



Interreg



UNIONE EUROPEA



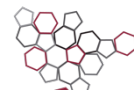
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Activité T1.5



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

T1.5.5 - SYSTÈMES DE MONITORAGE DANS LES ACTIVITÉS DE MANIPULATION



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

REGIONE
TOSCANA



Région



Provence
Alpes
Côte d'Azur



REGIONE LIGURIA



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Ils ont collaboré:

**Andrea Salmeri
Maria Elena Piccione**

Coordonné par:

Simona Macchia

Sommaire

1	<i>Avant-propos</i>	4
2	<i>Introduction</i>	5
3	<i>Conception du monitoring</i>	6
	3.1 Monitoring des activités de dragage	7
	3.1.1 Stations et fréquence de surveillance	10
	3.1.2 Éléments à surveiller et équipement nécessaire.....	11
	3.2 Monitoring pour activités de transport	13
	3.3 Monitoring des activités de reconstitution de plages	14
	3.4 Monitoring des activités d’immersion en zones marines (à plus de 3 mn de la côte)	15
	3.5 Monitoring des activités d’immersion dans un environnement confiné	15
4	<i>Questionnaire</i>	16
	4.1 Port de Gênes	17
	4.2 Port de La Spezia	19
	4.3 Port de Livourne	21
5	<i>Conclusions</i>	24
6	<i>Bibliographie</i>	25

ANNEXE 1 - RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE

1 Avant-propos

Le projet SEDRIPORT a pour objectif de trouver une solution commune au problème de l'ensablement des ports de la zone transfrontalière et d'établir les solutions opérationnelles relatives à la restauration des fonds marins.

SEDRIPORT s'appuie sur les connaissances acquises lors de projets précédents qui ont permis d'obtenir des précieuses informations sur l'état des ports et qui reposaient sur l'expérimentation et l'adoption de systèmes de monitoring de l'environnement marin. Cette initiative a permis de mettre au point un système commun permettant de réaliser un contrôle continu de l'ensablement, de la pollution marine et des sédiments, des conditions météo marines et des principaux paramètres physico-chimiques des eaux portuaires, des zones côtières limitrophes et des aquifères côtiers.

En s'appuyant sur les normes en vigueur et les bonnes pratiques actuelles, ce projet propose d'établir des Lignes Directrices à adopter de manière conjointe dans la zone transfrontalière pour traiter le problème des dragages (restauration des fonds marins) et la gestion des sédiments.

Ce document fait partie de l'Action T1 (Diagnostic - Surveillance et Modélisation) et il est divisé en deux parties: la première partie présente les critères généraux pour la définition d'un plan de surveillance approprié pour les opérations de manipulation des sédiments, tandis que dans la deuxième partie on discute sur les résultats de l'enquête réalisée grâce à la collaboration de certaines Autorités Portuaires et d'opérateurs publics et privés sélectionnés dans l'aire transfrontalière sur les opérations de manipulation menées au fil des ans et les relatifs plans de surveillance réalisés.

L'ISPRA, avec le soutien de l'ARPAL, a élaboré un questionnaire dans le but d'obtenir des informations sur tout système de surveillance adopté dans les ports de Gênes, La Spezia, Livourne, Castiglione della Pescaia, Scarlino, Olbia, Cagliari et Port Grimaud, soit en présence qu'en l'absence d'activités de dragage.

Le questionnaire a été structuré en différentes sections contenant des questions spécifiques formulées dans le but de rassembler toutes les informations utiles pour cadrer à la fois le type de suivi et les différentes matrices impliquées dans les activités de contrôle et d'analyse. Avant de remplir les formulaires, il a été demandé de fournir une brève description des caractéristiques du port et des activités de manutention qui ont eu lieu et/ou étaient prévues, afin d'avoir une vue d'ensemble de la zone.

Dans la première section du questionnaire, nous avons posé des questions relatives aux activités de surveillance menées en l'absence de manipulation des sédiments, en distinguant la surveillance continue de la surveillance périodique.

Dans les sections dédiées à la collecte d'informations sur les suivis effectués pour les activités de dragage, immersion en mer, reconstitution de plages, immersion dans un réservoir de remplissage, etc. on a demandé de préciser les méthodes et les outils utilisés, en distinguant les activités menées dans les différentes phases (*ante operam*, en cours et *post operam*).

2 Introduction

Les opérations de manipulation des sédiments (dragage, transport, déposition ou reflux) sont depuis toujours considérées comme des activités pertinentes, tant pour le développement et l'amélioration de la fonctionnalité d'un port, aussi bien pour la protection de l'environnement (assainissement des zones contaminées, remise en état de profondeurs de fonctionnement). Au cours de ces activités, surtout si elles sont menées dans des zones contaminées et/ou industrialisées, les principaux problèmes doivent être associés à la remise en suspension des sédiments et à la suppression de toute contamination qui leur est associée, avec une altération potentielle de l'équilibre chimique, physique et biologique naturel de l'écosystème marin-côtier et transfert de contamination de la matrice sédimentaire vers la colonne d'eau et le compartiment biotique.

Il s'avère alors essentiel la conception et la mise en œuvre d'un plan de suivi environnemental, fonctionnel à la vérification des effets attendus sur les différentes matrices environnementales impliquées dans la manipulation et la efficacité de toute mesure introduite pour son atténuation. Le plan de surveillance doit non seulement concerner le dragage lui-même, mais l'ensemble du processus de gestion des sédiments, jusqu'à l'emplacement définitif du matériau déplacé et aux fractions individuelles qui le composent.

Les directives de l'UE sur le dragage ont été mises en œuvre au niveau italien par D.lgs. (décret législatif(152/2006, D.lgs. 219/2010 et D.lgs. 172/2015 qui reposent sur le principe du maintien ou de la réalisation des objectifs de "bon état chimique et écologique" : les activités de manipulation des sédiments doivent être conduites de manière à garantir la "non-détérioration" de l'état constaté et la compatibilité avec l'atteinte des objectifs de qualité attendus.

Sous le profil technico-scientifique les opérations de dragage dans les environnements des ports et marin-côtier, elles sont régies par les D.M. (décret ministériel) 172 et 173 de 2016.

Le D.M. 172/2016 concerne le "*Règlement régissant les méthodes et les normes techniques des opérations de dragage dans les SIN*". Il réglemente les procédures et les normes techniques de dragage dans les ports et les zones marines côtières situées dans des sites d'intérêt national (SIN), afin aussi de réutiliser les matériaux de dragage. En outre, le décret fournit des indications sur les méthodes et techniques à utiliser pour la conception et l'exécution correctes d'un plan de surveillance environnementale pour l'ensemble du processus de gestion des sédiments, du dragage au placement final (ou à la réutilisation) des matériels de dragage et des fractions individuelles qui le composent.

Le D.M. 173/2016 concerne le "*Règlement sur les procédures et les critères techniques pour l'autorisation à déposer sur le fond de la mer des matériaux de dragage des fonds marins*". Il détermine les modalités de délivrance des autorisations par les Autorités compétentes pour l'immersion délibérée dans la mer de matériaux excavés de la mer ou des fonds marins saumâtres ou des sols côtiers émergés. L'annexe technique du décret donne des critères homogènes pour tout le territoire national, à l'exception des zones SIN, pour l'utilisation des sédiments de dragage aux fins de la reconstitution de plages ou du reflux dans des environnements confinés. En plus ce sont signalés les procédures techniques et opérationnelles pour la classification des zones portuaires objet de dragage environnemental, la caractérisation des fonds marins (y compris les instructions sur les analyses à effectuer sur les sédiments dragués dans le SIN , mais réutilisés en dehors de ces sites), la classification chimique-physique et éco-toxicologique des matériaux de dragage et indications concernant l'élaboration d'un plan de surveillance environnementale.

En France, les normes de référence pour les opérations de dragage sont incluses dans le Code de l'environnement en vigueur depuis 2018, résultant de la transposition de la directive 2011/92/UE sur l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement (modifié par la directive 2014/52/UE du Parlement Européen et du Conseil du 16 avril 2014).

En ce qui concerne le suivi du dragage, les indications données par les normes sont assez déficientes. Cependant, il existe un guide de référence du groupe GEODE publié en décembre 2012, qui fournit des indications *étape par étape* sur la surveillance à mettre en œuvre dans la zone de dragage et d'immersion. Il n'y a pas d'emploi d'outils de modélisation pour la définition du plan de surveillance et du positionnement des stations.

Concernant la gestion en mer des matériaux de dragage, la législation française offre la possibilité ou non de les immerger en mer, basée d'une part sur les résultats des analyses chimiques et d'autre part sur les contrôles éco-toxicologiques (qui ne sont cependant pas réglementés). Concernant l'utilisation à terre et les traitements, la législation française est très détaillée dans la chaîne terrestre, prévoyant une valorisation directe ou indirecte (après traitement) ou un stockage final.

Pour une discussion plus détaillée sur la comparaison des aspects législatifs de la manipulation des sédiments marins, veuillez vous référer au rapport sur l'action T1 projet SEDRIPORE "T1.2 – *Etude comparatif par rapport à la réglementation en vigueur et à l'étude (italien, français et européen) en matière de dragage des sédiments portuaires et d'identification des enjeux critiques (environnementaux et techniques / logistiques) liés à la gestion de la chaîne marine-côtière (gestion aquatique)*".

3 Conception du monitoring

La conception d'un plan de surveillance des différentes activités de manipulation des sédiments (dragage, transport, dépôt et/ou reflux) doit avoir pour objectif principal la vérification des variations importantes des paramètres environnementaux qui caractérisent les zones marines potentiellement affectées par la remise en suspension des sédiments et la propagation possible des contaminants qui leur sont associés.

En particulier, la libération de sédiments le long de la colonne d'eau pendant toutes les phases de manipulation est strictement dépendant des techniques et méthodes de dragage, de transport et de mise en place finale retenues, des caractéristiques physiques et chimiques des sédiments et des caractéristiques hydrodynamiques et morpho-batimétriques du site. D'ailleurs, bien que les techniques de dragage et de gestion soient de plus en plus conservatrices en termes de limitation de la dispersion des sédiments, il convient de combiner les opérations de manipulation avec une activité de surveillance adéquate, en fonction des modes opératoires adoptés, mais surtout des caractéristiques des sédiments à manœuvrer, du site et de tout récepteur sensible présents dans les zones adjacentes.

Comme indiqué dans le DM 172/2016 et dans l'annexe technique du DM 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 de l'impact, à savoir la entité des effets sur le secteur abiotique et biotique et vérifier la tendance à restaurer les conditions avant les activités de manipulation, en accordant une attention particulière à l'évolution de la biodisponibilité des substances potentiellement toxiques, à l'apparition de modifications "précoces" (biomarqueurs) dans les systèmes d'indicateurs biologiques et les effets toxiques à court terme ou à plus long terme, ainsi que les modifications de la biocénose,

en particulier des habitats et des espèces d'intérêt pour la conservation. Ces investigations doivent porter sur l'évaluation d'éventuels impacts sur la colonne d'eau et/ou sur le fond marin, en privilégiant l'utilisation de bio indicateurs. Le plan de suivi doit également contenir une description du contexte environnemental dans lequel les interventions ont lieu.

En particulier, un plan de suivi doit être conçu dans le but de :

- fournir des critères et des outils pour l'évaluation des impacts sur les différentes matrices environnementales, en accordant une attention particulière aux biocénoses et aux espèces sensibles et/ou d'une haute valeur naturaliste présentes dans la zone ;
- vérifier l'adéquation des méthodes de fonctionnement adoptées afin de minimiser les effets ;
- signaler en temps utile la nécessité d'introduire des mesures correctives et/ou d'atténuation par rapport aux impacts contrôlés et/ou aux modes opératoires adoptés, et en évaluer leur efficacité ;
- vérifier les hypothèses de projet (*conditions hydrodynamiques, turbidité produite par la drague, efficacité d'enlèvement de la drague, stabilité des éventuelles pannes*) ;
- vérifier le respect des éventuelles restrictions imposées au projet par les autorisations et/ou réglementations (*modalités d'exécution techniques et restrictions environnementales*) ;
- vérifier, une fois les activités terminées, la tendance à rétablir les conditions initiales dans les matrices environnementales surveillées.

De plus il faut :

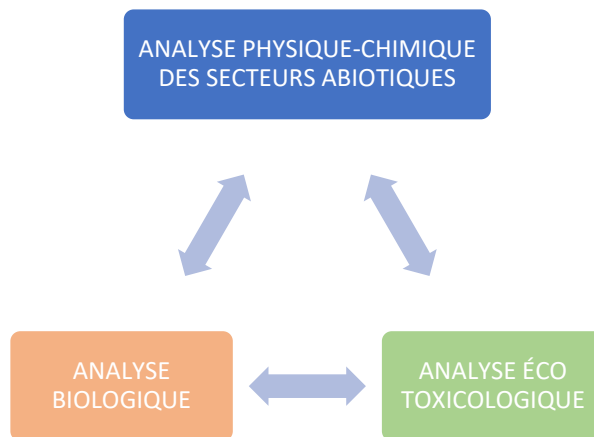
- identifier les problèmes critiques potentiels et les cibles potentiellement plus sensibles (*matrices environnementales, espèces, utilisations légitimes de la mer, activités anthropiques*) ;
- comprendre à la fois l'extension spatiale et temporelle du champ de surveillance (*surveillance à long terme à grande échelle*) ;
- sélectionner les paramètres les plus intéressants à surveiller;
- évaluer les coûts liés aux activités de surveillance.

La préparation et la conception d'un système de gestion des données pour la collecte de toutes les informations disponibles et mesurées avant, pendant et après les activités de manipulation (dragage/nivellement) fait partie intégrante du plan de surveillance. Pour ce but, il convient de créer une base de données fonctionnelle, gérable et utilisable par les personnes impliquées dans les activités, et également interfacée avec un Système d'Information Géographique (SIG) pour le géo référencement des informations.

3.1 Monitoring des activités de dragage

Le plan de surveillance doit être conçu selon une **approche** dite «**intégrée**», qui puisse permettre d'avoir une image complète des caractéristiques de qualité environnementale de la zone d'étude.

Ce type d'approche implique l'utilisation intégrée de trois types d'analyses :



L'analyse physique-chimique des compartiments abiotiques identifie et quantifie les causes de la contamination, mais n'est pas en mesure à elle seule d'établir quelle est la fraction réellement bio disponible, ni de considérer les effets synergiques ou antagonistes entre les contaminants.

L'analyse éco-toxicologique évalue plutôt la toxicité et la biodisponibilité réelle de la contamination, mais ne permet pas d'identifier la cause des effets toxiques constatés.

L'analyse biologique enfin est destinée à étudier les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des communautés biologiques et permet de détecter des changements dus à la présence de polluants dans des concentrations supérieures à la capacité de la détoxification et d'abris des organismes.

L'utilisation intégrée de ces trois types d'analyse représente un outil d'interprétation puissant, hautement flexible et d'interprétation immédiate, nécessaire pour comprendre des réalités particulièrement complexes.

La conception du plan de suivi, en plus d'être spécifique d'un site, donc strictement dépendante des caractéristiques des différentes zones portuaires (extension, caractéristiques morpho-bathymétriques, pression du trafic maritime, objectifs sensibles, etc.) doit impliquer une très large fenêtre temporelle, par rapport à la durée réelle des activités de manipulation, au sein de laquelle se répartissent trois phases distinctes : *ante operam*, en cours et *post operam*.

La surveillance ante operam, à l'avance des activités prévues de manipulation des sédiments, a pour objectif principal de définir les valeurs de référence de la zone pour les paramètres d'intérêt (blanc) et leur variabilité spatio-temporelle. Cette phase, qui a également pour fonction de calibrer la stratégie de surveillance, est essentielle pour identifier l'emplacement correct des stations de mesure, y compris des stations de contrôle spécifiques, représentatives des caractéristiques environnementales de la zone (*hydrodynamique, caractéristiques physique-chimiques de la colonne d'eau, type d'organismes sensibles, utilisations légitimes*) et leur variabilité naturelle et non influencés par les activités de manipulation. Dans cette phase, tous les éventuels récepteurs sensibles sont également identifiés.

La phase de surveillance *ante operam* est d'une importance fondamentale pour obtenir une connaissance approfondie de la zone soumise à intervention. Cette phase est également fonctionnelle pour comprendre les fluctuations des paramètres d'intérêt dans les domaines d'intervention qui ne sont pas imputables aux activités d'excavation et de la reconstitution de plages (par exemple en raison du trafic maritime ou des conditions météo marines) et, par conséquent, de définir les valeurs de référence de la zone pour les

paramètres d'intérêt et leur variabilité spatio-temporelle associée (par.7.1 de l'annexe A du D.M. 172/2016).

De plus, si nécessaire, par exemple en cas de sédiments contaminés et/ou en présence de cibles sensibles, les informations acquises en phase de surveillance *ante operam* seront fondamentales aussi pour définir les niveaux d'attention auxquels se référer en cours de travail afin de permettre d'intervenir à temps avec des mesures d'atténuation appropriées. Dans ce cas, il est souhaitable de définir une série de niveaux d'attention, avec une criticité environnementale croissante, et la persistance relative admissible en fonction des caractéristiques du système, faite une "évaluation d'expert" des ensembles de données acquis au même temps des divers événements jugés "significatifs" et sans rapport avec les activités prévues (par exemple, transit de bateaux avec un tirant d'eau différent, événements météo-marins importants, etc.), compte tenu de la durée des événements individuels par rapport à la durée des activités, ainsi que des conditions hydrodynamiques locales et de la présence d'éventuels objectifs sensibles."

La surveillance en cours de travail, est effectué pendant les activités de manipulation des sédiments, et elle est finalisée à identifier et quantifier les impacts attendus dans les différents milieux environnementaux, pour vérifier l'adéquation des modes de fonctionnement adoptés et évaluer l'efficacité de toute mesure corrective et/ou d'atténuation introduite.

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 (*rupture de pannes, perte de matériel, événements météo-marins exceptionnels*), des activités de contrôle supplémentaires doivent être menées en plus de celles régulièrement programmées.

La surveillance post operam, successive à la conclusion des activités de manipulation, est nécessaire pour vérifier la récupération des conditions initiales physique-chimiques (*ante operam*) ou la réalisation 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.

La modélisation numérique peut être appliquée à support de toutes les phases de surveillance en sachant qu'elle représente un outil précieux à travers le lequel il est possible de prévoir, selon certains scénarios, le comportement des sédiments manipulés et les processus de dispersion et/ou la propagation de la contamination associée. Cet outil doit être correctement mis en œuvre en fonction des caractéristiques environnementales du site et des modes opératoires spécifiques identifiés, puis calibré au cours des travaux au moyen de la surveillance elle-même.

L'utilisation de la modélisation nécessite d'informations importantes, telles que l'emplacement des récepteurs par rapport aux activités de manipulation, les chemins possibles entre la source et le récepteur, les paramètres auxquels les récepteurs sont sensibles. De plus, il est nécessaire de collecter des informations sur les caractéristiques granulométriques des sédiments et la bathymétrie des fonds marins. Il est également nécessaire de collecter des informations sur les données météo-marines (*vagues, vent, niveau de la mer, courants*) et les données physiques-chimiques de la colonne d'eau (*température, salinité, turbidité, matières en suspension*) afin de mettre en œuvre des études de modélisation tant à petite échelle, caractéristique des aires en proximité de la zone d'intervention, que à moyenne et grande échelle, pour avoir une connaissance complète des caractéristiques hydrodynamiques du site et des conditions environnantes.

L'approche de modélisation peut être appliquée aussi bien lors de la conception du plan de suivi, donc avant travaux, utile pour prévoir quelles sont les zones et les fenêtres temporelles critiques par rapport aux effets potentiels attendus : elle constitue un support valable pour planifier la stratégie de surveillance et pour choisir l'emplacement et la fréquence d'échantillonnage des stations, en supposant différents scénarios.

L'application de la modélisation numérique pendant les activités de manipulation (application en temps réel) permet d'intervenir en temps réel en fonction de résultats obtenus dans les différentes phases de suivi et de calibrer le modèle: il sera donc possible d'identifier les zones dans lesquelles placer stations de mesure de la *plume* et des zones dans lesquelles placer des stations de contrôle fixes pour l'acquisition de données de background (*stations de blanc*).

Pour une discussion plus approfondie sur la problématique de la modélisation numérique, se référer aux Rapports relatifs à l'Action T1 du projet *SEDRIPORT* "T1.6.6 - Document de synthèse sur l'expérimentation de l'application de modélisation au sein d'un bassin portuaire pilote" et "T1.6.7 - Manuel d'application pour l'utilisation, dans les zones portuaires, des lignes directrices sur l'utilisation de la modélisation numérique au soutien de la planification et la gestion des activités de dragage dans les différentes phases de conception et de surveillance".

3.1.1 Stations et fréquence de surveillance

Toutes les activités concernant la manipulation des sédiments doivent être soumises à une surveillance environnementale selon le **principe de la gradualité** : le nombre de stations et les paramètres à surveiller dans la colonne d'eau, dans les sédiments de surface et dans le biote doivent être proportionnés aux caractéristiques des matériaux à mouvementer, à la durée et aux modes opératoires des interventions spécifiques, ainsi que à 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 tout récepteur sensible présent dans la zone d'influence.

La stratégie de surveillance doit donc comprendre un système intégré de stations fixes et mobiles, dans lequel mesurer les variations des paramètres chimiques-physiques des matrices de l'eau, des sédiments et du biote.

Les stations fixes sont généralement utilisées pour le placement d'instruments pour l'acquisition en continu des paramètres physiques-chimiques de la colonne d'eau (y compris la turbidité) et doivent donc être positionnées dans des points fonctionnels à la compréhension des processus en place, tels que par exemple, aux environs de la zone de dragage et le long de la direction du courant principal, ainsi qu'en correspondance de cibles sensibles (installations d'aquiculture, prairies de phanérogames, coralligène...) qui peuvent être affectées par la propagation de la plume de turbidité.

Les stations mobiles doivent être positionnés à la fois en fonction de la possible extension et tendance de la plume de turbidité, et aussi en fonction des caractéristiques de l'environnement (hydrodynamiques, physiques, biologiques...) de la zone susceptible d'être touchée par les effets de la manipulation.

L'emplacement des stations peut également contribuer à l'acquisition de données utiles pour la calibration, en cours de travail, de modèles mathématiques pouvant être utilisés dans l'étude des processus de transport, dispersion et/ou ré-suspension.

La fréquence des activités de suivi doit être définie en fonction de la quantité et de la qualité du matériel à manipuler, des modalités adoptées et du calendrier des interventions et

des caractéristiques environnementales de la zone : elle doit être plus importante dans la phase initiale et au cours de chaque nouvelle activité et puis réduite une fois comprises les dynamiques et l'étendue des processus en cours.

Les activités de surveillance de la phase *ante operam* doivent être démarrées suffisamment avant le début des activités de manipulation et le nombre de campagnes de prospection doit être représentatif des conditions météo-climatiques moyennes de la zone.

Le nombre de campagnes de prospection à réaliser *en cours de 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 de l'étendue des effets attendus.

Enfin, le nombre de campagnes de prospection à réaliser dans la phase *post-operam* doit être choisi en fonction de l'étendue des impacts constatés et du type d'espèces concernées, mais ne doit en aucun cas être inférieur à 2.

3.1.2 Éléments à surveiller et équipement nécessaire

Les éléments à surveiller doivent être sélectionnés en fonction des caractéristiques des sédiments à manipuler, des caractéristiques des zones d'intervention, du type de manipulation envisagé et des modes opératoires relatifs et aussi de la présence d'objectifs 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 biocénose des coralligènes et pré-coralligènes, installations d'aquaculture, plages de baignade, 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 suite au changement des conditions physiques-chimiques des sédiments.

Les conséquences possibles sur le compartiment biotique se distinguent par :

- les impacts directs de type physique, causés par l'augmentation de la turbidité et la concentration des particules solides en suspension, qui agissent sur la diminution de la pénétration de la lumière et par conséquent sur l'activité photosynthétique, sur le piégeage et le traînage sur le fond (floculation), sur l'augmentation de l'activité de filtration par les organismes filtrants, ayant pour conséquence des dommages au système respiratoire, perturbation des zones de pépinière ;
- impacts indirects, liés au transport et à la diffusion de 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 éventuels altérations qualitatives des biocénoses sensibles.

En général, les éléments à surveiller sont représentés par :

- les caractéristiques météo-marines et le régime courantométrique spécifique des zones objet de surveillance (*direction et intensité des courants*) ;

- les caractéristiques physiques-chimiques de la colonne d'eau (conductivité, température, pression, pH, potentiel redox, concentration d'oxygène dissous, concentration de nutriments, chlorophylle "a") ;
- les niveaux de turbidité in situ et la concentration de solides en suspension dans la colonne d'eau ;
- la concentration de contaminants importants sur les différents composants de la colonne d'eau (tel quel, particulaire, dissous) ;
- éventuellement, la concentration de contaminants dans les sédiments de surface par analyse chimique des paramètres avérés comme les plus critiques en phase de caractérisation ;
- la concentration de contaminants bio-disponibles dans les tissus des organismes bio-indicateurs, sélectionnés en fonction des caractéristiques environnementales de la zone d'intervention, à associer éventuellement à l'analyse de bio-marqueurs pour une évaluation précoce des effets ;
- la structure des biocénoses benthiques sensibles et/ou de haute valeur naturaliste potentiellement influencées par les activités de manipulation.

Pour toute la durée des activités de manipulation des sédiments, des informations doivent être acquises concernant les conditions météo-marines et les paramètres hydrographiques en correspondance des stations marégraphiques, météorologiques et hydrographiques de référence. En outre, toutes les données opérationnelles des activités de manipulation (*zone de travail, cycles de travail, procédures spécifiques, la mise en œuvre des mesures d'atténuation, événements particuliers*) et les informations relatives au trafic maritime doivent être acquises.

L'équipement nécessaire à utiliser est strictement lié aux caractéristiques des éléments à surveiller :

- les mesures d'intensité et de direction des courants peuvent être détectées par l'utilisation de *courantomètres ponctuels ou profileurs*, à utiliser lors des campagnes de prospection et/ou dans des stations de surveillance fixes, en mode d'enregistrement autonome ;
- le prélèvement d'échantillons d'eau, à réaliser toujours dans des conditions d'équilibre, doit être réalisés à l'aide d'un échantillonneur approprié (bouteilles type Niskin, Ruttner, Van Dorn) et en cas de prélèvements à plusieurs profondeurs il est conseillé d'utiliser l'échantillonneur type Rosette ;
- pour l'acquisition des principaux paramètres physiques-chimiques de la colonne d'eau, des *sondes multiparamétriques* peuvent être utilisées, lors des campagnes de prospection et/ou dans des stations de surveillance fixes, en mode d'enregistrement autonome, sur lesquelles un capteur optique pour la lecture de la turbidité peut être également installé. L'acquisition des données doit avoir lieu une fois la condition d'équilibre atteinte. Dans le cas d'une acquisition au long de la verticale, la vitesse de descente de la sonde doit être adaptée aux paramètres d'acquisition des données de l'instrument, à la profondeur de la prospection et à la variabilité des processus en cours. Si plusieurs unités sont utilisées, le même type d'instrument doit être adopté ;
- La détermination des nutriments peut également être effectuée par l'analyse en laboratoire d'échantillons d'eau, ainsi que la détermination de la ligne de chlorophylle "a" ;
- pour la détection de la turbidité, des capteurs optiques (*transmissomètres ou néphélomètres*), convenablement calibrés, peuvent être utilisés, capables de fournir une lecture directe in situ, et par conséquent une estimation indicative de la

concentration de solides en suspension dans la colonne d'eau. Pour l'estimation indirecte des solides en suspension, des profileurs de courant de type ADCP peuvent également être utilisés, qui permettent l'acquisition de données instantanées et continues le long de toute la colonne d'eau, à combiner toujours avec des prélèvements périodiques d'échantillons d'eau pour la détermination analytique des solides en suspension et, éventuellement, avec l'utilisation de capteurs optiques ;

- un seau ou un carottier peuvent être utilisés pour recueillir les sédiments au niveau de la surface. Le godet est également utilisé pour l'échantillonnage des sédiments pour l'analyse et la communauté macrozoobentoniques ;
- le prélèvement d'organismes bio-indicateurs peut être effectuée au moyen d'un expert plongeur. Si des organismes transplantés sont utilisés, des cages correctement ancrées au fond et indiquées doivent être utilisées. Les organismes bioindicateurs peuvent être choisis parmi les organismes filtrants naturels, transplantés ou présents dans les plantes d'aquiculture, et les organismes benthiques, nectobenthiques présents dans la zone ou dans les plantes d'aquiculture. L'échantillonnage des espèces nectobenthiques peut être effectué à l'aide d'outils spécialement conçus à des fins scientifiques ;
- les altérations biocénotiques dans la zone d'intervention peuvent également être déterminées au moyen d'enregistrements vidéo faites par un expert plongeur ou ROV (Remotely Operated Vehicle) ;
- la morphologie du substrat de *Posidonia oceanica* est étudiée à l'aide de données acoustiques obtenues par l'utilisation d'un échosondeur multifaisceaux (Multibeam) et d'un sonar à balayage latéral (Side Scan Sonar) : le résultat ce sont des mappes tridimensionnelles très précises. Le ROV est également utilisé, grâce auquel on obtient des images et des vidéos détaillées. La calibration de l'instrumentation doit être effectué avant chaque campagne de prospection, ou périodiquement en cas d'utilisation en mode d'enregistrement autonome.

Chaque activité réalisée pendant la phase de suivi doit être signalée sur des fiches spécifiques qui doivent décrire les modes opératoires et les caractéristiques environnementales de la zone.

Ces fiches doivent également contenir les informations relatives aux stations d'échantillonnage et à l'acquisition de données telles que le nom de la station, les coordonnées géographiques repérées par GPS différentiel, la profondeur du fond marin, la date et l'heure de la prospection, la typologie de prospection et les informations techniques, la désignation des échantillons et des fichiers acquis, les notes générales.

3.2 Monitoring pour activités de transport

Les effets environnementaux potentiels liés au transport des matériaux de dragage sur l'écosystème marin-côtier sont principalement liés aux rejets ou aux pertes de matériaux avec pour conséquence une augmentation de la turbidité des eaux et la dispersion et/ou la diffusion des substances contaminants présentes dans les sédiments.

Comme indiqué dans les DM 172/2016 et dans le DM 173/2016, s'il existe un risque de «déversements» de matériaux le long des trajets établis, il est nécessaire de prévoir un suivi environnemental, en accordant une attention particulière à la présence d'habitats et d'espèces d'intérêt pour la conservation (*prairies de Posidonia oceanica*, *coralligène*, *rochers de plage*, etc.), ainsi que les zones destinées aux activités d'aquiculture.

Outre la vérification des caractéristiques des matériaux de dragage, des conditions hydrodynamiques le long du trajet prévu pour le transport, des systèmes de transport choisis (*mécaniques ou hydrauliques*), des éventuelles mesures d'atténuation et/ou de confinement envisagées, de la présence le long du trajet de conduite, objectifs sensibles et/ou aires protégées pour diverses raisons, les facteurs suivants doivent être pris en considération lors de la définition du plan de surveillance :

- caractéristiques météo-marines et régime courantométrique ;
- caractéristiques physiques-chimiques de la colonne d'eau ;
- niveaux de turbidité in situ et concentration de solides en suspension dans la colonne d'eau ;
- concentrations de contaminants significatifs, apparus lors de la phase de caractérisation, éventuellement présents dans la colonne d'eau ou en association avec les solides en suspension.

3.3 Monitoring des activités de reconstitution de plages

Le suivi des activités de reconstitution de plages émergées et/ou immergées, la formation des sols côtiers et l'immersion en milieu aquatique doivent prendre en compte les impacts potentiels qu'une telle activité peut avoir sur l'écosystème marin-côtier, principalement liés à : le changement de morphologie et de bathymétrie des fonds marins, l'augmentation de la turbidité des eaux dans la zone d'intervention et dans les zones environnantes, la diminution temporaire du niveau d'oxygène dissous et la variation de la concentration des nutriments dans la colonne d'eau.

Pour l'évaluation des impacts attendus sur l'écosystème marin-côtier, le plan de surveillance doit prendre en compte les caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques des matériaux de dragage, les caractéristiques morpho-bathymétriques et hydrodynamiques de la zone d'intervention, les objectifs du projet de dragage, le type de systèmes retenus pour la mise en œuvre de l'intervention, les éventuelles mesures d'atténuation prévues et la présence de cibles sensibles et/ou les zones protégées au différent titre.

La surveillance doit être en rapport avec le volume et à la qualité de la matière traitée, ainsi que les caractéristiques de la zone de réception.

Alors que pour les petites opérations en dehors des SIN il n'y a pas l'exigence d'activités spécifiques de surveillance, dans le cas d'interventions à l'échelle moyenne (entre 5.000 et 40.000 m³) et d'une taille considérable (plus de 40.000 m³) un plan de surveillance spécifique doit être prévu avec des vérifications relatives aux caractéristiques des sédiments de surface de la zone d'alimentation et des zones voisines, aux niveaux de turbidité des eaux des zones voisines et des vérifications des principales populations phyto-zoobenthiques.

Dans le cas d'interventions d'une taille considérable, des analyses de la structure des communautés présentes sur le site d'alimentation et dans les environs doivent également être réalisées, en accordant une attention particulière à la présence éventuelle de *Posidonia oceanica* et/ou de récepteurs sensibles.

De plus, la surveillance doit comprendre des mesures de bioaccumulation des organismes indicateurs représentatifs du secteur des sédiments et/ou de la colonne d'eau, et/ou des étapes d'essai avec des accumulateurs passifs.

Enfin, si des installations d'aquiculture sont présentes à moins de 3 milles marines du site de destination, les autorités sanitaires locales doivent mener des activités de surveillance

pour le contrôle des organismes destinés à la consommation humaine conformément à la législation en vigueur.

3.4 Monitoring des activités d'immersion en zones marines (à plus de 3 mn de la côte)

Les opérations d'immersion dans la mer des matériaux excavés doivent se faire en effectuant une surveillance environnementale qui accorde une attention particulière aux voies de dispersion possible vers les zones côtières ou de valeur environnementale particulière (présence/distribution d'habitats et d'espèces d'intérêt pour la conservation comme les prairies marines, coralligène, rochers de plage etc.).

Les activités de contrôle et l'emplacement des stations de surveillance doivent être conçues en fonction des volumes et des caractéristiques des sédiments qui doivent être immergés dans la mer, des caractéristiques hydrodynamiques de la zone, des caractéristiques physiques et chimiques de la colonne d'eau, des caractéristiques des fonds marins et des sédiments de surface (granulométrie, chimie, écotoxicité), ainsi que la distance par rapport à la côte et la profondeur du site de plongée.

Le plan de surveillance doit également être calibré en fonction de la présence possible de biocénoses benthiques, d'habitats et d'espèces d'intérêt pour la conservation, de populations de poissons démersaux et de zones pépinière, avec une référence particulière aux espèces d'intérêt commercial.

3.5 Monitoring des activités d'immersion dans un environnement confiné

La surveillance des activités de reflux des matériaux de dragage à l'intérieur des réservoirs de remplissage, des réservoirs de collecte ou des structures de confinement placés dans la zone côtière doit viser principalement à vérifier l'absence de pertes accidentelles lors du remplissage de la structure et à contrôler les effluent de la structure elle-même, entraînant : une turbidité accrue de l'eau autour de la zone de reflux et de celle d'efflux; 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 prendre en compte: les caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques des matériaux de dragage; les caractéristiques morpho-bathymétriques et hydrodynamiques de la zone entourant les réservoirs de remplissage, le réservoir de collecte ou la structure de confinement ; les objectifs du projet de dragage ; les caractéristiques de projet des œuvres de confinement ; le type de systèmes de reflux choisis; toute mesure d'atténuation envisagée ; la présence de cibles sensibles et/ou des aires protégées à différent titre.

D'après ce qui précède, le plan de surveillance peut donc prévoir le contrôle des éléments suivants : caractéristiques météo-marines et régime courantométrique (direction et intensité des courants) ; caractéristiques physiques-chimiques de la colonne d'eau ; niveaux de turbidité in situ et concentration de solides en suspension dans la colonne d'eau ; concentrations de tout contaminant significatif, apparu lors de la phase de caractérisation, présent dans la colonne d'eau et/ou en association avec les solides en suspension.

Dans la stratégie de surveillance, une station "fixe" doit être positionnée près de la zone d'efflux du réservoir.

4 Questionnaire

Comme indiqué dans l'avant-propos, le questionnaire soumis avait pour objectif le recensement des systèmes de surveillance utilisés par les différentes zones portuaires de la zone transfrontalière.

Le questionnaire a été structuré en différentes sections contenant des questions spécifiques formulées dans le but de rassembler toutes les informations utiles pour cadrer à la fois le type de suivi et les différentes matrices impliquées dans les activités de contrôle et d'analyse.

Préliminairement au remplissage des fiches il a été demandé de fournir une brève description des caractéristiques du port et des activités de manipulation effectuées et/ou prévues afin d'avoir un aperçu général de la zone.

Dans la première section du questionnaire, des informations ont été demandées sur les systèmes de surveillance adoptés en l'absence de manipulation des sédiments. Sur la base des connaissances antérieures, il a été demandé aux Autorités Portuaires de fournir des informations sur des possibles activités de surveillance de la colonne d'eau même en l'absence de dragages.

Les fiches à remplir ont été structurés de manière à distinguer la surveillance continue de la colonne d'eau des activités de surveillance périodiques non seulement sur la colonne d'eau, mais aussi sur les sédiments et sur le biote.

Pour chaque matrice, il a été demandé de préciser les paramètres étudiés, les instruments utilisés, les fréquences de surveillance ainsi que le nombre et l'emplacement des stations. Tant pour la colonne d'eau que pour les sédiments, il a été demandé si des tests écotoxicologiques avaient été effectués, en indiquant les spécifications relatives.

Enfin, des questions ont été posées sur d'éventuelles prospections menées sur le secteur biotique (analyse des communautés benthiques, tests de bioaccumulation sur des organismes indicateurs, tests sur les biomarqueurs).

Dans la deuxième section des informations ont été demandées sur la surveillance mis en œuvre au cours des activités de dragage et/ou contextuellement aux opérations d'immersion en mer, reconstitution de plages, immersion dans un réservoir.

Afin d'avoir une vue d'ensemble des activités de manipulation et de leur exécution, il a été demandé, au départ, d'indiquer le type d'activités mises en place, qu'il s'agisse d'un dragage, d'un mouvement, d'un nivellement et les volumes concernés. En outre, il a été demandé de préciser si et par qui le plan de suivi a été élaboré et mis en œuvre, si la modélisation numérique a été utilisée pour soutenir la rédaction et/ou l'exécution du plan, quel type d'analyse a été réalisée, avec quel mode opératoire et par quelle institution. Enfin, si un système de stockage et de gestion des données collectées a été prévu et mis en œuvre.

Dans ce cas également, des informations ont été demandées concernant les prospections sur la colonne d'eau, les sédiments et le biote (voir paragraphes précédents).

Pour chaque matrice et paramètre étudié, il a été demandé de préciser à la fois les outils utilisés et les méthodes appliquées, en distinguant les phases *ante operam*, en cours et *post operam*.

Pour compléter la connaissance des zones portuaires, il a été demandé de fournir des informations relatives à toute autre activité réalisée dans ces zones (immersion en mer, reconstitution de plages ou reflux dans un réservoir de remplissage). Comme dans les cas

précédents, toute information associée à ces activités a été demandées (surveillance périodique de la colonne d'eau, des sédiments et du biote).

Le questionnaire a été envoyé à l'Autorité Portuaire de Gênes, La Spezia, Livourne, Cagliari, Olbia et aux municipalités de Castiglione della Pescaia et Port Grimaud et à l'opérateur privé de la Marine de Scarlino.

À partir des réponses reçues, il a été possible de vérifier que les seuls ports où des activités de surveillance ont été menées sont ceux de la Ligurie à Gênes et La Spezia et le port de Livourne.

Les questionnaires acquis, remis en annexe, ont été consultés afin de comprendre les différentes approches utilisées en fonction des caractéristiques de la zone.

A partir de chaque questionnaire, les principales informations ont été extraites qui ont permis de mettre en évidence comment la stratégie de surveillance a été calibrée en fonction de la présence ou pas d'objectifs sensibles, des méthodes de dragage utilisées et des caractéristiques des sédiments manipulés.

Les paragraphes suivant présentent, pour chaque port, un bref commentaire sur les caractéristiques du site et le relatif plan de surveillance adopté.

4.1 Port de Gênes

Le port de Gênes représente l'une des principales réalités portuaires de la mer Méditerranée, à la fois en ce qui concerne le trafic maritime, européens et intercontinentaux, et en tant que débouché naturel de la zone la plus industrialisée du nord de l'Italie vers la mer, étant dans une position idéale pour servir les zones industriels et les marchés de consommation d'Europe centrale.

Le port occupe une superficie totale d'environ 7 millions de m² et s'étend sur 20 km le long d'une bande côtière, protégée par des brise-lames.

L'autorité portuaire de Gênes a planifié et mis en œuvre, dans le cadre du plan directeur portuaire, diverses interventions :

- les activités d'excave concernant les bassins de Sampierdarena et Porto Antico, ainsi que la zone de l'embouchure de levant jusqu'au bassin de Grazie ;
- construction d'une boîte de remplissage à Calata Bettolo ;
- construction d'une boîte de remplissage sur les ponts Ronco et Canepa.

À la suite des résultats de la caractérisation, qui a mis en évidence la présence de nombreux contaminants à des niveaux dangereux pour le milieu aquatique, un risque potentiel a été constaté lié au mouvement de la fraction sédimentaire la plus fine et à la diffusion et la dispersion des contaminants qui lui sont associés.

La stratégie et le plan de surveillance connexe conçus et élaborés par l'ICRAM (aujourd'hui ISPRA) en 2007 pour le port de Gênes a été mis en œuvre dans le but de vérifier les effets indésirables sur l'environnement voisin causés par la manipulation de sédiments dans lesquels des contaminants étaient présents à la fois organique et inorganique.

L'objectif du plan de surveillance a été de vérifier qu'il n'y avait pas de déversements de sédiments et de contaminants y étant associés depuis le port, et qui n'étaient pas atteints les zones de baignade à côté du port (trait côtier entre Punta Vagno et Sturla), ainsi que la

petite prairie de *Posidonia oceanica* présente sur le fond marin à environ 2 km de l'embouchure du Levante (prairie de Vernazzola).

Compte tenu de cela, bien que la direction prédominante des courants côtiers dans cette zone soit SE-NW, une surveillance spécifique a été prévue à la fois pour les zones de baignade et pour la prairie de Posidonia.

De plus, la fréquence et les stations de surveillance ont été établies et exploitées en fonction de contrôles à court et à long terme.

Une attention particulière a été accordée à la zone du Porto Antico, qui étant caractérisée par un faible échange d'eau et pas la présence de nombreux déchets civils, pourrait être sujette à une augmentation de l'eutrophisation, de l'anoxie et de la dystrophie précisément en raison des activités de manipulation des sédiments.

Le système de surveillance mis en place dans la zone portuaire de Gênes a prévu différents niveaux de contrôle :

- surveillance spécifique à l'échelle «événementielle» de la manipulation (excavation ou reflux) grâce à l'utilisation de stations mobiles convenablement positionnées, afin d'identifier et de délimiter tous les phénomènes potentiellement induits par les activités de manipulation. En particulier, il a été prévu l'utilisation d'une sonde multiparamétrique pour l'acquisition en temps réel des paramètres descriptifs des conditions physiques de la colonne d'eau. Il a été prévu l'utilisation d'organismes filtreurs (mollusques bivalves) placés dans des cages afin de contrôler la diffusion potentielle des contaminants et leur bio disponibilité ;
- surveillance de l'ensemble de la zone du port à cadence régulière dans les zones voisines et à l'extérieur du port, en utilisant de stations fixes et mobiles convenablement distribués, afin de surveiller la variabilité dans le temps des paramètres environnementaux d'intérêt ;
- surveillance en continu au moyen de stations fixes équipées d'une sonde multiparamétrique et d'un profileur de courant acoustique (ADCP) en mode d'enregistrement autonome situé en correspondance d'embouchures du port. Le profileurs en plus d'assurer la lecture de directions et vitesse du courant de manière continue et instantanée le long de toute la colonne d'eau, ils peuvent également être utilisés pour la lecture de la quantité de matière en suspension et transportée par le courant. Dans le cas spécifique du port de Gênes, ce système de contrôle s'est révélé d'une importance fondamentale étant donné que la dynamique des courants à l'intérieur de la zone peut être influencée non seulement par la géomorphologie particulière et par les conditions de vent et de marée, mais aussi et surtout par les conditions du trafic maritime. À cet égard, l'Université de Gênes a mené une étude spécifique pour évaluer la remise en suspension des sédiments au passage des navires. Le travail, réalisé avant le début du dragage, a permis de définir les caractéristiques de la zone sujette au dragage et de déterminer les valeurs critiques de turbidité et de vitesse du courant lors de la manipulation. Pour la conformation particulière du port, le positionnement des sondes à l'embouchure du port a été utile également pour obtenir des mesures relatives au bilan des masses des sédiments entrants et sortants du port.

Dans l'annexe 1, ce sont montrés en détail les activités de surveillance effectuées dans le port de Gênes.

4.2 Port de La Spezia

Le port de La Spezia représente l'une des réalités économiques les plus importantes présentes sur le territoire ligure, avec environ 8000 employés dans les différents secteurs du port de marchandise, de la construction navale et de la plaisance. Une position géographique stratégique et une capacité opérationnelle démontrée avec plus d'un million de conteneurs manutentionnés annuellement, placent La Spezia au premier plan des principaux ports du bassin méditerranéen, avec des fortes perspectives de croissance et de développement au service de marchés internes de production et consommation du nord de l'Italie et du sud de l'Europe.

L'autorité portuaire de La Spezia a présenté en 2005 une série de projets de remise en état dans le double but de garantir la sécurité/assainissement des sédiments de certaines zones et de permettre l'accès aux quais portuaires des navires porte-conteneurs, des charbonniers et des bateaux de croisière de dimensions et tirant d'eau toujours plus grandes qui ont été autorisées par des décrets spécifiques du Ministère de l'Environnement en février 2006.

Ces projets couvraient les domaines suivants :

- fond marins devant le Terminal Ravano ;
- fond marins à racine du Molo Fornelli Est ;
- fonds marins du Bacino di Evoluzione ;
- fonds marins de Molo Italia ;
- fond marin extérieur à la palplanche du Molo Garibaldi ;
- fonds marins inclus dans le quai du Molo Garibaldi Ovest - I phase ;
- fonds marins inclus dans le quai du Molo Garibaldi Ovest - II phase ;
- Jetée Enel.

Au cours de 10 ans, l'Autorité portuaire a démarré et conclu une partie des projets selon le calendrier suivant :

- assainissement avec mise en sécurité d'urgence des fonds marins devant **Molo Garibaldi**, affectés par accostage ultérieur (période d'activité d'octobre 2005 à juillet 2006 pour un total d'environ 20.000 m³)
- assainissement des fonds marins devant le **Terminal Ravano** (période d'activité de juillet 2007 à octobre 2010, principalement concentrée de juin à octobre 2009, pour un total d'environ 115.000 m³ de sédiments enlevés)
- assainissement des fonds marins du **Bacino di Evoluzione** (période d'activité de novembre 2013 à mai 2014, pour un total d'environ 215.000 m³ de sédiments enlevés)
- assainissement des fonds marins devant le quai du **Molo Garibaldi** (période d'activité de décembre 2014 à juin 2015 pour un total d'environ 210.000 m³ de sédiments enlevés précédée d'une première phase d'activité réalisée en février et mars 2013 pour un total d'environ 15.000 m³ de sédiments enlevés)
- assainissement des fonds marins devant **Molo Fornelli Est** (période d'activité de septembre 2015 à décembre 2015 pour un total d'environ 110.000 m³, précédée d'une première phase d'activité réalisée en novembre 2011). Les activités ont été suspendues en janvier 2016 en raison d'une saisie judiciaire des fonds marins de la zone.

En plus des projets approuvés et terminés, une partie des fonds marins adjacents Molo Fornelli Ovest a été draguée en décembre 2014, pour un total d'environ 10.000 m³ de sédiments enlevés.

Au fil des ans, certaines interventions de sécurisation/assainissement des fonds marins ont également été réalisées par des particuliers, dont la principale par ITN, réalisée sur les sédiments des fonds marins devant Molo Mirabello (période d'activité d'août 2008 à Mai 2009 pour un total d'environ 80.000 m³ de sédiments enlevés).

Depuis la fin de 2015, l'autorité portuaire n'a plus mené d'activités de dragage. Par conséquent, il est à compléter certaines zones proches de Molo Garibaldi, de Molo Fornelli et à effectuer les interventions prévues sur les fonds marins devant Molo Italia et Molo Enel.

Les sédiments provenant des activités de dragage des fonds marins du Molo Ravano ont d'abord été transférés vers des décharges transfrontalières puis, en partie, transférés et réutilisés dans un réservoir de remplissage du port touristique Mirabello della Spezia sur la base de l'accord entre l'autorité portuaire et ITN SpA), transféré en partie aux réservoirs de remplissage du port de Livourne sur la base de l'accord de programme signé en novembre 2008. Les sédiments issus du dragage des fonds marins Bacino di Evoluzione, du Molo Garibaldi e du Molo Fornelli Est, ont été transférés par mer et réintégrés dans le réservoir de remplissage du port de Piombino. Les sédiments ne présentant pas les caractéristiques de réutilisation appropriées ont été transférés vers des sites de décharge nationaux.

Pour chaque projet d'assainissement, des plans de suivi spécifiques ont été élaborés, issus des plans approuvés par les conférences des services relatifs aux dragages prévus et autorisés pour le SIN de Pitelli. Ces plans comprenaient l'analyse à la fois abiotique (colonne d'eau) et biotique (organismes des plantes de mytiliculture et de pisciculture et biocénose sensible).

Les activités de surveillance du secteur abiotique comprenaient :

- l'acquisition continue des paramètres chimiques et physiques de la colonne d'eau (profondeur, turbidité, température, potentiel redox, pH, salinité, oxygène dissous, chlorophylle a) grâce à l'utilisation de 2 sondes multiparamètres positionnées sur des bouées fixes, à environ 4 m de profondeur, près de plantes de mytiliculture à l'intérieur du barrage ouest et à proximité de la plante de pisciculture du Grazie ;
- l'exécution de profils verticaux avec sonde multiparamétrique dans des stations situées à l'intérieur du Golfe pour l'acquisition des paramètres chimiques et physiques de la colonne d'eau (*profondeur, turbidité, température, potentiel redox, pH, salinité, oxygène dissous, chlorophylle a*) ;
- la collecte d'échantillons d'eau à deux profondeurs (surface: deux mètres de profondeur et en profondeur : à 2 m du fond) pour la détermination des paramètres: solides en suspension (*TSS*), charbon organique total (*COT*), nutriments (*Nitrite, Nitrates, Orthophosphates, Ammoniac, Phosphore total*), certains paramètres microbiologiques d'intérêt (*coliformes fécaux, streptocoques fécaux, spores de clostridi sulfitoriducteur*) et certains paramètres chimiques d'intérêt sur les particules, dans le cas où des concentrations importantes de solides en suspension ont été trouvées (*As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, TBT*).

La surveillance du secteur biotique comprenait :

- l'exécution intégrée de tests biologiques sur des échantillons d'eau à deux profondeurs dans les mêmes stations où des échantillons d'eau avaient été prélevés pour l'exécution d'analyses chimiques et microbiologiques ;

- l'exécution de tests de bioaccumulation pour rechercher certains contaminants (*As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, Hydrocarbures C> 12, TBT*) sur les mytilis des plantes à l'intérieur et à l'extérieur du brise-lames, ainsi que des plantes le long du canal de Portovenere ;
- l'exécution de tests de bioaccumulation et l'analyse de biomarqueurs sur des poissons prélevés dans la plante de pisciculture de Grazie et dans la plante au large de la ville de Lavagna utilisée comme control ;
- la réalisation d'analyses microbiologiques sur les organismes des plante de mytiliculture et des plantes de pisciculture sur certains paramètres jugés significatifs du point de vue sanitaire ;
- l'exécution de transepts par ROV pour le contrôle périodique de la qualité des populations sensibles (*populations de pré-coralligènes ou coralligènes et prairies de Posidonia oceanica*) dans les zones entourant le golfe de La Spezia, afin de mettre en évidence la présence de toute altération macroscopique affectant l'espèce sessile en raison d'une augmentation de la turbidité et de leur éventuel état boueux.

Le plan de surveillance a été mis en œuvre grâce à la collaboration de l'ISPRA (alors ICRAM) ARPA Liguria, ISS et ASL 5 Spezzina et a subi plusieurs révisions et adaptations au fil des ans en fonction des différentes activités de dragage et de manipulation mises en œuvre.

Depuis 2010, les activités de terrain ne sont confiées qu'à ARPAL.

Pour la définition des stations de surveillance, il a été créé grâce à l'utilisation de systèmes SIG, un maillage de points, à 500 m les uns des autres, à partir duquel sélectionner les stations pour la collecte des échantillons d'eau destinés aux analyses, chimique et écotoxicologique, les stations pour l'exécution de profils verticaux avec sonde multiparamétrique, les stations pour la collecte de mytilis et l'exécution de tests de bioaccumulation et les stations pour le prélèvement de poissons pour l'analyse sur biomarqueurs et la bioaccumulation (dont une à la plante située au large de la ville de Lavagna utilisée comme contrôle). Enfin, 3 transepts ont été ajoutés aux stations ponctuelles pour la réalisation d'analyses qualitatives sur les écosystèmes sensibles au moyen de ROV (*prairie de Posidonia oceanica le long du canal de Portovenere et biocénose de précoraligènes et coralligènes le long des falaises des îles de Tino et Tinetto*).

Pour la mise en œuvre des plans de surveillance des différentes zones soumises à assainissement, des schémas de mise en œuvre spécifiques ont été élaborés dans lesquels les stations de surveillance, les analyses à réaliser et les fréquences de prospection ont été définies.

Le système de surveillance intégré composé de stations fixes et mobiles a permis d'une part le contrôle constant des cibles sensibles, d'autre part de contrôler l'extension des effets générés par les activités de manipulation.

L'annexe 2 présente en détail les activités de surveillance menées dans le port de La Spezia.

4.3 Port de Livourne

Le port de Livourne dispose d'une surface marine à l'intérieur des brise-lames égale à environ 3 Mm².

Le port est classé Core au sein des réseaux transeuropéens de transport (RTE-T), c'est un port polyvalent, qui est doté d'infrastructures et de moyens qui permettent d'accueillir tout type de navire et de traiter n'importe quelle catégorie de marchandises et tout type de trafic. (LO-LO, matériel roulant RO-RO, vrac liquide et solide, voitures neuves, croisières, ferries, produits forestiers, machines, etc.). L'infrastructure du port permet la connexion aux principales routes nationales et artères ferroviaires et aux zones aéroportuaires de Pise et Florence. Grâce à son arrière-pays assez vaste, formé principalement par la Toscane, l'Émilie-Romagne, l'Ombrie et les Marches, très actifs d'un point de vue entrepreneurial et industriel, le port de Livourne gère une grande quantité de marchandises. Des navires à passagers et des navires commerciaux transitent par le port, pour un total d'environ 4.000 navires maritimes.

Le port présente des bathymétries internes particulièrement variées: de -7 / -10 m, typique des zones à structures portuaires construites au début du XXe siècle, à -13 m pour les zones plus récentes.

Aux fins d'améliorer le transit des navires, au cours des ans environ 2 Mm³ de sédiments ont été traitées, lesquels, par la suite à une caractérisation spécifique, ont été placés en zone de remplissage existant dans la zone portuaire.

Dans le détail les activités de manipulation suivantes ont été effectuées :

- dragage du **Canale di Accesso et Darsena Pisa** et transfert des sédiments au réservoir de saumure du port de Livourne 2007 ;
- dragage de **Molo Italia lato Nord** (environ 430.000 m³) 2014/2015 ;
- dragage de **Banchina del Marzocco** (1ère phase, environ 70.000 m³) 2015 ;
- dragage de **Darsena Toscana** (intervention préliminaire au quai 15 C/D environ 2.000 m³) 2015 ;
- dragage de **Darsena Toscana** (intervention préliminaire au quai 15 B, environ 5.000 m³) 2015 ;
- dragage de **Darsena Toscana et du Bacino di Evoluzione** (environ 700.000 m³) en 2016 ;
- dragage de **Imboccatura Sud** du port (environ 125.000 m³) 2017.

Contrairement aux ports précédents, qui ont mis en place un système de surveillance complet et continu au fil des ans, dans le cas du port de Livourne, une stratégie unique de surveillance n'a été définie, mais plusieurs plans ont été conçus et mis en œuvre, spécifiques à chaque activité de manipulation.

Le "Plan de surveillance des travaux de dragage et de l'apport dans le réservoir de remplissage de sédiments du port de Livourne (Canale di Accesso e Darsena Pisa)", défini en Août 2007, prévoyait des stations fixes, qui ont permis de contrôler constamment les effets du dragage, du transport et du dépôt de matériaux de dragage, grâce à la surveillance biologique sur la colonne d'eau et sur les sédiments de surface. Les stations fixes ont été positionnées à la fois dans la zone draguée et à proximité du bassin de reflux. Par ailleurs, l'utilisation de mytilis a été envisagée pour mesurer la bioaccumulation de certains contaminants et la recherche de biomarqueurs.

Le "Plan de surveillance environnementale lié aux travaux d'excavation Zona Faro imboccatura Sud del Porto di Livorno" (Août 2013) prévoyait l'exécution de stations de contrôle dans la zone du dragage et dans la partie plus extérieure du port. En correspondance de ces stations, les paramètres physico-chimiques de l'eau au moyen de la sonde multiparamétrique ont été mesurés, l'estimation des matières en suspension a

été effectué et des tests éco-toxicologique sur les échantillon d'eau ont été effectués dans les phases *ante operam*, en cours de travaux et à la fin des opérations de dragage.

Le "Plan de surveillance de la gestion des sédiments dans les zones portuaires comprenant les sites d'intérêt national de Pitelli - La Spezia et Livourne" a été élaboré dans le but de contrôler les opérations de reflux des sédiments à l'intérieur du réservoir de remplissage. Par conséquent, un système de surveillance a été mis en place situé dans le trait de mer en face du quai pour l'accostage et le rejet des sédiments et au voisinage du réservoir de remplissage pour contrôler les effluents. Le contrôle de la colonne d'eau a donc été réalisé au moyen de tests de bioaccumulation, d'analyse de biomarqueurs et d'exécution de tests biologiques sur la colonne d'eau.

Depuis la fin des années 90, l'Institut Supérieur de Protection et de Recherche Environnementales (ISPRA, puis ICRAM) est impliqué dans la surveillance environnementale des activités de mouvement des fonds marins dans le port de Livourne et après la construction des réservoirs de confinement, les investigations environnementales ont été étendues à l'extérieur du port pour suivre les phases de construction et la gestion ultérieure des bassins pour le transfert des sédiments issus des activités de drainage dans différentes zones portuaires. En particulier, la qualité des eaux et sédiments du port et des environs a été évaluée à la fois lors de la construction du premier réservoir (2000), lors de la surveillance de son utilisation (2003-2008) et de la surveillance associée au deuxième bassin de confinement, tenu de 2012 à 2017. Les investigations menées comprenaient des tests biologiques, l'analyse des paramètres physiques, la bioaccumulation sur les organismes marins, des biomarqueurs et la composition de la population benthique présente dans les zones adjacentes à celles affectées par le construction des bassins.

À l'occasion d'activités de dragage de type hydraulique (*dragues à suction / reflux qui éloignent par pompage les matières enlevées mélangées à de l'eau*) qui prévoyait le reflux des sédiments dans les réservoirs de remplissage au moyen de canalisations ou de transport direct à l'aide de dragues équipées de puits de chargement ou au moyen de bacs de support, des activités de surveillance spécifiques ont été menées par l'ISPRA dans la zone à l'intérieur du port (Darsena Petroli) où se trouve le "débordement" de l'eau des deux réservoirs. Les matériaux de dragage, qui ont perdu leur densité d'origine *in situ*, sont déversés dans le site de déchargement avec une grande quantité d'eau qui est collectée et introduite dans la zone portuaire par un système de canaux. Pour cette raison, pour chaque événement de dragage, des échantillons de la colonne d'eau ont été prélevés avant, pendant et après les activités de reflux dans le réservoir à l'intérieur et à l'extérieur du système flottant anti-turbidité (*équipé d'un appendice alourdie réglable et ancré sur le fond*), disposés autour de la zone de débordement pour contenir la dispersion possible de matériaux polluants de la zone de débordement vers l'intérieur du port.

Des solides en suspension (TSS) ont été déterminés sur les échantillons d'eau, recueillis en mélangeant les eaux de surface et profondes, et une batterie de tests biologiques a été réalisée pour évaluer la présence de contamination associée à la fuite possible de particules avec l'eau de débordement. Dans les cas où il y a eu une augmentation de la présence de solides en suspension et une diffusion au-delà du système de panne, des mesures ont été prises en ajoutant une double rangée de panne et en réduisant ou en interrompant l'écoulement du mélange eau-sédiments entrant dans les réservoirs afin de ralentir la vitesse de l'eau sortante et favoriser la décantation des particules le long des canaux de collecte d'eau et dans le décanteur.

L'annexe 3 présente en détail les activités de surveillance menées dans le port de Livourne.

5 Conclusions

Un système de surveillance structuré conçu pour l'ensemble de la zone portuaire est un outil efficace pour contrôler l'évolution dans le temps de la qualité du milieu marin.

En particulier, si dans la zone portuaire sont effectuées des opérations de dragage et/ou de nivellement du fond marin, on ne peut pas ignorer la nécessité de mettre en œuvre un plan de surveillance appropriée qui constitue donc un élément essentiel dans la conception et l'exécution de toute l'activité de manipulation.

Le plan de surveillance doit tenir compte des caractéristiques environnementales de la zone touchée par la manipulation et de la présence de récepteurs sensibles qui pourraient être affectés par les effets de la remise en suspension des sédiments.

Les activités de dragage, de transport et d'immersion doivent être soumises à une surveillance environnementale selon le principe de la gradualité: le nombre de stations, l'emplacement, la fréquence des sondages, les paramètres à surveiller dans la colonne d'eau, dans les sédiments de surface et dans la biote doit être proportionné à la quantité et à la qualité des matériaux à manipuler, à la durée et aux modes opératoires liés à la localisation des interventions spécifiques.

Ils doivent également tenir compte des caractéristiques du site et doivent être calibrés de manière à vérifier l'hypothèse d'impact, c'est-à-dire l'étendue des effets sur le compartiment abiotique et biotique et à vérifier la tendance à restaurer les conditions préalables aux activités de manipulation, en portant 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 aux effets toxiques à court ou à plus long terme, ainsi qu'aux altérations des biocénoses, en particulier des habitats et des espèces de haute valeur de conservation.

Les plans de surveillance mis en œuvre dans les ports de Gênes et de La Spezia et, dans une moindre mesure, dans le port de Livourne, où un plan de surveillance pour l'ensemble de la zone portuaire n'a pas été défini mais seulement des contrôles ponctuels spécifiques, ont souligné l'importance de préparer des plans de surveillance adéquates du dragage des sédiments portuaires, adaptés aux spécificités des sites concernés et en relation avec les techniques de manipulation utilisées.

Les méthodes retenues reposent sur des critères essentiels communs, tout d'abord la subdivision des activités de surveillance en différentes phases temporelles précédant, contextuelles et postérieures au dragage: phase *ante operam* (pour l'acquisition des conditions environnementales de référence), en cours de travail (pour vérification lors des opérations de manipulation) et *post operam* (pour vérification de la restauration des conditions initiales et/ou d'une condition d'équilibre).

Le réseau de surveillance proposé à la fois dans le cas du port de Gênes et dans le port de La Spezia, consistant en des stations fixes et mobiles intégrées, suivies à différentes échelles spatiales et temporelles, spécifiques à chacune des phases de surveillance identifiées, il s'est avéré efficace, tant pour la protection de l'environnement et pour les diverses utilisations légitimes de la mer, ainsi que pour la vérification de l'efficacité des mesures techniques et opérationnelles adoptées. La surveillance du port de La Spezia a été calibrée en fonction du contrôle des plantes de mytiliculture et piscicultures présentes à l'intérieur et à l'extérieur du port, ainsi que à la biocénose sensible présente dans les zones voisines (*Posidonia oceanica* et biocénoses précoraligènes et coralligènes). À Gênes, en revanche, une attention particulière a été portée à la surveillance du secteur abiotique, en relation avec la présence, dans les zones proches du port, de plages utilisées pour la baignade et la tendance à l'eutrophisation et à l'anoxie dans certaines zones plus internes.

6 Bibliographie

Capello M., Cutroneo L., Castellano M., Orsi M., Pieracci A., Bertolotto RM, Povero P., Tucci S., - Caractérisation physique et sédimentologique des sédiments dragués - Chemistry and Ecology - Vol.26, supplement, juin 2010, 359-369

DIRECTIVE 2011/92/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation de l'impact environnemental de certains projets publics et privés

Directive 2014/52/UE du Parlement Européen et du Conseil du 16 avril 2014 modifiant la directive 2011/92/UE concernant l'évaluation de l'impact environnemental de certains projets publics et privés

D.Lgs. (Décret législatif) 152/2006 – Texte Unique Environnemental

D.Lgs. 219/2010 - Mise en œuvre de la directive 2008/105/CE sur les standard de qualité environnementale dans le domaine de la politique des eaux [...] et transposition de la directive 2009/90/CE établissant, conformément à la directive 2000/ 60/CE, spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux

D.Lgs. 172/2015 - Mise en œuvre de la directive 2013/39/CE qui modifie les directives 2000/60/CE en ce qui concerne les substances prioritaires dans le domaine de la politique des eaux

D.M. (Décret ministériel) 172/2016 - Règlement contenant la discipline des méthodes et des normes techniques pour les opérations de dragage dans les SIN

D.M. 173/2016 - Règlement fixant les méthodes et les critères techniques pour l'autorisation à immerger dans la mer les matériaux d'excavation des fonds marins

Lisi et autres (2010) - Approche méthodologique pour la conception de plans de surveillance des activités de dragage dans des zones portuaires: trois réalités comparées - Colloque de Livourne 2010 Actes

Produit Se.D.Ri.Port. - Activité T1.2 – "*Etude comparative par rapport à la réglementation en vigueur et à l'étude (italienne, française et européenne) en matière de dragage des sédiments portuaires et d'identification des enjeux critiques (environnementaux et techniques / logistiques) liés à la gestion de la chaîne marine-côtière (gestion aquatique)*"

"T1.6.6 - Document de synthèse sur l'expérimentation de l'application de modélisation au sein d'un bassin portuaire pilote" et "T1.6.7 - Manuel d'application pour l'utilisation, en zone portuaire, des lignes directrices sur l'utilisation de la modélisation numérique à soutien de la planification et gestion des activités de dragage dans les différentes phases de conception et de surveillance".



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ANNEXE 1 - RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE