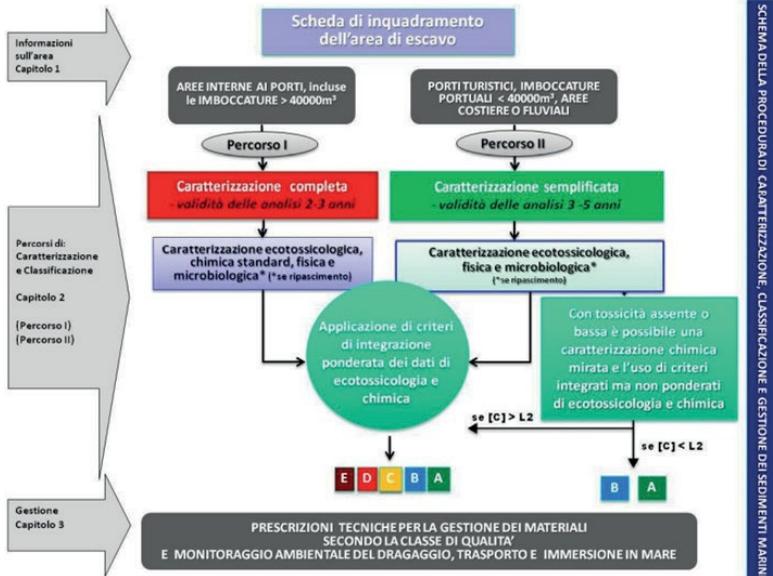
HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI PERICOLO
< 1	Assente
≥1 – 1.5	Basso
≥1.5 – 3.0	Medio
≥3.0 – 6.0	Alto
≥6.0 – 10.0	Molto alto

## 1.2 Opérations de dragage réalisées en dehors d'une zone SIN

Les opérations de dragage réalisées en dehors du SIN sont régies par le Décret Ministériel 173/2016 et par le Décret Ministériel 24/01/1996, sur la base des résultats des analyses physico-chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques, telles que définies dans ces mêmes décrets.

Le décret ministériel 173/2016 établit les procédures de délivrance de l'autorisation pour l'élimination volontaire en mer des matériaux visés à la lettre a), paragraphe 2, de l'article 109 du décret législatif 152/2006 (matériaux d'excavation du fond marin ou du fond saumâtre ou de la surface côtière) pour assurer la protection de l'environnement marin. Le décret fait référence à la gestion des matériaux issus des activités de dragage dans les ports côtiers et les zones marines hors SIN et détermine également certains critères de caractérisation, de classification et de réutilisation des matériaux afin d'atteindre ou de maintenir les objectifs de qualité environnementale des masses d'eau marine côtière.

L'annexe technique du décret ministériel 173/2016 régit l'ensemble du processus de caractérisation et de gestion des sédiments à traiter, y compris la planification et la mise en œuvre de l'échantillonnage, des analyses de laboratoire (physique, chimique, écotoxicologique, biologique et microbiologique) et la classification de la qualité des sédiments, jusqu'à la formulation d'hypothèses de gestion respectueuses de l'environnement et à l'élaboration de plans de suivi des activités (figure 2).



**Fig. 2 Cadre général pour la caractérisation, la classification et la gestion des matériaux**

Dans le décret ministériel 173/2016, de nouveaux critères d'évaluation intégrés et pondérés ont été introduits pour intégrer et soutenir l'évaluation basée sur les seuls critères d'évaluation tabulaires utilisés pour la classification chimique, sur la comparaison des résultats avec les niveaux de référence chimiques nationaux L1 et L2 (rapportés dans le tableau 1) et pour la classification écotoxicologique basée sur les résultats de la batterie de biotest utilisée.

**Tableau 3 valeurs seuils L1 et L2 du DM 173/2016**

<b>Paramètre</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>
<b>Éléments en traces</b>	<b>(mg Kg<sup>-1</sup>)p.s.</b>	
Arsenic	12	20
Cadmium	0,3	0,8
Chrome	50	150
Cr VI	2	2
Cuivre	40	52
Mercure	0,3	0,8
Nickel	30	75
Plomb	30	70
Zinc	100	150
<b>Contaminants organiques</b>	<b>(µg Kg<sup>-1</sup>)p.s.</b>	
Composés organostanniques	5 <sup>(1)</sup>	72 <sup>(2)</sup>
PCB	8	60
DDD	0,8	7,8
DDE	1,8	3,7
DDT	1	4,8
Chlordane	2,3	4,8
Aldrine	0,2	10 <sup>(7)</sup>
Dieldrine	0,7	4,3
Eldrin	2,7	10
α -HCH	0,2	10 <sup>(7)</sup>
β -HCH	0,2	10 <sup>(7)</sup>
γ -HCH (Lindane)	0,2	1
Époxyde d'heptachlore	0,6	2,7
HCB	0,4	50 <sup>(7)</sup>
Hydrocarbures C>12	Pas disponible	50000

IPA (16) <sup>(5)</sup>	900	4000
Anthracène	24	245
Benzo (a)Anthracène	75	500
Benzo (a)pyrène	30	100
Benzo (b)fluoranthène	40	500 <sup>(7)</sup>
Benzo(k)fluoranthène	20	500 <sup>(7)</sup>
Benzo (g,h,i) périlène	55	100 <sup>(7)</sup>
Crisène	108	846
Indénopyrène	70	100 <sup>(7)</sup>
Phénanthrène	87	544
Fluorène	21	144
Fluoranthène	110	1494
Naftalène	35	391
Pyrène	153	1398
T.E., PCCD, PCDF (Dioxines et Furannes) et PCB dioxine similaires	2X10 <sup>-3</sup>	1X10 <sup>-2</sup>

<sup>(1)</sup> riferito al solo TBT

<sup>(2)</sup> riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT;

<sup>(3)</sup> come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

<sup>(4)</sup> come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

<sup>(5)</sup> come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

<sup>(6)</sup> L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco

congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs.172/2015.

<sup>(7)</sup> Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

\* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

En abrogeant les normes techniques relatives aux activités régies par le D.M. 24/01/1996, sans préjudice des dispositions relatives aux activités de manutention des sédiments marins pour la pose de câbles et pipelines sous-marins, le Décret Ministériel 173/2016, en plus des nouveaux critères d'évaluation intégrée et pondérée, introduit de nouveaux éléments importants, tels que : le «Fiche de classement de la zone», pour la collecte et la valorisation des informations antérieures, préparatoire aux phases suivantes; la possibilité de simplifier la caractérisation en fonction du type de milieu (ports, entrées de ports, embouchures de rivières, etc.) et des données antérieures disponibles; le rôle prioritaire attribué aux résultats de la caractérisation écotoxicologique; l'examen des classes de qualité des sédiments en termes de nombre de classes et d'options de gestion appropriées (Figure 3).

Les critères d'intégration pondérés appliqués aux analyses chimiques prennent en compte le type de paramètre, le nombre de contaminants au-dessus des seuils établis et l'importance du dépassement des seuils établis, la toxicité attendue des éléments selon qu'ils figurent ou non dans la liste des substances "Prioritaires" ou dans la liste des matériaux "dangereux et prioritaires" ou qui sont mentionnées dans la Convention de Stockholm sur les POP (Polluants Organiques Persistants), et reposent sur l'élaboration d'un Quotient de risque chimique (HQC) qui permet de pondérer les sédiments selon leur classification d'« aucun risque » à « très haut risque ». Les critères d'intégration pondérés appliqués aux analyses écotoxicologiques tiennent compte des caractéristiques particulières des tests biologiques inclus dans la batterie utilisée: la significativité statistique de la différence d'effet entre l'échantillon et le témoin, la sévérité de l'effet, le type d'exposition (aigu ou chronique), la représentativité environnementale de la

matrice testée. La classification écotoxicologique pondérée repose donc sur un critère de risque écotoxicologique pouvant aller d' « absent » à « très élevé », élaboré par l'intégration pondérée des résultats de tous les composants de toutes les batteries de biotest utilisées. La catégorie de qualité des sédiments résulte donc de l'intégration de la classification chimique et écotoxicologique par l'application de critères d'intégration tabulaire et pondérée. Cinq classes de qualité des sédiments ont été définies (A, B, C, D, E), allant de « absent - Classe A » à « à haut risque - Classe E ».

**Classe A**

- Ripascimento della spiaggia emersa con pelite  $\leq 10\%$  o altro valore stabilito su base regionale.
- Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente.
- Immersione deliberata in aree marine non costiere (oltre le 3 miglia dalla costa).
- Immersione in ambiente conterminato marino – costiero.

*N.B. : Per ognuna di queste opzioni deve essere prevista un'attività di monitoraggio ambientale.*

**Classe B**

- Immersione deliberata in aree marine non costiere (oltre le 3 miglia) con monitoraggio ambientale.
- Immersione in ambiente conterminato in ambito portuale, incluso capping, con monitoraggio ambientale.

**Classe C**

- Immersione in ambiente conterminato in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'interno di aree portuali, con idonee misure di monitoraggio ambientale.

**Classe D**

- Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato, con idonee misure di monitoraggio ambientale.

**Classe E**

- Eventuale rimozione in sicurezza dall'ambiente marino dopo valutazione di rischio, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

**Fig. 3 Options de gestion des sédiments de dragage pour réutilisation en mer (annexe technique du décret ministériel 173/2016)**

Par conséquent, en ce qui concerne la gestion des sédiments de dragage, en Italie la gestion dans la zone marine-côtière prévaut, alors que la gestion à terre ne concerne que les sédiments de dragage qui sont "interdits" pour la relocalisation marine (ex. sédiments dangereux) dont la localisation finale est principalement une décharge de

déchets spéciaux.

Pour le moment, il n'y a pas de grandes ouvertures à la réutilisation des sédiments marins dans le contexte terrestre, il n'y a que la référence à des formes moins strictes pour le stockage temporaire à terre des matériaux issus des opérations de dragage et de récupération et une référence générique au « courant législation environnementale » dans l'éventualité d'une différente destination et d'une gestion à terre des matériaux issus des activités de dragage".

Il est clair qu'en l'absence de législation spécifique sur la gestion à terre des sédiments marins de dragage, on ne peut que formuler des hypothèses quant à une éventuelle réutilisation et valorisation de ces matériaux à terre, hypothèses qui devront nécessairement passer par des phases d'étude et d'expérimentation, en attendant des modifications réglementaires en ce sens.

Des exemples de bonnes pratiques en Europe sont donnés en annexe A.

## 2. Plan d'action pour la gestion durable des sédiments contaminés

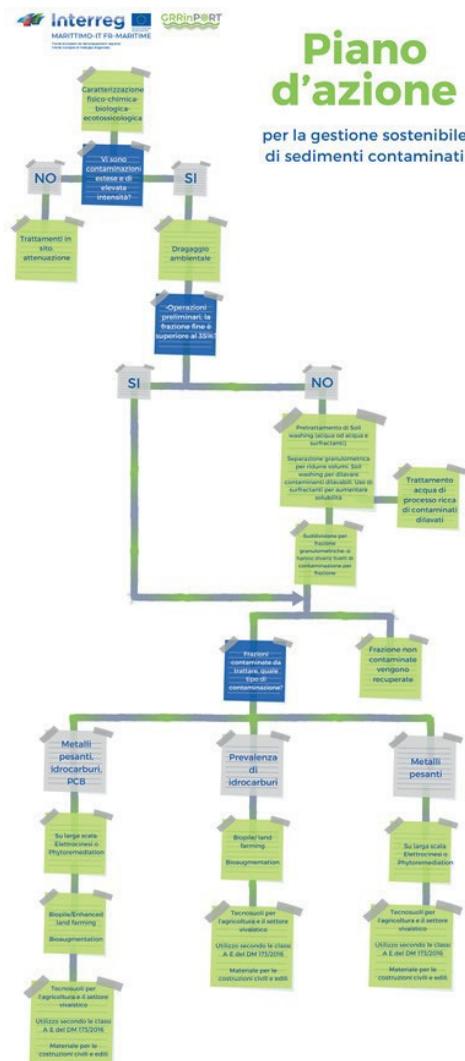


Fig. 4 Plan d'action pour la gestion durable des sédiments contaminés

Ce paragraphe propose, sur la base de cas réels européens et non, les traitements possibles qui peuvent être adoptés en fonction du type de contamination présente dans le sédiment de départ et de la réutilisation ultérieure. Un aperçu du Plan d'Action est présenté ci-dessous (Figure 4).

Le plan d'action présenté ci-dessus présente des solutions possibles pour la gestion et le traitement des sédiments portuaires. Les traitements rapportés ont été choisis dans la bibliographie sur la base de l'échelle d'application: comme critère général, les traitements utilisés au moins à l'échelle pilote ont été sélectionnés. Après une première analyse chimico-physique-écotoxicologique, le niveau et l'étendue de la contamination des sédiments sont évalués et sur la base de ces deux paramètres, on décide de mettre en œuvre des traitements *in situ* ou *ex situ*. Si la contamination est limitée à une petite zone et que les niveaux de contamination sont relativement faibles, on opte pour des traitements *in situ*, si possible en mettant en œuvre "l'atténuation naturelle", de cette façon les sédiments ne sont pas déplacés et il n'y a pas de risque de remise en suspension des contaminants dans l'environnement, mais surtout les coûts de traitement sans dragage et de transport dans les zones *ex situ* sont abaissés. En général, les traitements *in situ* sont préférés aux traitements *ex situ* pour les raisons évoquées ci-dessus, par contre les traitements *in situ* sont difficiles à suivre et à contrôler, alors que les traitements *ex situ* sont réalisés dans des conditions contrôlées qui améliorent potentiellement la performance des traitements. Si, d'autre part, le site est largement contaminé par des niveaux élevés de contaminants, alors le dragage et les traitements ultérieurs sont optés. Avant de passer aux traitements, un prétraitement de lavage des sols est réalisé. Ce prétraitement a deux finalités: tout d'abord séparer le sédiment dans ses fractions

granulométriques, puis effectuer les analyses relatives, certaines fractions seront propres et facilement réutilisables (fonds marins et/ou remblais de plage) tandis que d'autres seront sujettes à une forte contamination et donc aux traitements relatifs. Ceci permet de réduire le volume à traiter par rapport au volume initial. Le second objectif, en revanche, est d'éliminer certains contaminants (peut-être à l'aide de biosurfactants pour les matières organiques ou simplement d'eau pour certains métaux) puis d'envoyer la solution obtenue avec les contaminants lessivés vers une station d'épuration. Une fois le volume de sédiments à traiter défini et le type de contaminants présents connu, il y aura différentes options de traitement pour les différents contaminants. Nous pouvons diviser les contaminants en deux macro-classes: organiques et inorganiques. Les premiers peuvent se dégrader plus ou moins facilement tandis que les seconds ne le peuvent pas. Au sein des organiques, nous avons des contaminants tels que les hydrocarbures, les polyphényles chlorés (PCB), les pesticides. Après le traitement, les sédiments peuvent être réutilisés dans une perspective d'économie circulaire en fonction du traitement subi.

Les sédiments contaminés aux PCB sont généralement traités par « encapage ». C'est une technique largement utilisée comme technique in situ, mais dans le cas des ports, l'énorme débit d'eau sur le site d'encapage pourrait enlever ou déplacer la couche d'encapage. Cependant, l'encapage peut être une technologie ex situ avec des conditions contrôlées. Dans ce domaine, une technologie qui a été utilisée ces dernières années est l'utilisation d'encapages activés et inoculés avec des souches bactériennes capables de dégrader les PCB. L'application ex situ est préférable pour assurer un meilleur mélange et contact du sédiment avec le matériau d'encapage et les bactéries qui y sont inoculées et donc un meilleur rendement de traitement. Une étude

préliminaire du site et en particulier une analyse microbiologique de la communauté microbienne indigène pourrait être une étape clé pour ensuite isoler des bactéries ou des champignons capables de dégrader les contaminants du site et déjà adaptés à ce site particulier. Payne et al. (2019) ont utilisé cette technique pour le traitement in situ dans une usine pilote d'encapage, obtenant des taux d'épuisement inférieurs dans l'installation pilote par rapport à l'échelle laboratoire.

Deux souches bactériennes ont été utilisées : une *Candidatus D. chlorocoercia* anaérobie et une *Paraburkholderia xenovorans* aérobie. Le choix a été guidé par le type de contaminants présents, à savoir les PCB, qui sont initialement dégradés par réduction de la molécule pour éliminer les chlores liés aux biphényles et par la suite des réactions oxydantes se produisent pour oxyder et casser l'anneau aromatique. Une autre technique similaire d'encapage est l'encapage activé par biofilm. Ce type de traitement a été rapporté par Jing et al. (2018) dans une revue des traitements des sédiments contaminés aux PCB. Avec ce type de technique, des processus d'adsorption et de dégradation ont lieu. Devant le succès des expériences montrées dans la littérature, l'USEPA l'a inclus parmi les traitements des sédiments contaminés. Les contaminants tels que les PCB et les HAP peuvent ne pas être biodisponibles en raison de leur structure apolaire et les micro-organismes sont entravés par cela pour la biodégradation. L'utilisation d'un adsorbant séquestrant ces contaminants (charbon actif ou biochar) en combinaison avec une bioaugmentation via un biofilm recouvrant le matériau adsorbant pourrait garantir une augmentation de la biodégradation par l'adsorption de contaminants sur le matériau adsorbant conjointement avec la communauté microbienne choisie pour dégrader les PCB. Kjellerup et Edwards (2013) ont montré une efficacité

supérieure à 60% de l'épuisement des PCB en utilisant un encapage adsorbant activé par biofilm. L'espace compact entre le biofilm et le charbon actif favorise l'utilisation des PCB comme accepteurs d'électrons par les micro-organismes et favorise ainsi leur dégradation. Le biofilm protège également les micro-organismes eux-mêmes des substances toxiques et peut retenir les composés organiques plus longtemps (Köhler et al., 2006 ; Aktas et Eçen, 2007).

La phytoremédiation fait partie des techniques à grande échelle les plus utilisées (Gomes et al., 2013, Jing et al., 2018). Dans ce cas, la phytoremédiation peut être utilisée à deux fins : l'élimination des contaminants par accumulation dans les parties apicales de la plante et/ou la dégradation des contaminants en association avec les microorganismes de la rhizosphère. La présence de plantes stimule la croissance de micro-organismes dans la rhizosphère, par la sécrétion d'exsudats radicalaires, qui stimulent la croissance de bactéries et/ou de champignons potentiellement capables de dégrader les contaminants. De cette façon, les contaminants sont soit éliminés dans les tissus végétaux, soit dégradés par les plantes et les micro-organismes de la rhizosphère. Il peut être utilisé comme traitement secondaire pour soutenir un précédent tel que l'encapage susmentionné. En effet, la phytoremédiation peut être utilisée pour des matrices avec des niveaux de contamination intermédiaires ou faibles et peut donc être utilisée dans le cadre de « traitements de train » après d'autres traitements pour éliminer la contamination résiduelle.

La phytoremédiation est une méthode biologique, ce qui signifie qu'elle est économiquement durable mais nécessite des temps plus longs. La possibilité de réutiliser la biomasse pour la production d'énergie « casse » le défaut chronophage de ce traitement. Après une évaluation de la matrice de post-

traitement, il est alors possible d'évaluer une réutilisation potentielle, qui dans ce cas pourrait être réutilisée comme sol agricole pour les plantes ornementales, les technosols, ou la valorisation environnementale des zones industrielles.

Les métaux lourds ne peuvent pas être biodégradés par les micro-organismes, ils peuvent être solubilisés et immobilisés grâce à l'action microbienne. Les plantes peuvent les bioaccumuler dans la partie apicale. Les traitements électrocinétiques peuvent être utilisés efficacement pour éliminer les métaux lourds de la matrice, suivis d'une phytoremédiation. L'électrokinésie est un traitement scalable, qui ne libère pas de déchets dans la matrice en tant que contaminants secondaires et supplémentaires et peut être appliqué à l'élimination de divers métaux. L'aspect négatif de ce traitement est la variation de pH qu'il peut provoquer : la mobilisation des métaux se produit à pH acide, mais en vue d'une réutilisation ultérieure de la matrice, cet aspect doit être pris en compte, notamment pour la croissance de plantes en succession. Les pH acides mobilisent les métaux et empêche leur adsorption sur la substance organique. De plus, ce traitement peut être utilisé pour les sédiments riches en fraction fine car ils adsorbent les métaux entraînant une conductivité électrique élevée avec un champ électrique fort (Mulligan et al. 2001; Peng et al. 2009). De plus, la possibilité de récupérer les métaux pourrait couvrir les coûts du traitement (Mulligan et al. 2001 ; Akcil et al. 2015).

Comme alternative, même un traitement thermique tel que la vitrification peut être utilisé, à condition que la quantité de sédiments à traiter ne soit pas élevée mais également avec des niveaux de contamination élevés car il est efficace pour divers types de contaminants. L'inconvénient de ce traitement est le prix et c'est pourquoi la quantité de sédiments doit être réduite au maximum. D'autre part, la

réutilisation du matériel vitro obtenu peut être réutilisé comme matériau de construction ou pavage de route tandis que le reste du sédiment peut être destiné à être réutilisé.

Les traitements visant à immobiliser les contaminants sans les éliminer doivent être évités pour éviter tout effet de rejet dans le temps (avec variation du pH). D'autre part, la solidification et l'élimination des contaminants solidifiés et la réutilisation de ce matériau peuvent être envisagées lorsque les contaminants persistent. Les traitements de solidification consistent en l'ajout d'un « liant » qui solidifie la contamination. Le « Ciment Portland » est l'un des plus utilisés. Il modifie radicalement les sédiments et est laissé en dernière option avant d'être mis en décharge. L'aspect positif est que le produit ainsi obtenu peut être utilisé comme matériau pour la construction et les fonds de routes, dans une perspective d'économie circulaire dans laquelle les sédiments sont valorisés comme une ressource et non plus seulement comme un déchet. De Gisi et al (2020) ont réussi à réutiliser 974 g de sédiments du kg initial, ne laissant que 26 g à éliminer dans les décharges.

Quant à la contamination par les hydrocarbures, les traitements biologiques devraient être ceux à encourager étant donné la capacité connue des micro-organismes tels que les bactéries et les champignons à dégrader les hydrocarbures. Les traitements ex situ à appliquer à grande échelle sont principalement l'épandage, les biopiles et les bioréacteurs. L'épandage est le plus simple: il consiste à labourer, retourner la matrice se trouvant dans un terrain découvert. Un agent de gonflement (bulking) est ajouté pour améliorer les qualités agronomiques des sédiments, des engrais et de l'eau pour stimuler la croissance de la population microbienne (biostimulation).

De cette façon, les relations entre les différents macronutriments typiques des sols fertiles et sains sont également rétablies, c'est-à-dire C: N: P 100: 10:1. L'apport d'engrais pour rétablir ces équilibres, d'eau et d'oxygène (par retournement), permet la stimulation de l'activité microbienne de la population indigène. Cependant, ce traitement présente deux inconvénients : les grands espaces nécessaires et la possibilité de volatilisation des contaminants lors du retournement et du traitement en général. En revanche, il est économiquement pratique (Paudyn et al., 2008 ; Silva-Castro 2015).

Les biopiles sont similaires à l'épandage : elles consistent à empiler des matrices avec des agents de gonflement (bulking) sur plusieurs étages divisés par des feuilles et des tuyaux qui transportent l'air, l'eau et les engrais, et sont à l'intérieur. Il nécessite une conception d'épandage plus spécifique mais la volatilisation est réduite et laisse plus de place à la biodégradation. Il prend moins de place mais coûte plus cher. Il a été reconnu comme très efficace à grande échelle et/ou à vraie grandeur (Vaccari et al., 2020). La biopile, mais aussi l'épandage, est particulièrement efficace lorsqu'elle est associée à la bioaugmentation, avec notamment la mycoaugmentation (Gomez et Sartaj, 2014). Ils peuvent être utilisés m.o. autochtone ou allochtone. Les premiers sont préférables car ils sont déjà adaptés à ces conditions particulières qui sont généralement hostiles et potentiellement capables de dégrader les contaminants de la matrice elle-même. L'inoculation d'organismes allochtones, aux capacités de dégradation prouvées, est cependant prometteuse mais les éventuels effets de compétition doivent être pris en considération. Cependant, la population indigène est également pertinente dans le cas de l'inoculation d'espèces exotiques. Les champignons utilisés en bioremédiation sécrètent généralement des enzymes

extracellulaires non spécifiques qui catalysent des réactions d'oxydation contre des molécules organiques complexes telles que la lignine mais aussi des contaminants hydrocarbonés. De plus, les champignons participent à des phénomènes d'organisation de la substance organique, à l'humification, aux phénomènes du sol, produisant, transformant et recyclant la substance organique. L'assainissement avec ces micro-organismes éliminera non seulement les contaminants de la matrice, mais favorisera leur récupération totale ou presque pour une réutilisation future.

Dans les matrices environnementales et complexes il ne sera évidemment pas possible de répartir les différentes contaminations ayant ainsi des sédiments multicontaminés. Par conséquent, une combinaison des traitements antérieurs en traitements de train doit être encouragée pour avoir une récupération totale de la matrice ou des produits obtenus dans le post-traitement.

## 3. Application de l'analyse de cycle de vie (ACV) au plan d'action des sédiments proposé par GRRinPORT

L'étude a réalisé une analyse de cycle de vie (ACV) liée au traitement de 30.000 tonnes de sédiments contaminés, suivant les phases d'ACV définies par ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006, c'est-à-dire définition de l'objectif et du périmètre, analyse de l'inventaire, évaluation d'impact et interprétation.

### 3.1 Définition du but et de la portée

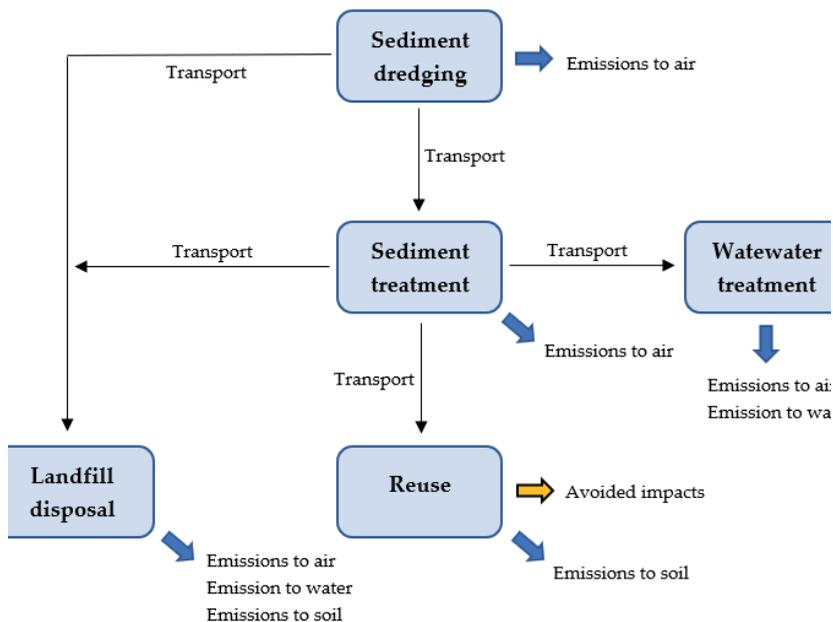
Ce projet a évalué les impacts environnementaux dus au traitement des sédiments marins contaminés dans un grand port méditerranéen situé au centre de l'Italie. Les sédiments marins ont été dragués dans deux quais différents, montrant deux tailles de particules différentes : la taille des particules C (55 % de sable grossier, 30 % de sable fin, 15 % d'argile) et la taille de particules F (2 % de sable grossier, 18 % de sable fin, 80 % argile) ; par conséquent, diverses options sont possibles pour leur assainissement. Le but de cette étude était d'étudier des scénarios de traitement de sédiments marins contaminés présentant différentes caractéristiques, afin de trouver la stratégie la plus respectueuse de l'environnement.

La pollution sédimentaire sur site a été estimée en analysant 32 échantillons de sédiments dragués au port. Analyse d'échantillonnage visant à calculer la concentration moyenne de contaminants situés à une profondeur de 0,5 mètre du fond marin. Les concentrations sur place ont montré que les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les biphényles polychlorés (BPC) et les hydrocarbures

dépassaient les limites de concentration réglementaires de 4, 7, 2 et 14 fois, respectivement. L'unité fonctionnelle de 30.000 tonnes a été choisie car elle représente une quantité suffisante pour laquelle la récupération des sédiments marins peut être commode par rapport à la mise en décharge, tant pour des raisons économiques qu'environnementales.

Les limites du système comprenaient tous les matériaux et les processus impliqués dans les étapes de traitement, du dragage des sédiments à la réutilisation et/ou l'élimination en décharge (Figure 5). La répartition finale des sédiments dépendait des hypothèses formulées dans les scénarios et des traitements supposés pour l'élimination des contaminants. Plus précisément, cette étude a examiné trois technologies de traitement d'assainissement des sols : le lavage des sols (SW ou LS), l'électrocinétique (EK) et l'amélioration des terres agricoles (EL). Ces technologies peuvent être combinées entre elles, car elles éliminent différentes catégories de contaminants et leur utilisation peut dépendre de la granulométrie des sédiments. La figure 4 montre le plan d'action suivi pour cette ACV, qui explique le processus décisionnel adopté et les compétences des technologies de traitement envisagées : comme mentionné, il convient de noter que l'élimination des contaminants n'a pas toujours été autorisée en raison des compétences limitées des technologies de traitement envisagées, et cela a conduit à la récupération ou à la mise en décharge des fractions sédimentaires, sur la base des contaminants présents dans les fractions sédimentaires et des technologies de traitement disponibles. Évidemment, même les fractions non traitées dans la figure 4 peuvent être récupérées grâce à diverses technologies non incluses dans cette ACV, telles que la phytomédiation.

Les impacts environnementaux de la construction des machines et équipements utilisés n'ont pas été inclus, en supposant qu'ils existent déjà et continueront de fonctionner.



**Fig. 5 Limites du système**

### 3.2 Résultats

Pour le matériel et les méthodes ainsi que les résultats de l'étude, veuillez-vous référer à l'annexe B où la publication scientifique est rapportée sous la forme d'un projet soumis à une revue scientifique.

## 4. Bibliographie

Akcil A, Erust C, Ozdemiroglu S, Fonti V, Beolchini F (2015) A review of approaches and techniques used in aquatic contaminated sediments: metal removal and stabilization by chemical and biotechnological processes. *J Clean Prod* 86:24–36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.009>

Aktaş, O., and Eçen, F. (2007). Adsorption, desorption and bioregeneration in the treatment of 2-chlorophenol with activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 141, 769–777. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.050

De Gisi, S., Todaro, F., Mesto, E., Schingaro, E., & Notarnicola, M. (2020). Recycling contaminated marine sediments as filling materials by pilot scale stabilization/solidification with lime, organoclay and activated carbon. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122416.

Gomes, H. I., Dias-Ferreira, C., & Ribeiro, A. B. (2013). Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. *Science of the Total Environment*, 445, 237-260.

Gomez F, Sartaj M (2014) Optimization of field scale biopiles for bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil at low temperature conditions by response surface methodology (RSM). *Int Biodeterior Biodegradation* 89:103–109. doi:10.1016/j.ibiod.2014.01.010

Jing, R., Fusi, S., & Kjellerup, B . V. (2018). Remediation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in contaminated soils and sediment: state of knowledge and perspectives. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 79.

Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N. K., Murtaza, B., Bibi, I., & Dumat, C. (2017). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 247-268.

Kjellerup, B., & Edwards, S. (2013). Application of Biofilm Covered Activated Carbon Particles as a Microbial Inoculum Delivery System for Enhanced Bioaugmentation of PCBs in Contaminated Sediment. *GOUCHER COLL BALTIMORE MD*.

Köhler, A., Hellweg, S., Escher, B. I., and Hungerbühler, K. (2006). Organic pollutant removal versus toxicity reduction in industrial wastewater treatment: the example of wastewater from fluorescent whitening agent production. *Environ. Sci. Technol.* 40, 3395–3401. doi: 10.1021/es060555f

Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF (2001) An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments. *J Hazard Mater* 85(1-2):145–163. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00226-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00226-6)

Paudyn K, Rutter A, Rowe RK, Poland JS (2008) Remediation of hydrocarbon contaminated soils in the Canadian Arctic by landfarming. *Cold Reg Sci Technol* 53:102–114. doi:10.1016/j.coldregions.2007.07.006

Payne, R. B., Ghosh, U., May, H. D., Marshall, C. W., & Sowers, K. R. (2019). A pilot-scale field study: in situ treatment of PCB-impacted sediments with bioamended activated carbon. *Environmental science & technology*, 53(5), 2626-2634.

Payne, R. B., Ghosh, U., May, H. D., Marshall, C. W., & Sowers, K. R. (2019). A pilot-scale field study: in situ treatment of PCB-impacted sediments with bioamended activated carbon. *Environmental science & technology*, 53(5), 2626-2634.

Peng JF, Song YH, Yuan P, Cui XY, Qiu GL (2009) The remediation

of heavy metals contaminated sediment. J Hazard Mater 161(2-3):633– 640. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.061>

Peng, W., Li, X., Xiao, S., & Fan, W. (2018). Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals. Journal of soils and sediments, 18(4), 1701-1719.

Silva-Castro GA, Uad I, Rodríguez-Calvo A, González-Lopez J, Calvo C (2015) Response of autochthonous microbiota of diesel polluted soils to land- farming treatments. Environ Res 137:49–58. doi:10.1016/j.envres.2014.11.009

#### 4.1 Normative

DIRETTIVA 2000/60/CE Ottobre 2000

DIRETTIVA 2008/56/CE Giugno 2008

Regolamento (CE) n.1013/2006 14 giugno 2006

Regolamento (CE) n.660/2014 15 maggio 2014

Decreto legislativo n. 152/2006

Decreto ministeriale n.172/2016

Decreto ministeriale n.173/2016

## 5. Annexe A - Exemples de bonnes pratiques : un regard sur l'Europe

En Europe, les sédiments dragués annuellement sont d'environ 200 millions de mètres cubes (Todaro et al., 2019), alors que dans le monde ils sont environ 600 millions de mètres cubes : ces chiffres imposent une réflexion sur leur valorisation et leur recyclage qui devrait être incité autant que possible. Avec la Convention de Londres de 1972 les sédiments dragués perdent leur sens de déchets et ils sont vus comme une ressource, entrant dans un parcours d'Économie circulaire visant à donner une seconde vie aux choses qui étaient auparavant destinés à être défini comme un déchet. Cette seconde vie dans le cas des sédiments marins dragués peut inclure leur réutilisation dans le domaine marin, dans le rechargement des plages submergées et/ou sablonneuses, ou comme matériau pour la "Remplissage" dans la construction ou comme réutilisation dans la formulation des technosols dans le domaine agricole. Dans le cadre réglementaire Italien (en particulier DM 172/2016 et DM 173/2016, respectivement pour les zones avec et sans NAS) il en ressort que la récupération des sédiments de dragage est plutôt limitée à la réutilisation uniquement dans le milieu marin, en fait il n'existe pas actuellement une législation qui autorise et réglemente leur réutilisation dans le milieu terrestre, sinon comme confinement en décharge.

Même s'il n'y a pas de réglementation au niveau européen de gestion et recyclage des sédiments, les exemples sont nombreux parmi les projets de recyclage des sédiments de dragage, y compris ceux marine, en particulier dans les domaines de la construction de bâtiment et des routes. Le vide réglementaire européen est principalement causé d'un manque d'uniformité de la matière puisque la variété des types des sédiments, le niveau de contamination et les facilités de stockage et d'élimination du même est grand et rend l'uniformité difficile au niveau de la gestion et de la réglementation.

Malgré le processus qui conduit à la réutilisation des sédiments dragué est à la fois long et compliqué, les implications sont positives puisque les matériaux récupérés peuvent être utilisés dans la lutte contre l'érosion, en aquaculture, agriculture, stabilisation des plages, dans la fabrication de granulats et la construction des routes susmentionnée.

En France, les sédiments dragués sont réutilisés principalement dans la construction de routes. Les sédiments marin , cependant présentent deux problèmes principaux : un contenu élevé d'eau (200 %) et une salinité élevée. La teneur en eau ne doit pas être supérieur à 20 %, un processus est donc nécessaire "Dewatering" également utile pour le dessalement. Pour encourager le diminution de la teneur en eau et de la salinité avec ajout de limon, séchage à 40 ° C et ajout de sable.

La présence de concentrations élevées de sel affecte la qualité du matériau, surtout s'il doit avoir une certaine "dureté".

Afin de décréter la qualité du mélange comme acceptable obtenus en usage dans la « construction de routes » sont nécessaires différents tests de vérification pour évaluer la teneur en eau, la capacité du matériau à soutenir la circulation de machines en action impliquées dans le processus, de la force de traction et élasticité.

Dans les deux prochaines sections seront respectivement présenté une vue d'ensemble à l'échelle européenne des cas de traitement des sédiments dragués à grande échelle et le proposition d'un plan d'action comme "outil de décision" pour le traitement de la même. Le plan d'action décrira une série de traitements, déjà utilisés à l'échelle pilote et/ou réelle pour obtenir l'assainissement complet des sédiments et/ou de leurs récupération pour un éventuel recyclage, à utiliser comme lignes directrices pour la gestion des sédiments de dragage selon une approche respectueux de la nature.

Les projets européens peuvent être brièvement divisés en

fonction des traitements et du type de réutilisation des sédiments.

En règle générale, les sédiments qu'ils ont subis traitements biologiques tels que phytoremédiation / landfarming / biopile ont ensuite été destinés principalement à être réutilisés en agriculture.

Ce type de traitements, ainsi que ceux dans lesquels il est impliqué l'électrokinésie, ont comme résultat final l'élimination efficace des contaminants de la matrice, grâce à de processus biologiques oxydants et non oxydants, ou par migration de contaminants (électrokinésie et phytoextraction). Dans ce cas le matrice finale une fois que le traitement atteint les niveaux significativement plus faible en contaminants si, après analyse chimique / écotoxicologique est dans les limites légales autorisées, peut être réutilisé.

Projets dans lesquels des techniques chimiques ont été utilisées physiques, tels que la stabilisation, l'immobilisation et les traitements thermique, ont eu comme résultat final la réutilisation de sédiments dans le secteur du bâtiment et de la construction routière.

Grâce à ces traitements, les contaminants sont rendus inertes, immobilisés et solidifiés mais non retirés du sédiment. Là mélange obtenu à partir du sédiment avec le "liant", utilisé pour immobiliser les contaminants, est ajouté aux agrégats pour la production de ciment. Tests de stabilité physique relative et de résistance à la pression, mais aussi des tests de libération contaminés, des « lessivages » ont été effectués pour assurer la qualité du mélange lors d'une utilisation future.

Des projets tels que AGRIPORT, HORTISED, SIBSAC, AGRISED et SUBSED, réalisés à l'échelle pilote jusqu'à 150 mètres cubes de traitements et le projet à grande échelle CLEANSED ont compte tenu de l'utilisation de traitements biologiques tels que la phytoremédiation et l'aménagement du territoire. Dans le cas de CLEANSED, l'objectif a été atteint, réutiliser les sédiments dans l'environnement et au niveau

du paysage (collines paysagères), pour la composition de technosols ou sols pour la culture de plantes horticoles et/ou ornementales.

AGRIPORT (Réutilisation Agricole des Dragues Polluées Sédiments) a utilisé une station d'épuration pilote de 80 mètres cubes dans lesquels l'utilisation de plantes résistantes à la salinité a été obtenue une élimination de 20% de métaux lourds et 60% d'hydrocarbures. Le projet a réalisé une méta-analyse sur 20 études au niveau européen à cet égard et un coût estimé pour cette type de traitement de 35 €/mc, résultant économiquement compétitif sur le plan environnemental.

CLEANSED (Méthodologie intégrée innovante pour l'utilisation de sédiments fluviaux décontaminés en nourricerie végétale et routière bâtiment) avait plutôt un double objectif de recyclage des sédiments à la fois dans le secteur de la pépinière, comme substrat pour la croissance de plantes ornementales, et/ou matériaux adaptés à la constitution de revêtements routiers et ferroviaires après traitement préalable avec phytoremédiation et landfarming à l'échelle pilote et à grande échelle. Les projet a atteint l'objectif de réutiliser les sédiments à la fois dans la préparation des sols, ce qui a permis la croissance de plantes aux caractéristiques physiologiques et morphologiques comparables à celles cultivées dans les sols traditionnels utilisés dans pépinière dans les deux ans, que dans la construction d'un tronçon de route de 100 m.

HORTISE (Démonstration de l'adéquation des dragage des sédiments dépollués pour une sécurité et une durabilité production horticole) avait plutôt pour objectif la évaluation des sols obtenus à partir de sédiments déjà dragués traités dans les projets AGRIPORT et CLEANSED pour la croissance de plantes fruitières en Italie et en Espagne (grenade et fraise). L'évaluation de l'aptitude de ces sols a été estimée grâce à la comparaison avec la culture des mêmes plantes sur supports de culture traditionnels, à base de tourbe ou de fibre de coco. Les niveaux de PCB mesurés ont montré des

valeurs inférieures à celles autorisés par la loi 152/2006, tandis que ceux de l'IPA> 12C sont résultats supérieurs aux limites légales pour les zones résidentielles mais inférieures à celles autorisées pour les zones industrielles.

Le projet SIBSAC (Système Intégré de Remédiation et Traitement des sédiments et des eaux fortement contaminées salinité) a vu l'utilisation de divers types de traitements tels que le soilwashing et phytoremédiation dans le but d'optimiser et définir la technologie de traitement. Le projet a démontrant une grande capacité de phytoextraction et d'accumulation de métaux dans la biomasse des traitements proposés, cela rend les sédiments ainsi traités potentiellement utilisables dans d'autres applications.

AGRISED (Utilisation des sédiments dragués pour créer des supports de culture et des techno-sols innovants pour les plantes pépinière et réhabilitation des sols) et SUBSED (Sustainable substrats pour l'agriculture à partir de dragées marines dépolluées sédiments : des ports aux pots) visant à réutilisation des sédiments dragués et traités dans la culture de plantes ornementales, respectivement par compostage avec les déchets verts et la phytoremédiation.

Avec le SEDI.PORT.SIL (Récupération de dragées SEDIments du PORT de Ravenne et extraction de SILicon) les sédiments ont été traités par lavage des sols, l'agriculture et les traitements thermiques tels que la fusion au plasma qui permis l'extraction du silicium. En effet, en conséquence des alliages fer-silicium finaux ont été obtenus, avec pourcentage de silicium environ 50 %, ce qui représentent un élément important pour l'industrie sidérurgique.

La récupération presque totale des sédiments a été obtenue (rendement d'environ 98%) et des matières premières secondaire ont été créées qui peut trouver leur place dans le Marché italien, européen et international. C'était aussi conçu une usine de traitement à l'échelle industrielle dans le Port de Ravenne.

Dans le GREENSITE (Technologies des fluides supercritiques pour sédiments de dragage fluviaux et marins assainissement) les sédiments ont été traités avec des fluides supercritiques pendant l'extraction et l'oxydation des polluants organiques. Pour ça, un équipement compact et facile à utiliser a été créé transport et installation sur les sites d'intervention, ce qui permet pour éliminer et oxyder un large éventail de substances polluants organiques, garantissant plus de 90 % d'efficacité dans les deux phases d'extraction et d'oxydation avec temporisation de l'ordre de 60 minutes.

Une telle technologie réduit radicalement la consommation d'eau et la production de résidus en traitement. Le système peut également être utilisé exploitant une seule des deux phases, donc n'utilisant qu'une section d'oxydation pour le traitement des eaux polluées à partir de composés organiques. A partir d'une première évaluation théorique, en supposant intégrer thermiquement les deux cycles et l'amélioration de l'efficacité de l'échange thermique, une usine, à l'échelle industrielle, devrait avoir des charges de gestion en ligne avec les coûts actuels de gestion du marché de types similaires de sédiments.

Les projets TRASED, SEDIMED, SETARMS, SMOCS et VALSE ont visé l'utilisation de traitements tels que inertisation, solidification et immobilisation de contaminants et leur utilisation ultérieure dans la construction des routes et la construction en général.

Le projet TRASED (Transfert de technologies et mieux pratiques de gestion des SEATS dragués entre les ports de Venise et Koper) avait pour objectif la production de briques et a souligné certaines corrections à apporter dans le cycle de production pour améliorer l'homogénéisation et les résultats de transfert après 16 jours.

Dans le projet SEDIMED (Filières de valorisation des sédiments marins méditerranéens) le traitement d'inertage a été précédée d'une bioremédiation naturelle ou "naturelle atténuation". Les matériaux obtenus ont été jugés de bons

qualité pour une utilisation dans la construction de routes. Valeurs des PCB, sulfates et les chlorures se sont avérés être au-dessus des limites légales, donc pas dans tous les cas, les sédiments peuvent être utilisés à un niveau environnemental mais ils ont montré de bonnes caractéristiques telles que la stabilité géotechnique et récupération de la végétation. La constitution de les ciments de construction restent une solution viable pour le réutilisation des sédiments en raison de l'absence de risques environnementaux et pour les performances mécaniques acceptables pour la réutilisation dans le chaîne d'approvisionnement biologique. Grâce à ce projet, une centre pour tester la réutilisation des sédiments en éco-matériaux a été réalisé.

SETARMS (Traitement environnemental durable et réutilisation des sédiments marins) a étudié l'état du dragage de la Manche, la caractérisation des sédiments dragués et la formulation de mélanges utilisables dans la construction. Pendant la conception a été optimisée en remplaçant un liant hydraulique routier à celui précédemment utilisé dans pourcentages jusqu'à 15% et 30% de sables dragués et un correcteur granulométrie, avec la chaux et le ciment, atteignant la caractéristiques requises après un maximum de 28 jours.

L'objectif du SMOCS (Gestion Durable des Sédiments contaminés) était la réutilisation durable des sédiments de la mer Baltique. Le traitement de sédiment s'est produit par immobilisation et solidification en obtenant de matériaux avec caractéristiques géotechniques et environnementales acceptables pour la construction ou le réutilise comme matériau de remplissage au sein du même port et/ou dans de nouvelles zones portuaires, avec une absence démontrée de pertes de matières polluantes dans le milieu environnant.

L'objet du projet VALSE (Nouvelles ressources transfrontalières : vers une validation de scénarios de valorisation de sédiments et autres matériaux) est celle d'approuver les chaînes d'approvisionnement transfrontalières pour la valorisation matière (sédiments et

matériaux d'excavation) par la construction de travaux d'envergure (collines panoramiques, pistes cyclables). Le projet vise à favoriser son intégration au territoire et une utilisation durable dans une perspective d'économie circulaire. Tout cela a été fait avec des techniques de stabilisation telles que technologie innovante durable pour la fabrication de mélanges pour béton, ciment pour génie civil et pour la production de granulats pour l'isolation dans la construction, à partir de matériaux restaurés.

Des projets comme SEKRET (Sediment ElectroKinetic REmediation Technologie d'élimination de la pollution par les métaux lourds) et BioResNova (Récupération et valorisation des sols et sédiments contaminés grâce à biotechnologies innovantes soutenues par des procédés physico-chimique) avaient pour objet l'évaluation de transfert à grande échelle de traitements tels que l'électrokinésie et mycoaugmentation dans la biopile. Les études sont particulièrement importantes pour l'optimisation des traitements des sédiments et identification des embouteillages dans la mise à l'échelle. La mise à l'échelle de ces processus, en particulier, il est souhaitable de pouvoir traiter de grandes quantités de sédiments dragués de manière aussi durable que possible afin de restituer ces sédiments réhabilités dans l'environnement.

Le projet T.O.S.C.A. (Traitement in situ optimisé des Sédiments pour compactage et décontamination via CEM haute fréquence) avait pour objectif l'application de traitements thermiques Thermal Enhanced Soil Vapor extraction à l'échelle pilote, pour les traitements in situ et ex situ, avec une instrumentation négligeable et avec des coûts d'industrialisation et des délais de traitement compatibles. Les sédiments ainsi traités montrent bonnes caractéristiques à des fins de construction.

SEIMARD83 (Sédiments Marins Dragués du Var) et PCBAXELERA a vu l'application de traitements mixte. Dans le

premier cas, les effets sur la matrice ont été évalués des différents traitements appliqués (séparation granulométrique, déshydratation par pressage, bioremédiation, phosphatation, traitement Novosol®, calcination, stabilisation et/ou solidification à base de liants hydrauliques tels que chaux, ciment) pour pouvoir étudier tous les prétraitements à adopter pour favoriser l'introduction de sédiments initialement fortement contaminés dans les chaînes de valorisation. Dans le second cas, le focus a été sur les sédiments contaminés aux PCB et tout interventions de remédiation encourageant les traitements biologiques et tentant d'introduire tels sédiments traités dans les chaînes d'approvisionnement de récupération.

Le panorama européen a montré les progrès de la recherche dans le traitement des sédiments propices à une récupération pour une gestion plus durable. Étant donné la nature des sédiments eux-mêmes, qui agissent comme un puits dans le réservoir où ils se trouvent, les sources des contaminations sont multiples, potentiellement il existe de nombreux et divers traitements qui peuvent être appliqués. D'une manière générale, il est possible d'observer qu'il existe une possible chaîne de valorisation suite à différents types de traitement.

Concernant la réutilisation des sédiments sur le terrain de construction, la condition pour que celles-ci viennent utilisées dans cette perspective est qu'ils sont "traités".

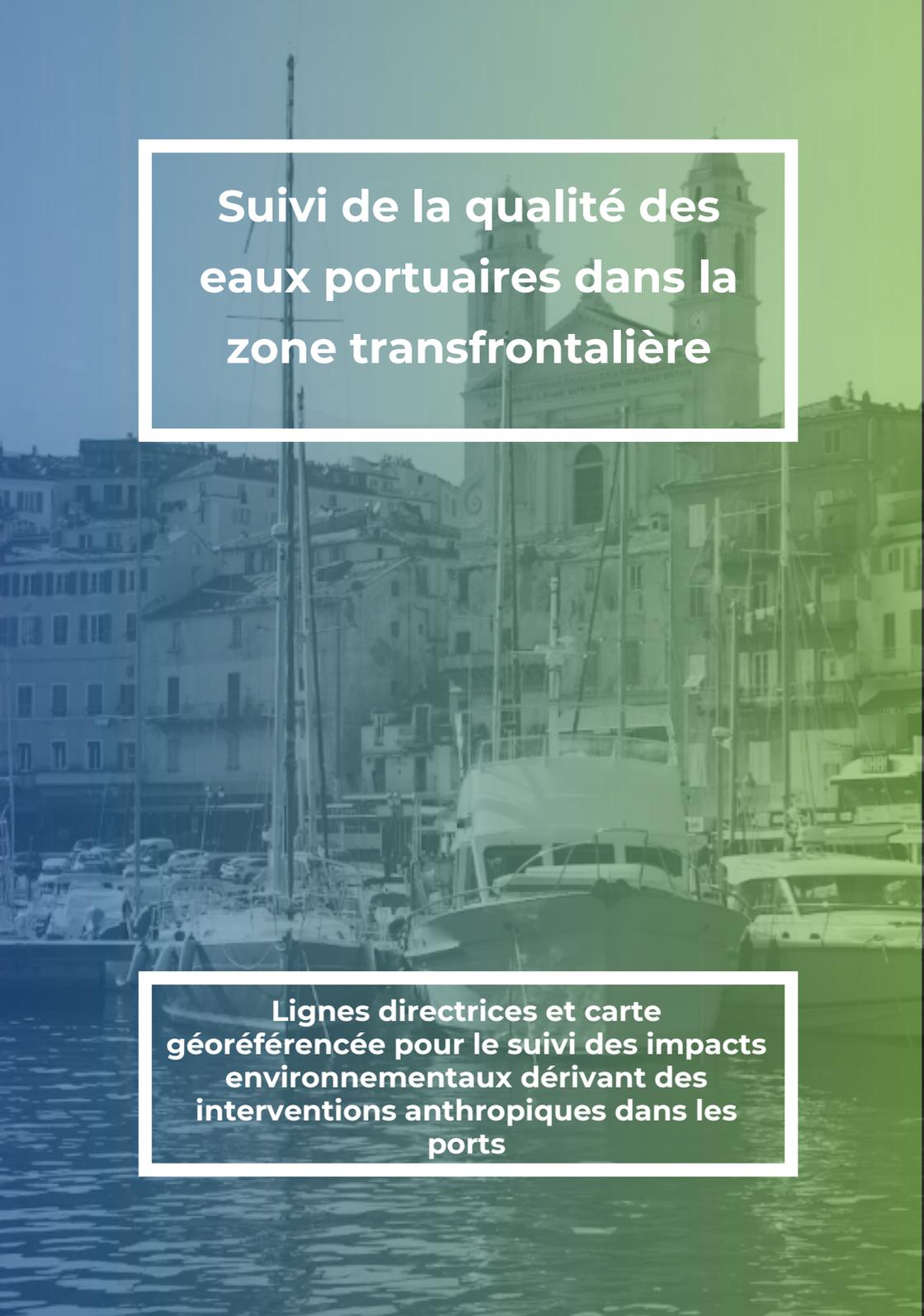
Généralement ce traitement concerne la solidification /stabilisation, au cours de laquelle les contaminants ne sont enlevés mais inertés, c'est pourquoi les tests de lessivage sont effectués suite à la formation de la ciment. Dans tous les cas, une suppression des contaminants des sédiments serait souhaitable afin de favoriser la réutilisation d'un sédiment propre et cela dans le futur, ne libérez pas de contaminants.

L'application de plusieurs traitements à un sédiment usé à cette fin, il peut être l'objectif d'études futures, en particulier comprendre comment la formulation de ciments sans

contaminants peuvent être réutilisé dans la construction favorisant la protection environnementale.

## 6. Annexe B - Publication des résultats de l'ACV dans une revue scientifique

Pasciucco, F.; Pecorini, I.; Di Gregorio, S.; Pilato, F.; Iannelli, R.  
Recovery Strategies of Contaminated Marine Sediments: A Life Cycle Assessment. Sustainability 2021, 13, 8520.  
<https://doi.org/10.3390/su13158520>



**Suivi de la qualité des  
eaux portuaires dans la  
zone transfrontalière**

**Lignes directrices et carte  
géoréférencée pour le suivi des impacts  
environnementaux dérivant des  
interventions anthropiques dans les  
ports**

## Prémisse

La complexité des systèmes portuaires modernes et leur développement continu représentent une ressource économique incontestable et indispensable pour les territoires du Programme Interreg Italie-France Maritime 2014-2020, cependant les eaux portuaires sont souvent le récepteur final des polluants issus des rejets et des activités anthropiques qui compromettent la qualité des eaux portuaires et des milieux marins et côtiers voisins.

Comme on le sait, les bassins portuaires sont potentiellement sujets à des phénomènes de pollution générés par un mauvais échange d'eau, par des rejets d'eau, par d'éventuels polluants véhiculés par les pluies qui s'écoulent des places, parkings, toitures et autres surfaces utilisées, par l'entretien et le nettoyage des bateaux (construction navale) ainsi que le trafic maritime général et la construction d'infrastructures. Dans les activités portuaires, l'impact indirect le plus fréquent est généré par la mise en suspension de sédiments pouvant avoir des effets négatifs sur les organismes benthiques présents dans la zone de traitement et par l'effet « abrasif » des particules en suspension sur les systèmes respiratoires (ex. branchies chez les poissons) et filtrage des organismes filtrants sessiles. De plus, dans le cas particulier des zones contaminées, les opérations d'excavation peuvent provoquer la dispersion de polluants présents dans les sédiments avec des effets négatifs sur les composantes abiotiques et biotiques du milieu aquatique environnant. Autres événements négatifs sur le compartiment abiotique attribuables à une diminution temporaire de la concentration en oxygène dissous dans la colonne d'eau et à la solubilisation des contaminants suite au changement physico-chimique du sédiment. Enfin, l'introduction de micro-organismes

pathogènes, potentiellement nocifs pour la santé humaine et d'autres organismes ou en raison de changements dans la communauté microbienne indigène, ainsi que les altérations qualitatives des biocénoses sensibles et l'entrée possible dans la chaîne alimentaire de particules contaminées, représentent le potentiel effets des rejets d'eau et/ou des activités de manutention des sédiments sur le compartiment biotique à l'intérieur de la zone portuaire.

Pour évaluer l'impact environnemental des activités anthropiques, qui insistent sur les ports par rapport aux zones côtières voisines et sur les éventuelles cibles et objectifs sensibles proches de la zone portuaire, il faut tout d'abord partir d'une analyse des caractéristiques hydrodynamiques et environnementales de la zone côtière dans laquelle s'insère la zone d'intérêt portuaire. Par la suite, une stratégie d'échantillonnage et de caractérisation chimique/physique/biologique des eaux et sédiments des ports étudiés doit être choisie et mise en œuvre.

Les problèmes d'impacts négatifs potentiels sur l'environnement liés aux activités portuaires et aux phénomènes de pollution accidentelle ont été abordés durant la période triennale du projet dans la Composante T4 - « Suivi de la qualité des eaux portuaires dans la zone transfrontalière, au sein des trois ports pilotes de Livourne, Cagliari et Bastia ».

Dans le cadre de la composante T4, au sein des trois ports pilotes de Livourne, Cagliari et Bastia, une stratégie commune a été définie par les partners pour le prélèvement et la caractérisation chimique / physique / biologique de l'eau afin de définir sa qualité initiale et d'identifier d'éventuelles conditions critiques (Cit. Rapport de suivi T4.3.1).

En particulier, dans le cas du port de Livourne, un suivi de la

qualité de l'eau a été réalisé ante opéram, en cours d'oeuvre et post opéram, relatif à une opération de dragage d'environ 12.000 mètres cubes de matériau pour l'approfondissement des fonds marins surplombant un quai du port. Dans le port de Bastia, le suivi a permis de déterminer les caractéristiques qualitatives de l'eau dans la zone portuaire et dans la zone face au même. La caractérisation du Port de Cagliari, en phase ante operam, a contribué à l'identification de la zone sur laquelle mettre en œuvre les actions pilotes visées dans la composante T2 - Développement de stratégies de gestion intégrée et transfrontalière et innovante des eaux usées dans les ports - de GRRinPORT, c'est-à-dire la construction d'une première zone équipée pour la collecte et le stockage des déchets et huiles végétales usagées et une seconde zone équipée de matériaux naturels, écocompatibles, fabriqués à partir de fibres de laine de mouton 100% naturelles pour le confinement, l'absorption et l'élimination biologique des hydrocarbures accidentellement relâchés dans les eaux. Le suivi a également permis de définir l'évolution de la qualité de l'eau dans la zone portuaire et d'identifier les principaux problèmes environnementaux.

Les résultats du Contrôle des ports et les informations recueillies lors de la réalisation des Actions pilotes du projet GRRinPORT ont contribué à la rédaction de ces lignes directrices pour la surveillance des impacts environnementaux dérivant des interventions anthropiques dans les ports, afin de diriger efficacement les actions à entreprendre pour améliorer la qualité des eaux portuaires. Dans ce document, en plus d'un cadre de la législation sectorielle et du contexte dans lequel l'environnement portuaire s'insère, des indications générales sont données pour la conception d'un plan de surveillance environnementale visant à vérifier et évaluer toute criticité environnementale y compris l'état trophique, et les impacts

des interventions anthropiques dans les zones portuaires, telles que le mouvement des sédiments et le confinement et l'élimination des déversements accidentels d'hydrocarbures et d'autres eaux usées dans l'eau.

# 1. Cadre Cognitif

## 1.1 Le contexte italien

### 1.1.1 *Mouvements de sédiments dus aux interventions prévues sur les fonds marins*

La gestion des opérations de manutention des sédiments dans les zones marines et côtières représente un sujet de grande importance en Europe et dans le monde. Dans la plupart des cas, les interventions de manutention des sédiments dans les zones côtières ont pour but le maintien ou l'amélioration de la fonctionnalité des bassins portuaires et de l'utilisabilité des canaux navigables et des zones côtières, la restauration morphologique des zones intertidales dans les milieux de transition, la réouverture des embouchures des rivières ou le remblayage des plages émergées et submergées.

En pratique, le cycle de traitement des sédiments (caractérisé de manière appropriée si la loi l'exige) comprend généralement les phases opérationnelles suivantes:

- l'excavation (ou dragage),
- le transport,
- le déversement (ou son emplacement final).

Les activités de dragage peuvent être classées dans les types suivants:

- **Dragage d'entretien** (Maintenance Dredging) : ramener la profondeur des fonds marins à une valeur originale;
- **Dragage Principal ou Infrastructural** (Capital

Dredging) : amener la profondeur des fonds marins à une valeur supérieure à celle d'origine;

- **Dragage d'assainissement** (Environnemental / curatif) : enlever une couche de sédiments du fond marin car il est contaminé.

Les effets environnementaux chimiques, physiques et biologiques causés par les opérations de dragage sur les écosystèmes marins peuvent être multiples ; en particulier, il est possible de distinguer les impacts en différentes catégories selon que les effets se produisent sur des compartiments abiotiques (substrat et colonne d'eau) ou sur des compartiments biotiques (benthique, halieutiques, etc.).

D'un point de vue distribution spatiale, les effets sur les compartiments abiotiques et biotiques peuvent être localisés:

- -à l'intérieur des sites d'intervention, à proximité du véhicule de dragage: l'action directe du retrait et du déversement des sédiments provoque des effets localisés principalement associés aux modifications morphologiques et bathymétriques des fonds marins, ainsi qu'à la défaunation et aux phénomènes d'enfouissement et d'étouffement des populations benthiques présentes. De plus, les altérations morpho-bathymétriques peuvent induire des changements dans l'hydrodynamique locale et, lorsque le dragage et le déversement exposent des sédiments avec des caractéristiques granulométriques et texturales différentes, changements dans la composition et la structure des communautés benthiques;
- -à différentes distances des sites d'intervention: principalement du fait du transport et du dépôt de

sédiments fins suite à la formation de panaches turbides (superficiels et profonds) lors des activités. En particulier, les effets physiques directs sur le compartiment abiotique sont principalement dus aux altérations des caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau (par exemple, diminution temporaire de la pénétration de la lumière et de la concentration d'oxygène dissous, mobilisation et solubilisation des éventuels contaminants associés aux sédiments en suspension, etc.) et du fond (par exemple pour le dépôt de sédiments fins sur des substrats de différents types). Sur le secteur biotique, en revanche, les effets directs sont essentiellement liés aux possibles phénomènes d'enfouissement et d'étouffement (piégeage et traînage sur le fond, inefficacité de l'activité de filtration et colmatage de l'appareil branchial, recouvrement, abrasion des tissus, etc.).

Aux effets déjà mis en évidence ceux de type indirect s'ajoutent, tels que la perturbation des zones de nurserie, ceux liés aux variations de la quantité de matière organique présente dans les fractions sédimentaires plus fines qui, en cas de manipulation de volumes importants de sédiments, peuvent provoquer des situations d'anoxie, et surtout en présence d'habitats sensibles, comme les herbiers de *Posidonia oceanica* ou la biocénose Coralligène, à proximité des zones d'intervention, des altérations de la capacité photosynthétique. De plus, dans le cas de la manipulation de sédiments contaminés, d'autres effets indirects sur le compartiment biotique peuvent être provoqués par la mobilisation des contaminants présents (ex : bioaccumulation de contaminants dans les tissus des organismes, bioamplification et transfert dans la chaîne trophique, altération microbiologique de l'eau et sédiments, etc.)

Dans le cas particulier des interventions impliquant le mouvement massif de grands volumes de sédiments dans la zone côtière, l'augmentation temporaire de la turbidité dure normalement au-delà de la fin des opérations et, dans le cas du déversement, jusqu'à ce que le nouveau profil d'équilibre soit atteint, en raison de la plus grande mobilité des sédiments déposés ayant un degré de compactage inférieur. Enfin, il est souligné que dans ces cas les effets (court et long terme) induits par les modifications morpho-bathymétriques dues au déversement direct des sédiments dans les sites de destination peuvent également être pertinents et qui peuvent conduire à des changements, parfois substantiels, également sur la morphodynamique à une certaine distance de la zone d'intervention (par exemple les changements dans le transport des sédiments et l'évolution du trait de côte).

Résumant, les **effets sur le secteur abiotique** peuvent être résumés dans les points suivants:

- altérations morphologiques et bathymétriques;
- altérations morphologiques et bathymétriques;
- diminution temporaire de la concentration d'oxygène dissous dans la colonne d'eau;
- variation de la concentration des nutriments dans la colonne d'eau;
- mobilisation des contaminants associés aux particules en suspension (c'est particulièrement vrai pour les dragages de dépollution);
- la solubilisation des contaminants suite au changement des conditions physico-chimiques du sédiment (c'est particulièrement vrai pour le dragage de récupération);

modifications possibles de l'hydrodynamique locale. Les **effets sur le secteur biotique** peuvent être résumés dans les points suivants:

- les impacts directs de type strictement physique sur les organismes et les biocénoses sensibles, provoqués par l'augmentation de la turbidité et de la concentration des particules de matières en suspension (diminution de la pénétration de la lumière et par conséquent de l'activité photosynthétique ; piégeage et entraînement sur le fond ; augmentation de l'activité de filtration ; couverture ; dommages à l'appareil respiratoire ; abrasion des tissus ; perturbation des zones de nurserie, etc.);
- effets des contaminants remis en circulation par les activités de dragage, présents en phase dissoute dans la colonne d'eau ou associés à des particules de matières en suspension, sur différents organismes marins, contamination microbiologique possible des organismes présents dans la zone;
- bioaccumulation possible de contaminants dans les tissus des organismes, avec transfert conséquent dans la chaîne trophique, bioamplification et entrée possible dans la chaîne alimentaire (particulièrement critique, par exemple, en cas de présence d'activités de pêche et d'installations aquacoles);
- d'éventuelles altérations qualitatives des biocénoses sensibles présentes dans la zone potentiellement affectée par l'augmentation de la turbidité.

Sur le plan réglementaire, la question du mouvement des sédiments dans les zones marines-côtières et de transition est encadrée de diverses manières dans le cadre de Conventions

internationales (Convention de Barcelone, Convention de Londres, OSPAR, etc.) et de Directives communautaires (Directive-Cadre Eaux 2000/60/CE, Directive Habitat 92/43/CEE, Directive-Cadre sur la Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CE, Directive sur l'Evaluation des incidences sur l'environnement 2014/52/UE, etc.) et la législation nationale associée.

En conformité avec les obligations découlant de ces règlements, en particulier la Directive 2000/60/CE (et les décrets nationaux de transposition connexes: Décret Législatif 152/2006, Décret Ministériel 260/2010, Décret Législatif 219/2010, Décret Législatif 172/2015 et modifications ultérieures), qui prévoient le maintien ou la réalisation des objectifs de « bon état chimique et écologique », les activités de manutention des sédiments doivent être menées de manière à garantir d'une part la « non aggravation » de l'état constaté, en revanche, la compatibilité avec la réalisation des objectifs de qualité envisagés.

Dans cette perspective, au niveau italien, les opérations de dragage dans la zone maritime portuaire et côtière (à l'exception des zones relevant des Sites de bonification d'Intérêt National) sont régies par le Décret ministériel 15 juillet 2016, n. 173 : « Règlement fixant les procédures et critères techniques pour l'autorisation de l'immersion en mer des matériaux excavés des fonds marins ».

Le présent règlement détermine les modalités de délivrance de l'autorisation visée à l'article 109, alinéa 2, du Décret-loi 3 avril 2006, n. 152, pour l'immersion délibérée dans la mer de matériaux d'excavation provenant de fonds marins ou de terres saumâtres ou côtières qui ont émergé visées au paragraphe 1, lettre a) du même article. Il fournit également des critères homogènes sur l'ensemble du territoire national

pour l'utilisation des sédiments de dragage pour le remblayage ou pour le refoulement dans les milieux voisins.

En particulier, l'Annexe Technique du Décret régit l'ensemble du parcours de caractérisation et de gestion des sédiments à manipuler, y compris les phases de planification et de mise en œuvre des prélèvements, des analyses en laboratoire (physique, chimique, écotoxicologique et biologique) et de la classification de la qualité des sédiments, jusqu'à la formulation d'hypothèses de gestion respectueuses de l'environnement et à l'élaboration de plans de suivi des activités.

Dans les Sites d'assainissement d'Intérêt National conformément à l'art. 252 du Décret Législatif 3 avril 2006, n. 152 et modifications ultérieures, les opérations de dragage sont régies par l'art. 5 bis de la loi n. 84 et modifications ultérieures du 28 janvier 1994. Les décrets d'application y afférents:

- Décret Ministériel 7 novembre 2008 « Discipline des opérations de dragage dans les sites d'assainissement d'intérêt national, en application de l'article 1er, alinéa 996, de la loi n° 296 du 27 décembre 2006 » ;
- Décret Ministériel 15 juillet 2016, n. 172 « Règlement régissant les méthodes et normes techniques des opérations de dragage dans les Sites d'Intérêt National, conformément à l'art. 5bis, c. 6, de la loi no. 84";

ils régissent les principaux aspects du processus de maintenance des sédiments au sein des Sites d'Intérêt National, depuis la caractérisation (prélèvement, analyses en laboratoire, restitution des résultats) jusqu'aux modalités d'intervention et de gestion des matériaux (technologies de dragage et de transport, gestion des déblais de dragage,

mesures d'atténuation et de surveillance). En particulier, l'Annexe A du Décret ministériel 172/2016, bien que faisant référence aux opérations de dragage dans des zones principalement contaminées, représente un point de référence important pour la protection des compartiments abiotiques et biotiques du milieu

marin-côtier contre les effets physiques induits par les interventions de dragage.

Le texte du Décret Ministériel 172/16 introduit des changements importants dans la législation sectorielle, notamment:

- l'obligation d'élaborer un plan de surveillance permettant d'évaluer les effets sur l'environnement de l'ensemble du processus de manutention (du dragage à la relocalisation);
- la liste des facteurs environnementaux à prendre en compte dans le choix des modes opératoires, du dragage au déplacement du matériau selon la législation en vigueur;
- - l'obligation d'acquérir, lors de toutes les activités de manutention, des informations sur les conditions météorologiques et maritimes, les données opérationnelles de dragage et de trafic maritime, afin de corrélérer les résultats de la surveillance avec les variations des conditions environnantes et ainsi comprendre les processus mis en jeu;
- l'obligation de prévoir des mesures d'atténuation appropriées pour les impacts attendus, avec un accent technique sur les barrières physiques pour contenir le panache produit par les activités de dragage;

- la définition d'un modèle conceptuel des impacts, basé sur la connaissance de la zone d'intervention (ex. présence et type d'objectifs sensibles à protéger conformément aux indications européennes et internationales, comme *Posidonia oceanica*, formations coralliennes, etc.), à utiliser pour mesurer l'ampleur des impacts attendus;
- l'obligation de prévoir la divulgation et l'évaluation rapides des résultats du Suivi, par la constitution d'une base de données dédiée. Bien qu'en pratique les projets qui incluent la manipulation des sédiments soient autorisés par les organismes compétents sur la base de la qualité des sédiments, établie à la suite des résultats de caractérisations spécifiques, ceux-ci font souvent aussi l'objet d'Évaluations d'Impact Environnemental (Directive 2011/92 /UE et modifications ultérieures, mises en œuvre en Italie dans les mises à jour ultérieures de la partie II du Décret Législatif 152/2006).

Une conception adéquate de l'intervention de dragage doit prendre en compte:

- les facteurs environnementaux dans le choix des modes opératoires;
- des informations sur les conditions météorologiques et maritimes, sur les conditions d'exploitation du dragage, sur le trafic maritime;
- la nécessité d'adopter un plan de surveillance permettant d'évaluer les effets sur l'environnement de l'ensemble du processus de manutention;
- les mesures d'atténuation appropriées;

- définir un modèle conceptuel des impacts;
- la réalisation d'une Étude d'Impact Environnemental dans les cas prévus par la loi.

Les technologies (dragage mécanique, hydraulique, etc.) avec lesquelles le dragage est réalisé peuvent avoir des effets différents sur l'environnement.

Le dragage environnemental utilise les meilleures technologies disponibles, intégrées à des mesures appropriées pour atténuer les effets sur l'écosystème. En particulier, par rapport au dragage traditionnel, il diffère par:

- haute sélectivité et précision dans le positionnement et le retrait ;
- prévention et minimisation de l'augmentation de la turbidité et de la dispersion des contaminants
- prévention et minimisation des pertes matérielles (déversement) ;
- minimisation de la teneur en eau du mélange dragué ;
- haut niveau d'automatisation des opérations ;
- optimisation de la concentration des déblais de dragage ;
- une plus grande Sécurité ;
- un suivi plus précis.

Le dragage et la gestion des sédiments associés nécessitent l'adoption de mesures d'atténuation appropriées de tout impact sur le milieu environnant, à dimensionner en fonction de:

- les caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques des déblais de dragage, définies sur la base de la caractérisation;
- les caractéristiques hydrodynamiques et morpho-bathymétriques des zones d'intervention ;
- présence de cibles sensibles et/ou d'aires protégées pour diverses raisons ;
- les méthodes de dragage, de transport et de placement choisies ;
- options de gestion sélectionnées.

Selon l'ampleur des impacts environnementaux attendus, des mesures d'atténuation doivent être choisies qui agissent sur:

- différentes sources d'impact telles que, par exemple, des mesures opérationnelles aux différentes étapes du processus, des limitations de temps, l'utilisation de barrières physiques autour du système de dragage ;
- des cibles possibles comme, par exemple, des restrictions temporaires d'utilisation, l'utilisation de barrières physiques pour protéger des cibles sensibles.

Dans certains cas, il est possible d'atténuer les impacts des activités de dragage en utilisant des barrières physiques pour limiter la propagation du nuage de lisier et/ou réduire les interactions potentielles eau-sédiment et la mobilisation conséquente de tout contaminant présent.

Ces barrières peuvent être utilisées pour:

- l'incorporation totale du système de dragage, dans le

cas des systèmes de dragage stationnaires et des sédiments extrêmement contaminés ;

- fermeture partielle de la zone d'excavation;
- la fermeture totale de la zone d'excavation, généralement en cas d'utilisation de dragues mécaniques, avec la création éventuelle d'une cavité pour permettre le passage des bateaux de support ;
- la protection d'une cible potentiellement impactée par des activités de manutention.

L'utilisation d'éventuelles barrières physiques doit être appuyée par une évaluation de leur stabilité et de leur efficacité effective basée sur une étude des conditions hydrodynamiques locales et en relation avec le type de contamination présente. De plus, des inspections régulières doivent être effectuées sur le terrain afin de vérifier la présence éventuelle de déchirures et coupures sur les barrières.

L'utilisation d'éventuelles barrières physiques doit être appuyée par une évaluation de leur stabilité et de leur efficacité effective basée sur une étude des conditions hydrodynamiques locales et en relation avec le type de contamination présente. De plus, des inspections régulières doivent être effectuées sur le terrain afin de vérifier la présence éventuelle de déchirures et coupures sur les barrières s'y présenter.

Ainsi, bien que le choix des modalités techniques et opérationnelles soit souvent lié aux finalités de l'intervention et à leur impact sur la durée et les coûts d'exécution, les différentes phases de planification et de gestion des interventions doivent être précédées d'études spécialisées

visant à identifier les éventuelles criticités environnementales et les modes opératoires à adopter pour minimiser les éventuels effets environnementaux (physiques, chimiques, biologiques et écotoxicologiques) qui pourraient résulter, à différentes échelles spatiales et temporelles, des opérations de manutention.

Des études internationales recommandent d'adopter, dans la phase de conception et de gestion des interventions, des modèles mathématiques capables de reproduire les processus de génération et de développement des panaches de turbidité (surface et fond) où l'apparition d'éventuels problèmes environnementaux est reconnue. Ces modèles doivent permettre de reproduire la dynamique des sédiments remis en suspension à partir de l'analyse des interactions entre facteurs opérationnels (type de drague, vitesse et productivité du cycle dragage/déversement, volumes totaux à traiter, etc.) et facteurs environnementaux (composition et granulométrie des sédiments à déplacer, caractéristiques hydrodynamiques et morfo-bathymétriques, etc.) qui conditionnent les processus de transport (dispersion, diffusion et dépôt) à différentes profondeurs et distances du site d'intervention.

### ***1.1.2 Eaux de drainage des réservoirs de pontage***

Une des options de gestion des sédiments déplacés dans les zones portuaires et plus généralement dans les eaux marines côtières est le refoulement dans des réservoirs ou des bassins de remblayage. Les réservoirs remplis sont des milieux caractérisés par une structure partiellement immergée ou émergée, confinés avec des matériaux qui assurent un degré différent de rétention des particules solides ou liquides (bassins étanches) au sein desquels les matériaux de dragage sont déposés. Une fois rempli et stabilisé, l'espace au-dessus

peut être converti en cours pour le stockage de marchandises ou pour d'autres fonctions.

En raison des caractéristiques des matériaux qui y sont stockés, les eaux entrantes provenant des réservoirs de remblai peuvent constituer une source potentielle d'impacts sur les eaux marines côtières situées à proximité du point ou des points d'entrée.

Au niveau national, les activités liées aux opérations de dragage dans la zone maritime portuaire et côtière (à l'exception des zones relevant des Sites d'Assainissement d'Intérêt National) sont régies par le Décret ministériel 15 juillet 2016, n. 173 : « Règlement fixant les procédures et critères techniques pour l'autorisation de l'immersion en mer des matériaux excavés des fonds marins »..

Le règlement détermine les modalités de délivrance de l'autorisation visée à l'article 109, alinéa 2, du Décret-Loi 3 avril 2006, n. 152, pour l'immersion délibérée dans la mer de matériaux d'excavation provenant de fonds marins ou de terres saumâtres ou côtières qui ont émergé visées au paragraphe 1, lettre a) du même article. Il fournit également des critères homogènes sur l'ensemble du territoire national pour l'utilisation des sédiments de dragage pour l'alimentation ou le refoulement au sein des milieux voisins.

Dans les Sites d'assainissement d'Intérêt National (SIN) conformément à l'art. 252 du Décret législatif 3 avril 2006, n. 152 et modifications ultérieures, les opérations de dragage sont régies par l'art. 5 bis de la loi n. 84, et modifications ultérieures du 28 janvier 1994. Les Décrets d'exécution y afférents:

- Décret Ministériel 7 novembre 2008 « Discipline des opérations de dragage dans les sites de bonification

d'intérêt national, en application de l'article 1er, alinéa 996, de la loi n° 296 du 27 décembre 2006 » ;

- Décret Ministériel 15 juillet 2016, n. 172 « Règlement régissant les méthodes et normes techniques des opérations de dragage dans les Sites d'Intérêt Nazionale, conformément à l'art. 5bis, c. 6, de la loi no. 84 du 28 janvier 1994”;

ils régissent les principaux aspects du processus de manutention des sédiments au sein du SIN, de la caractérisation (prélèvement, analyse en laboratoire, restitution des résultats) aux modalités d'intervention et de gestion des matériaux (technologies de dragage et de transport, gestion des matériaux dragués, atténuation et mesures de surveillance).

L'annexe technique au Décret Ministériel 173/2016 fournit une série d'indications générales pour le dépôt dans les zones voisines submergées, partiellement submergées ou domaniales émergées et souligne qu'une [...] *attention particulière doit être portée à la gestion des rejets d'eau (eaux d'écoulement) et des eaux pluviales provenant de l'environnement limitrophe, la mise en œuvre de mesures de réduction des apports solides vers l'extérieur (par exemple bassins de décantation et/ou de clarification des eaux, systèmes de filtration), les puits de contrôle et de prélèvement des échantillons (par exemple puits piézométriques le long des berges, au moins jusqu'à la couche sous la zone) [...].*

En ce qui concerne les activités de surveillance des effluents des réservoirs de remblai, l'annexe technique au Décret ministériel 173/2016 ne donne que des indications générales, prévoyant notamment que les activités de surveillance doivent être proportionnées à la qualité et à la quantité des matériaux dragués et déposés en milieu confiné et aux

caractéristiques de l'ouvrage de confinement.

En particulier, l'Annexe Technique précitée fournit quelques indications générales relatives aux modalités de dépôt des matériaux dans de telles structures, dont un extrait est rapporté:

- *placer le matériau dragué à forte concentration de solide, en évitant la couche incontrôlée de matériau résultant;*
- *favoriser et diversifier les processus de sédimentation des matériaux en augmentant le temps de conservation de la profondeur du miroir d'eau et la longueur du nombre de voies de sortie de la matrice aqueuse;*
- *éviter l'utilisation d'additifs chimiques qui pourraient compromettre la qualité des eaux et sédiments présents au sein des rejets et dans les eaux d'efflux;*
- *faciliter la collecte, le traitement et la réutilisation des eaux (eaux de surface, effluents, lixiviats et eaux de drainage) en tant qu'eaux usées, également en utilisant des procédés naturels pour la réduction des contaminants dissous;*
- *déposer les sédiments les moins contaminés (de la meilleure classe) au fond de la cuve, le long des périmètres externes et dans la partie supérieure de celle-ci (dépôt sélectif);*
- *créer les conditions d'un suivi de la qualité des eaux sortant des bassins, en effluents superficiels, ou le long des périmètres exposés à la mer, par la mise à disposition de piézomètres positionnés le long des berges et dans les couches importantes des fonds*

*marins.*

La même Annexe technique prévoit que les indications détaillées sur la surveillance des effluents des réservoirs de remblai doivent être décrites dans un Plan de surveillance qui doit au moins prévoir l'acquisition d'informations relatives:

- la qualité physique, chimique, écotoxicologique et la présence de matières en suspension dans les zones correspondant à la rentrée en mer des eaux d'efflux sortant des milieux voisins;
- la qualité des eaux piézométriques logées dans les gisements naturels et dans les matériaux constituant le latéral et le fond du bassin;
- la qualité de l'eau, des sédiments et du biote dans la zone marine entourant le bassin, favorisant l'utilisation d'indicateurs biologiques;
- les éventuelles pertes de matière et le rejet de contaminants tant dans les effluents que par les voies préférentielles;
- les données météorologiques aux fins d'évaluer le degré d'intrusion marine.

Pour les sédiments des Sites d'Intérêt National, l'Annexe A du Décret Ministériel 172/2016 prévoit que la surveillance des activités de refoulement des déblais de dragage à l'intérieur des «réservoirs de remblayage, réservoirs de collecte ou ouvrages de confinement situés en zone côtière » doit viser principalement à contrôler l'absence de fuites accidentelles lors du remplissage de l'ouvrage et à la maîtrise des effluents de l'ouvrage lui-même, se traduisant par:

- augmentation de la turbidité des eaux autour des zones de refoulement et d'exutoire ;

- dispersion et/ou diffusion des contaminants présents dans les sédiments dragués..

Pour l'évaluation des impacts attendus sur l'écosystème marin-côtier le Plan de Surveillance doit considérer:

- les caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques des déblais de dragage ;
- les caractéristiques morpho-bathymétriques et hydrodynamiques de la zone entourant le bassin de comblée ;
- les objectifs du projet de dragage ;
- les caractéristiques de conception de l'ouvrage de confinement ;
- la typologie des systèmes de refusion choisis ;
- les éventuelles mesures d'atténuation envisagées;
- la présence d'objectifs sensibles et/ou de zones protégées pour diverses raisons.

Sur la base de ce qui précède, le plan de surveillance peut prévoir le contrôle des éléments suivants:

- caractéristiques météorologiques et maritimes et régime courantmétrique (direction et intensité des courants);
- caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau ;
- les niveaux de turbidité in situ et la concentration de matières en suspension dans la colonne d'eau ;
- des concentrations de contaminants importants, émergés lors de la phase de caractérisation, présents dans la colonne d'eau et/ou en association avec des matières en suspension.

Comme indiqué ci-dessus, il apparaît clairement que le cadre réglementaire actuellement en vigueur en Italie traite le problème de l'eau en sortie des réservoirs de remblai de manière assez générale, sans fournir d'indications précises sur le programme de surveillance à mettre en œuvre et notamment sur les substances à recherchées et sur les limites relatives des tables à appliquer.

### **1.1.3 Évènements accidentels sur les navires en proximité des ports**

La pollution accidentelle (ainsi que systématique) due au déversement d'eau contaminée dans la mer lors des opérations de lavage des citernes de navire (slop), des eaux de ballast ou des eaux de cale a entraîné la publication de règles spécifiques visant à une plus grande protection et conservation de l'environnement marin.

Du point de vue européen, la lutte contre la pollution des mers a eu lieu avec la stipulation de la Convention de Londres de 1954 «OILPOL 1954», amendée en 1962 mise en œuvre avec le traité international «Protocole 1973».

Par la suite, la prévention de la pollution marine a été abordée au début des années 1970 avec la convention internationale MARPOL '73/78 (Convention sur la Pollution Marine). La Convention, actuellement composée de 20 articles, 3 protocoles et 6 Annexes, est entrée en vigueur le 2 octobre 1983 et ratifiée en Italie par les lois n°662/80 (Marpol '73) et n°438/82 (TSPP '78).

Suite à la Convention MARPOL '73/78 (Convention sur la Pollution Marine), la Convention de Montego Bay de 1982 sur le Droit de la Mer a été signée, mise en œuvre en Italie avec la loi no. 689 du 2 décembre 1994. Art. 211 paragraphe 2 fait obligation aux États membres d'adopter des lois et

règlements visant à prévenir, réduire et contrôler la pollution marine causée par les navires battant leur drapeau et immatriculés par eux, établissant que ces lois et règlements ne doivent pas être moins efficaces que les normes et règles internationales généralement acceptées (article 211, paragraphe 5). Par ailleurs, outre cette obligation prévue pour l'État du drapeau, la Convention prévoit pour chaque État côtier contractant le pouvoir d'édicter des réglementations de prévention de la pollution par les navires applicables dans la mer territoriale: ces réglementations ne doivent en aucun cas, entraver le passage inoffensif de navires étrangers (article 211, paragraphe 4).

La Convention de Montego Bay, de 1982, établit également que la compétence pour la prévention de la pollution marine par les navires appartient à l'État côtier dans sa mer territoriale ou la zone économique exclusive (article 220, paragraphe 1). Plus généralement, en ce qui concerne les procédures d'arraisonnement, d'inspection et de "saisie du navire" ainsi que l'établissement de procédures judiciaires, la compétence appartient à l'État du drapeau (article 220 alinéa 2).

Au niveau national, il est important de rappeler les dispositions de la loi du 31 décembre 1982 n. 979 (loi sur la défense de la mer) qui établit, à l'art. 16 paragraphe 1, l'interdiction pour tous les navires (sans distinction de nationalité) de déverser ou de provoquer des déversements dans les eaux territoriales et les eaux maritimes internes (y compris les ports), d'hydrocarbures ou de mélanges d'hydrocarbures, y compris les eaux de ballast et de lavage de pétroliers comme ainsi que d'autres substances nocives indiquées dans une liste spécifique jointe.

Le même article (article 16), au paragraphe 2, interdit le déchargement des substances visées au paragraphe 1 sur les

navires battant drapeau italien, même en dehors des eaux territoriales. Le paragraphe 3 de l'art. 16, d'autre part, traite du rejet dans les eaux marines de matières issues des fonds marins des milieux marins, saumâtres ou fluviaux, en se référant aux dispositions en vigueur qui prévoient la délivrance d'une autorisation spécifique par le ministère de la Transition Écologique (MiTE, ancien ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire et des mers).

Si la violation, par des navires battants n'importe quel drapeau, (articles 20 L. n. 979/1982 et 4, alinéa 2, L. n. 662/1980) est constatée dans les eaux territoriales italiennes (et en ce qui concerne les navires italiens, même en eaux internationales), l'officier de police judiciaire opérant, doit procéder à la transmission « sans délai » de la notification relative du délit (conformément à l'art. 347 du CPP) à l'Autorité Judiciaire compétente. Si, par contre, le déversement irrégulier est effectué par des navires étrangers dans les eaux internationales, les données relatives doivent être communiquées au ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire, afin que ce dernier puisse informer, par l'intermédiaire du Ministère des Affaires Étrangères, l'État du drapeau, conformément aux dispositions de l'art. 4, alinéa 2 de la loi no. 662/1980.

La violation, comme l'exige l'art. 20 de la loi n. 979/1982, n'est configuré que lorsque le rejet d'hydrocarbures ou d'autres polluants n'est pas imputable à un événement accidentel indépendant de la volonté ou de la faute du Commandant. Cependant, même dans ce cas, quel que soit le caractère volontaire du déversement, l'art. 21 de la loi n. 979/1982 oblige le Commandant et l'armateur ou l'armateur du navire à rembourser (conjointement) à l'État les frais engagés pour le nettoyage des eaux et des plages, ainsi qu'à indemniser les dommages causés aux ressources marines.

Les conventions internationales en vigueur dans le cadre de la coopération européenne en matière de sécurité maritime et d'amélioration de la protection du milieu marin contre les pollutions causées par les navires sont énumérées ci-dessous:

- London Dumping Convention 1972 qui régit l'immersion volontaire en mer de déchets ou de substances nocives en provenance d'autres lieux (immersion) en insérant les deux, en fonction de leur dangerosité, dans trois groupes distincts (dite Liste Noire, Liste Grise, Liste Blanche).
- La Convention Solas 74 (Safety Of Life At Sea) qui, en plus de constituer, au niveau international, la source fondamentale de législation dans le domaine de la sécurité de la navigation, est également d'une importance considérable dans le domaine de la législation anti-pollution. En effet, le Protocole '78, entré en vigueur en Italie le 1er janvier 1983, a été adopté à la suite de la même conférence internationale consacrée à la sécurité des pétroliers et à la prévention de la pollution marine (le TSPP précité de '78) qui a donné vie au Protocole '78 de Marpol '73;
- De plus, avec les amendements de 83 à Solas, le Comité de la sécurité maritime (M.S.C.) de l'I.M.O. a également adopté le "Code international pour la construction et l'équipement des navires transportant des produits chimiques dangereux en vrac" (Recueil IBC) et le "Code international pour la construction et l'équipement des navires transportant des gaz liquéfiés en vrac" (Recueil IGC);
- Convention de Barcelone de 1976 : ratifiée en Italie avec la loi 25.01.1979, n. 30. Cela concerne la zone de la mer Méditerranée et contient des dispositions visant à

améliorer la coopération entre les États contractants dans la lutte contre la pollution marine résultant des activités normales des unités navales ou de l'exploitation des ressources minérales marines par les navires, plates-formes ou avion. Le contenu de cette Convention a été étendu par quatre Protocoles, dont deux sont consacrés, respectivement, aux rejets opérés par des navires ou des aéronefs et aux situations d'urgence critique.

Il existe d'autres Accords régionaux qui concernent notre Pays et certains Pays voisins, dont l'accord trilatéral RAMOGE (Saint Raphaël - MONaco - GÈne) concernant le littoral entre Hyères (France) et Gênes, conclu en mai 1976, avec la France et la Principauté de Monaco, qui tire son nom des premières syllabes des trois villes qui délimitaient à l'époque son champ d'action : Saint-Raphaël à l'ouest, Monaco et Gênes à l'est. Cet accord relatif à la protection des eaux du littoral méditerranéen, qui fait partie de la Convention de Barcelone et du Plan d'action pour la Méditerranée y afférent, a été ratifié par les trois pays et est entré en vigueur au cours des six premiers mois de 1981. A cette occasion, la zone de juridiction d'origine a été étendue de Marseille à La Spezia, plus précisément de l'embouchure du Rhône à l'embouchure du fleuve Magra, pour mieux tenir compte des subdivisions administratives des différents États. Ce faisant, l'ensemble du territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Ligurie a été inclus dans le champ d'application de l'Accord.

Dans le cadre de la coopération européenne en matière de sécurité maritime et de protection du milieu marin, la Directive 2005/35/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 septembre 2005 relative à la pollution causée par les navires et l'introduction de sanctions en cas d'infraction (Position commune (CE) n° 3/2005). Avec la Directive en cause, le Conseil de l'Union Européenne est intervenu pour engager

une procédure homogène du régime de sanctions prévu en référence à la pollution causée par des mélanges contenant des huiles minérales ou par des substances liquides nocives transportées en vrac, visées aux annexes I et II de MARPOL 73/78.

Parmi les dispositions de la Directive en question, dont l'application est conforme au droit international de la convention des Nations Unies de 1982 sur le droit de la mer, il convient de relever les suivants:

- *le champ d'application de la directive en question est déterminé en se référant aux rejets de substances polluantes, effectués par tous les navires "à l'exception des navires de guerre" ou d'autres navires spécifiquement identifiés dans les eaux internes et territoriales, dans la zone économique et en haute mer, en identifiant la personne responsable ou les personnes responsables de la pollution causée par les navires auxquels des sanctions appropriées sont appliquées;*
- *il existe des exceptions obligatoires à la prescription de sanctions si le rejet remplit certaines conditions, conformément à la convention MARPOL 73/78;*
  - *les mesures de coopération entre États membres - Commission Européenne - EMSA (Agence européenne pour la sécurité maritime) sont indiquées, afin de programmer les systèmes d'information nécessaires à l'application effective de la directive en question.*

Aux frais des États membres, il est prévu:

- l'identification des infractions appropriées lorsque les rejets en mer sont effectués intentionnellement, par imprudence ou par négligence grave (article 4);

- la procédure d'inspection appropriée en vertu du droit national dans les ports ou terminaux offshore desquels un navire soupçonné de rejeter des polluants (article 6).
- l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que les violations, conformément à l'art. 4 de la directive elle-même, sont passibles de sanctions effectives, proportionnées et dissuasives (tant pénales qu'administratives) (article 8).

## 1.2 Le contexte français

En France, la législation sur l'eau s'est construite progressivement et n'est donc pas contenue dans un seul Code.

La législation découle de « trois grandes lois sur l'eau » qui ont été adoptées en France et ont permis de poser les bases de la législation actuelle en vigueur:

- loi du **16 décembre 1964** relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution;
- loi du **3 janvier 1992** sur l'eau;
- loi du **30 décembre 2006** relative à l'eau et aux milieux aquatiques.

Le premier texte qui introduit la législation sur la pollution des ressources en eau dans le cadre juridique est la loi du 16 décembre 1964. Le législateur a prévu la création d'une circonscription administrative qui reconnaît la spécificité du bassin hydrographique et a adopté une série d'infractions applicables aux pollueurs. Avec cette loi, des bassins hydrographiques sont identifiés et des comités de bassin sont constitués, organismes institutionnels, toujours en vigueur

aujourd'hui, dotés de moyens financiers. Elle établit également un système d'autorisations de déversement dans l'eau afin d'atteindre un objectif de qualité de l'eau. Certaines dispositions de la loi de 1964 n'ont pas été appliquées ou se sont avérées insuffisantes.

Pour remédier à ces insuffisances, le législateur français a adopté une loi sur l'eau le 3 janvier 1992 (loi n° 92-3).

La loi de 1992 introduit la notion d'unité de ressource en termes de gestion et instaure, par la planification, une gestion prédictive de la ressource en eau et renforce le pouvoir de police sur son utilisation. Cette loi entraîne également pour la première fois l'unification du régime juridique de l'eau. La législation sur l'eau s'est donc articulée autour de quatre grands principes : le principe de l'unité de la ressource en eau, le principe de la capitalisation de l'eau, l'affirmation du caractère d'intérêt général de la protection de l'eau et le principe de la gestion équilibrée et durable du plan d'eau.

### **1.2.1 . La législation française relative aux rejets**

Les rejets d'eaux usées industrielles, agricoles et côtières sont soumis au droit commun du code de l'environnement selon la nomenclature du décret 93-743 du 29 mars 1993 (CR 214-1) dont le titre IV fait référence à « l'impact sur le milieu marin », sans l'exclusion des travaux ou activités qui relèvent d'autres rubriques et qui s'appliquent également au littoral.

D'autres interdictions de déchargement découlent de la réglementation sur l'aquaculture d'huîtres et de mollusques, la réglementation sur l'aquaculture marine, la protection du domaine public maritime et les conventions internationales sur la pollution marine. Les eaux de baignade, soumises à la directive CEE du 8 décembre 1975, remplacée par la directive 2006-7 du 15 février 2006, font l'objet de mesures régulières

selon les objectifs de qualité du décret 81-324 du 7 avril 1981, modifié par le décret 91 - 280 du 20 septembre 1991. Le contrôle côtier s'exerce sur plus de 1900 points situés dans 663 communes.

La politique de l'eau consiste à veiller au respect des lois relatives à l'eau et aux milieux aquatiques. Elle s'applique à toutes les eaux de surface, souterraines et territoriales à compter du 3 janvier 1992 (loi unifiant le régime juridique de la politique de conservation de l'eau).

Cependant, la situation reste encore complexe, malgré la directive no. 2005-805 du 18 juillet 2005 portant simplification, harmonisation et adaptation des politiques de l'eau et des milieux aquatiques, de la pêche et des rejets.

La Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23/10/2000 a été transposée en France par la loi no. 2004-338 du 21 avril 2004.

Cette loi s'inscrit dans un cadre réglementaire qui se compose déjà d'une série de lois et d'actes juridiques qui, au fil des années, se sont ajoutés aux précédents sans toutefois les abroger. Par conséquent, le régime réglementaire original, modifié ou complété par l'introduction de la nouvelle réglementation, existe.

Cependant, pour remédier aux nombreuses lacunes présentes dans cette loi, le législateur a adopté le 3 janvier 1992 la loi n. 92-3. Entre-temps, la loi de 1964 avait déjà été partiellement modifiée par la loi no. 84-512 du 29 juin 1984 relatif à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources halieutiques. Suite à l'ordonnance n. 2000-914 du 18 septembre 2000 sur la partie législative du Code de l'environnement, les dispositions relatives à la protection des eaux sont presque entièrement codifiées aux articles de L. 210-

1 à L. 218-81 du Code de l'Environnement sous le titre I du deuxième ouvrage consacré aux milieux physiques intitulé « L'eau et les milieux aquatiques ».

D'autres règles de nature générale sur la protection de l'environnement ont complété le régime juridique en matière de l'eau, en particulier la loi no. 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (dite loi Barnier).

D'autres lois, ayant des objectifs plus spécifiques, ont été ajoutées plus tard, alimentant la loi sur l'eau, en particulier la loi n. 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ou encore la loi n. 2005-157 du 23 février 2005 relative à l'aménagement des zones rurales. Il y a aussi des dispositions sur l'eau dans plusieurs codes comme le Code de l'urbanisme ou le Code de la construction et de l'Habitat.

A la suite d'une confrontation nationale entamée en 2002, un projet de loi sur l'eau et les milieux aquatiques a été voté, destiné à constituer le texte central de la politique française en la matière.

La Loi n. 2006-1772 sur l'eau et les milieux aquatiques a été adopté le 30 décembre 2006, est composé de 102 articles regroupés en cinq titres concernant respectivement la conservation des masses d'eau et des milieux aquatiques (titre I), l'approvisionnement en eau et l'assainissement des systèmes (titre II), la conservation des espaces publics fluviaux (titre III), de la planification et de la gouvernance (titre IV), des dispositions finales et transitoires (titre V).

Le texte, qui reprend les principes énoncés dans la loi de 1992, a été mis en œuvre par de nombreux décrets d'application. Parmi les innovations majeures réalisées figure la

reconnaissance de l'usage prioritaire de l'eau pour la consommation humaine et la consécration d'un droit d'accès à l'eau potable dans des conditions économiquement acceptables pour tous.

Récemment, les lois adoptées à la suite des dispositions votées par le président Nicolas Sarkozy en 2007, dans le Grenelle de l'environnement, contiennent également des dispositions sur la protection de l'eau.

La loi « Grenelle I » du 3 août 2009 (Loi n° 2009-967 du 3 août 2009) rappelle l'objectif d'atteindre d'ici 2015 le bon état écologique ou le bon potentiel de toutes les masses d'eau. Pour atteindre cet objectif, il a notamment prévu : d'interdire l'utilisation des phosphates dans les lessives à partir de 2012 ; la mise en place de plans d'action en collaboration avec les compagnies des eaux pour protéger les cinq cents systèmes de captage des eaux (bassins) les plus menacés par les pollutions diffuses (nitrates notamment) ; moduler les prélèvements d'eau sur les ressources ; mettre aux normes toutes les stations d'épuration des eaux.

La loi prévoit également la récupération et la réutilisation des eaux de pluie, la réduction des substances dangereuses et la surveillance des milieux aquatiques. L'objectif poursuivi est d'assurer l'approvisionnement durable en eau de bonne qualité nécessaire pour répondre aux besoins essentiels de la population. La loi « Grenelle II » du 12 juillet 2010 relative à l'engagement national pour l'environnement (L. n. 2010-788 du 12 juillet 2010) crée un titre VII dédié à la « grille verte » et à la « grille bleue » dans le livre II du Code de l'environnement concernant les espaces naturels (code de l'environnement L. 371-1 à L. 371-6) qui comprend les cours d'eau et les zones humides dans le but de préserver et de restaurer leur continuité écologique. Ça modifie les dispositions du Code de

l'environnement relatives à l'assainissement, notamment sur la question de mesures d'hygiène collectives et non collectives des eaux usées et des ressources en eau.

### **1.2.2 La notion de dommage environnemental dans la législation française**

La loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 « pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages » vise à introduire, dans le Code civil français, la notion de responsabilité et l'obligation d'indemnisation (conjointement et solidairement) à cause du « dommage environnemental "ou "dommage écologique". La loi impose aux acteurs responsables des atteintes à l'environnement de restaurer l'environnement lui-même, ou en cas de dommage irréversible, d'indemniser économiquement l'État ou un organisme désigné par l'État et dédié à la protection de l'environnement comme une ONG.

La responsabilité civile résultant d'une pollution par les hydrocarbures en France est régie par les articles L5122-25 et suivants du Code des Transports, par les articles 544 et 1382 du Code Civil, par l'article L160-1 du Code de l'Environnement, par la Directive 2004/35/CE du 21 avril 2004 sur la responsabilité environnementale dans le domaine de la prévention et de la réparation des dommages environnementaux, par la Convention sur la responsabilité civile de 1992 (CLC 1992), par la Convention portant création du Fonds d'indemnisation des dommages dus à la pollution par les hydrocarbures de 1992 ( et protocole connexe de 2003), par

la Convention Bunker de 2001 et par les résolutions de l'OMI dont la France est partie contractante.

Jusqu'à la catastrophe du pétrolier "ERIKA", selon la loi française, il n'y avait pas de droit de réclamer la perte environnementale réelle causée par les marées noires car les

dommages environnementaux causés par la marée noire n'étaient pas codifiés par la Directive européenne 2004/35/CE.

Suite à l'affaire « ERIKA », sur laquelle la Cour de Cassation Française s'est prononcée le 25 septembre 2012, il a été jugé nécessaire d'introduire dans le Code de l'Environnement, par la loi du 1er août 2008, la notion de responsabilité environnementale et la notion de « pollueur payer ». Mais cette loi a immédiatement mis en évidence ses limites puisqu'elle n'a examiné que les dommages à l'environnement causés par l'activité d'un exploitant au sens du Code de l'Environnement ; en outre, cette loi faisait référence à des événements survenus avant le 30 avril 2007 ou à des activités qui, bien que causant des dommages environnementaux, avaient cessé en 2007.

La nouvelle loi, dite « Chapitre III du Code civil relatif à l'indemnisation des dommages environnementaux » entre en vigueur le 10 août 2016. Concrètement, l'article 1246 du Code Civil dispose que « quiconque cause un dommage environnemental est tenu responsable de ces dommages endommager ». Les dommages environnementaux acquièrent un sens beaucoup plus large dans le Code car ils peuvent résulter à la fois de la compromission importante du fonctionnement et/ou des éléments qui composent un écosystème et du manque, pour la collectivité, des bénéfices collectifs générés par l'environnement (Art 1247). Sur la base du nouveau système juridique, l'environnement prend les connotations de « partie civile » dans l'ordre juridique français et il n'est donc plus nécessaire qu'un individu subisse un préjudice résultant d'un dommage environnemental pour introduire une demande d'indemnisation.

Une demande d'indemnisation d'un dommage

environnemental peut être formée par toute personne ayant la capacité et l'intérêt à poursuivre en justice celui qui cause le dommage, tels que l'État, l'Agence Française de la biodiversité, les autorités territoriales et associations d'un territoire touché, ainsi que les établissements publics et associations certifiées. (Article 1248). Cependant, la loi limite le droit de réclamation aux associations qui, au moment de la demande, sont présentes sur le territoire depuis au moins 5 ans. La nouvelle loi ne s'applique pas aux dommages résultant d'événements survenus avant le 1er octobre 2016, sauf si la demande a été introduite avant cette date.

L'indemnisation consiste à restaurer le milieu naturel affecté ou à le remettre dans son état naturel (article 1249). Si la restauration est impossible ou insuffisante, le juge peut ordonner à la personne responsable d'indemniser le demandeur pour avoir pris les mesures utiles pour restaurer l'environnement endommagé, ou à défaut, d'indemniser l'État (article 1249).

L'article 1249 prévoit également que pour l'évaluation des dommages, les mesures compensatoires déjà adoptées, notamment les mesures imposées par le Code de l'Environnement, sont prises en compte. L'évaluation du dommage doit être proportionnée à son impact sur l'environnement et le dommage est évalué au cas par cas par le Tribunal compétent.

En vertu de l'article L.160-1 et suivants du Code de l'Environnement, en cas de dégradation de l'environnement, il est possible d'ordonner aux organismes responsables de prendre les mesures de prévention ou de réparation nécessaires et l'on peut être l'objet de procédures administratives initiées par préfet compétent de la zone touchée. L'action en réparation du dommage

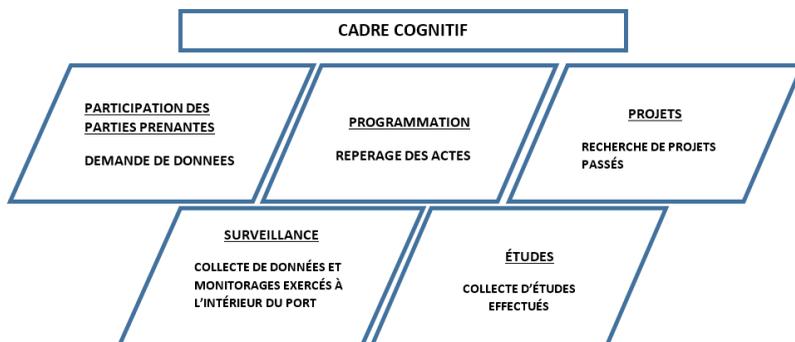
environnemental peut être introduite dans un délai de 10 ans à compter de la date de la survenance du fait (article 2226-1).

Le droit national ne prévoit aucune limitation de responsabilité, contrairement aux conventions internationales adoptées par la France telles que: Convention internationale sur la limitation de responsabilité pour les créances maritimes (Convention LLMC), Convention sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution des navires par les carburants (Convention Bunker Oil) et la Convention de 1992 sur la responsabilité civile pour les dommages résultant de la pollution par les hydrocarbures (Convention CLC), et est indépendante de toute erreur.

## 2. Cadre de zone d'intérêt

La définition du **Cadre Cognitif** est la première étape nécessaire à la **classification de la zone affectée par toute intervention de surveillance environnementale**. Les informations à trouver ne doivent pas se limiter à la seule masse d'eau, mais la zone d'intérêt au sens large doit être considérée, par exemple en examinant les bassins hydrographiques des éventuels cours d'eau et canaux en interaction avec la zone portuaire.

Les types de données à trouver peuvent être de diverses natures et sont rapportés ici à titre d'exemple et non de manière exhaustive dans le schéma suivant (Figure 1).



**Fig. 1 - Schéma-cadre cognitif**

L'identification et l'implication des **parties prenantes** vise à trouver le plus grand nombre de données produites par les organismes et opérateurs qui ont un intérêt ou un titre au sein de la zone d'étude, y compris les organismes gouvernementaux et de contrôle Ministériels, Régionaux,

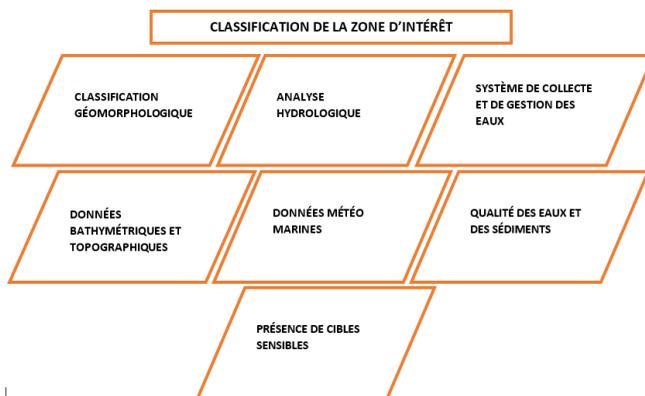
Provincial, Municipal, Militaire.

Il est important de procéder à la définition du **Cadre de Planification** Portuaire ou de celles qui relèvent des compétences et particularités du Gouvernement et des Organismes de Contrôle, en trouvant les outils d'orientation et de développement portuaires, tels que le Plan de Régulation Portuaire, le Règlement Communal, etc. Ces outils contiennent souvent des analyses à différentes échelles qui peuvent être utilisées dans les phases de travail ultérieures. De plus, ils mettent en évidence certains aspects critiques qui doivent être pris en considération dans l'étude de la zone touchée.

Pour la définition du cadre cognitif, les phases précédentes seront suivies de celles de récupération des projets, tant antérieurs qu'en cours, et la récupération des données des **Suivis** et **Études** réalisés au sein du port, y compris celles relatives au dragage et à la manutention d'interventions de sédiments.

Pour compléter la documentation trouvée, il est certainement utile d'effectuer une recherche approfondie des données dans la bibliographie et sur le web. Une fois le cadre cognitif général défini, l'étape suivante est **l'organisation de la zone d'intérêt portuaire**.

De manière synthétique et non exhaustive, le schéma montre les composantes à étudier afin de bien cadrer la zone d'étude (Figure 2).



**Fig. 2 - Cadre de la zone d'intérêt**

## 2.1 Classification Géomorphologique

Pour le cadre géomorphologique, il faut tenir compte à la fois du cadre côtier, compte tenu de l'unité physiographique et du site, et des informations complémentaires disponibles, telles que la direction moyenne des courants, le flux longitudinal de l'énergie des vagues, etc.

Il est également conseillé de réaliser une analyse géomorphologique visant à identifier les bassins hydrographiques des cours d'eau et canaux entrant dans le bassin portuaire.

## 2.2 Analyse Hydrologique

Pour une Analyse Hydrologique correcte, s'il y a des canaux et des rivières, il est essentiel de connaître leurs débits d'entrée, afin de pouvoir évaluer correctement les débits d'eau dans le plan d'eau du port.

Pour chaque élément du réseau hydrographique, au moins les aspects suivants doivent être analysés:

- Plein débit en cas d'événements ordinaires
- Plein Débit en cas d'événements extraordinaires
- Transport solide
- Opération de marée
- Injection de polluants.

### 2.3 Système de collecte et de gestion des eaux pluviales et des eaux usées

Pour la classification de la zone d'intérêt, la présence éventuelle de systèmes de collecte des eaux pluviales et des eaux usées et des stations d'épuration associées doit également être évaluée, afin d'identifier s'il existe des criticités.

### 2.4 Données Bathymétriques Et Topographiques

Pour l'analyse de la zone d'intérêt, il est essentiel d'étudier la bathymétrie, tant au large qu'à l'intérieur du bassin à l'étude. Les changements de hauteur des fonds marins sont généralement utilisés comme paramètres indirects pour évaluer qualitativement les zones avec le plus grand dynamisme.

Il est également conseillé d'intégrer les données bathymétriques avec le trait de côte obtenu à partir du relief topographique ou, s'il n'est pas soumis à des variations naturelles (ex. quais portuaires), à partir d'orthophotos ou d'images satellites. Les données bathymétriques / topographiques peuvent être trouvées à partir de diverses sources:

- Cartes marines et bathymétriques officielles

- Projets
- Études techniques;
- Acquisition par instrumentation monofaisceaux ou multifaisceaux selon la précision et la profondeur de relief recherchées.

De plus, les données bathymétriques sont fondamentales comme données d'entrée dans le cas du recours à des modèles numériques.

## 2.5 Données Météo Marines

L'analyse météo-marine vise à définir le climat anémométrique et ondamétrique (des vagues) de la zone d'intérêt.

Pour évaluer les conditions d'exposition possible aux états de mer de la zone d'étude, il est nécessaire d'identifier dans un premier temps **la zone de détresse**, c'est-à-dire la zone à partir de laquelle l'agitation marine peut provenir du large. Parallèlement, les données de vent incident doivent être prises en considération en étudiant le régime des vents et les **données anémométriques**.

Les données anémométriques sont généralement obtenues ponctuellement par des mesures instrumentales, qui sont bien réparties sur l'ensemble du territoire et offrent des séries de données suffisamment robustes pour réaliser les analyses statistiques corrélées.

Les données ondamétriques sont également fondamentales pour la caractérisation du site. Cependant, celles-ci sont affectées par la faible diffusion des bouées et des séries historiques dans de nombreux cas limitées.

Lorsqu'on ne dispose pas d'une série historique précise de

données ondamétriques, la connaissance du régime des vents est d'une importance fondamentale. En effet, il est possible de déterminer le **régime ondamétrique** de la zone à partir des données de vent enregistrées à proximité du miroir d'eau d'intérêt et des modèles numériques de circulation atmosphérique et de génération et propagation du mouvement des vagues peuvent également nous aider.

## 2.6 Qualité Des Eaux

En plus de l'acquisition de données préalables, pour définir la **qualité des eaux** portuaires étudiées, il est nécessaire d'identifier une série d'activités à réaliser sur place et en laboratoire.

L'analyse de la qualité de l'eau doit considérer en priorité la **turbidité de l'eau** et des matières en suspension. Considérant que la turbidité peut être associée à la fois à des causes anthropiques (par exemple hélices des moteurs) qu'à causes naturelles (apports fluviaux, hydrodynamique portuaire), il est nécessaire que dans l'analyse, les variations saisonnières soient prises en compte de manière appropriée, en essayant d'identifier les causes principales qui déterminent la présence de Solides en Suspension (SS) et l'augmentation de la turbidité.

Une série d'éléments physico-chimiques et biologiques déterminent quantitativement et qualitativement l'état de la colonne d'eau même à l'intérieur d'un port. Certains paramètres directs et indirects peuvent être mesurés pour l'évaluation de la qualité de l'eau dans les zones étudiées. Pour évaluer la qualité de l'eau et son impact sur le biote, une série d'analyses doit être réalisée comprenant : des **Tests Ecotoxicologiques, des Tests De Bioaccumulation, des Biomarqueurs, des Tests In Situ et des Analyses**

**Microbiologiques.** L'intégration des paramètres biologiques avec les paramètres physico-chimiques est une stratégie gagnante pour une évaluation correcte de la qualité de l'eau.

### **2.6.1 Test écotoxicologique**

Le test écotoxicologique est une expérience biologique conçue pour vérifier si un composé potentiellement toxique, ou un échantillon environnemental, provoque une réponse biologique pertinente chez les organismes utilisés pour le test. Habituellement, les organismes sont exposés à différentes concentrations ou doses d'une substance d'essai ou d'un échantillon (eaux usées, boues d'épuration, sol, sédiments fluviaux ou marins, etc.) dilués dans un milieu approprié. L'approche écotoxicologique est également utilisée pour la détermination et l'évaluation des effets toxiques aigus et chroniques exercés par des matrices environnementales contaminées sur des organismes ou des groupes d'organismes : l'effet toxique « aigu » se manifeste en un temps court et, en tout cas, inférieur au temps de génération de l'organisme en question, et implique l'évaluation de paramètres facilement identifiables (par exemple, l'immobilisation ou la mort des organismes utilisés dans les tests) ; l'effet toxique « chronique » se développe, à l'inverse, sur une plus longue période de temps, peut concerner plus de générations d'individus exposés et produit des réponses qui ne compromettent pas la survie des organismes. La toxicité est généralement recherchée sur des matrices liquides (échantillons d'eaux usées, eaux de surface, eaux souterraines, éluats de matrices solides) ou solides (sols/sédiments). Les tests de toxicité sont réalisés sur la phase aqueuse pour évaluer la toxicité due à la présence et à la biodisponibilité de contaminants inorganiques et de micropolluants hydrosolubles.

La force d'une analyse écotoxicologique réside dans le choix judicieux des tests à effectuer, des organismes clés à utiliser et des critères d'évaluation à évaluer. La toxicité des matrices complexes doit donc être évaluée à l'aide d'une batterie de bioindicateurs, composée d'au moins 3 tests biologiques appartenant à des niveaux trophiques différents et à des taxons phylogénétiquement distants, afin d'analyser le plus large spectre d'effets sur les organismes avec des réponses différentes aux différents composés présent dans les matrices.

### **2.6.2 Bioaccumulation avec *Mytilus galloprovincialis***

L'utilisation de mollusques bivalves, en particulier la moule commune *Mytilus galloprovincialis*, pour le suivi de la contamination chimique des milieux côtiers est utilisée depuis des décennies aussi bien aux États-Unis que dans de nombreux Pays européens dans les programmes internationaux de Mussel Watch. L'espèce choisie comme bioindicateur doit être caractérisée par l'absence de mécanismes biochimiques ou physiologiques capables de réguler les concentrations tissulaires de contaminants, mais doit en même temps posséder des caractéristiques biologiques qui la rendent apte à cette fin (dans ce cas précis, la filtration active de bivalves), de cette façon, en effet, l'organisme concentre les substances dans ses propres tissus d'une manière proportionnelle à leur niveau environnemental.

Les principaux avantages offerts par un programme de surveillance mené grâce à l'utilisation de Mussel Watch peuvent être résumés dans les points suivants:

- évaluation du degré de contamination selon une mesure « intégrée dans le temps » ;

- possibilité de mettre facilement en évidence les gradients spatiaux et temporels ;
- estimation de la « biodisponibilité » des substances toxiques présentes dans le milieu marin;
- évaluation du risque lié au transfert de ces éléments à travers les chaînes alimentaires.

### **2.6.3 Biomarkers**

Le biomarqueur peut être défini comme une réponse biologique à un ou plusieurs produits chimiques qui donne une mesure de l'exposition et, parfois, également de l'effet toxique sur un organisme.

Ces variations ou réponses peuvent être recherchées à des niveaux de complexité croissants (Focardi et Leonzio, 2001) : la toxicité primaire d'un contaminant se situe au niveau biochimique et moléculaire (modifications des activités enzymatiques, altérations au niveau de l'ADN, etc.) et, ce n'est qu'ensuite que les effets se retrouvent, avec un mécanisme de cascade, dans les niveaux supérieurs d'organisation, c'est-à-dire les cellules, les tissus, les organes, jusqu'au niveau des organismes et de la population.

Les biomarqueurs ne fournissent pas d'informations directes sur le type de contaminant environnemental, mais ils informent à un stade précoce de l'exposition aux polluants, permettant des interventions à court terme et le développement de programmes de gestion durable adéquats pour l'environnement en question.

La variabilité biologique des organismes détermine que l'analyse d'un seul biomarqueur est difficile de répondre correctement aux demandes du plan de surveillance, étant

donné qu'un paramètre peut être soumis à la variabilité inhérente aux organismes vivants et fournir des résultats ambigus, provoquant des surestimations, ou sous-estimation des effets sur les biocénoses.

Il est donc nécessaire d'utiliser une batterie de biomarqueurs, afin de produire un résultat intégré, qui d'une part minimise les effets de la variabilité biologique et d'autre part est confirmé par plus d'une enquête.

#### **2.6.4 Tests *in situ***

Les tests biologiques menés *in situ* prévoient l'exposition des espèces testées directement sur le terrain afin de vérifier l'apparition d'éventuels effets toxiques. Par rapport aux dosages conduits dans des conditions de laboratoire contrôlées, les dosages *in situ* permettent de réduire la manipulation des échantillons et d'intégrer les effets possibles dans le temps dus aux changements de paramètres environnementaux (hydrodynamique, température, lumière, sédimentation, etc.) qui peuvent influencer sur la toxicité des substances contaminées présentes dans l'environnement. Par conséquent, il est possible d'arriver à une interprétation plus réaliste de la pollution présente dans l'écosystème à l'étude.

#### **2.6.5 Microorganismes**

Bien que les bactéries soient actuellement majoritairement incluses dans la surveillance marine en tant que microorganismes potentiellement pathogènes pour l'homme, dans le but de minimiser le risque pour la santé publique, les microorganismes présentent une abondance, une biomasse, une activité et une biodiversité bien plus importantes que les organismes supérieurs et jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes marins

(Pomeroy et al., 2007). Grâce à leurs taux de croissance élevés, les procaryotes réagissent rapidement aux changements et aux perturbations environnementales, une caractéristique qui en fait des indicateurs précoces valables de la qualité de l'eau marine (Caruso et al., 2016). La démonstration que seule une fraction de la diversité microbienne présente dans les écosystèmes naturels est cultivable (<0,1-1%), un écart connu sous le nom de "grande anomalie du comptage sur plaque", fait que les techniques de microscopie et l'utilisation de techniques moléculaires se sont ajoutées aux techniques de culture plus traditionnelles pour déterminer l'abondance des procaryotes et sa biodiversité.

Le picoplancton comprend l'ensemble des organismes microscopiques d'une taille comprise entre 0,2 et 2  $\mu\text{m}$ , à la fois hétérotrophes et autotrophes, et comprend les bactéries hétérotrophes, les bactéries autotrophes (principalement les cyanobactéries des genres *Synechococcus* et *Prochlorococcus*), les Archaea et les petits eucaryotes autotrophes et hétérotrophes. **Le picoplancton phototrophe**

est responsable d'une fraction importante de la production primaire dans de nombreux environnements pélagiques, représentant un constituant important dans les cycles biogéochimiques du carbone et des nutriments (Maclsaac & Stockner, 1993). Parallèlement, **le picoplancton hétérotrophe**, et en particulier sa composante procaryote, est un élément essentiel du réseau trophique, en tant que décomposeur, il rend l'azote et le phosphore disponibles pour le phytoplancton et véhicule le carbone organique dissous dans la biomasse des niveaux trophiques supérieurs. L'abondance du picoplancton constitue donc un indicateur de **l'état trophique** d'un milieu marin (HELCOM, 2017), y compris les eaux portuaires (Rossano et al., 2020).

En plus de jouer un rôle vital dans le réseau trophique, les procaryotes présentent un très large spectre de diversité phylogénétique et métabolique. Des groupes spécifiques de micro-organismes sont donc utilisés dans la surveillance de fonctions écologiques spécifiques.

La dégradation des hydrocarbures et autres polluants organiques est strictement liée à la présence dans un environnement de micro-organismes aux capacités cataboliques appropriées. Les **microorganismes dégradant** les hydrocarbures sont un groupe hétérogène de microorganismes hétérotrophes capables d'utiliser les hydrocarbures pétroliers et, plus rarement, les xénobiotiques (ou composés organiques de synthèse) comme source de carbone et d'énergie. Les différentes fractions d'un mélange d'hydrocarbures contaminant possèdent une biodégradabilité et une récalcitrance remarquablement différentes et leur dégradation est opérée par différents groupes métaboliques de micro-organismes (Head et al., 2006). En milieu marin, les bactéries hydrocarbonoclastiques obligés sont alors spécialisées dans l'utilisation d'hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques (Cappello & Yakimov, 2010). Le dénombrement des microorganismes dégradant des hydrocarbures spécifiques, grâce à l'utilisation de méthodes classiques de culture sélective ou de techniques de quantification moléculaire, permet d'évaluer le potentiel intrinsèque d'auto-épuration d'un écosystème vis-à-vis des hydrocarbures et autres polluants organiques (Zhu et al., 2001). L'analyse de la biodiversité de la communauté procaryote par des techniques d'empreintes digitales et de séquençage massif (NGS) permet également de diagnostiquer des différences locales dans les sources d'émission d'hydrocarbures spécifiques dans l'environnement portuaire, représentant un outil

complémentaire à l'analyse chimique pour la désignation de stratégies optimales. contrôle, gestion et assainissement de la pollution (Vitali et au., 2019 ; Tamburini et au., 2020).

## 2.7 Présence de cingles sensibles

### 2.7.1 Population biocénotique

Toutes les altérations induites par des événements naturels ou des activités anthropiques doivent être évaluées, également en tenant compte des effets possibles qu'elles génèrent en termes de perte d'habitat et de diminution de la biodiversité, notamment en présence d'habitats et/ou d'espèces sensibles.

Le terme "communautés zoobenthiques" désigne les associations d'animaux qui vivent au contact du fond des systèmes aquatiques, ou qui lui sont étroitement liés, par des relations trophiques et écologiques. L'étude de la composante macrobenthique fait partie intégrante de l'évaluation des caractéristiques du milieu marin et fournit des paramètres importants pour évaluer sa qualité. La composition des communautés benthiques des fonds marins peut être utilisée pour détecter toute espèce à haute valeur naturaliste et caractériser les conditions environnementales des zones à étudier.

Ces organismes, étant donné l'association étroite avec le fond et le manque de mobilité, sont des descripteurs efficaces de l'écosystème, car ils sont directement exposés à la variation des paramètres environnementaux.

La réponse des communautés au stress environnemental consiste en une altération plus ou moins marquée de la structure des populations, à commencer par une modification de la composition spécifique, avec la disparition des espèces

les plus sensibles. L'étude des communautés benthiques des fonds meubles et l'élaboration d'indices de biodiversité sont donc d'autres moyens de suivre l'état de la qualité des milieux marins-côtiers.

## **2.7.2 Prairie de *Posidonia oceanica***

Comme mentionné ci-dessus, l'étude des espèces sensibles aux altérations naturelles ou anthropiques est importante pour évaluer la qualité de l'eau. Parmi ceux-ci, l'étude des prairies de *Posidonia océanica* se distingue certainement, l'un des écosystèmes de plus grande valeur environnementale dans le milieu marin côtier méditerranéen.

D'un point de vue écologique, les prairies de *P. oceanica* constituent un habitat capable d'héberger une grande variété d'espèces et représentent des zones importantes d'abri, de reproduction et d'alevinage pour diverses espèces de poissons, bivalves et gastéropodes (Guidetti et Fabiano, 2000; Boudouresque et al., 2006). Grâce au développement foliaire extraordinaire, ils ont des taux de productivité primaire très élevés et produisent de grandes quantités d'oxygène, qui pénètrent dans le milieu marin (Cobert et al., 2006). Ils jouent un rôle clé dans le cycle du carbone en milieu marin, notamment dans le stockage de ce dernier dans les rhizomes et dans la « matte ».

Quant aux aspects géomorphologiques, la prairie, grâce à ses faisceaux de feuilles denses/compacts et longs, est capable de consolider le substrat sableux, d'augmenter la rugosité du fond, réduisant ainsi l'hydrodynamisme des masses d'eau et des courants de fond ; cela provoque un ralentissement du transport des matières en suspension et favorise donc la sédimentation et l'accumulation de matière inorganique et organique.

Les prairies de *P. oceanica* sont très sensibles aux changements environnementaux et à la pression produite sur les zones côtières par les activités humaines, c'est pourquoi ils sont considérés comme un bon indicateur de la qualité de l'environnement (Dumay et au., 2002 ; Montefalcone et al., 2008).

Parmi les causes de perturbation anthropique, il est possible d'inclure l'urbanisation massive des côtes, avec une augmentation conséquente des rejets de nutriments / polluants des différents centres habités situés le long des zones côtières, ainsi que des activités industrielles et agricoles, qui également déterminent la contribution de divers types de contaminants le long des zones côtières, y compris les nutriments (ISPRA, 2010). Une autre menace pour la conservation des prairies de *P. oceanica* due aux activités humaines est liée à la construction d'infrastructures côtières (ports et barrières artificiels, brise-lames, oléoducs, gazoducs, etc.) qui provoquent des dommages mécaniques directs et une augmentation de la sédimentation les taux.

La régression des prairies est également due aux contraintes mécaniques liées à l'utilisation excessive des bateaux et de leurs ancres, ainsi qu'au développement des installations aquacoles, à la surexploitation de la pêche et à l'utilisation de certains outils de pêche très impactants, tels que comme le « chalut », qui, bien qu'interdit à moins de trois milles de la côte, est utilisé illégalement (ISPRA, 2010). De plus, les prairies sont fortement menacées par des altérations indirectement liées aux activités humaines, telles que l'introduction d'espèces exotiques, qui associées aux variations climatiques affectent constamment la mer Méditerranée, et provoquent une variation progressive et cohérente des biocénoses présentes.

### 3. Le plan de surveillance

Outre les caractéristiques météorologiques et marines et le régime courantmétrique des zones soumises à surveillance, en général les **éléments à surveiller** sont représentés par :

- caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau (conductivité, température, pression, pH, potentiel redox, concentration en oxygène dissous, concentration en éléments nutritifs, chlorophylle "a");
- les niveaux de turbidité in situ et la concentration de matières en suspension dans la colonne d'eau ;
- concentration de contaminants importants sur les différents composants de la colonne d'eau (telle qu'elle est, particulaire, dissoute);
- concentration possible de contaminants dans les sédiments superficiels par analyse chimique des paramètres les plus critiques en phase de caractérisation ;
- concentration de contaminants biodisponibles dans les tissus d'organismes bioindicateurs, sélectionnés en fonction des caractéristiques environnementales de la zone d'intervention, éventuellement à combiner avec l'analyse de biomarqueurs pour l'évaluation précoce des effets ;
- les micro-organismes, à la fois les bactéries indicatrices en cas de risque potentiel pour la santé et l'hygiène et la composante planctonique indigène pour l'évaluation des effets précoces, de l'état trophique et des fonctions écologiques spécifiques (par exemple les micro-organismes dégradants);

- structure de biocénoses benthiques sensibles et/ou de haute valeur naturaliste potentiellement influencée par une intervention anthropique (ex. activités de manutention).

Pendant toute la durée des activités de l'intervention anthropique, les informations relatives aux conditions météorologiques et maritimes et aux paramètres hydrographiques doivent être acquises aux stations marégraphiques, météorologiques et hydrographiques de référence. De plus, toutes les données opérationnelles des activités de manutention (zone de travail, cycles de travail, méthodes spécifiques, mise en œuvre de mesures d'atténuation, événements particuliers) et les informations relatives au trafic maritime doivent être acquises.

Chaque activité réalisée au cours de la phase de surveillance doit être signalée sur des fiches spécifiques qui doivent décrire les modalités d'exploitation et les caractéristiques environnementales du territoire. Les fiches doivent également rapporter des informations relatives aux stations d'échantillonnage et d'acquisition de données telles que : le nom de la station, les coordonnées géographiques détectées par GPS différentiel, la profondeur des fonds marins, la date et l'heure de l'étude, le type d'étude et les informations techniques, le nom des échantillons prélevés et des fichiers acquis, les notes générales.

Les paramètres à surveiller doivent être identifiés en fonction des caractéristiques de la zone d'intervention, de la qualité des eaux et des sédiments, de l'impact environnemental d'un événement accidentel ou non, dans le respect des dispositions de la réglementation sectorielle et selon le principe de progressivité.

Le plan de surveillance doit également contenir la description du contexte environnemental dans lequel se déroulent les interventions et la préparation et la conception d'un système de gestion des données pour la collecte de toutes les données disponibles et mesurées avant, pendant et après l'intervention anthropique fait partie intégrante du plan de surveillance. A cet effet il convient de créer une base de données fonctionnelle aux finalités, facilement gérable et utilisable par les sujets impliqués dans les activités, et également interfacée avec un Système d'Information Géographique (SIG) pour le géoréférencement des informations.

L'annexe fournit quelques cartes géoréférencées relatives aux campagnes de surveillance menées dans les trois ports pilotes du projet (Livourne, Cagliari et Bastia) avec certains paramètres considérés comme les plus significatifs pour les activités de prospection réalisées. Pour prendre en charge toutes les phases de surveillance, une modélisation numérique peut être appliquée qui représente un outil valable grâce auquel il est possible de prédire, selon certains scénarios, le comportement des sédiments déplacés et les processus associés de dispersion et/ou de diffusion de toute contamination associée. Cet outil doit être mis en œuvre de manière appropriée en fonction des caractéristiques environnementales du site et des modes d'exploitation spécifiques identifiés et, par la suite, calibré lors de la construction par la surveillance elle-même.

### 3.1 Surveillance des activités de manutention des sédiments au port

La conception d'un plan de surveillance des activités de manutention des **sédiments** doit avoir comme objectif principal la vérification des changements importants dans les

paramètres environnementaux qui caractérisent les zones marines potentiellement affectées par la remise en suspension des sédiments et la propagation possible des contaminants qui y sont associés.

Le largage des sédiments le long de la colonne d'eau durant toutes les phases de manutention est strictement dépendant des techniques et méthodes de dragage, de transport et de localisation finale adoptées, des caractéristiques physico-chimiques des sédiments et des caractéristiques hydrodynamiques et morphobatimétriques du site. Ainsi, bien que les techniques de dragage et de gestion soient de plus en plus conservatrices pour limiter la dispersion des sédiments, il convient de combiner les opérations de manutention avec une activité de surveillance adéquate, en fonction des modes opératoires adoptés, mais surtout des caractéristiques des sédiments à être déplacé, du site et de tout récepteur sensible présent dans les zones environnantes.

Comme indiqué dans le D.M. 172/2016 et dans l'Annexe Technique du Décret Ministériel 173/2016, les activités de dragage, de transport et d'immersion doivent faire l'objet d'un suivi environnemental dans le but de vérifier l'hypothèse d'impact, ou l'étendue des effets sur le secteur abiotique et biotique, et de vérifier la tendance à restaurer les conditions précédant la manutention en accordant une attention particulière à la variation de la biodisponibilité des substances potentiellement toxiques, à l'apparition de modifications "précoces" (biomarqueurs) dans les systèmes d'indicateurs biologiques et d'effets toxiques à court ou plus long terme, ainsi qu'aux altérations affectant la biocénose, notamment des habitats et les espèces d'intérêt pour la conservation. Ces investigations doivent porter sur l'évaluation des impacts possibles sur la colonne d'eau et/ou sur les fonds marins, en privilégiant l'utilisation de bioindicateurs.

En plus d'être strictement dépendante des caractéristiques des différentes zones portuaires (extension, caractéristiques morpho-bathymétriques, pression du trafic des navires, objectifs sensibles, etc.), la conception du plan de surveillance doit impliquer une fenêtre temporelle très large, par rapport à la durée effective du traitement, au sein de laquelle se divisent trois phases distinctes : ante operam, in progress et post operam.

Le suivi ante operam, préalable aux activités prévues de manutention des sédiments, a pour objectif principal d'obtenir une connaissance approfondie de la zone soumise à l'intervention et de définir les valeurs de référence de la zone pour les paramètres d'intérêt (blanc) et leur relative variabilité spatio-temporelle. Cette phase, qui a également pour fonction de calibrer la stratégie de surveillance, est essentielle pour identifier le bon emplacement des stations de mesure, y compris des stations de contrôle spécifiques, représentatives des caractéristiques environnementales de la zone (hydrodynamique, caractéristiques physico-chimiques de la colonne eau, typologie des organismes sensibles, usages légitimes) et leur variabilité naturelle et non influencée par les activités de manipulation. De plus, dans cette phase, tous les récepteurs sensibles sont identifiés.

Par ailleurs, si nécessaire, par exemple dans le cas de sédiments contaminés et/ou de présence de cibles sensibles, les informations acquises en phase de suivi ante-operam seront également fondamentales pour définir les niveaux d'attention auxquels se référer lors du travail en cours pour permettre l'intervention en temps avec des mesures d'atténuation appropriées.

Le suivi in progress est réalisé lors de l'activité de manutention des sédiments, et vise à identifier et quantifier les impacts

attendus dans les différents secteurs environnementaux et à vérifier la pertinence des modes opératoires adoptés et à évaluer l'efficacité des éventuelles mesures correctives et/ou d'atténuation mises en place. En fonction des résultats obtenus, il est possible de modifier la stratégie adoptée, tant en termes de simplification des activités qu'en termes d'intensification des contrôles. En cas d'événements critiques (défaillances, pertes de matériel, événements météo-marins exceptionnels) des activités de contrôle supplémentaires doivent être réalisées par rapport à celles régulièrement programmées.

Le suivi post operam, après la fin des activités de manutention, est nécessaire pour vérifier le rétablissement des conditions physico-chimiques initiales (ante operam) ou l'atteinte d'un état d'équilibre. Il est également nécessaire de vérifier l'absence d'impacts sur les biocénoses sensibles et/ou les espèces d'intérêt pour la conservation.

Toutes les activités concernant le mouvement des sédiments doivent faire l'objet d'un suivi environnemental selon le **principe de gradation** : le nombre de stations et les paramètres à surveiller dans la colonne d'eau, dans les sédiments superficiels et dans le biote doivent être proportionnés aux caractéristiques des matériaux à manipuler, la durée et les modalités de fonctionnement des interventions spécifiques, ainsi que la présence d'éventuels récepteurs sensibles.

Les **stations de surveillance** doivent être positionnées de manière à pouvoir contrôler les processus en cours et les impacts possibles sur le milieu environnant et sur les éventuels récepteurs sensibles présents dans la zone d'influence. La stratégie de surveillance doit donc prévoir un **système intégré de stations fixes et mobiles**, en

correspondance desquelles mesurer les changements des paramètres physico-chimiques des matrices eau, sédiments et biote. Les stations fixes sont généralement utilisées pour le positionnement d'instruments pour l'acquisition en continu des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (dont la turbidité) et doivent donc être positionnées en des points fonctionnels pour comprendre les processus en cours, comme par exemple, autour de la zone de dragage et le long du cours d'eau principal, ainsi qu'en correspondance avec des cibles sensibles (installations aquacoles, prairies marines de phanérogame, coralligène, etc.) qui pourraient être affectées par la propagation de la plume turbide.

Les stations mobiles doivent être positionnées à la fois en fonction de l'extension et du tracé possibles de la plume turbide, et en fonction des caractéristiques environnementales (hydrodynamiques, physiques, biologiques, etc.) de la zone potentiellement affectée par les effets du mouvement.

La localisation des stations peut également être fonctionnelle à l'acquisition de données utiles à l'étalonnage, en cours d'étude, des modèles mathématiques pouvant être utilisés pour l'étude des processus de transport, de dispersion et/ou de remise en suspension.

La **fréquence** des activités de surveillance doit être définie en fonction de la quantité et de la qualité des matériaux à manipuler, de la méthode adoptée et du calendrier des interventions et des caractéristiques environnementales de la zone : elle doit être plus importante dans la phase initiale et en conjonction avec chaque nouvelle activité, puis redimensionner une fois que la dynamique et les entités des processus en cours sont comprises.

Les activités de surveillance de la phase d'ante operam doivent être démarrées suffisamment avant le début des activités de manutention et le nombre de campagnes de relevés doit être représentatif des conditions météorologiques moyennes de la zone.

Le nombre de campagnes de prospection à réaliser en cours d'œuvre doit en revanche être choisi en fonction de la qualité des sédiments à manipuler, du type de dragage, des modes opératoires retenus (productivité, cycles, durée, mesures d'atténuation) et l'étendue des effets attendus. Enfin, le nombre de campagnes de prospection à réaliser en phase post operam doit être choisi en fonction de l'ampleur des impacts constatés et du type d'espèces concernées, mais ne doit en aucun cas être inférieur à 2.

Les **éléments à surveiller** doivent être choisis en fonction des caractéristiques des sédiments à manipuler, des caractéristiques des zones d'intervention, du type de manipulation envisagée et des modalités d'exploitation relatives et de la présence de cibles sensibles.

Ces objectifs sont représentés par les compartiments abiotiques et biotiques des écosystèmes aquatiques présents dans les zones concernées : un exemple est représenté par les prairies marines et notamment de *Posidonia oceanica* et la biocénose du coralligène et précoraligène, les installations aquacoles, les plages de baignade, les SIC.

Les effets possibles sur le compartiment abiotique sont généralement associés à l'augmentation de la turbidité due à la remise en suspension des sédiments, à la mobilisation des contaminants associés aux particules en suspension, à la diminution temporaire de la concentration d'oxygène dissous dans la colonne d'eau et à la solubilisation des contaminants

dans suite au changement des conditions physico-chimiques du sédiment. Les conséquences possibles sur le secteur biotique peuvent être divisées en:

- *les impacts physiques directs*, provoqués par l'augmentation de la turbidité et de la concentration des particules de matières en suspension, qui agissent sur la diminution de la pénétration de la lumière et par conséquent sur l'activité photosynthétique, sur le piégeage et l'entraînement sur le fond (floculation), sur l'augmentation de l'activité de filtration par les organismes filtrants, avec pour conséquence des dommages au système respiratoire, des perturbations dans les zones d'alevinage;
- *les impacts indirects*, liés au transport et à la diffusion des contaminants remis en circulation lors des activités de dragage pouvant affecter la bioaccumulation de contaminants dans les tissus des organismes marins, la bioamplification et le transfert éventuel dans la chaîne trophique, la contamination microbiologique des organismes marins et qualitative éventuelles altérations des biocénoses sensibles.

Concernant l'utilisation de la modélisation numérique, pour une discussion plus approfondie de la question, se référer au manuel ISPRA Modélisation mathématique dans l'évaluation des aspects physiques liés au mouvement des sédiments dans les zones marines-côtières. (Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E (2017). ISPRA Manuel et Lignes directrices, 169/2017, pp. 144) et le Manuel pour l'application des lignes directrices sur l'utilisation de la modélisation pour soutenir la gestion des activités de dragage dans la zone portuaire" (ARPAL - ISPRA, AA.VV, 2019) élaborées dans le cadre de l'Action TI du Projet Interreg Marittimo SEDRIPOORT.

### 3.2 Surveillance des interventions de confinement et d'élimination des déversements accidentels d'hydrocarbures et autres eaux usées

L'objectif premier du plan de surveillance d'une intervention d'atténuation des déversements de polluants en mer est de vérifier l'efficacité des actions entreprises en termes de confinement de la propagation des contaminants et de réduction de leurs effets négatifs potentiels sur la zone touchée et sur celles proches. Dans ce contexte, la stratégie d'intervention adoptée vise donc à atténuer les impacts négatifs de l'événement de déversement, qu'il soit accidentel ou délibéré. Pendant le projet GRRinPORT ont été étalonnées les stratégies d'intervention et de surveillance spécifiques pour les ports, elles sont le résultat de l'expérience acquise dans le port de Cagliari, lors de la mise en œuvre d'actions pilotes pour la **gestion durable des eaux usées et des déversements accidentels** tels que définis par l'accord MARPOL (pétrole de l'annexe I et eaux usées de l'annexe IV) [RÉSULTAT T2.3 « Plan d'action pour la gestion durable des eaux usées et des déversements accidentels dans les eaux portuaires], et des résultats de la surveillance de l'eau dans **les trois ports pilotes**.

Dans le contexte portuaire, le rejet à la mer **d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dangereux** est causé à la fois par des accidents sporadiques, responsables de phénomènes de pollution aiguë, et par des opérations de routine liées à la navigation maritime et aux activités de réparation et d'entretien de la construction navale, cause de contamination chronique. très répandue. Les pollutions organiques, microbiologiques, mais aussi chimiques, sont plutôt imputables aux rejets **d'eaux noires et grises** des bateaux, en particulier des bateaux de plaisance (ex: installation sanitaires et des eaux grises). Enfin, les eaux portuaires peuvent être le

collecteur de polluants et de nutriments provenant du contexte urbain, industriel et territorial dans lequel se situe le port, en particulier lorsque la zone portuaire est affectée par les débits fluviaux. Les contaminations des eaux portuaires se caractérisent donc par une **hétérogénéité marquée** à la fois spatiale (dans les différentes zones du miroir d'eau) et temporelle (dans les différentes saisons ou années) et les deux marquée autant sur le plan quantitatif (taux de polluants individuels et de nutriments) que qualitatif (composition des mélanges contaminants) en raison de la très grande variabilité des composants et de leur origine. Par rapport au contexte d'urgence dans lequel sont mises en œuvre les interventions et les suivis associés liés aux accidents en mer, les opérations d'atténuation de la contamination des eaux portuaires sont plutôt caractérisées comme des interventions de gestion de **phénomènes chroniques**; bien que, surtout dans les ports et marinas, les activités portuaires et le trafic maritime soient nettement saisonniers.

Compte tenu des spécificités des zones portuaires, la définition de plans de surveillance pour le confinement des polluants dans une zone portuaire doit nécessairement prendre en compte le contexte territorial dans lequel se situe le port, les activités portuaires spécifiques, la taille du port, le type de bateaux qui y font escale, ainsi que toute fréquence de trafic maritime et autres pressions liées aux activités touristiques.

L'emplacement des **stations de surveillance** doit considérer les différents usages des secteurs spécifiques de la zone du port, cause potentielle de pressions différentes, mais aussi les caractéristiques hydrodynamiques du bassin portuaire, cause d'éventuelles discontinuités (forçage des marées et des vagues) et les zones préférentielles d'accumulation de contaminants, ainsi que les apports du sol. Le positionnement

Il des stations de surveillance à l'entrée du port (interface entre a zone portuaire et la mer) et dans la **zone en face** permet de mieux comprendre le contexte environnemental dans lequel se situe le port (d'une importance particulière pour la compréhension des phénomènes non directement liés activités portuaires) et d'évaluer la dispersion possible de la contamination de la zone portuaire vers la côte adjacente. D'autre part, en raison des caractéristiques spécifiques des zones portuaires, la définition de **stations de contrôle** non soumises aux pressions anthropiques est difficile, et dans la plupart de cas impossible, et donc, l'évaluation des effets d'amélioration des actions entreprises doit nécessairement être évalué à la lumière des résultats d'une surveillance constante et prolongée de la zone.

La **fréquence de la surveillance** doit nécessairement tenir compte de la **saisonnalité marquée** des phénomènes physiques/chimiques/biologiques du secteur de l'eau qui peut également influencer considérablement l'efficacité de l'intervention. Au contraire, les impacts résultant des pressions anthropiques peuvent être profondément différents selon la période de l'année où ils surviennent. Dans le cas des hydrocarbures, les impacts causés par les déversements peuvent être significativement plus élevés en hiver qu'en été, à la fois en raison de la plus faible biodisponibilité du polluant et des taux plus faibles de dégradation microbienne. En ce sens, les résultats du suivi, si, d'une part, permettent d'évaluer l'efficacité de l'intervention en cours, d'autre part, permettent d'améliorer la **planification rationnelle des interventions futures**.

Le choix des **paramètres de surveillance** doit tenir compte de la spécificité de la contamination dans la zone faisant l'objet de l'intervention. S'il est à la fois essentiel de surveiller

les niveaux de polluants visés par l'action, qu'il s'agisse d'hydrocarbures ou de déchets organiques, la présence d'autres polluants, comme les métaux, peut- elle provoquer des effets toxiques synergiques. Dans les deux cas, il est nécessaire d'évaluer l'état trophique de la masse d'eau en mesurant les paramètres physico-chimiques (saturation en oxygène, azote et phosphore totaux, chlorophylle) et la composante microbienne responsable de la capacité d'autoépuration du système dans lequel l'intervention est mise en œuvre.

Dans le cas de l'utilisation de **dispersants** comme stratégie d'atténuation de la contamination par les hydrocarbures et d'autres substances organiques dangereuses, l'évaluation préliminaire et continue de la présence de conditions propices à la dégradation microbienne et, plus précisément, des niveaux élevés de saturation en oxygène, un rapport équilibré entre carbone: azote: phosphore (environ égal à 100: 10: 1) et la présence de microorganismes dégradants. Des facteurs limitatifs, tels que de faibles teneurs en oxygène, de faibles teneurs en azote et en phosphore, la présence de co-contaminations toxiques (comprenant le dispersant lui-même dans le cas des dispersants de synthèse chimique), l'absence de microorganismes capables d'une dégradation appropriés, peuvent en effet rendre l'action de stimulation de l'activité microbienne, par le dispersant, extrêmement réduite voire nulle (Atlas & Hazen, 2011). Même dans le cas du confinement et de l'élimination des hydrocarbures par l'utilisation de **produits absorbants**, la **surveillance biologique** doit nécessairement compléter la seule surveillance chimique traditionnelle. S'agissant de systèmes d'élimination mécanique, ces produits sont particulièrement adaptés aux zones/périodes à faible activité d'autoépuration (ex: secteurs à déficit en oxygène à cause d'une circulation d'eau réduite, phénomènes d'eutrophisation, basses

températures hivernales); d'autre part, les produits absorbants participent à l'élimination du contaminant non seulement avec mécanisme mécanique mais aussi avec un mécanisme biologique, accélérant les processus d'auto-épuration dues à la dégradation microbienne des hydrocarbures grâce à leur capacité d'améliorer l'interaction entre les microorganismes et le contaminant (Setti et al., 1999), et donc dans l'évaluation de leurs performances il doit être pris en compte le contexte environnemental de l'écosystème dans lequel ils sont installés.

## 4. Annexe 1 – Esemplis de cartes SIG

Voici quelques exemples de représentations graphiques de cartographies géoréférencées réalisées dans un environnement SIG.



**Carte 1 - Concentrations de turbidité (FTU) trouvées dans les opérations de pre, pendant et post dragage des sédiments menées dans le port de Livourne d'octobre 2020 à janvier 2021. Pour chaque station de surveillance, sont indiqués les valeurs minimales et maximales enregistrées dans les trois phases.**



**Carte 2 - Concentrazioni de chlorophylle ( $\mu\text{g/l}$ ) trouvées dans les opérations de pre, pendant et post dragage des sédiments menées dans le port de Livourne d'octobre 2020 à janvier 2021. Pour chaque station de surveillance, sont indiqués les valeurs minimales et maximales enregistrées dans les trois phases.**



**Carte 3 - Concentrations de mercure (mg/kg s.s.) détectées dans les échantillons de sédiments prélevés dans le port de Cagliari. Les valeurs sont comparées aux niveaux chimiques de référence (L1 et L2) mentionnés dans le tableau 2.5 du D.M. 173/2016.**



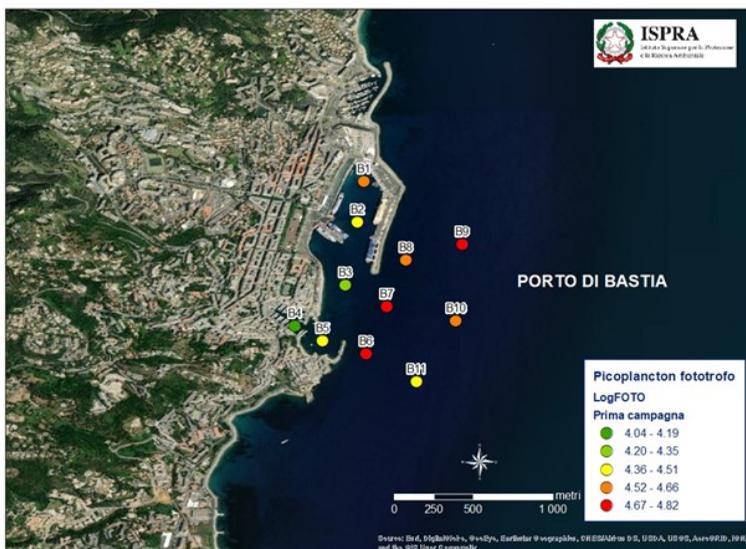
**Carte 4 - Concentrations de zinc (mg/kg s.s.) détectées dans des échantillons de sédiments prélevés dans le port de Cagliari. Les valeurs sont comparées aux niveaux chimiques de référence (L1 et L2) mentionnés dans le tableau 2.5 du D.M. 173/2016.**



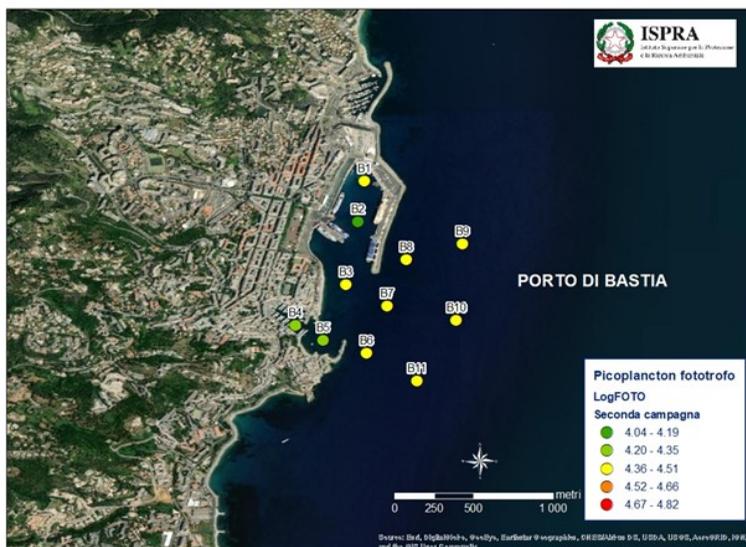
**Carte 5 - Concentrations de plomb (mg/kg s.s.) détectées dans des échantillons de sédiments prélevés dans le port de Cagliari. Les valeurs sont comparées aux niveaux chimiques de référence (L1 et L2) mentionnés dans le tableau 2.5 du D.M. 173/2016.**



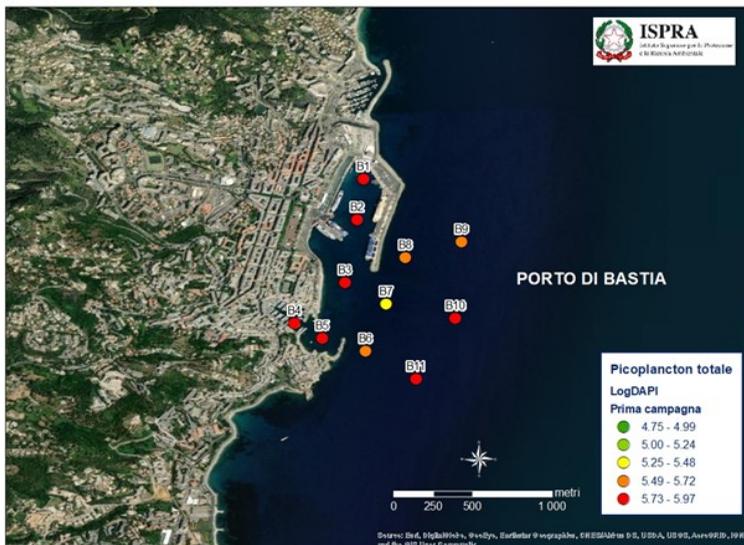
**Carte 6 - Embryotoxicité détectée avec le dosage biologique réalisé avec *Paracentrotus lividus* sur des éluviats d'échantillons de sédiments prélevés dans le port de Cagliari. Les stations d'échantillonnage où a été détectée une toxicité élevée sont indiquées en rouge, les stations dans lesquelles aucune toxicité n'est présente en vert.**



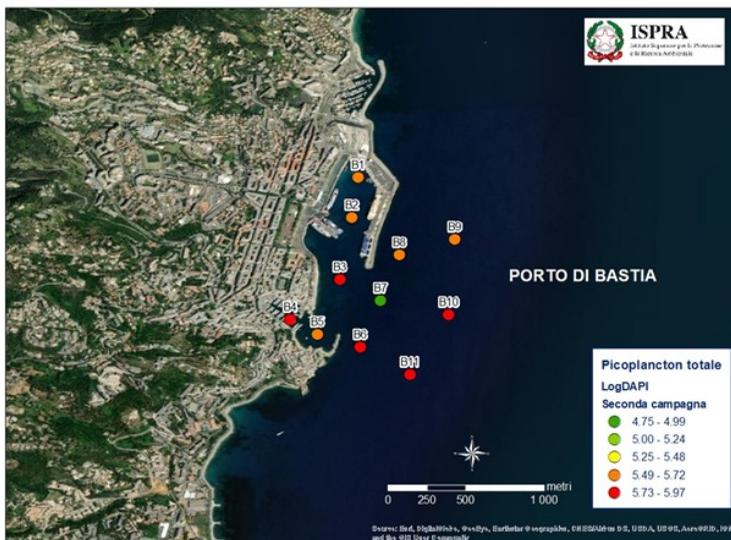
**Carte 7 - Concentration logarithmique (cellules / mL) du picoplancton phototrophe (PHOTO) dans les eaux de surface du port de Bastia détectées par UNICA lors de la première campagne de prospection (mars 2021).**



**Carte 8 - Concentration logarithmique (cellules / mL) du picoplancton phototrophe (PHOTO) dans les eaux de surface du port de Bastia détectées par UNICA lors de la deuxième campagne de prospection (mai 2021).**



**Carte 9 - Log concentration (cellules / mL) du picoplancton total (DAPI) dans les eaux de surface du Port de Bastia détectées par UNICA lors de la première campagne de prospection (mars 2021).**



**Carte 10 - Log concentration (cellules / mL) du picoplancton total (DAPI) dans les eaux de surface du port de Bastia détectées par UNICA lors de la deuxième campagne de prospection (mai 2021).**

## Annexe 2 – Bibliographie citée et de consultation

Accordo RAMOGE: Prevenzione e lotta contro l'inquinamento dell'ambiente marino. <http://www.ramoge.org/it/default.aspx>

Amendola G., “Le nuove disposizioni contro l'inquinamento idrico”. Milano II Ed.

APAT-ICRAM, 2006. Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini.

ARPAL - ISPRA, AA.VV, 2019. Manuale per l'applicazione delle linee guida sull'utilizzo della modellistica a supporto della gestione delle attività di dragaggio in ambito portuale. Redatto nell'ambito dell'Azione T1 del progetto SEDRIPORT

Atlas, R. M., & Hazen, T. C. (2011). Oil biodegradation and bioremediation: a tale of the two worst spills in U.S. history. *Environmental Science & Technology*, 45, 6709–6715.

Atzeni A., “Studio idrodinamico del Porto Storico di Cagliari”, gennaio 2010. Autorità Portuale di Cagliari.

Atzeni A., “Valutazione dei regimi di moto ondoso nel Golfo di Cagliari”, 1986. Progetto per la realizzazione della condotta sottomarina per la diffusione in mare dei reflui urbani.

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Bando di gara Attività di caratterizzazione, ai sensi del DM 173/2016, dei sedimenti marini dei fondali dello specchio acqueo compreso tra i Moli Sabauda e Rinascita del Porto di Cagliari, da eseguirsi per il progetto “SE.D.R.IPORT - sedimenti, dragaggi, rischi portuali” nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera Italia - Francia marittimo 2014 – 2020. 2019.

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Impianto acque di trattamento – piazzali per la sosta dei semirimorchi in Loc. Sa Perdixedda, giugno 2019. Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Piano Operativo Triennale 2018-2020 dell’Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna approvato con Delibera del Comitato di Gestione n. 3 del 14.02.2018.

Blanfuné A., Thibaut T., Palomba L., 2017. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d’état écologique des masses d’eau – Littoral rocheux méditerranéen français – Deuxième phase de réévaluation. Contrat Agence de l’eau RMC.

BMP Ingegneria s.r.l. “Fornitura e installazione vasche di prima pioggia, Planimetria di Progetto e Particolari”, giugno 2019. Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna.

Boudouresque C.F., Mayot N., Pergent G., 2006. The outstanding traits of the functioning of the Posidonia oceanica seagrass ecosystem. Biol. Mar. Med. 13 (4): 109-113.

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2004. Seagrass systems. Biol. Mar. Med. 11 (1): 133–183.

Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare  
 Montego Bay 1982.  
<https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2009/416/20090531/it/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2009-416-20090531-it-pdf-a.pdf>

Cappello, S., & Yakimov, M. M. (2010). Alcanivorax. In K. N. Timmis (Ed.), Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology (pp. 1738–1748). Berlin Heidelberg: Springer-

Verlag.

Caruso, G., Azzaro, M., Caroppo, C., Decembrini, F., Monticelli, L. S., Leonardi, M., ... La Ferla, R. (2016). Microbial community and its potential as descriptor of environmental status. ICES Journal of Marine Science, 73(9), 2174–2177.

Convenzione di Barcellona: Convenzione per la protezione del Mare Mediterraneo dall'inquinamento 1976. GU delle Comunità Europee L 240 20° anno del 19.09.1977 Convenzione di Londra Memorandum d'intesa fra i Governi d'Italia, del Regno Unito, degli Stati Uniti e di Jugoslavia, firmato a Londra il 5 ottobre 1954 0.814.288.1.

Convenzione internazionale del 1992 sull'istituzione di un fondo internazionale per il risarcimento dei danni dovuti ad inquinamento da idrocarburi (Convenzione del 1992 sull'istituzione del Fondo).

Convenzione internazionale sulla responsabilità civile per i danni derivanti da inquinamento da idrocarburi conclusa a Bruxelles il 29 novembre 1969, come modificata dal Protocollo firmato a Londra il 27 novembre 1992 (CLC).

D.L. 22 giugno 2012, n. 83. Testo del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83 (in supplemento ordinario n. 129/L alla Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 147 del 26 giugno 2012), coordinato con la legge di conversione 7 agosto 2012, n. 134 (in questo stesso supplemento ordinario alla pag. 1), recante: «Misure urgenti per la crescita del Paese». (12A08941). GU n.187 del 11- 08-2012 - Suppl. Ordinario n. 171.

D.Lgs. 10 dicembre 2010, n.219. Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e

successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché  
modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque. GU n. 296 del 20 dicembre 2010.

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale.  
G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.

D.Lgs. 9 novembre 2007, n. 205. Attuazione della direttiva 2005/33/CE che modifica la direttiva 1999/32/CE in relazione al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo. GU n. 261 del 9 novembre 2007.

D.M. 15 luglio 2016, n. 172. Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale, ai sensi dell'art. 5 bis, c. 6, della L. 28 gennaio 1994, n. 84. GU n. 208 del 06.09.2016.

D.M. 22 dicembre 2016. Adozione del Piano nazionale delle ispezioni di stabilimenti, imprese, intermediari e commercianti in conformità dell'art. 34 della direttiva 2008/98/CE, nonché delle spedizioni di rifiuti e del relativo recupero o smaltimento. (17A00047) GU n. 7 del 10-1-2017.

D.M. 7 novembre 2008. Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296. GU n. 284 del 04.12.2008 .

D.M. 8 novembre 2010, n. 260. Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici

superficiali. GU n. 30 del 07-02-2011 - Suppl. Ordinario n. 31.

D.M.15 luglio 2016 n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. GU n. 208 del 06.09.2016 - Suppl. Ordinario n. 40.

De Groot R., Brander L., Van Der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., Mc Vittie A., Portela R., Rodriguez L.C., Ten Brink P., Van Beukering P., 2012. Globalestimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*: 1: 50–61.

DIRETTIVA 2000/59/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 novembre 2000 relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico. GU dell'Unione Europea L 332 del 28.12.2000.

DIRETTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. GU dell'Unione Europea L 327 del 22.12.2000.

DIRETTIVA 2004/35/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 Aprile 2004.

DIRETTIVA 2005/33/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 6 luglio 2005 che modifica la direttiva 1999/32/CE in relazione al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo. GU dell'Unione Europea L 191/59 del 22.7.2005.

DIRETTIVA 2005/35/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 7 settembre 2005 relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni. GU dell'Unione Europea L 255/11 del 30.9.2005.

DIRETTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 febbraio 2006 relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e che abroga la direttiva 76/160/CEE. GU dell'Unione Europea L 64/37 del 4.3.2006.

DIRETTIVA 2008/56/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino). GU dell'Unione Europea L 164/19 del 25.6.2008.

DIRETTIVA 2009/30/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 aprile 2009 che modifica la direttiva 98/70/CE per quanto riguarda le specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio nonché l'introduzione di un meccanismo inteso a controllare e ridurre le emissioni di gas a effetto serra, modifica la direttiva 1999/32/CE del Consiglio per quanto concerne le specifiche relative al combustibile utilizzato dalle navi adibite alla navigazione interna e abroga la direttiva 93/12/CEE. GU dell'Unione Europea L 140/88 del 5.6.2009.

DIRETTIVA 2011/92/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 dicembre 2011 concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (codificazione). GU dell'Unione Europea L 26/1 del 28.1.2012.

DIRETTIVA 2014/52/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che modifica la direttiva 2011/92/UE

concernente

la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e private. GU dell'Unione Europea L124/1 del 16.4.2014.

DIRETTIVA 92/43/CEE DEL CONSIGLIO del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. GU dell'Unione Europea L 206 del 22.7.1992.

DUMAY O., FERNANDEZ C., PER-GENT G., 2002. Primary production and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82: 379-387.

Durante L., Valutazioni sullo stato delle acque del canale del Terramaini. Campagna di indagine febbraio 2018, Parco del Molentargius.

Egis, EON1509\_00B - Etude des courants marins et de la houle directionnelle - Bastia - Octobre 2017.

Egis, Etudes des houles incidentes pour le projet d'extension du Port de Bastia R16-082-RevA.

Évaluation, au titre du programme REFIT, de la directive 2000/59/CE sur les installations de réception portuaires pour les déchets d'exploitation des navires et les résidus de cargaison Port de Primel – le Diben: Plan de reception & de traitement des dechets d'exploitation et residus de cargaison des navires du port de peche, de commerce, a dominante plaisance - Établi conformément à la directive 2000/59/CE Annexé à la délibération de l'autorité portuaire N° D14-065 du 17 février 2014.

Focardi S. e Leonzio C., 2001. I bioindicatori nel monitoraggio costiero. *Biol. Mar. Medit.*, 8 (2): 136-145.

Head, I. M., Jones, D. M., & Röling, W. F. M. (2006). Marine microorganisms make a meal of oil. *Nature Reviews*

Microbiology, 4(March), 173–182.

HELCOM (2017) Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM

<https://helcom.fi/media/publications/Manual-for-Marine-Monitoring-in-the-COMBINE-Programme-of-HELCOM.pdf>.

Gobert S., Cambridge M.L., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouqueneau J.M., Dauby P., Pergent-Martini C., Walker D.I., 2006. Biology of Posidonia. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (eds) Seagrasses: biology, ecology and conservation. Springer, Dordrecht, pp 387–408.

Guidetti P. e Fabiano M., 2000. The use of lepidochronology to assess the impact of terrigenous discharges on the primary leaf production of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 449-453.

<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/PROTOCOLAmended2006.pdf>.

IBC Code International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk.

IFREMER Atlas DCE website :  
[http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas\\_DCE](http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE).

IFREMER de Nantes - Belin C., Claisse D., Daniel A., Fleury E., Miossec L., Piquet J-C., Ropert M., avec le soutien du service DYNECO/VIGIES Boisseaux A., Lamoureux A., Soudant D. - mars 2015 – ODE/DYNECO/VIGIES/15-07 - Qualité du Milieu Marin Littoral Synthèse Nationale de la Surveillance 2013, Ed.2015.

IGC Code The international code of the construction and

equipment of ships carrying liquefied gases in bulk has been mandatory under SOLAS chapter VII since 1 July 1986. Il trasporto delle merci pericolose via mare - [www.dirittoambiente.com](http://www.dirittoambiente.com).

International Convention, 2005 on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage, 2001. London, 23 March 2001 Miscellaneous No.8.

ISPRA, Manuali e Linee Guida 169/2017, dicembre 2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere.

ISPRA, Manuali e Linee Guida 55/2010. Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica sugli arenili. ISBN: 978-88-448-0426-8.

ISPRA-Rapporti 214/2015. La gestione dei rifiuti nei porti italiani -- ISBN 978-88-448-0697-2.

L'implementazione della nuova Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) - Arpa Emilia-Romagna - Annuario dei dati ambientali 2010; <http://www.direttivaacque.minambiente.it>.

Lauria F. "L'unione Europea – Origine, sviluppi, problemi attuali" 4<sup>a</sup> ed., Torino 1996.

LEGGE 2 dicembre 1994, n. 689 Ratifica ed esecuzione della convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare, con allegati e atto finale, fatta a Montego Bay il 10 dicembre 1982, nonché' dell'accordo di applicazione della parte XI della convenzione stessa, con allegati, fatto a New York il 29 luglio 1994. GU n. 295 del 19.12.1994 - Suppl. Ordinario n. 164.

LEGGE 25 gennaio 1979, n. 30 Ratifica ed esecuzione della

convenzione sulla salvaguardia del mar Mediterraneo dall'inquinamento, con due protocolli e relativi allegati, adottata a Barcellona il 16 febbraio 1976. GU n. 40 del 09.02.1979 - Suppl. Ordinario.

LEGGE 28 gennaio 1994, n. 84 Riordino della legislazione in materia portuale. GU n. 28 del 04.02.1994 - Suppl. Ordinario n. 21. LEGGE 31 dicembre 1982, n. 979 Disposizioni per la difesa del mare. GU n.16 del 18.01.1983 - Suppl. Ordinario.

Lenza U., Il diritto degli spazi internazionali. Torino 1999.

Linee guida per l'istruttoria autorizzativa dei sistemi di trattamento delle acque reflue domestiche ed assimilate - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure  
Revisione 02 del 01/05/15.

London Convention/ London Protocol, 1996. Protocol to the convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter, 1972.

Maclsaac, E. A., & Stockner, J. G. (1993). Enumeration of Phototrophic Picoplankton by Autofluorescence Microscopy. In Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology (pp. 187–197). Lewis Publishers.

Mannai A., Pratica relativa alla richiesta di autorizzazione scarico a mare acque meteoriche provenienti dai piazzali della darsena pescherecci sita in zona Sa Scafa – Relazione tecnica, Giugno 2017, Autorità Portuale di Cagliari.

Medtrix, une plateforme en ligne au service des experts du milieu marin pour la surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée. Guide méthodologique 2016. Edition Andromède Océanologie / Agence de l'Eau RMC.

Modimar s.r.l, Studio della circolazione idrica e della qualità delle acque, Progetto per la realizzazione della Nuova Darsena Pescherecci del porto di Cagliari - novembre 2011, Autorità Portuale di Cagliari.

Montefalcone M., Chiantore M., Lanzone A., Morri C., Bianchi C.N., Albertelli G., 2008. BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1637–1645.

OSPAR Convention 1992. Convention for the protection of the marine environment of the north-east atlantic.

Piazzì M., “Il trasporto marittimo delle merci pericolose”, Livorno 1997; R.I.N.A. Piazzì M., “Tecniche antinquinamento del mare –Inquinamento da idrocarburi e prodotti chimici”, Livorno 1997.

Pomeroy, L., leB. Williams, P., Azam, F., & Hobbie, J. (2007).  
The microbial Loop. *Oceanography*, 20(2), 28–33.

Quaderno ICRAM, gennaio 2002. Aspetti tecnico-scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini: dragaggi portuali.

Rapport de la commission au parlement européen et au conseil - Bruxelles, le 31.3.2016 COM (2016) 168 final.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano di Assetto Idrogeologico approvato con approvato Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15.03.2016 e con Decreto del Presidente

del Consiglio dei Ministri del 27.10.2016. GU n. 30 del 06.02.2017.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna n. 2 del 17.12.2015.

Regione Autonoma della Sardegna, Programma Azione Coste, 2013.

Regolamento (CE) n.1013/2006 14 giugno 2006 relativo alle spedizioni di rifiuti. GU dell'Unione Europea L 190/1 del 12 luglio 2006.

Regolamento (CE) n.660/2014 15 maggio 2014 recante modifica del regolamento (CE) n. 1013/2006 relativo alle spedizioni di rifiuti. GU dell'Unione Europea L 27/06/2014, n. 189.

Ris R.C., Booij N., Holthuijsen L.H., 1999. A third generation wave model for coastal regions, Part II, Verification. Journal of Geophysical Research, Vol. 104, No. C4: 7667-7682.

Romano E., Ausili A., Bergamin L., Celia Magno M., Pierfranceschi G., Venti F., 2018. Linee Guida SNPA 18/2018. Analisi granulometriche dei sedimenti marini.

Ronzitti N., "Diritto internazionale per Ufficiali delle Marina Militare", Rivista Marittima 1996.

Rossano, C., Milstein, A., Nuccio, C., Tamburini, E., & Scapini, F. (2020). Variables Affecting the Plankton Network in Mediterranean Ports. Marine Pollution Bulletin, (December 2019), 111362.

Rovito C., "La disciplina dei rifiuti portuali: aspetti tecnico – pratici a quasi due anni dall'entrata in vigore del D.Lgs

182/2003” - [www.dirittoambiente.com](http://www.dirittoambiente.com).

Rovito C., “La struttura della Marpol 73/78” (International Convention for prevention the pollution from ships).

Salamone L., “La direttiva (ce) n. 2005/c 25e/03 sull’armonizzazione del sistema sanzionatorio previsto al fine di aumentare la sicurezza marittima e migliorare la protezione dell’ambiente marino dall’inquinamento provocato dalle navi”

- Diritto & Diritti - Electronic Law Review.

Santoni G., “Infrazioni e sanzioni marittime – Prontuario”, Roma VII ed.

Setti, L., Mazzieri, S., & Pifferi, P. G. (1999). Enhanced degradation of heavy oil in an aqueous system by a *Pseudomonas* sp . in the presence of natural and synthetic sorbents. *Bioresource Technology*, 67, 191–199.

Site characterization report Cagliari Port - Sardinia, Italy, MAPMED project - Management of Port areas in the Mediterranean Sea Basin.

SOLAS Convenzione internazionale del 1974 per la salvaguardia della vita umana in mare 0.747.363.33 Londra il 1o novembre 1974.

Spalding M., Taylor M., Ravilious C., Short F., Green E., 2003. The distribution and status of seagrasses. In: Green E.P., Short F.T. (Eds.), *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Berkeley, CA.

Systèmes portuaires d’alerte précoce et de vigilance Étude documentaire - 2010 Programme des Nations Unies pour l’environnement.

Tamburini, E., Doni, L., Lussu, R., Meloni, F., Cappai, G., Carucci, A., ... Vitali, F. (2020). Impacts of anthropogenic pollutants on benthic prokaryotic communities in Mediterranean touristic ports. *Frontiers in Microbiology*, 11(June), 1–16.

Tilocca G. e MMI s.r.l., Fase 2 – Campagna di monitoraggio dei canali Santa Gilla e San Bartolomeo – Relazione Tecnica - Studi di settore del nuovo Piano Regolatore Portuale, riguardanti le caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e l'inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico dell'ambito portuale; luglio 2010, Autorità Portuale di Cagliari.

Tilocca G. e MMI s.r.l., Relazione idrologica e idraulica - Studi di settore del nuovo Piano Regolatore Portuale, riguardanti le caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e l'inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico dell'ambito portuale, settembre 2009, Autorità Portuale di Cagliari.

Tomasicchio U., “Manuale di ingegneria portuale e costiera”. Editoriale Bios, Cosenza.

Tricoli D., “Studio idraulico del Canale Terramaini”, giugno 2019, Comune di Cagliari.

Verna P., “Prontuario per l'attività di polizia marittima”, Rimini 2001.

Vitali, F., Mandalakis, M., Chatzinikolaou, E., Dailianis, T., Senatore, G., Casalone, E., ... Tamburini, E. (2019). Benthic prokaryotic community response to polycyclic aromatic hydrocarbon chronic exposure: importance of emission sources in Mediterranean ports. *Frontiers in Marine Science*, 6(September), 1–13.

Zhu, X., Venosa, A. D., Suidan, M. T., & Lee, K. (2001). Guidelines for the bioremediation of marine shorelines. U.S. Environmental Protection Agency.

## Remerciements

Nom	Institution
Carla Piras	<b>Université de Cagliari - UNICA</b>
Daniela Ghiani	<b>Université de Cagliari - UNICA</b>
Vania Statzu	<b>Mediterranean Sea and Coast Foundation -MEDSEA</b>
Ilaria Chicca	<b>ISPRA</b>
Valentina Vitiello	<b>ISPRA</b>
Gianluca Chiaretti	<b>ISPRA</b>
Enrichetta Barbieri	<b>ISPRA</b>
Alice Scuderi	<b>ISPRA</b>
Stefano Ferrari	<b>ISPRA</b>
David Pellegrini	<b>ISPRA</b>
Paolo Botti	<b>RAS-ADIS</b>
Carla Mancosu	<b>RAS-ADIS</b>
Paola Signorile	<b>RAS-ADIS</b>
Roberto Coni	<b>RAS-ADIS</b>
Mariano Tullio Pintus	<b>RAS-ADIS</b>
Bonaria Boi	<b>RAS-ADIS</b>
Isotta Urpi	<b>RAS-ADIS</b>
Anne Casabianca	<b>Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP</b>
Julien Ciucci	<b>Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP</b>