

PROJET GRAMAS

« Système de surveillance sous-marine pour la prévision et la gestion de l'ensablement des ports »

INTRODUCTION

Ce document résume les principaux objectifs et activités prévus et mis en œuvre par le projet GRAMAS.

Le dragage est une priorité pour le maintien et le développement du trafic portuaire. En 2013, les principaux ports commerciaux italiens ont fait état de besoins de dragage de plus de 63 millions de mètres cubes, dont 4,1 millions seulement à Piombino, 1,8 million à Livourne et 430 000 tonnes de sédiments attendus à Savone. Dans la plupart des cas, il s'agissait de travaux d'approfondissement des fonds marins, mais il y avait également des cas de restauration de niveaux préexistants. Actuellement, pour accueillir des navires porte-conteneurs d'une capacité supérieure à 10 000 EVP, il faut prévoir des profondeurs d'au moins 16 mètres. C'est pourquoi, par exemple, le port de Livourne ne peut actuellement pas accueillir des navires de plus de 9 000 EVP. Comme le montrent plusieurs études et analyses, les coûts du dragage et d'approfondissement des voies navigables représentent des coûts publics, qui sont normalement supportés par le secteur public, tandis que les avantages et les opportunités sont accessibles au secteur privé. Le thème de la connaissance et de la gestion des fonds marins du port est donc important non seulement pour la programmation des interventions et des améliorations infrastructurelles du port, mais aussi pour une politique portuaire visant à quantifier efficacement les coûts dérivés de l'utilisation, et si l'on veut voir plus loin de l'usure même, de la dotation infrastructurelle du port.

Le défi commun aux ports impliqués dans le projet (Piombino, Livourne, Savone et les ports du Golfe de Saint-Tropez) est la possibilité de prévoir et d'exercer un contrôle systématique des variations de la bathymétrie dans leurs bassins portuaires, à partir de la compréhension des causes de la montée ou de la baisse du niveau de l'eau.

L'objectif général du projet est de créer un système de prévision et de surveillance des variations bathymétriques capable de séparer les effets liés aux relations Newtoniennes terre-lune de ceux liés à l'élévation du fond marin due à l'accumulation de sédiments, afin d'identifier les causes de l'ensablement et d'acquérir les données nécessaires pour développer un système de planification et de prévision des travaux d'entretien ordinaire et extraordinaire du fond marin.

L'objectif stratégique de GRAMAS est donc de rendre la navigation plus sûre dans les eaux portuaires, le fonctionnement des ports plus efficace et donc les quais des ports concernés plus compétitifs grâce à une connaissance complète du phénomène d'ensablement des ports, en réunissant pour la première fois les grands ports commerciaux italiens et les ports de plaisance français.

Le modèle de surveillance développé avec Gramas, qui utilise des installations technologiques spécifiques dans les 4 ports (capteurs et stations météorologiques), garantit la reproduction de l'évolution des fonds marins sur des cartes 3D, en produisant des cartographies bathymétriques systématiquement mises à jour sur des cartes 3D et des données de prévision des phénomènes Newtoniens capables d'interférer avec les variations de l'eau dans les bassins portuaires.

Cela permet aux 3 Autorités Portuaires (et à ceux qui souhaitent en faire usage, compte tenu de sa reproductibilité) de préparer des interventions immédiates d'entretien ordinaire, évitant ainsi de devoir effectuer de futurs travaux de dragage, et d'améliorer en même temps la sécurité des escales dans la zone transfrontalière concernée par le projet. Le modèle de surveillance prévoit un soutien informatique et comprend donc le développement d'applications logicielles ad hoc qui peuvent garantir une interface rapide avec les autorités portuaires.

La coopération transfrontalière a été fondamentale pour l'essai et la validation du système de surveillance GRAMAS, qui a été testé dans 4 ports présentant des caractéristiques différentes en termes de morphologie, de courants, de forme et d'orientation du bassin portuaire et sera donc testé dans des conditions de fonctionnement différentes.

L'expérimentation et la validation du système innovant installé dans les 4 ports ont été suivies par la définition d'un plan d'action commun pour la gestion du phénomène d'ensablement structurel des ports, grâce auquel l'échange d'informations produites par le système sera garanti même après la fin du projet et favorisera d'autres actions de coopération telles que la possibilité d'activer d'autres solutions innovantes pour répondre à des besoins communs en matière de changement climatique.

Avec GRAMAS, il a été possible de concevoir, de tester et de rendre pleinement opérationnel un système de surveillance qui permet de collecter des données de manière économique, fiable et surtout capable de transmettre une vision complète de la bathymétrie portuaire. Effectivement, Gramas permet à la fois de concevoir et d'obtenir les capteurs nécessaires à cet effet, qui seront intégrés dans la plate-forme de surveillance de l'Adsp del Mar Tirreno Settentrionale MONI.C.A. (Architecture de surveillance et de contrôle).

Grâce au système GRAMAS, les ports maritimes pourront donc répondre plus rapidement à l'analyse préliminaire des opérations de dragage proprement dites, notamment en ce qui concerne la variation de la morphologie et de la bathymétrie des fonds marins, et améliorer la précision du dragage, en intervenant dans les zones les plus sujettes à l'ensablement. En effet, actuellement, les ports maritimes doivent procéder à un relevé épisodique de l'accumulation de sédiments, localisé pour les zones soumises à l'entretien, qui perd alors de son importance pour l'ensemble du port. Il ne faut pas non plus sous-estimer l'importance de la mise à jour du dossier du bassin portuaire, en ce qui concerne bien sûr la bathymétrie, qui peut être mise à jour automatiquement.

Le système GRAMAS est en effet capable de fournir une bathymétrie d'une équidistance de 0,5 mètre et donc de respecter la bathymétrie du fond marin requise par le dossier du bassin.

Coordonné par l'**Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord** (qui gère les ports de Livourne, Piombino, Portoferraio Rio Marina et Capraia), le projet implique l'**Autorité du système portuaire de la mer ligurienne occidentale** (en particulier le port de Savone), la société **CRocean Engineering** qui opère dans le secteur environnemental et océanographique, l'**Institut pour les recherches économiques et sociales IRES Toscana** et la **Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez**.

Le budget total du projet s'élève à 1 174 168 euros, financé par le Programme transfrontalier IT-FR Maritime et couvert à 85 % par le FEDER.

UNE STRATÉGIE DE RÉDUCTION DU RISQUE ORIENTÉE VERS LA MAÎTRISE DE L'ALÉA

L'identification des causes du phénomène d'envasement / ensablement

Les zones portuaires sont généralement confinées, peu brassées, et constituent un réceptacle de particules vaseuses et/ou sableuses en provenance des bassins versants ou du milieu marin. Les opérations de dragage constituent une nécessité vitale au maintien et au développement de l'activité de ces ports (sécurité de la navigation, travaux d'aménagement) et par conséquent du trafic maritime et fluvial, identifié comme le mode de transport à privilégier en alternative au transport routier. Découle de ces enjeux de sécurité et de disponibilité des ouvrages, un impact direct sur les dépenses liées à l'entretien du domaine portuaire. Exploiter sans gérer, c'est prendre le risque de mettre en danger les usagers, de perdre des recettes pour cause d'immobilisation non contrôlée d'ouvrage et de dépenser beaucoup pour remettre en fonction une infrastructure essentielle.

Définition du risque

L'un des objectifs est donc d'identifier et caractériser les sources du risque de la plus grande à la plus petite échelle afin d'orienter la gestion des phénomènes d'envasement/d'ensablement (et de contamination du dépôt sédimentaire). En effet, les causes varient d'un site à une autre et dépendent d'une combinaison de facteurs : la localisation, les particularités géographiques, la morphologie du site. Un risque est la combinaison d'un aléa possédant un enjeu (exposition) et une vulnérabilité. Face à la multiplicité des sources de production sédimentaire et de contamination des sédiments, il est essentiel de disposer de méthodes et d'outils permettant de structurer les données, de les analyser et d'établir des relations significatives.

Les aléas

Afin d'appréhender au mieux le risque, la première étape consiste à dresser une liste des aléas actuels ou potentiels qui peuvent affecter une zone portuaire. Cette analyse se décompose alors en trois étapes :

- Répertorier et identifier les causes / aléas présents ou potentiels ;
- Caractériser ces causes / aléas (leur intensité, fréquence et localisation) ;
- Cartographier les dangers / aléas.

L'exposition et la vulnérabilité

L'étape suivante consiste à déterminer la vulnérabilité en observant l'exposition. En d'autres termes, cela revient à inventorier les fonctions, les services et infrastructures des domaines portuaires affectés par les aléas identifiés. L'exposition prend en compte les expériences d'événements passés, les observations des tendances actuelles et les scénarios de projections climatiques. Elle peut être quantifiée (volume du dépôt sédimentaire), décrite de manière qualitative (caractéristiques physico-chimiques du dépôt sédimentaire) et/ou représentée

de manière cartographique (zonage de l'ouvrage portuaire avec l'épaisseur du dépôt et sa qualité physico-chimique).

La caractérisation de la vulnérabilité se fonde sur une distinction entre la vulnérabilité physique (bâti et infrastructures), la vulnérabilité économique, et la vulnérabilité organisationnelle (capacité de préparation et de gestion de crise).

Les risques

Enfin, l'évaluation des risques résulte du croisement de l'analyse des dangers (phénomènes naturels ou induits par des activités humaines), de l'exposition et de la vulnérabilité.

La réduction du risque peut donc être définie de la façon suivante : réduire l'aléa, réduire l'exposition, réduire la vulnérabilité.

Une approche équilibrée sur trois axes paraît être pertinente mais est confrontée à deux difficultés : (i) La première vient de la dynamique locale et du développement, (ii) la seconde vient des différences d'échelles spatiales dans le traitement du risque.

Potentiel de production sédimentaire

Les causes d'ensablement sont variées et peuvent être multiples pour un même site. Le potentiel de production sédimentaire est fonction :

De la couverture du bassin versant (végétation, nature des sols naturels et cohésion des matériaux...).

La géologie des sols amonts et la couverture végétale (plus particulièrement son absence) sont considérées comme des critères fondamentaux de la production sédimentaire (ou de la perte de terre) des bassins versants.

Des crues et des inondations.

Les crues, et plus généralement les variations de débits, composantes intégrantes des cycles hydrologiques et saisonniers des fleuves peuvent engendrer des mouvements des bancs de sable et la modification de leur volume.

De l'hydrodynamisme littoral.

L'ensablement naturel dû aux effets de la marée, de la houle et des courants littoraux qui peuvent être combinés. Par exemple, la dérive littorale peut progressivement transporter les sédiments depuis les plages adjacentes, lesquelles s'accumulent progressivement dans la zone portuaire. Sont également observés, la redistribution des sédiments par l'effet de coups de mer vers la passe d'entrée, la redistribution des sables provenant des plages / dunes voisines dans les ports via l'action du vent.

De la géométrie de l'ouvrage portuaire.

Les ouvrages de protection portuaire ne peuvent s'adapter à la dynamique littorale et tendent à bloquer le transit sédimentaire.

Des variations saisonnières et climatiques.

Certaines situations météorologiques produisent de forts transports solides en suspension qui vont ensuite se déposer dans les zones de calme hydrodynamique.

Du changement climatique.

Les conséquences du changement climatique sur des événements tels que l'élévation du niveau de la mer, la fréquence, l'intensité et trajectoire de la houle et des vents, la dynamique de la sédimentation / érosion dans les embouchures de fleuves, doivent être pris en compte dans l'évaluation des risques en vue de dimensionner correctement la stratégie de réduction du risque d'ensablement portuaire.

Le potentiel de production sédimentaire de ces phénomènes doit être estimé afin de permettre la définition de la stratégie à mettre en œuvre en vue de réduire le risque d'envasement / d'ensablement des zones portuaires in situ. De plus, l'évaluation de la contribution de ces phénomènes à l'envasement / l'ensablement d'un site permet la priorisation des actions qui seraient à mener sur le territoire en vue de diminuer les apports vers le site portuaire.

Mise en place d'une stratégie d'atténuation des envasements

La stratégie d'atténuation des envasements s'effectue sur deux pas de temps différents:

- A courte échéance, celle-ci se traduit par la définition d'un plan de gestion des dragages;
- A moyen-long terme, celle-ci se traduit par des actions préventives destinées à réduire les flux sédimentaires.

Le plan de gestion des dragages

Le plan de gestion des dragages comprend la définition d'un programme d'intervention qui établit les récurrences de réalisation et les bassins portuaires à prioriser. Ce programme dresse une grande ligne de conduite et s'adapte aux besoins et contraintes du moment.

Celui-ci doit inclure également:

- La réalisation d'un bilan afin de préciser les dragages à venir et de faire un bilan sur ceux réalisés. Ce bilan doit être effectué à un pas de temps régulier et en adéquation avec la récurrence du phénomène d'envasement / d'ensablement (i.e bilan annuel).
- Le suivi des sites d'immersion / de clapage. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une contrainte réglementaire, ces suivis permettront d'évaluer l'incidence des dragages sur la qualité de l'eau et des sédiments, la bathymétrie, les peuplements de poissons démersaux ou de la faune benthique fixée et vagile. A ce jour, le suivi des sites d'immersion est prévu pour certaines opérations, mais il n'existe pas de bilan chiffré de ces suivis.

Vers la pérennisation des dragages d'entretien par leur planification pluriannuelle

Les dragages d'entretien sont des opérations répétitives, visant à maintenir des profondeurs navigables. Ils sont quasi permanents dans les ports d'estuaires et périodiques dans les ports ouverts sur la mer. Ces travaux induisent le déplacement de volumes moins importants que les dragages d'approfondissement ou pour la création de nouvelles aires portuaires, et par conséquent demandent des moyens de dragage moins importants. Par ailleurs, compte tenu de la fréquence des opérations, le temps de séjour des sédiments dans le site portuaire est réduit et la contamination des sédiments généralement nulle à négligeable. L'immersion en mer (au large) des sédiments est alors envisageable.

La bonne planification des travaux d'entretien permet donc d'assurer une continuité de service, mais aussi de diminuer notablement les coûts de fonctionnement du port (gestion des sédiments dragués à proximité immédiate du domaine portuaire, pas de frais inhérents au stockage de sédiments ou à leur traitement). Le clapage en mer re-

ste la règle tant pour des raisons environnementales qu'économiques, mais il est encadré, en Europe, par des conventions internationales maritimes (Londres¹, OSPAR² Barcellona³, Helsinki⁴).

En vue de consolider cette approche, des plans de gestion peuvent être élaborés. Il s'agit de documents de planification pluriannuels structurés et cohérents, décrivant les interventions et les moyens mis en oeuvre par une collectivité territoriale / une structure portuaire pour répondre à ces objectifs de gestion.

Au-delà de ces plans, un modèle organisationnel doit également se constituer autour d'une commission portuaire.

La consolidation du réseau d'acteurs autour d'une commission portuaire

La gestion du risque d'envasement implique la maîtrise des écoulements continentaux et la maîtrise de l'érosion du littoral considérés comme source de danger pour la sécurité et le maintien des activités portuaires.

La question du risque d'envasement relève aussi bien des politiques publiques que de l'ingénierie portuaire ou de la gestion environnementale (Boldrini & al. 2007, Boldrini & al. 2008 cités dans Bertrand, Anselme, & Bécu, 2014). Conjointement à un rapprochement entre réseaux d'acteurs impliqués à différentes échelles territoriales – Communes, Départements, Régions, État, Fédérations – cette dynamique doit permettre aux acteurs locaux de s'engager dans la construction d'un véritable projet de territoire centré davantage vers la maîtrise des écoulements continentaux, considérés comme source majeure de danger pour la sécurité et le maintien des activités portuaires.

De façon optionnelle, il est également possible de développer localement des schémas d'orientation des dragages, qui permettent d'identifier toutes les problématiques et les parties prenantes, afin de définir une stratégie pour les années à venir à l'échelle d'un territoire (i.e à l'échelle régionale).

Ces schémas d'orientation des dragages seront développés parallèlement aux plans pluriannuels de gestion, développés quant à eux, à un niveau de granularité plus fin.

Enfin, la décision d'entreprendre des actions préventives destinées à réduire les dommages associés à l'envasement des sites portuaires marque une étape importante du processus de gestion qui ne peut être prise qu'à l'échelle d'une **Commission Portuaire de suivi des dragages**.

1 *Convention de Londres : Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets.*

2 *Convention OSPAR pour l'Atlantique Nord: Directrices OSPAR (2009-4) sur la gestion des matériaux de dragage.*

3 *Convention de Barcelone pour la protection de la Méditerranée « Protocole relatif à la prévention et à l'élimination de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs ou d'incinération en mer. »*

4 *Convention d' Helsinki qui couvre la mer Baltique..*

VALEUR ENVIRONNEMENTALE DE LA GESTION DES SEDIMENTS MARINS

EFFETS POTENTIELS DES DRAGAGES

Impacts attendus

Les zones portuaires, généralement confinées et peu brassées, constituent un réceptacle de différentes sources de pollution (contaminants) provenant:

Des bassins versants

Apports sédimentaires, de végétaux, de contaminants (nutriments, germes de contamination fécale, etc...) par l'hydrodynamisme local et par voie fluviale (selon les ports).

Des activités portuaires

Accident sur un navire lors des manœuvres de chargement et de déchargement des marchandises ou lors du soutage (rejet accidentel d'hydrocarbures, de substances chimiques, chute de conteneurs, de marchandises, d'équipements), rejet de polluants industriels (liquides et/ou solides) dans les eaux portuaires.

Du milieu marin

Arrivée de macrodéchets divers (flottants [plastique, bois, autres], ..) dans le port, transportés par les courants marins.

Enfin, la pollution atmosphérique intervient également dans la contamination sédimentaire, bien que cette part soit difficile à quantifier.

En outre, le remaniement des sédiments lors des opérations de dragage est susceptible de modifier physiquement, chimiquement et microbiologiquement le milieu marin du fait de la remobilisation des fonds et particules fines associées. La remobilisation des polluants enfouis et leur mise en suspension, peuvent, à certaines teneurs, avoir un impact défavorable sur l'environnement, soit en mer lors du dragage ou du clapage lorsque ces sédiments sont immergés, soit à terre lorsque ces sédiments sont stockés. Les dragages peuvent également engendrer des modifications hydromorphologiques et hydrographiques des zones draguées et avoir un impact plus global sur les sites d'immersion ou de gestion à terre. Enfin, certaines bactéries, d'origine fécale, contenues dans les eaux usées d'origine urbaine et agricole, peuvent également se fixer aux particules pour se déposer ensuite dans les zones vaseuses et donc dans les sédiments portuaires.

Toutefois, les dragages peuvent aussi avoir des effets positifs en matière d'environnement. En effet, les matériaux dragués peuvent être intégrés, sous certaines conditions et sous réserve de l'existence d'un marché local, dans des filières de traitement permettant leur exploitation, notamment dans des matériaux de construction. Ils peuvent également servir au rechargement de plages dans le cadre de la lutte contre l'érosion du trait de côte. Enfin, en cas de pollution sédimentaire, le dragage peut être une solution d'enlèvement qui permet de décontaminer le milieu marin, mais en transférant le problème à terre (MEDDE, 2011).

La problématique du dragage et du devenir des sédiments contaminés se trouve donc à l'interface de plusieurs enjeux : la protection des milieux naturels, la volonté de privilégier les transports fluviaux et maritimes et la volonté de valoriser les déchets. Elle dépasse également la seule problématique marine, puisque s'agissant notamment de la gestion terrestre des sédiments et des filières de valorisation, elle constitue également un lien avec les sédiments de dragage fluviaux.

Des impacts fortement dépendants de la nature du dragage

La plus grande majorité des sédiments dragués ne présente pas de potentiel contaminant. Le déplacement du bouchon vaseux d'un estuaire par exemple, ou les matières en suspension déplacées par les courants, forment une sédimentation dont le prélèvement d'échantillons ne présente généralement aucun potentiel écotoxique ou dangereux.

Pour les dragages d'entretien, les incidences directes sont généralement limitées. Les sédiments retirés sont généralement de même nature que ceux qui restent en place ou que ceux qui sont amenés à s'y redéposer. Des projets de dragage d'entretien servent souvent aussi à améliorer la qualité de l'eau et des sédiments. Cette combinaison des activités de dragage et d'assainissement environnemental permet d'offrir une solution responsable sur le plan économique et technico-environnemental (Jan De Nul Group, 2020).

Pour les dragages d'approfondissement de bassins ou de souilles portuaires réalisés à proximité de sites dont la diffusion de produits présente un potentiel toxique (aires de carénages, points de rejets d'industries), les opérations sont susceptibles de mettre à nu des couches de granulométrie et de qualité chimique différentes (GEODE, 2012). Le risque de diffusion de polluants est facilement vérifiable par analyse des sédiments à extraire, étape systématiquement réalisée au préalable des opérations. Le dragage n'engendre pas en soi de contamination des sédiments, mais provoque une remobilisation de particules contaminées par les flux du bassin versant et des activités maritimes et portuaires. La qualité des sédiments peut éventuellement être affectée dès lors que le dragage porte sur des matériaux contaminés et que ceux-ci sont dispersés hors de la zone de dragage, sur une zone non ou plus faiblement contaminée. Cette dispersion peut être causée par l'action directe de l'outil de dragage sur le fond et/ou par diffusion du panache turbide si les techniques employées en forment un (dragage à l'américaine, surverse sur dragage hydraulique) (GEODE, 2012).

En outre, ces volumes tendent à diminuer, grâce aux efforts de maîtrise des rejets des polluants dans les activités industrielles, urbaines ou portuaires, en application des réglementations encadrant ces activités au niveau de chaque pays.

GESTIONS DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE

Réglementation

Telles que présentées plus haut, les opérations de dragage peuvent être de diverses natures : entretien, approfondissement ou aménagement de nouvelles aires portuaires. En fonction du type de dragage, de son envergure et de la technique utilisée, la fréquence et les démarches administratives à suivre seront variables.

Chaque nouvelle opération de dragage fait l'objet d'une présentation auprès des services de l'Etat afin de valider la quantité et la qualité des matériaux ainsi que leur filière de gestion. Dans le cas d'un plan pluriannuel de gestion des dragages, les démarches administratives peuvent être allégées par la constitution d'un dossier réglementaire unique.

Le coût et la complexité de gestion des sédiments selon leurs caractéristiques et niveaux de pollution ne permettent pas de marge pour les gestionnaires qui assurent, le plus souvent, un dragage au strict minimum. Le claquage en mer reste la règle tant pour des raisons environnementales

qu'économiques, mais il est encadré par des conventions de mer mondiales (Londra⁵, OSPAR⁶ Barcellona⁷, Helsinki⁸) et par des directives européennes.

Aussi, la caractérisation des sédiments de dragage définie par ces conventions internationales est essentiellement orientée vers l'immersion en mer ; elle consiste en la comparaison de résultats d'analyses physico-chimiques avec des seuils fixés par chaque Etat. Ces conventions, qui ont pour objectif la protection du milieu marin et de l'environnement, autorisent à titre d'exception l'immersion en mer des sédiments de dragage sous réserve de démontrer qu'ils ne sont pas dangereux pour le milieu marin.

Les directives européennes ajoutent des cadres complémentaires sur tous les autres aspects des opérations de dragage:

Directive Cadre sur l'eau du 23 octobre 2000, les transpositions de 2004 et 2006 ayant conduit aux rubriques IOTA⁹ actuelles.

Directive cadre sur les déchets du 19 novembre 2008, à l'origine de la prise en compte des sédiments comme déchets et par conséquent de la nécessité de définir leur dangerosité et d'appliquer la réglementation ICPE pour leur stockage.

Directive du 13/12/11 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement (après 85 /337 du 27 juin 1985), qui va élargir le champ d'action de l'évaluation, donc des études d'impact.

Ces conventions internationales et européennes laissent la place à des interprétations nationales différentes.

En France par exemple, même si l'ensemble des sédiments dragués n'ont pas vocation à revenir à terre, les techniques de dragage étant à ce jour très encadrées sur le plan réglementaire et maîtrisées sur le plan technique, le retour à terre d'une fraction de ces matériaux trouve aujourd'hui une opportunité grâce à l'essor des enjeux de la maîtrise des ressources pointé par la logique d'une économie circulaire (Perrin O., 2017). La loi n°2016-816 du 20 juin 2016 dite « pour l'économie bleue » introduit des seuils d'interdiction à horizon 2025 pour le rejet en mer de sédiments de dragages pollués (seuils dont la définition reste encore à fixer) et demande la création d'une filière de traitement des sédiments. Cette interdiction combinée à la mise en œuvre de la directive déchet de 2008 et au développement d'une économie circulaire tendant à encourager le recyclage (application de la loi française n°2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique pour la croissance verte), amènent les opérateurs de dragage à devoir développer les filières de dépôts et de valorisation à terre.

En Italie, les opérations de dragage et d'approfondissement des fonds sont soumises à une évaluation des incidences sur l'environnement (VIA Valutazione dell'Impatto Ambientale - décret législatif 104/2017), qui doit être présentée à la direction générale compétente du

5 *Convention et Protocole de Londres : Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets: Protocole de 1996*

6 *Convention OSPAR pour l'Atlantique Nord: Directrices OSPAR (2014-06) sur la gestion des matériaux de dragage.*

7 *Convention de Barcelone pour la protection de la Méditerranée « Protocole relatif à la prévention et à l'élimination de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs ou d'incinération en mer. »*

8 *Convention d'Helsinki qui couvre la mer Baltique.*

9 *Installations, ouvrages, travaux et activités.*

ministère de l'environnement. La procédure se décompose en:

1. présentation de la demande, qui contient entre autres l'étude des incidences sur l'environnement;
2. contrôle administratif préalable
3. demande et acquisition d'intégrations relatives à la recevabilité
4. lancement de la procédure, consultation publique et obtention des avis, y compris les avis des administrations publiques concernées (parmi lesquelles les Autorités de Bassin et les Régions)
5. contre-déductions par le demandeur, demande et acquisition d'intégrations, publication d'un nouvel avis, nouvelle consultation, qui sont en fait des phases distinctes à la fin du lancement de la procédure et qui peuvent donc aboutir à une répétition des points précédents
6. évaluation, avis de la CTVA (Commission technique d'évaluation des incidences sur l'environnement), schéma de la mesure, avec formulation d'un avis technique
7. adoption de la mesure VIA.

Un décret du Ministère de l'Environnement a établi les procédures concernant les méthodes et les normes techniques pour les opérations de dragage dans les sites d'intérêt national, conformément à l'article 5-bis, paragraphe 6, de la loi n° 84 du 28 janvier 1994. Dans ce décret sont également indiqués les éléments du projet de dragage, y compris les modalités de vérification des fonds dragués ; les sites portuaires étant susceptibles d'être pollués, des procédures spéciales d'échantillonnage doivent être suivies dans les souilles des quais, dans les zones internes du port et près de la passe d'entrée afin de déterminer la qualité des sédiments dragués.

Le décret 173/2016 « Règlement contenant les modalités et les critères techniques pour l'autorisation à l'immersion en mer des matériaux d'excavation des fonds », régit la gestion des sédiments à travers leur classification basée sur des critères d'intégration pondérée des données écotoxicologiques et chimiques. Les classes vont de A à E et seule l'attribution à cette dernière implique le caractère non réutilisable d'un sédiment, qui est considéré comme un véritable déchet. Afin de tenir compte des nouvelles sensibilités liées à l'économie circulaire, qui considèrent les déchets comme des ressources à réutiliser, une table de discussion a été créée au Ministère de l'Environnement, pour la révision du DM 173/2016. Une nouvelle version est à l'étude, qui prévoit l'utilisation de traitements spécifiques pour les sédiments (bioremédiation, lavage des sols et des sédiments, etc.), ce qui permettrait leur reclassement ultérieur et donc la possibilité de les réutiliser. L'option déchets (classe d'attribution E) devrait alors représenter le dernier recours dans la gestion des sédiments de dragage.

La tendance lourde est d'aller vers la planification des activités en mer et de leurs impacts par l'introduction d'une approche systémique des milieux marins, comme prévue dans la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CEE du 17 juin 2008 (DCSMM) et puis par la Directive 2014/89/UE du 24 juillet 2014, établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime au travers de l'élaboration de Documents Stratégiques de Façade (DSF) qui incluent des Plans d'Action Milieu Marin (PAMM). Ces PAMM et DSF contiennent des mesures aires de carénages, gestions des déchets portuaires et gestion des déchets issus des bassins versants, qui sont des éléments de qualification liés à la pollution des sites, éléments amont à la politique de gestion des sédiments de dragage.

Les ports sont donc confrontés à une double pression : (i) pour le clapage uniquement de sédiments non contaminés d'une part, et (ii) pour la réduction des déchets à terre d'autres part.

Les ports ne sont pas les seuls à devoir s'emparer du sujet, chaque région doit produire un plan de gestion des déchets. Le dragage peut aussi être traité dans le cadre des schémas d'orientation des dragages. Élargir les filières de valorisation des matériaux dragués, sont une priorité économique, stratégique mais également physique. Se posera ensuite la question du changement d'échelle, nécessaire pour dimensionner une filière à l'échelle du gisement, ainsi que l'articulation de la filière avec les autres segments du marché: donneurs d'ordres, prescripteurs.

Mode de gestion des sédiments

Le dragage ainsi que le choix du mode de gestion des sédiments impliquent tous les acteurs du littoral, et les impacts des opérations sont appréciés au regard des spécificités et des enjeux locaux. La sensibilité environnementale des milieux concernés peut induire des conflits d'usage et d'intérêts, ce qui rend les besoins de concertation, en amont de toute opération, particulièrement importants.

L'alternative à l'immersion de sédiments est leur gestion à terre à des fins de valorisation ou de stockage. Celle-ci permet la valorisation des sédiments dont les qualités physico-chimiques, la nature ou la granulométrie présentent un intérêt pour une utilisation en technique d'ingénierie. Les sédiments de dragage peuvent être valorisés immédiatement (sédiments sableux utilisés en rechargement de plage), ou après traitement (tri granulométrique, élimination des déchets grossiers, séparation hydraulique des polluants minéraux, biodégradation des polluants organiques, séchage, enlèvement du sel, ...).

Ces filières de valorisation se mettent progressivement en place. Elles demeurent néanmoins expérimentales, notamment en raison du surcoût qu'elles représentent par rapport à une opération d'immersion (certains modes de traitement, puis de valorisation peuvent représenter une multiplication par dix du coût de gestion).

Les résidus ultimes de dragage qui ne peuvent être valorisés sont éliminés en filières appropriées. Le coût inhérent à leur stockage, également très élevé, incite à une gestion proactive des sédiments.

Innovations récentes en matière de gestion des sédiments

Pour conclure cette section, nous énumérons brièvement quelques projets, études et innovations particulièrement intéressants pour le traitement des sédiments dans une logique d'économie circulaire:

Projet Interreg Italie-France Maritime SE.D.RI.PORT « Sédiments, dragage et risques portuaires » qui a produit des « Lignes directrices pour la gestion des sédiments », considérés comme une ressource et non comme des déchets.

Projet Interreg Italie France Maritime SEDITERRA « Lignes Directrices pour le traitement durable des sédiments de dragage de l'aire Marittimo », qui propose des études et des éclairages sur la gestion terrestre des sédiments de dragage non immergés en France et sur la gestion marine des sédiments de dragage (par l'évaluation de l'écotoxicité marine) en Italie

Projet LIFE 15 MARINA PLAN PLUS « Une technologie innovante pour la gestion durable des sédiments dans les ports », qui a développé et testé un système innovant pour les travaux d'entretien des fonds caractérisé par un système d' « éjecteurs » (pompe ouverte à jet). Ce système permet de maintenir la hauteur du fond de la passe d'entrée à la profondeur optimale, de manière constante sans besoin de dragages.

Entreprise commune Fincantieri Decomar, qui a développé la nouvelle technologie LIMPHID2. Son bateau-dragueur est en mesure de prélever les sédiments des fonds, évitant leur dispersion, et de séparer la vase du sable, en filtrant les matériaux pour qu'ils ressortent déjà purifiés¹⁰.

ARCHITECTURE DU SYSTEME GRAMAS

L'architecture de GRAMAS est un modèle de système créé pour partager une méthodologie unique dans la réalisation et l'utilisation de levés bathymétriques. Ce système commun permet de connecter des réalités portuaires diverses à partir des informations sur la collecte physique des données, leur gestion et leur traitement jusqu'à l'interface finale utilisateur avec les données traitées. Pour obtenir une structure accessible, un niveau logique différent a été attribué aux trois principales composantes du système:

niveau infrastructurel:

ensemble des matériels d'acquisition qui permettent la collecte et la transmission physique des données

niveau de gestion des données:

historisation, indexation et organisation des données pour les rendre disponibles

niveau logiciel:

logiciel capable de récupérer les données et de les mettre à la disposition des organismes qui doivent les utiliser

Dans sa mise en œuvre dans le port de Livourne, le système a été inséré par commodité dans le système d'information MONI.C.A. préexistant (dont nous parlerons plus loin), mais il peut aussi être utilisé sans difficulté comme élément autonome.

¹⁰ <https://www.shippingitaly.it/2020/09/30/fincantieri-ha-presentato-la-nave-che-potra-risolvere-i-problemi-dei-dragaggi-nei-porti-italiani/>



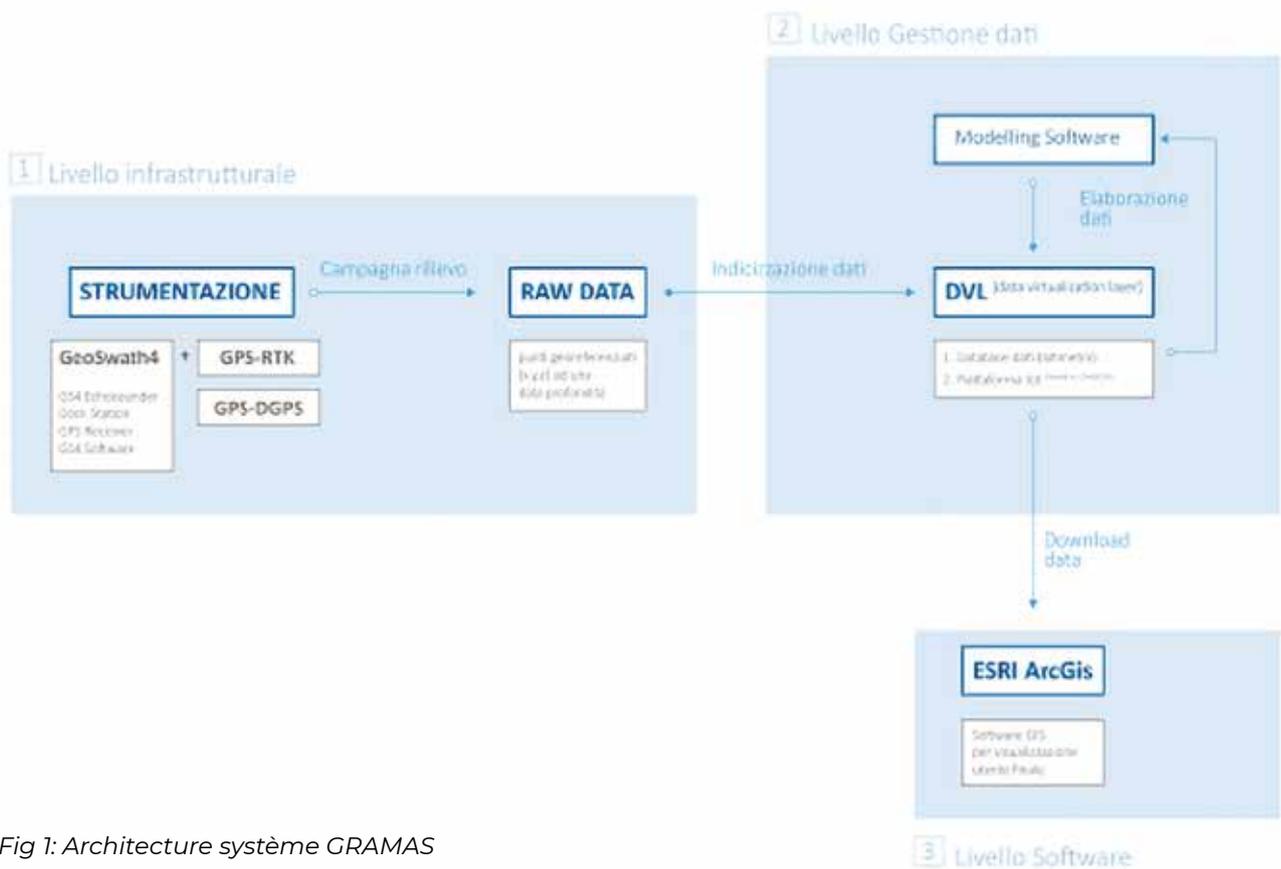


Fig 1: Architecture système GRAMAS

Niveau infrastructurel

Le premier niveau d'interface est le niveau infrastructurel. Il comprend l'ensemble des matériels d'acquisition (capteurs, émetteurs radio, etc.) qui permettent la collecte et la transmission physique des données, l'installation à bord et les premières opérations de calibrage de l'instrumentation. Pour GRAMAS en particulier, ce niveau inclut évidemment le système de collecte des données bathymétriques qui est composé d'un sondeur multifaisceaux (Multi-beam Echo Sounder), assisté d'un ensemble de capteurs pour la localisation (GPS) et pour la détection des mouvements inertiels du bateau et d'une Dock Station avec un PC équipé d'un logiciel d'acquisition et de traitement des données pour produire un résultat utilisable aux niveaux supérieurs de la pile.

Conditions requises de l'instrumentation

Le choix de l'instrumentation est parti de l'analyse des conditions requises pour répondre aux objectifs du projet. Les exigences suivantes ont été définies:

Exigences logistiques:

- Possibilité d'effectuer des levés sur différents types/conformations et profondeurs de fonds portuaires
- Facilité d'installation et de déplacement par ses propres moyens
- Reproductibilité des campagnes de levés dans un court laps de temps
- Garantir l'autonomie dans la gestion et l'utilisation de la technologie

Exigences techniques des matériels d'acquisition:

Profondeur du fond mesurable: jusqu'à 50m

Résolution verticale: 10mm

Largeur du faisceau: jusqu'à 12 fois la profondeur du fond

Géoréférencement basé sur la cinématique en temps réel (RTK) ou sur DGPS

Précision planimétrique: supérieure à 1 cm

Précision des capteurs inertiels: 0,01° roulis et tangage 0,05 m lacet

Angle de vue 240°

Après avoir contacté plusieurs fournisseurs, il a été décidé de faire appel au système Geoswath 4 du fabricant Kongsberg.

Instrumentation Geoswath 4

La technologie Geoswath, dans toutes ses composantes, permet de cartographier les fonds beaucoup plus rapidement qu'un sondeur multifaisceaux classique (jusqu'à 30- 40 % plus rapide).

De plus il est possible d'avoir la fourniture d'un lot unique comprenant une sonde, des capteurs, une unité embarquée et un logiciel complet pour l'acquisition et le traitement des données, les calibrages du système et la production autonome de cartes bathymétriques et de mosaïques à balayage latéral.

Le système permet donc, en puissance, d'obtenir une autonomie totale depuis la phase de collecte des données jusqu'à leur restitution, mais il reste néanmoins compatible avec tout logiciel tiers pour le traitement.

Ce système se compose principalement de 5 éléments:

- . Echosondeur GS4
- . Dock Station
- . Récepteur GPS
- . Logiciel GS4

Echosondeur GS4

L'échosondeur GS4 est une sonde multifaisceaux assez compacte et légère (taille maximale d'environ 40 cm, poids de 15 kg) équipée de capteurs intégrés de mouvement pour la détection du roulis, du tangage et de la vitesse de l'eau. L'échosondeur, placé dans l'eau, émet un faisceau d'ondes sonores en forme d'éventail, dont le temps de retour du fond marin au récepteur détermine la profondeur de l'eau. Ces capteurs contiennent des connecteurs étanches pour la connexion à la dock station et le passage des données. Les données obtenues à partir du relevé du capteur sont présentées sous forme d'un ensemble de points (x,y,z) géoréférencés (Raw data, données brutes) à une profondeur donnée.



Fig. 2: GS4 Echosounder

Dock Station

La Dock Station est un instrument compact qui abrite tous les composants électriques du système et un PC haute performance. Elle ressemble à une sorte de gros interrupteur, avec 6 entrées série plus deux entrées spéciales pour l'échosondeur. Cela permet d'étendre le système avec un bon nombre de capteurs et input auxiliaires. Tous les capteurs périphériques sont en effet directement interfaçables avec cette unité.

Elle dispose également d'un port ethernet par lequel elle se connecte au PC où est installé le logiciel Geoswath Plus qui opère un premier contrôle sur la qualité et l'affichage des données (logging).



Fig. 3: Dock Station

Recepteur GPS

Le module GPS fourni avec le système est un Hemisphere V113, un choix assez fréquent dans le domaine des enquêtes hydrographiques en raison de sa remarquable précision et de sa facilité d'utilisation.

Il est équipé de la technologie GLONASS qui permet une localisation et une détection de direction très performantes, même dans des conditions météorologiques non idéales. Le boîtier est certifié IP69K et peut être utilisé même dans des situations de pluie ou de mer agitée. Il contient deux antennes à dipôles croisés à trajets multiples séparées entre elles de 50 cm. Les systèmes complémentaires de positionnement qui ont permis une meilleure localisation altimétrique et planimétrique utilisés dans les différentes campagnes de levés sont le GPS-RTK (Port de Livourne) et le GPS-DGPS (Port de Savone).



Fig. 4: GPS Receiver, Hemisphere V113

Le logiciel GEOSWATH PLUS

GeoSwath Plus est fourni avec le système et se compose d'un logiciel complet pour l'acquisition des données, le calibrage du système, le traitement initial et la génération de modèles numériques du sol et de mosaïques à balayage latéral.

Avec une bonne connaissance de son fonctionnement, le logiciel permet d'effectuer un contrôle de la qualité et de la visualisation des données déjà en phase d'acquisition. Geoswath peut être connecté via ethernet et utilisé par des logiciels hydrographiques tiers. Les données peuvent être exportées dans la plupart des formats standard afin d'être facilement traitées, visualisées et intégrées dans le système d'information GRAMAS et utilisées individuellement par les différentes autorités portuaires à des fins internes. Les données brutes collectées au cours des levés sont traitées avec des logiciels locaux et ensuite transmises au chef de file qui, supporté par le partenaire technologique (CNIT), assure leur saisie dans la plate-forme du système GRAMAS.

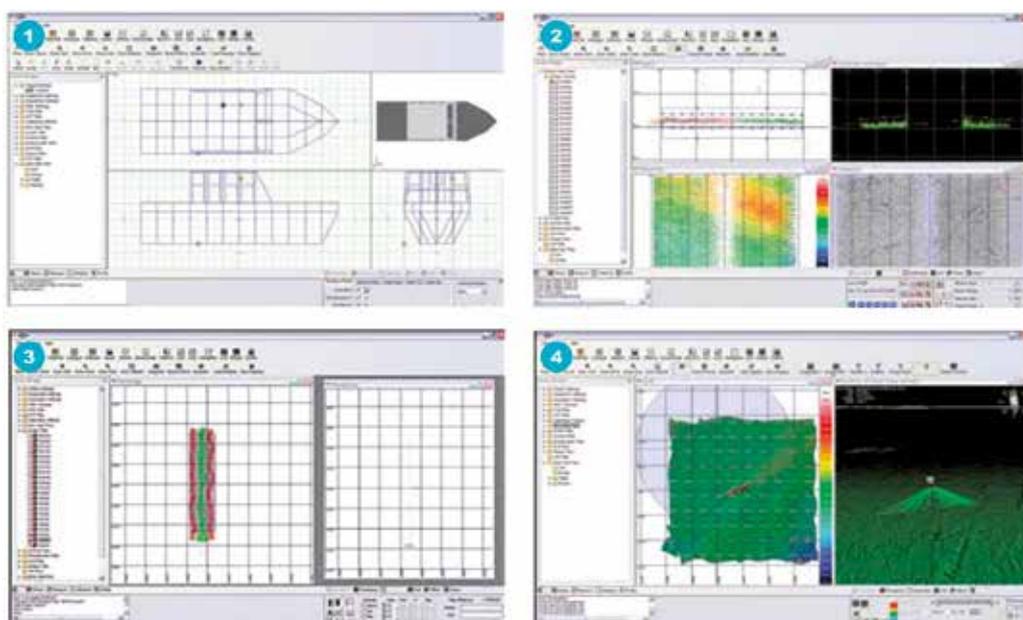


Fig. 5: Software Geoswath Plus

Methodologie de collecte des données

L'utilisation de l'instrumentation et son installation sur le bateau représente l'un des points fondamentaux pour obtenir un ensemble de données correctes en vue de la restitution cartographique.

La société Kongsberg Maritime S.r.l. prévoit dans son offre un cours de formation pour les opérateurs en langue anglaise avant d'effectuer les levés. Le cours se compose de 3 séances théoriques sur une plateforme numérique et de 2 sorties en bateau avec collecte de données. En plus du cours de formation, le fabricant fournit un service d'assistance technique par téléphone.

Toutes les phases préparatoires nécessaires sont décrites avant de démarrer la campagne de levés proprement dite.

Installation du matériel d'acquisition

L'une des premières étapes consiste à positionner la sonde sur le bateau. La conception du support a été laissée aux autorités portuaires individuelles en fonction de l'embarcation retenue pour la campagne de levés. Afin d'éviter des erreurs systématiques dans les données acquises, après avoir installé la sonde, tous les offset et les alignements de l'instrumentation sont mesurés. Toutes les positions et tous les offset mesurés sont ensuite saisis dans le système de navigation.



Fig. 6: Positionnement des sondes sur le bateau

Une fois la sonde positionnée dans l'eau, elle est connectée à la cabine et à la dock station.

Les journées de formation avec le personnel technique du fabricant pendant la campagne partent de cette démonstration fondamentale. Les opérations de câblage et d'étiquetage pour connecter et rendre efficace l'instrumentation devront être effectuées de manière autonome par le personnel de l'autorité portuaire après la courte formation. L'instrumentation, conçue comme mobile, doit être installée et retirée durant les jours de campagne de levés.

Ensuite, on effectue les premiers calibrages:

- . Calibrage du système selon les procédures indiquées par le fabricant.
- . Calibrage des instruments GPS-DGPS ou GPS-RTK

Avant de démarrer la campagne, il a été nécessaire de tester plusieurs paramètres et fonctionnalités du système fourni par Kongsberg, afin de vérifier d'autres potentialités et l'adaptabilité au contexte.

Planification des lignes de leve

L'une des premières fonctionnalités testées et exploitées pendant la campagne est la planification des lignes de levé. Cette fonctionnalité permet de planifier les meilleurs trajets que le bateau doit emprunter pour assurer la meilleure couverture de la zone étudiée. Une fois les lignes de levé établies, le système, à l'aide du GPS, pourra avertir en cas de déviation du trajet par rapport à l'une d'entre elles, ainsi que reconnaître quand la fin d'une ligne est atteinte (pour que les données partielles puissent être sauvegardées dans un fichier de ligne créé spécialement). Ce mécanisme permet d'effectuer des inspections séparées dans le temps mais reliées entre elles, de sorte qu'il est également possible de gérer facilement les levés de vastes bassins qui ne peuvent être couverts entièrement en une seule session.

Filtres sur la colonne d'eau

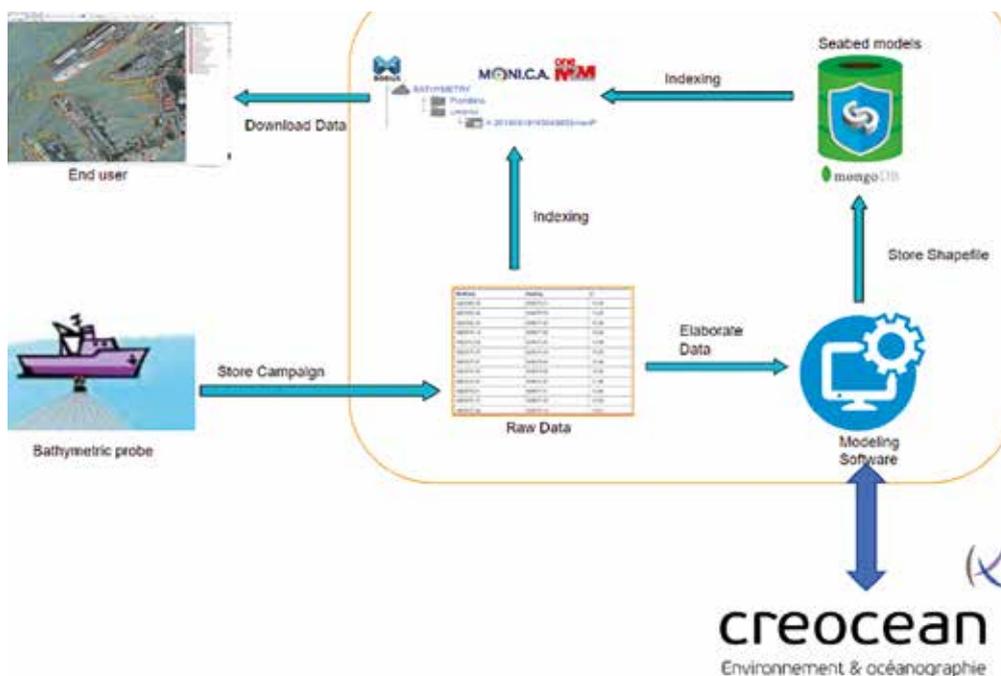
Afin de minimiser l'interférence de la colonne d'eau sur l'exactitude des mesures bathymétriques acquises, un instrument auxiliaire est fourni avec le système, pouvant mesurer et générer des filtres pour comprendre l'état de la colonne d'eau. Ces paramètres sont saisis dans le logiciel d'acquisition par des commandes spéciales, ce qui apporte une plus grande précision dans un contexte donné par rapport au mode automatique du logiciel. Ce dernier, au lieu d'utiliser des instruments spéciaux, tire les informations à l'aide des capteurs intégrés, ce qui rend l'estimation moins précise.

Largeur de la fauchee

Un autre paramètre est la largeur de la fauchée générée par le faisceau multibeam de l'échosondeur (paramètre en étroite corrélation avec la planification des lignes de levé). En agissant sur les paramètres de puissance, de gain et de longueur d'onde de l'échosondeur, il est possible de modifier l'amplitude du signal émis, ce qui permet de couvrir une zone plus large de fond marin en un seul passage. Le calibrage de ces paramètres est empirique et dépend des caractéristiques du fond analysé, il vise à maximiser la surface de la fauchée sans affecter la qualité des données collectées. La qualité des données collectées est vérifiée en temps réel, de sorte qu'elles peuvent être corrigées immédiatement si nécessaire.

Niveau de gestion des données

La couche de la plate-forme numérique où sont saisis les ensembles de données acquis par les campagnes de levés est constituée d'un seul niveau logique où sont intégrés tous les composants assurant la gestion des données, c'est-à-dire leur historisation, indexation et organisation afin qu'il soit possible de les rendre disponibles. Dans le contexte de Gramas, ce niveau utilise deux composants fondamentaux qui s'interfaçent entre eux par le biais d'une couche de virtualisation des données (Data Virtualization Layer, DVL) : la plate-forme IoT basée sur OneM2M (le système GRAMAS en tant que sous-ensemble de MONiCA) et la base de données bathymétriques.



Indexation des données

Vu que les ensembles de points géoréférencés en profondeur sont de grandes collections de données, ils nécessitent d'un système d'historisation structuré comme une base de données. Les données des campagnes sont donc envoyées par le personnel des autorités portuaires au chef de file, qui les communique ensuite au partenaire technologique en charge de la gestion des données, Cnit, qui à son tour saisit les nuages de points dans la base de données GRAMAS (après la conclusion du projet, il reste possible de saisir les données dans la plate-forme de manière autonome).

Afin de maintenir l'interopérabilité avec toute autre donnée gérée par le système d'information portuaire, il est conseillé d'insérer la base de données dans une plate-forme standard d'indexation des informations. Un exemple d'une telle plate-forme est celle utilisée à Livourne, basée sur la norme OneM2M.

OneM2M est avant tout un cadre d'interfonctionnement entre services et de déploiement de différentes technologies. Il est décrit dans une norme spécifiée par l'ETSI (Institut européen des normes de télécommunications) et est conçu pour permettre la collecte de données de nature différente au sein d'un même système et pour les insérer ou les récupérer en utilisant la même procédure, c'est à dire en utilisant des messages REST.

Modélisation des données

Afin de rendre possible l'analyse et l'utilisation des données saisies dans la base de données, il est presque toujours nécessaire de les transformer en un modèle du fond marin (shape-file). Le passage d'un ensemble numérique de points à un rendu 3D, à une mosaïque à balayage latéral ou à une carte bathymétrique se fait par deux niveaux de traitement:

Autonome:

le personnel des différentes autorités portuaires, ayant suivi la formation et disposant déjà des logiciels de modélisation fournis par Kronsberg, peut traiter de manière autonome les nuages de points pour obtenir des rendus 2D/3D adaptés aux besoins internes.

L'autonomie dans le traitement des données a permis d'utiliser l'instrumentation également à des fins autres que les objectifs de GRAMAS (par exemple, l'entretien des infrastructures portuaires), permettant de prendre des mesures correctives en temps utile si nécessaire.

Collectif:

les nuages de points, issus d'un premier contrôle d'exactitude déjà en phase d'acquisition, sont introduits dans la base de données Gramas et notifiés à la société Créocéan, qui dispose d'une vaste expertise océanographique. Créocéan valide les données collectées et l'exactitude du modèle généré automatiquement par le logiciel et réintroduit le tout dans le système GRAMAS.

Historisation des données

Les modèles validés par Créocéan sont réintégrés dans la même base de données, de sorte qu'aussi bien le modèle que les données brutes sont indexés afin que l'utilisateur final puisse les récupérer par référence à la plateforme OneM2M. La base de données utilisée dans le système sera alors chargée de gérer à la fois les données « brutes » issues du bathymètre et les données du modèle produit. Par exemple, une base de données non relationnelle telle que mongoDB pourrait représenter un choix valable.

Niveau logiciel

Le dernier niveau du système, appelé niveau logiciel, est le seul avec lequel l'utilisateur final s'interface. Dans ce niveau il y a des logiciels capables de récupérer les données préparées de manière appropriée et de les rendre disponibles aux organismes et aux utilisateurs qui ont besoin de les utiliser. Un exemple typique de logiciel de ce niveau est ESRI ArcGIS.

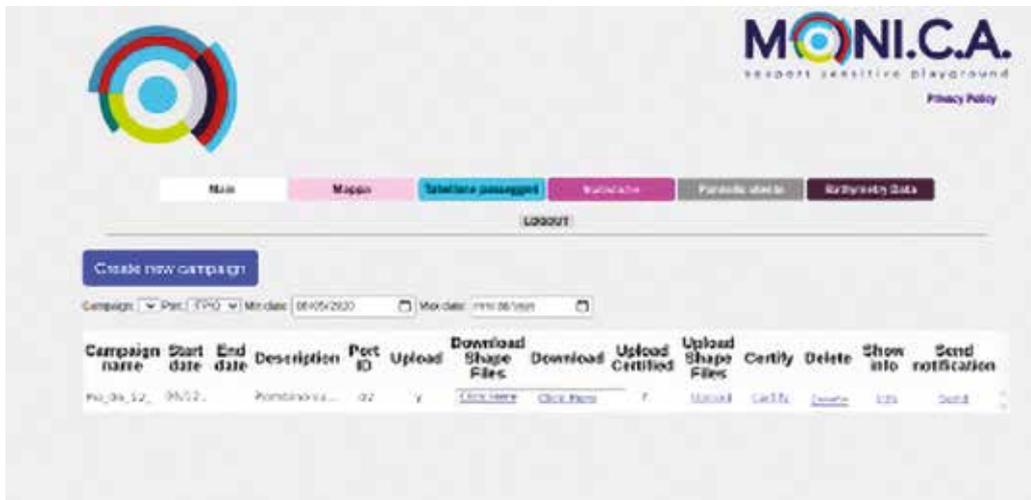


Fig. 7: Interface MONI.C.A.

Logiciel ESRI ArcGis

Le logiciel ArcGIS est un système d'information géographique produit par Esri. Il s'agit d'un logiciel qui permet de visualiser et d'analyser les données en fonction de leur positionnement sur la carte. En plus des informations cartographiques, il est possible d'enrichir les informations en intégrant une collection de données globales présentes dans le serveur Esri. L'utilisation d'ArcGIS permet d'identifier les relations entre les différentes caractéristiques présentes dans le système. L'interconnexion des données permet une planification plus précise et plus consciente des activités à mener dans une zone donnée. Le logiciel permet une cartographie complète de l'état du port grâce à sa logique par niveaux. L'image suivante montre un exemple d'utilisation du logiciel pour obtenir des informations à partir de la superposition de niveaux, ce qui est utile pour des applications pratiques telles que la navigation en temps réel.

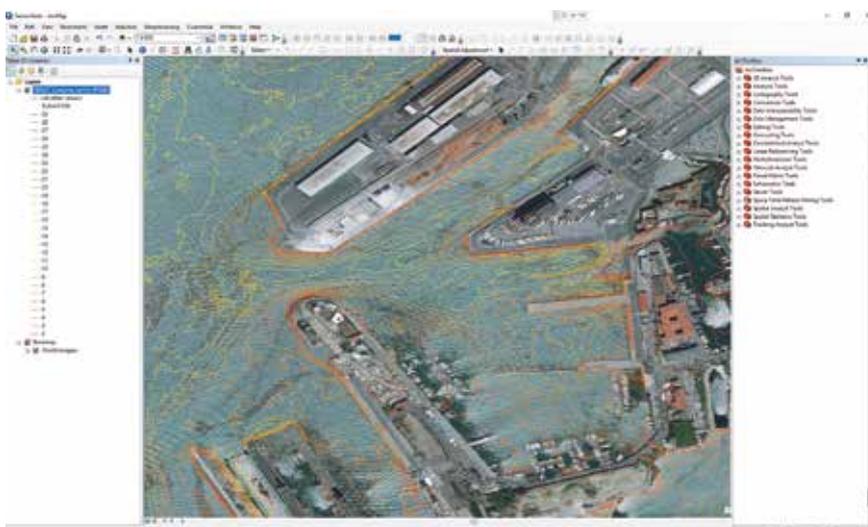


Fig. 8: Interface ArcGIS

Conclusions

L'architecture proposée pour la gestion des données bathymétriques représente une solution innovante par rapport à la manière dont les ports gèrent traditionnellement ces informations ; en effet, il arrive souvent que ces informations soient enregistrées sur un ordinateur local ou dans un système qui n'est pas accessible de l'extérieur sauf par intervention humaine.

Le système propose une solution automatique et généralisée pour la distribution et l'utilisation des données bathymétriques à quiconque dispose de l'autorisation, sans encourir de retards, de temps d'arrêt ou de procédures bureaucratiques plus ou moins complexes. L'architecture proposée présente une évolutivité et une portabilité remarquables, car elle ne dépend d'aucune technologie particulière et peut donc être facilement mise en œuvre et intégrée dans tout système d'information portuaire. En ce qui concerne la technologie de collecte des données, un système performant répondant aux critères nécessaires pour produire un ensemble de données valables a été testé, sa portabilité et sa relative facilité d'installation ont également marqué un point en sa faveur.

LES EXPERIMENTATIONS

Les expérimentations menées dans les ports de Livourne, Piombino et Savone sont décrites ci-dessous. Afin de faciliter la répliquabilité de l'architecture du système GRAMAS dans chaque port, les différentes réalités portuaires ont été analysées en termes de conformations et de types de trafic naval, les expériences concernant l'utilisation de l'instrumentation et le partage des données ont été décrites, comparées aux modalités des relevés pré-GRAMAS et, enfin, les différents critères d'application des résultats obtenus ont été présentés.

PORTO	PROFONDITÀ
Savona	11,0 m
Genova	15,0 m
La Spezia	14,0 m
Livorno	13,0 m
Piombino	20,0 m
Civitavecchia	13,5 m
Napoli	14,0 m
Cagliari	16,0 m
Palermo	14,0 m
Augusta	22,0 m
Gioia Tauro	18,0 m
Taranto	16,0 m
Bari	12,0 m
Ravenna	10,5 m
Venezia	11,5 m
Trieste	18,0 m



Fig. 9: Classification par profondeur des ports italiens



Figura 10: Inquadramento porti della comunità dei comuni del golfo di Saint Tropez



Fig. 11: Port de Livourne

Le port de Livourne a une surface de mer avant les digues extérieures d'environ 3 Mm2. Des navires à passagers et des navires commerciaux transitent dans le port, pour un total d'environ 4 000 embarcations.

Le port de Livourne a une surface de mer avant les digues extérieures d'environ 3 Mm2. Des navires à passagers et des navires commerciaux transitent dans le port, pour un total d'environ 4 000 embarcations.

Les bathymétries internes du port sont particulièrement variées, allant de -7/-10m, dans les zones construites au début du XXe siècle, à -13m pour les zones les plus récentes qui remontent aux années 1970 ; le port prévoit la construction d'une nouvelle darse, appelé Darsena Europa, dont l'achèvement est prévu pour 2024. En particulier, pour Darsena Europa les fonds sont prévus à -17 m pour le chenal d'accès, -16 m pour les quais du terminal, avec des volumes de sédiments qui seront utilisés principalement pour le remblayage de la plage nord dans la Commune de Pise, ou, alternativement, pour la réalisation d'un autre bassin comblé



Fig. 12: Plan des interventions prévues Darsena Europa

A fin d'améliorer le transit des navires, au cours des 5 dernières années, environ 2 Mm³ ont déjà été enlevés et placés, après avoir fait l'objet d'une caractérisation spécifique, dans la zone comblée du port. D'autre part, l'évolution des navires commerciaux, et pas seulement dans le secteur porte-conteneurs, montre une nette tendance à l'augmentation de la taille et donc du besoin en profondeur des fonds. D'après les informations dont dispose l'autorité portuaire, basées sur la consultation de la base de données IHS Markit et de la plate-forme de surveillance et de contrôle portuaire MONICA, le tirant d'eau moyen des navires en transit est de 8,5 m et leur tonnage brut moyen est d'environ 31 000 tonnes. Ces valeurs sont comparées à des données mondiales qui ne cessent pas de croître : dans son rapport annuel sur le transport maritime, la CNUCED montre que les navires entre 0 et 4 ans d'âge ont désormais un port en lourd moyen de 42 207 tonnes, alors que les navires les plus anciens n'ont en moyenne que 5 907 tonnes. Il est évident que, même pour les zones et les quais déjà existants, il est nécessaire de maintenir les fonds aux niveaux déclarés et éventuellement de les approfondir.

Les dernières opérations de dragage dans le port de Livourne remontent à 2017 et ont consisté en des travaux d'élargissement du chenal d'accès près de la tour Marzocco, qui ont porté le fond à 13 mètres de tirant d'eau, donnant ainsi la possibilité d'entrer à des navires de 9 000 EVP. Cependant, vu l'apport constant de sédiments, l'entretien des fonds du port de Livourne revêt une importance cruciale pour assurer la navigabilité continue du port.

Dans le port de Livourne, comme on le sait, la question des profondeurs d'eau pose de sérieuses limitations à l'accessibilité et requiert une attention particulière à mesure que le tonnage des navires en entrée et en sortie augmente. De ce point de vue, pour les navires jusqu'à 228 mètres de long et 37,5 mètres de large, le tirant d'eau maximum autorisé est de 12 mètres, tandis que pour les navires jusqu'à 325 mètres de long et 42,80 mètres de large, le tirant d'eau maximum descend à 10,75 mètres et les navires ne peuvent entrer et sortir du port que pendant le jour. La faible profondeur des fonds détermine donc une sérieuse limitation des opérations du port, non seulement en termes de taille maximale des navires qui peuvent entrer dans un port, mais aussi en termes de restrictions temporelles sur l'horaire d'entrée et de sortie des navires. Les limitations imposées par les bathymétries, leur connaissance inexacte ou en tout cas non immédiate, déterminent donc un risque sérieux pour la navigation dans les eaux portuaires.

Etat de l'art des levés avant GRAMAS

Le système GRAMAS a radicalement changé la manière d'obtenir une restitution correcte de l'état des fonds. Auparavant, en fait, les levés bathymétriques dans le port de Livourne étaient confiés à des opérateurs commerciaux tiers. Les campagnes de levés bathymétriques ont donc été soit commandées en corrélation avec des événements extraordinaires (naturels ou anthropiques) soit planifiées à des intervalles périodiques très éloignés les uns des autres (environ une par an).

Les résultats des campagnes, parfois partiels ou limités à des zones beaucoup plus circonscrites, ne permettaient pas d'avoir une réelle compréhension de la morphologie et du développement des fonds, ce qui rendait impossible une planification plus efficace des interventions de dragage ou d'entretien des infrastructures.

Leves effectues et resultats

L'instrumentation a été livrée au port le 24 avril 2018 : la description se réfère à l'expérimentation dans le port de Livourne. La sonde bathymétrique achetée par le projet a été livrée le 18 décembre 2020. Une fois l'équipe créée, elle a participé au cours de formation à distance (2 à 3 jours), inclus dans l'offre proposée par Kongsberg Maritime S.r.l, concernant les spécifications d'installation du matériel (echosondeur, capteurs et dock station) sur le bateau et le fonctionnement du logiciel d'acquisition GS4. L'instrumentation a été installée sur une pilotine fournie par le Corps des pilotes.

La première étape a consisté en la conception et la fabrication par l'équipe et le personnel du Corps des pilotes d'une structure de support pour l'echosondeur.

La structure de support a été conçue en fonction des fixations disponibles sur la pilotine afin d'assurer une cohésion solidaire entre l'instrumentation et le bateau (le procédé a duré une journée entière). Une fois l'echosondeur positionné, il a été possible de procéder à connecter les éléments restants du matériel : capteurs auxiliaires et Dock Station dans la cabine (les opérations ont duré 2 jours).

Le 27 avril 2018 il a été possible de réaliser la première expérimentation sur le terrain. Le site choisi pour la campagne était le périmètre du Molo Mediceo à Livourne, qui représente un bon échantillon de l'état moyen des fonds de Livourne en termes de profondeur et d'enjeux, comme les hauts-fonds et les surfaces verticales (quais). Malgré l'inexpérience du personnel dédié dans l'utilisation de l'instrumentation, les résultats, comparés par la suite aux restitutions des relevés précédents réalisés par des tiers spécialisés dans le secteur, ont été plus que satisfaisants. Les données ont été facilement saisies dans la première base de données, puis indexées et historisées dans le système GRAMAS (plate-forme IoT basée sur OneM2M).

La facilité de cette étape a été déterminée par la préexistence de MONI.C.A. (dont GRAMAS IoT est une sous-section indépendante), la plate-forme de surveillance et de contrôle de l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord. Cette plate-forme acquiert et intègre les données hétérogènes provenant de diverses sources d'information.

Difficultes d'expérimentation

Un premier niveau de difficulté a été rencontré lors de l'installation de l'instrumentation sur le bateau : la conception et le positionnement de la structure de support de l'echosondeur, le câblage et le réseau de câbles de l'instrumentation dans la cabine (Dock Station). Le personnel a dû recourir à plusieurs reprises au service d'assistance à la clientèle de Kongsberg, situé au Royaume-Uni, qui a fait preuve, de ce point de vue, d'une grande compétence et disponibilité.

Le deuxième niveau de difficulté a concerné l'acquisition et le traitement des données à l'aide du logiciel GS4. L'interface même du logiciel, les opérations de calibrage des capteurs et les fonctionnalités de validation de l'exactitude des données lors de la phase d'acquisition représentent en effet des outils peu faciles à utiliser pour un personnel non strictement spécialisé dans le secteur et les connaissances proposées lors de la formation ne se sont pas avérées suffisantes.

Signification des levés pour le port

Les nouvelles méthodes pour effectuer les levés bathymétriques expérimentées dans le cadre du projet GRAMAS ont donné lieu à trois développements fondamentaux pour le port de Livourne:

la planification de dragages ciblés et préventifs basée sur les tendances de l'ensablement des fonds au fil du temps;

la programmation des destinations à attribuer aux différents quais sur la base de la connaissance de l'état des fonds;

la mise à disposition permanente aux pilotes de données actualisées sur l'état des fonds dans lesquels ils naviguent et l'avantage qui en résulte en termes de sécurité et de prévention des accidents.

Dans le plan triennal 2018-2020 des travaux de l'Autorité du Système Portuaire, 300 000 euros de dragage d'entretien ont été prévus chaque année, pour un total de 900 000 euros, auxquels s'ajoutent d'autres interventions, portant le montant engagé pour les opérations de dragage sur la période de trois ans à plus de 29 millions.

Du point de vue économique aussi, une meilleure connaissance du phénomène du dragage, rendue possible par le système en continu fourni par le projet GRAMAS, permettra donc une programmation plus efficace des ressources nécessaires pour les interventions, avec des interventions plus rapides et plus précises dans le temps.

L' étude de cas de Piombino

Le 6 décembre 2018 le même système de levé bathymétrique qui avait été utilisé pour l'expérimentation de Livourne a été amené à Piombino. Par rapport à la première expérience, cependant, le temps nécessaire pour mettre en place le système et pour comprendre son fonctionnement a été considérablement réduit et on a donc pu se concentrer davantage sur l'acquisition de données significatives en termes de quantité et de caractéristiques, plutôt que sur l'étude des fonctionnalités de l'instrumentation elle-même. La zone concernée par l'expérimentation était le bassin d'entrée du port, qui est le résultat d'interventions récentes.

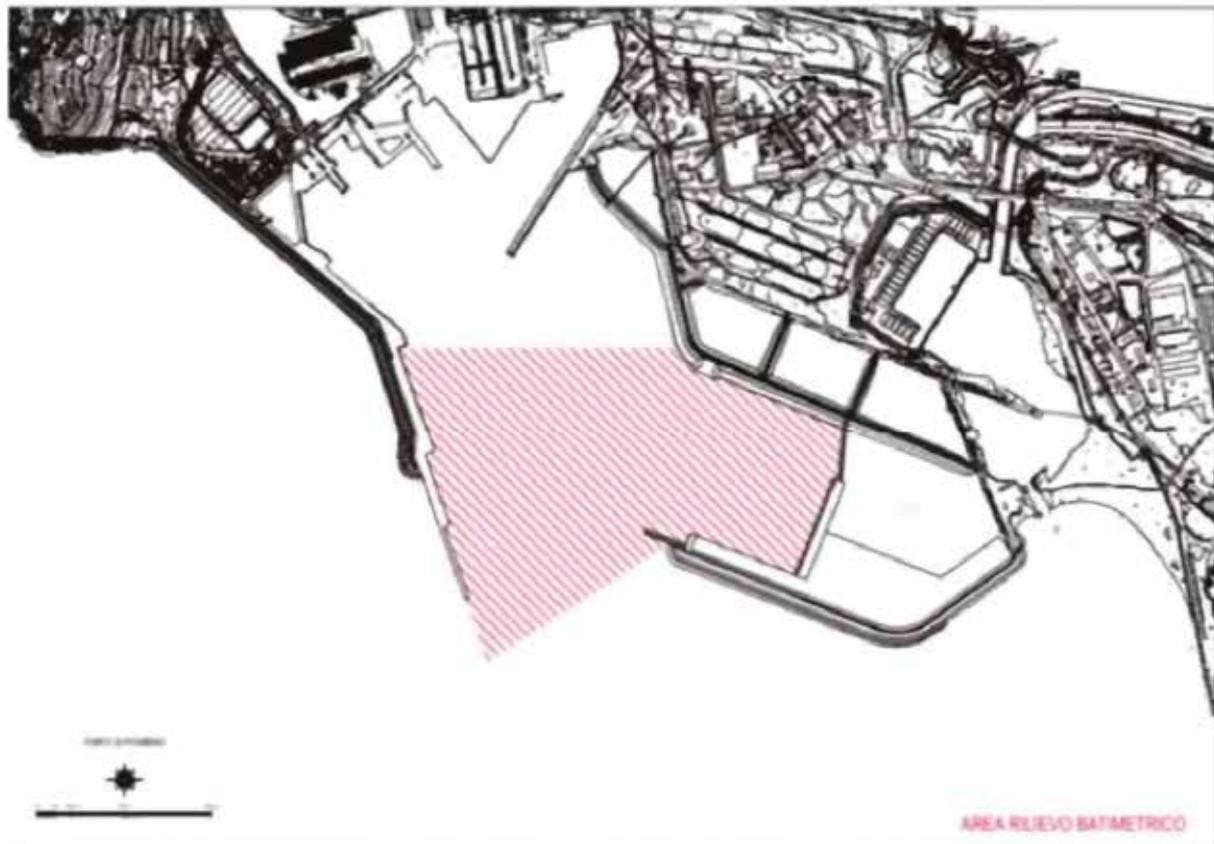


Figura 13: Area sperimentazione Porto di Piombino

PORT DE SAVONE

Typologie du port et caractéristiques des fonds

Le port de Savone est le « port d'attache » de Costa Crociere depuis 1997, grâce aux investissements réalisés par l'autorité portuaire et l'exploitant du terminal depuis le début de la concession. Il est aujourd'hui l'un des principaux ports d'escale pour les croisières en Italie et dans toute la Méditerranée, avec des mouvements de passagers compris entre 800 000 et 900 000 personnes par an.



Fig. 14: Quais de « Costa Crociere », Port de Savone

En 2019 les quais ont fait l'objet d'un profond renouvellement dans le cadre de l'expertise P.720 « Approfondissement des quais 8-9-10 dans le bassin de Savone pour l'adaptation au trafic de croisières », avec l'objectif d'amener les fonds à la profondeur de projet de -11m au-dessus du niveau moyen de la mer afin de permettre l'accostage des navires de croisière de dernière génération qui ont des dimensions et des tirants d'eau toujours plus grands.

Considérant que l'ensablement du port de Savone n'est pas d'origine naturelle, les plus grandes variations de la morphologie des fonds sont le résultat du trafic des grands navires de croisière. C'est la raison pour laquelle les sites choisis pour l'utilisation de l'instrumentation dans le projet GRAMAS étaient les mêmes quais des interventions de 2019 nommés 8, 9 et 10.

Les navires de croisière qui accostent aux quais décrits ci-dessus sont équipés de puissantes hélices principales (arrière) et de manœuvre (avant). Celles-ci affectent la morphologie des fonds et provoquent également des variations dans les ouvrages forains (ouvrages de barrage).

En outre, le chenal d'entrée au bassin est d'une largeur modeste par rapport à la taille des navires de dernière génération ; il est donc nécessaire de surveiller le positionnement des bathymétries d'alerte afin de permettre des accostages sûrs, en particulier dans des conditions météorologiques défavorables.

La surveillance des fonds et des parements submergés des quais au moyen de levés par écho-sondeur a été considérée comme fondamentale pour garantir une connaissance précise et continue de la morphologie du bassin et des infrastructures connexes et pour garantir une plus grande sécurité de la navigation pendant la phase d'accostage et après l'amarrage.



Fig. 15: Interventions réalisées dans le Port de Savone

Etat de l'art des levés avant GRAMAS

L'état de l'art des levés pré-GRAMAS dans le port de Savone n'était pas très différent de la situation constatée à Livourne. Les levés bathymétriques étaient externalisés à des opérateurs économiques, ce qui augmentait considérablement les temps de restitution et le démarrage des travaux. En particulier, il a été constaté que la fourniture de l'instrumentation et la possibilité de réaliser des campagnes de levés de manière autonome n'entraînent pas de

véritables économies d'argent, mais plutôt une plus grande possibilité de disposer de données plus précises et plus fiables que celles fournies par des tiers.

Levés effectués et résultats

Après l'acquisition de l'instrumentation le 06.10.2020, la première nécessité était de disposer d'une embarcation avec équipage sur laquelle installer l'instrumentation et permettre son utilisation par le personnel de l'AdSP MaLO. Compte tenu des délais courts, l'instrumentation a été installée sur les embarcations du service de navette maritime dans le port de Savone-Vado de la société concessionnaire Transmare S.r.l., avec attribution directe du contrat.

Afin de garantir une exécution et une restitution correctes des levés et de constituer une équipe capable d'optimiser l'utilisation de l'instrumentation matérielle et logicielle, des figures professionnelles avec des compétences hétérogènes ont été sélectionnées : un ingénieur électronique, deux ingénieurs civils et un géomètre-technicien CAO. L'équipe a participé à la formation organisée par Kongsberg Maritime S.r.l. et a été accompagnée lors des deux premières sorties de la campagne de levés. Les deux premières journées de levés ont été consacrées à l'acquisition de la morphologie des fonds des zones du projet (quais 8, 9, 10).

À la fin du mois de novembre 2020, quatre autres sorties ont été effectuées pour étendre l'utilisation de l'équipement à d'autres zones des bassins portuaires de compétence de l'AdSP MaLO, distinctes de celles identifiées pour le projet.



Fig. 16: Résultats de la campagne de levés

Les levés et le traitement autonome des résultats ont donc permis à la fois de vérifier le maintien du niveau du fond des sites de projet et de contrôler d'éventuelles modifications locales des fonds dues à l'action des hélices des navires de croisière qui, si elles n'avaient pas été suffisamment surveillées et éventuellement atténuées par des travaux de maintenance, auraient pu causer des dommages aux infrastructures d'accostage.

Difficultés d'expérimentation

Outre le court délai entre l'arrivée de l'instrumentation et la conclusion du projet, l'un des premiers défis a été la nécessité de signer un contrat avec une société de navettage maritime dans le port qui permettrait, le moment venu, de procéder aux levés. Cela a certainement représenté un coût supplémentaire. D'autres difficultés ont été constatées dans l'installation de l'instrumentation et sa maintenance. En fait, l'embarcation doit être adaptée de manière à pouvoir fixer la structure de support de l'instrumentation à l'embarcation de manière solidaire. Il est également nécessaire de veiller à ce que le montage et le démontage de la structure soient possibles en peu de temps afin d'optimiser le temps dédié à l'exécution effective des levés en accordant une attention particulière au fait que les capteurs doivent être repositionnés autant que possible toujours dans la même position afin de maintenir des mesures valables de décalage et de calibrage de l'instrumentation.

Le câblage de l'instrumentation à bord a représenté, surtout dans la phase initiale, un facteur considérable de ralentissement des opérations, rendant nécessaire la création d'une ligne de câbles pour relier les capteurs situés à l'extérieur de la cabine à l'unité d'acquisition de données et à la dock station à l'intérieur de la cabine.

La solution innovante mise en œuvre permet donc sa répliquabilité, mais à condition que les ressources internes de l'organisation soient suffisamment formées et puissent prendre en charge la réalisation des levés, devenant elles-mêmes garantes de la qualité des données acquises.

Les conditions météo-marines ont constitué un facteur fondamental dans la planification des sorties. À une occasion au moins, alors que le levé avait déjà commencé, il n'a pas été possible de procéder à l'acquisition des données en raison d'une mer légèrement agitée : pas tant à cause de la qualité des données acquises mais plutôt à cause de la difficulté du groupe de travail à gérer l'activité à l'intérieur de la cabine du bateau, puisque celui-ci devait se déplacer lentement pour permettre le levé.

Un dernier niveau de difficulté a été représenté par la communication des données et leur saisie dans le système GRAMAS. Dans une situation d'incertitude, les données (x,y,z déjà traitées et avec tous les paramètres fixés pendant la campagne) ont été initialement envoyées directement à l'organisation Créocéan et non pas saisies directement dans le système.

Signification du levé pour le port

L'autonomie dans l'exécution des levés a conduit à un net avantage en termes de délais entre la réalisation des campagnes de levés préliminaires et les travaux d'entretien et de rétablissement.

De plus, l'acquisition autonome des données implique également un niveau plus élevé d'exactitude (pour laquelle il fallait auparavant faire confiance à l'entreprise).

L'avantage incontestable du projet est qu'il a permis à l'AdSP MaLO d'acquérir un capteur bathymétrique d'une valeur d'environ 100 000 € et de pouvoir l'utiliser pour effectuer de manière autonome les relevés bathymétriques nécessaires. En ce qui concerne l'architecture du système GRAMAS, il s'agit d'une plusvalue du projet : une plate-forme commune où l'on peut saisir, valider, historiser et partager des données visant également à créer des modèles prévisionnels de la dynamique d'ensablement des fonds.

Typologie du port et caractéristiques des fonds

Les problématiques d'inondation, de submersion, de dragage, d'ensablement de l'exutoire des cours d'eau et des ports sont fréquentes et récurrentes sur le territoire de la CC-GST (France, Région Sud). De plus, une régression de certaines plages est observée depuis quelques années, même si certaines d'entre elles ont tendance à s'engraisser. Toutefois, il convient de rappeler que le développement économique des communes littorales est étroitement lié à l'attractivité touristique côtière. Il est donc capital pour ce territoire de valoriser l'économie maritime et les usages du littoral et du milieu marin. Aussi, la CC- GST, garante du développement de son territoire et de la préservation dynamique de ses espaces terrestres et maritimes, a ainsi lancé en 2019, une étude sur la dynamique érosive et le processus d'ensablement du rivage dont l'objectif a permis : d'appréhender les problématiques sédimentaires ; de comprendre l'érosion sur l'ensemble du territoire ; une évaluation et une caractérisation de certains stocks sédimentaires ; un plan de suivi des transferts de sédiments suite aux opérations de dragage/engraisement qui ont lieu. Il ressort de cette étude que l'érosion des plages est multifactorielle. On peut citer:

1. la diminution des apports sédimentaires issus des bassins versants liés
2. la diminution du transit sédimentaire littoral lié à l'artificialisation
3. la création de points durs en haut de plage qui modifient considérablement les conditions de dispersion de l'énergie
4. le nettoyage des plages
5. une régression probable de l'herbier de Posidonies
6. la montée des eaux, les tempêtes plus fréquentes...

Les plages situées sur la communauté de communes du Golfe de Saint-Tropez ne sont pas toutes en équilibre avec les conditions hydrodynamiques locales et sont régulièrement entretenues par des rechargements pour assurer leur stabilité et/ou leur attractivité récréative. A moyen et long termes, et en l'absence d'entretien, ces plages sont vouées à être soumises à des érosions chroniques, en raison principalement de l'impact répétée des vagues de tempêtes. Ces plages sont donc considérées comme vulnérables face à l'érosion. Malgré-tout, les plages naturelles sont vulnérables à plus ou moins longue échéance en fonction de leur profondeur et du fait de la montée potentielle des eaux. De même, à l'échéance 2030, la persistance des grandes plages du littoral est menacée de manière significative, mais généralement limitée à la bande sableuse récréative. Les projections à 2100, du fait de la simple montée des eaux de 40 cm aggravent ce constat d'érosion et mettent en évidence un impact plus important du recul du trait de côte qui pourra affecter les infrastructures, en particulier les routes du front de mer. Sur le territoire de la communauté de communes, il n'y a pas de terrains en dépression pour lesquels une route ou une digue naturelle fait office de rempart à la submersion. En effet, dans cette éventualité, des phénomènes d'érosion/submersion pourraient à terme créer des brèches qui augmenteraient la vulnérabilité de ces terrains. Toutefois, certains terrains, notamment les campings situés sur les arrières-plages pourraient souffrir d'une dégradation avancée du cordon littoral qui les protège potentiellement de la submersion.

L'évaluation des impacts du recul des plages et du trait de côte sur la stabilité des ouvrages portuaires (contournement d'une digue portuaire, déchaussement des ouvrages de type butée de pied) reste dans le cas de ce travail difficile. Elle doit faire l'objet d'études plus précises de génie côtier. Enfin, il est fait l'hypothèse que le changement climatique favorise l'ensablement des ports et en accélère le rythme de remplissage ce qui a pour conséquence d'accroître tant les risques pour l'environnement que les activités économiques liées aux transports maritimes. En effet l'ensablement des chenaux portuaires peut mettre en danger le tissu économique et social des communautés du territoire. Le projet SE.D.RI.PORT (Sedimenti, Dragaggi e Rischi PORTuali), qui s'inscrit dans l'axe 2 du Programme Interreg Marittimo IT-FR-2014-2020, a eu objectif de travailler sur cette problématique. Le port de Grimaud, compte tenu de sa problématique d'ensablement et de ses spécificités (plus grand port de plaisance du Var, courantologie littorale complexe, apports sédimentaires fluviaux, ...) a été retenu comme site pilote.

LA COMPETITIVITE DU SYSTEME PORTUAIRE : OPPORTUNITES ET DEFIS STRATEGIQUES A RELEVER

Nous avons souvent mentionné le potentiel du système Gramas en tant qu'outil pour améliorer la compétitivité des ports tant en termes d'accessibilité aux grands navires que de sécurité de la navigation. Les ports sont identifiés comme des moteurs potentiels de croissance dans les documents stratégiques européens et nationaux, mais il reste de nombreux défis (structurels, environnementaux, législatifs, bureaucratiques, financiers) à relever pour transformer les opportunités existantes en facteurs efficaces de compétitivité, en anticipant les tendances de développement liées au transport maritime et à l'ensemble de l'économie maritime.

L'ECONOMIE MARITIME EUROPEENNE ET ITALIENNE A LA LUMIERE DE L'URGENCE COVID

Avec 90 % des marchandises transportées par la mer, le transport maritime reste le principal vecteur de développement du commerce international. Le transport maritime et la logistique représentent environ 12 % du PIB mondial et les prévisions pour 2024 estiment un dépassement de la situation actuelle et une croissance de la manutention des conteneurs au niveau mondial de 3,5 % pour atteindre 951 millions d'EVP (Europe +2,3 %, Afrique +3,3 %, Extrême-Orient +3,9 %, Moyen-Orient +4,5 % et Amérique du Nord +2,3 %). La Méditerranée reste une voie de transit privilégiée pour le trafic conteneurisé, concentrant 27% des quelque 500 liaisons maritimes régulières à l'échelle mondiale.¹¹

Quant à l'impact de la Covid-19 sur le secteur du transport maritime, le rapport montre, dans les 5 premiers mois de 2020, une baisse de 15% des navires porte-conteneurs transitant par le canal de Suez. Un signe de ralentissement des exportations en provenance et à destination de la Chine, qui est toutefois compensé par les transits de navires d'autres secteurs comme le pétrolier (+11%) et le transport en vrac de matières sèches (+42%). Le nombre élevé de *blank sailing* (routes annulées en raison du manque de cargaison) est significatif. Au total, SRM estime que 7 millions d'EVP seront perdus au niveau mondial en 2020.

En Italie, au cours du premier semestre 2020, les importations et exportations maritimes

¹¹ Septième rapport annuel « Italian Maritime Economy » par SRM, 2020

ont été affectées par la Covid-19, enregistrant une baisse en valeur de 21% et une baisse en tonnes d'environ 11%. L'Italie reste le leader du transport maritime à courte distance en Méditerranée, avec une part de marché de 39 % des marchandises transportées (246 millions de tonnes), ce qui en fait le premier pays méditerranéen de l'UE à 28 pour le transport maritime à courte distance. Malgré cela, la mer couvre 36 % des échanges italiens, tandis que le transport routier couvre encore 50 % du trafic de marchandises.

La composante internationale du transport maritime italien est toujours importante : en 2019, la valeur du commerce maritime de l'Italie était de 249,1 milliards d'euros, en baisse de 1 % par rapport à l'année précédente. Sur ce montant, 129,6 milliards d'euros étaient des importations (-2%) et 119,5 milliards d'euros des exportations (constantes). Au cours du premier semestre 2020, les importations et exportations maritimes ont été affectées par la Covid-19, enregistrant une baisse de 21 %. Le vrac liquide pour l'Italie, un indicateur important de la composante énergétique des ports, est la catégorie de marchandises la plus importante en termes de volumes et donc stratégique (recettes importantes pour les activités portuaires). En 2019, avec une nette prédominance des importations, environ 180 millions de tonnes ont été manutentionnées, principalement liées à la demande de raffinage des produits pétroliers et à la demande énergétique à satisfaire.

Le plus intéressant dans cette analyse est que les estimations ajustées pour tenir compte de l'impact de l'urgence Covid indiquent une baisse de 4,4 % en 2020 et une augmentation de 5 % du transport maritime total en 2021. Selon ces estimations, la capacité mondiale des terminaux à conteneurs devrait croître à un taux annuel moyen de +2,1 % au cours des cinq prochaines années, ce qui équivaut à 25 millions d'EVP supplémentaires par an, soit un chiffre bien inférieur à la croissance de la capacité observée au cours de la dernière décennie, lorsque l'augmentation annuelle moyenne était de plus de 40 millions d'EVP par an. Cela indique que les grands exploitants de terminaux ont probablement prévu moins d'investissements dans l'expansion. Le fait que cette tendance était déjà en place avant l'urgence COVID est toutefois attesté par la baisse du Baltic Dry Index (coûts d'affrètement des navires porte-conteneurs), qui a chuté de 25 % entre novembre 2019 et 2020.¹² Des écarts importants par rapport aux perspectives initiales de développement du secteur semblent donc se dessiner. Bien que le thème de l'adaptation des fonds et des infrastructures pour accueillir les grands navires reste central, les données semblent également indiquer une tendance à la baisse aussi bien en termes de volumes que d'opportunités d'investissement pour les autorités portuaires, ce qui suggère à moyen terme la possibilité d'envisager différents scénarios stratégiques.

En Italie, pour faire face à cette tendance, les Zones Economiques Spéciales et les Zones Logistiques Simplifiées ont été identifiées comme des instruments capables d'attirer les investissements industriels sur des territoires donnés, afin de favoriser le trafic portuaire et les importations et exportations maritimes. Les ZES ne produisent pas d'effets immédiats, mais elles servent à accroître la crédibilité d'un système portuaire et logistique et, si elles sont bien intégrées aux Zones Franches portuaires, elles peuvent avoir des effets importants sur un territoire grâce à l'exonération de la TVA et des droits de douane pour les marchandises non communautaires, offrant la possibilité de stocker des marchandises dans des entrepôts en attendant la reprise du marché. Pour l'instant, ces instruments, bien qu'ils aient progressé d'un point de vue procédural, semblent être dans une phase de « blocage technique » en raison de l'absence de décrets d'application, mais l'impact économique qu'ils pourraient avoir semble prometteur.

¹² <http://www.upbilancio.it/wp-content/uploads/2020/04/Nota-sulla-congiuntura-di-aprile-2020.pdf>

LES PORTS EN TANT QUE NŒUDS STRATEGIQUES POUR LE TRANSPORT DE MARCHANDISES EN EUROPE : SCENARIOS ET DEFIS

Dans la communication intitulée « Les ports : un moteur pour la croissance »¹³, l'Union européenne exprime sa confiance dans la contribution importante que le réseau de ports européens peut apporter au développement du marché intérieur, à la compétitivité des économies de l'Union, à leur durabilité et à la continuité territoriale des États membres.

Dans son livre blanc sur les transports de 2002, la Commission européenne a envisagé la création d'une « ceinture bleue » pour le secteur du transport maritime dans les mers qui bordent l'Europe, permettant de simplifier les formalités administratives pour les navires opérant entre les ports de l'UE. L'adaptation du cadre européen en matière de transports par voies de navigation intérieure a été lancée et l'accès aux ports a été encore amélioré. Le développement des ports représente en effet le prolongement naturel de la stratégie de développement du réseau transeuropéen de transports RTE-T. D'ailleurs, 74 % des marchandises importées et exportées et 37 % des échanges au sein de l'Union passent par les ports maritimes.

Toutefois, la communication susmentionnée souligne un certain nombre de problématiques, parmi lesquelles les écarts d'efficacité entre les ports : quelques ports d'Europe du Nord absorbent la plupart des volumes de trafic, tandis que les autres, aux dimensions d'échelle insuffisantes, présentent des inefficacités qui les rendent inadaptés aux nouvelles exigences. Les défis sont également exacerbés par le fait que le secteur est en constante évolution et que les innovations fréquentes risquent de rendre obsolètes même les infrastructures portuaires relativement récentes.

Parmi les changements de scénarios les plus significatifs, on peut citer :

1. L'augmentation de la taille et de la complexité de la flotte, et notamment les grands navires porte-conteneurs, les nouveaux types de ferries rouliers et les gaziers. Un exemple est la commande par une grande compagnie européenne de 20 navires d'une capacité de 18 000 EVP pour l'année 2015, ce qui équivaut à une ligne ininterrompue de poids lourds pour le transport de marchandises allant de Rotterdam à Paris.
2. La pression qui en résulte sur les infrastructures et les investissements, y compris l'extension des postes d'amarrage, des quais, des écluses, l'augmentation de la profondeur des chenaux et des bassins, ainsi que les aménagements permettant de manœuvrer de plus grands navires.
3. L'afflux de grands navires implique également leur transit par des voies d'accès de plus en plus obligées et un plus grand mouvement de matériaux sur le fond marin, avec les risques que cela comporte pour la sécurité de la navigation dans le port. La manœuvrabilité des grands navires nécessite des investissements importants, y compris en eaux plus profondes.
4. Les normes environnementales imposées aux opérations portuaires sont également en progression, ce qui entraîne des choix de plus en plus exigeants en matière de planification portuaire, avec des répercussions sur les choix et le calendrier des plans de dragage et de l'élimination des matériaux de dragage.

Comme dernier défi, les exigences relatives à la sécurité des navires, tant de fret que de

¹³ Cfr. COM/2013/0295 final

passagers, restent élevées et parfois non satisfaites. Le livre blanc sur les transports de 2002 a également souligné la nécessité d'aborder de manière proactive la question de la sécurité, en indiquant le système de suivi du trafic des navires et d'information (SafeSeaNet) comme étant au cœur de tous les outils destinés à garantir la sécurité du transport maritime et la protection de l'environnement contre la pollution. Bien que ce système vise à créer un réseau commun de partage d'informations pour la surveillance du secteur maritime dans l'Union européenne, la nécessité d'un partage axé non seulement sur les navires, tant de fret que de passagers, mais aussi sur les caractéristiques physiques des ports, ne semble pas être apparue à l'époque.

LA SECURITE DES PORTS COMME FACTEUR DE COMPETITIVITE

Un facteur qui est peut-être sous-estimé dans la planification stratégique liée à l'économie maritime est la prévention des accidents, notamment au sein du système portuaire. Cette question est manifestement liée aux aspects de sécurité et de protection de l'environnement, mais elle représente également un facteur de compétitivité économique évident. Les dommages causés par un accident maritime sont énormes, tant en termes de coûts humains qu'en termes de perte de valeur et d'infrastructures et, bien entendu, en termes de coûts environnementaux. Ensuite, il faut compter le coût des enquêtes nécessaires et de la remise en état de toute infrastructure endommagée.

Le rapport annuel 2019 de l'AESM¹⁴ sur les victimes et les accidents maritimes souligne qu'en Europe les navires de charge et les grands navires à passagers sont les plus fréquemment affectés par des accidents, une tendance qui a d'ailleurs fortement augmenté de 2011 à 2015, avec seulement une légère baisse au cours des trois années suivantes. Les navires de charge, après un accident, sont les plus fréquemment considérés comme étant inaptes à continuer à naviguer, ce qui témoigne d'un indice de gravité des accidents plus élevé. On comprend presque intuitivement que les navires ayant le plus grand tonnage, notamment pour le transport de conteneurs, sont aussi les plus impliqués dans des accidents.

Les types d'accident les plus fréquents sont la perte de contrôle et la collision entre navires, impliquant principalement des cargos, tandis que l'échouage est la cinquième cause d'accident la plus fréquente. Il est alarmant de constater que 50,9 % des accidents se produisent dans les eaux intérieures, la sous-catégorie des eaux portuaires représentant 41,7 % du total : le port est le lieu le plus à risque pour tous les types de navires, à l'exception des bateaux de pêche.

Les données présentées au niveau européen sont en grande partie conformes à celles recueillies au niveau italien¹⁵, desquelles on peut déduire une fois de plus que les collisions et les abordages sont le type d'accident le plus fréquent, et qu'ils se produisent surtout dans les ports. Dans ce cas, les données fournissent également le pourcentage des causes: dans 14,9% des cas (période 2008-2017) l'accident est attribuable au « cas fortuit » (au sens de « toutes les circonstances aléatoires, non modifiables et imprévisibles, telles que par exemple la collision contre un corps immergé ou semi immergé »).

14 *Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2019*, European Maritime Safety Agency. <http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/external-news/item/3734-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2019.html>

15 *Ministère des infrastructures et des transports : rapport sur les incidents maritimes et les accidents à bord des navires 2017*. https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/notizia/2019-01/Rapporto%20sui%20sinistri%20marittimi%20-%20Anno%202017%20web_1.0.pdf

Enfin, des données intéressantes indiquent que les navires de service opérant dans les ports (tant pour le transport interne de passagers que pour des fonctions opérationnelles, y compris le dragage, le remorquage, la recherche, etc.) sont les navires ayant en moyenne le plus d'ancienneté. Ce sont les navires les plus vieux et donc probablement les moins avancés sur le plan technologique.

À l'avenir, il est raisonnable de penser que les ports pouvant donner (et démontrer) plus de garanties en termes de sécurité pourront devenir plus attractifs pour le système des transports. Cela peut être réalisé à la fois par des ajustements infrastructurels (y compris la révision et l'actualisation régulières des plans de dragage et de la destination des quais) et par des ajustements technologiques et des échanges de données.

La politique européenne en matière de sécurité maritime semble avoir l'intention, à l'avenir, d'élargir le concept de sécurité et de sûreté en étendant la collecte de données non seulement aux navires mais aussi aux ports¹⁶, en identifiant l'échange entre les différents systèmes de collecte de données comme une solution centrale dans le contrôle des activités maritimes. Le système GRAMAS représente une nouvelle étape dans l'expérimentation d'une intégration des données collectées au niveau européen à des fins de suivi, de contrôle, de sûreté et de sécurité.

EVOLUTION DES PORTS VERS LA REGIONALISATION ET LA SPECIALISATION

Après les années de la phase aiguë de la crise financière de 2007-2008, le transport maritime a poursuivi, bien qu'à un rythme plus lent, sa tendance à l'expansion, qui s'est surtout caractérisée par la concentration sur un nombre réduit de ports hubs, la concentration d'entreprises et l'utilisation de navires de plus en plus grands et rapides. Au cours des quinze dernières années, les échanges commerciaux, notamment par conteneurs, ont joué un rôle moteur dans l'expansion des ports et des terminaux. De nombreux investissements ont été réalisés dans les infrastructures portuaires, dans un contexte où la concurrence entre les ports évolue et acquiert de plus en plus une dimension régionale. Les ports cherchent à acquérir une position forte au sein d'une région et tentent de coopérer avec d'autres ports ou avec l'arrière-pays. Le transport de conteneurs, en particulier, a vu se développer plusieurs réseaux de ports concurrents en Europe. Ces réseaux peuvent inclure plusieurs ports. En outre, dans d'autres domaines liés au fret, la concurrence entre les ports et les régions portuaires en Europe s'intensifie. La distinction entre les ports du nord et les ports du sud est en partie obsolète, car ils appartiennent parfois au même réseau de ports. Toutefois, il existe toujours une différence dans la production de cargaisons, qui est plus élevée dans les ports du nord-ouest de l'Europe¹⁷.

Le rôle principal des autorités portuaires est passé de régulateur à facilitateur des chaînes logistiques par : (1) l'optimisation des processus et des infrastructures portuaires ; (2) un rôle central dans la création de plateformes impliquant toutes les parties prenantes pour traiter des questions de performance logistique ; (3) la promotion et le soutien d'un système de transport intermodal efficace ; (4) le développement de relations stratégiques avec l'arrière-pays.

¹⁶ *European Maritime Safety Agency: EMSA Outlook 2020.* <http://emsa.europa.eu/publications/corporate-publications/item/3890-emsa-outlook-2020.html>

¹⁷ *Etude « Aides d'état à destination des ports maritimes de l'UE », Direction Générale des Politiques Internes de l'Union, 2011.*
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/JOIN/2011/460079/IPOL-TRAN_ET\(2011\)460079\(SUM01\)_FR.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/JOIN/2011/460079/IPOL-TRAN_ET(2011)460079(SUM01)_FR.pdf)

Ces tendances semblent impliquer une attention croissante, en tant qu'élément clé pour l'augmentation de la productivité et de la compétitivité du secteur, à la disponibilité d'infrastructures adéquates, tout d'abord d'eaux suffisamment profondes pour les quais, et à l'amélioration du système portuaire au niveau des grandes zones régionales supranationales : plusieurs indices provenant du type et de la fréquence des routes maritimes indiquent un processus de régionalisation du commerce mondial qui touche probablement aussi les chaînes de valeur et d'approvisionnement (Rapport SRM 2020). Les futurs systèmes portuaires se caractérisent donc par l'accent mis sur un port hub ayant des eaux profondes et éventuellement relié à un réseau de ports intermédiaires. C'est le tableau décrit plus en détail par le Plan National pour les Ports et la Logistique, mais qui est remis en cause, dans des directions non encore clarifiées, par l'urgence environnementale-climatique et celle liée à la pandémie de COVID-19.

6.5. LE FINANCEMENT PUBLIC DES OUVRAGES AU NIVEAU COMMUNAUTAIRE

Les enjeux liés à l'adaptation infrastructurelle des ports incluent inévitablement une meilleure définition législative et administrative, surtout en ce qui concerne la concrétisation des principes de durabilité environnementale, qui fait toujours défaut (en particulier au regard de l'application du « principe de précaution », avec pour conséquence une augmentation des coûts), mais aussi en ce qui concerne un cadre de planification qui est encore insuffisant.

Des divergences sont apparues au niveau de la réglementation communautaire liées à la classification du financement des ouvrages en tant qu'aides d'État. En 2011, la DG Concurrence a annoncé le lancement d'une étude sur le financement public dans les ports maritimes (« Aides d'état à destination des ports maritimes, Etude »), dont les conclusions mettent en évidence des problèmes liés aux règles de révision des aides d'État, en constatant des risques de concurrence déloyale entre les États membres. Il est notamment souligné la nécessité d'établir des orientations communes sur le financement des infrastructures d'accès aux ports et des infrastructures de base, des infrastructures liées aux terminaux, des superstructures et de la gestion des matériels.

Sur la base de ces observations, la Commission européenne a mis en œuvre une série d'actions, à la fois correctives et simplificatrices.

En janvier 2016, la Commission avait invité les Pays-Bas à mettre fin aux exonérations de l'impôt sur les sociétés accordées aux ports maritimes publics néerlandais, puis en juillet 2017 elle a invité la France et la Belgique à mettre fin aux exonérations de l'impôt sur les sociétés accordées à leurs ports respectifs. La Commission a également invité l'Italie, en janvier 2019, à adapter sa législation afin de garantir qu'à partir du 1er janvier 2020 les ports paient l'impôt sur les sociétés de la même manière que les autres entreprises actives. Le gouvernement italien a rejeté cette demande, déclarant que les Autorités de Système Portuaire ne sont pas des entreprises économiques mais des organismes de régulation. Sur ce point, une procédure d'infraction a été engagée, mais la Commission a précisé dans une note que la suppression des avantages fiscaux ne signifie pas que les ports ne peuvent plus recevoir de contributions de l'État : les États membres ont en effet de nombreuses possibilités de soutenir les ports tout en respectant les normes de l'UE en matière d'aides d'État, par exemple afin d'atteindre les objectifs de l'UE en matière de transports ou afin de réaliser les investissements infrastructurels nécessaires qui seraient impossibles sans l'intervention publique.

6.5.1. LE CAS DE TARENTE CONCERNANT LES PRETENDUES AIDES D'ÉTAT ITALIENNES

Le rôle du dragage dans les nombreux ports du Sud est particulièrement important dans le contexte italien. La consultation du document communautaire interne intitulé « Dragage et élimination des matériaux de dragage dans le port de Tarente » présente un certain intérêt à cet égard. Ce document énonce la position de la Commission sur une affaire de prétendues « aides d'État » liées au financement de travaux de dragage dans le port de Tarente au moyen de fonds nationaux (et européens).

Le port de Tarente est spécialisé dans le transbordement, il a manutentionné en moyenne moins de 800 000 EVP au début des années 2000, mais moins de 200 000 en 2013. Une crise est donc apparue qui mettait en danger l'ensemble des emplois directs et indirects. Pour l'éviter un investissement a été réalisé, qui prévoyait l'excavation des fonds jusqu'à 16,5 m, ce qui permettrait le retour aux volumes de trafic antérieurs à 2009 (1,8% du volume de trafic conteneurs de la Méditerranée), pour un coût de 83 millions d'euros, dont 26 liés au dragage et 57 à l'élimination. 54 % des fonds sont constitués de fonds ministériels et régionaux ; une valeur actuelle nette négative de près de 75 millions d'euros indique l'impossibilité d'un investissement non soutenu par des investissements publics (c'est-à-dire exclusivement par l'Autorité Portuaire compétente). L'autorité portuaire était contractuellement tenue de garantir à la société concessionnaire une profondeur d'au moins 15 mètres (mais, compte tenu des nouvelles exigences du marché, de 16 à 18 mètres) ; toutefois l'Autorité Portuaire n'a pas été substantiellement en mesure de remplir ses obligations contractuelles envers la société concessionnaire TCT. L'avis de la Commission accepte en substance la thèse des autorités italiennes selon laquelle l'augmentation de la profondeur ne se traduira pas par une distorsion substantielle de la concurrence (le port de Tarente manutentionne en 2013 1,21% du transbordement des 5 principaux ports méditerranéens). L'augmentation de la redevance domaniale nécessaire pour couvrir le coût de l'investissement devrait s'élever à 158%, un niveau incompatible avec le maintien du trafic local, déjà difficile à retenir et à éviter la fermeture du port, au profit des ports égyptiens et marocains. Le financement des travaux de dragage est susceptible d'affecter la concurrence, comporte des aides d'État, mais tout avantage économique procuré au concessionnaire serait minime, et surtout « compatible avec le marché intérieur » dans la mesure où il « n'altère pas les conditions des échanges dans une mesure contraire à l'intérêt commun ».

À cet égard, en mai 2017, la Commission a simplifié les règles régissant les investissements publics dans les ports. En particulier, la Commission a étendu le champ d'application de son règlement général d'exonération par catégorie aux investissements non problématiques dans les ports. Grâce à cette modification, les États membres peuvent désormais investir jusqu'à 150 millions d'euros dans les ports maritimes et jusqu'à 50 millions d'euros dans les ports intérieurs en toute certitude juridique et sans contrôle préalable de la Commission. En particulier, le règlement permet aux autorités publiques de couvrir les coûts de dragage des ports et de leurs voies d'accès. En outre, les règles de l'UE permettent aux États membres de rembourser aux ports les frais encourus dans l'accomplissement de leurs missions de service public (services d'intérêt économique général).

Plus précisément, en Italie, l'espoir d'une simplification bureaucratique est également donné par la possibilité de mettre en œuvre un nouvel instrument réglementaire (art.2 par.4 du Décret Simplifications), qui supprime la nécessité de recourir au Code des marchés publics pour les ouvrages, même en matière de concessions et de services portuaires. L'intervention réglementaire semble avoir été validée également au niveau de l'UE, avec l'arrêt « Malpensa Logistica Europa » du 13/7/2017, où la Cour de justice européenne avait accueilli la législation italienne qui ne prévoit pas de procédure publique préalable d'appel d'offres pour les attributions, même temporaires, d'espaces destinés à l'assistance en escale dans les aéroports, non accompagnées du paiement d'une contrepartie par l'exploitant de l'aéroport. Cette interprétation semble légitimement transférable aussi au cas des ouvrages portuaires.¹⁸

LA NECESSITE D'ADAPTATION DES PORTS DANS LE CONTEXTE FRANÇAIS

Il convient tout d'abord de souligner que la consultation de documents sur les questions de compétitivité des ports et de dragage des fonds révèle des situations, ou du moins des perceptions, différentes entre l'Italie et la France : en France, le problème du financement du dragage a été vivement débattu (dans quelle mesure il doit être pris en charge par l'État ou - comme cela s'est produit pour des raisons budgétaires - peut être délégué aux autorités portuaires), mais le sentiment d'urgence de débloquent des travaux de dragage pour approfondir ou maintenir les fonds, en tant que question cruciale de compétitivité des ports mêmes, est beaucoup moins pressant qu'en Italie¹⁹. Cela est probablement dû aussi au caractère différent du système portuaire (plus de transbordement en Italie, plus grande importance du trafic de conteneurs, situation géographique différente, moins d'incertitude réglementaire en France - ce qui se traduit par une plus grande certitude en matière de coûts - moins de ports en France - et donc plus d'économies d'échelle - plus d'urgences environnementales en Italie).

En ce qui concerne le contexte français, on estime que chaque année le volume de sédiments à enlever dans les ports français s'élève à 25 millions de mètres cubes, avec une dépense d'environ 69 millions d'euros pour les seuls GPM. Au niveau national, il a été décidé d'augmenter la participation de l'État aux opérations de dragage (de 26 millions en 2017 à 30 millions en 2018), grâce à des outils spécifiques de planification négociée dans les « Grands Ports Maritimes » (le système des ports les plus importants), pour permettre aux ports de retrouver leur compétitivité²⁰. En effet, aucun port ne peut se permettre de reporter des travaux indispensables à la compétitivité, de sorte que les ports eux-mêmes doivent augmenter les redevances au détriment de la compétitivité (l'exemple du port de Rouen est donné,

18 L'article 2 du Décret Simplification précise que « dans les cas visés au paragraphe 3 et dans les secteurs [...] des transports et des infrastructures routières, ferroviaires, portuaires, aéroportuaires, lacustres et hydrauliques, [...] les maîtres d'ouvrage, pour l'attribution des activités d'exécution de travaux, de services et de fournitures ainsi que de services d'ingénierie et d'architecture, y compris l'activité de conception, et pour l'exécution des marchés correspondants, opèrent par dérogation à toute disposition législative autre que pénale, sauf pour le respect des dispositions du code des lois antimafia et des mesures de prévention, visées au décret législatif n° 159 du 6 septembre 2011, ainsi que des contraintes obligatoires découlant de l'adhésion à l'Union européenne [...] ».

19 <http://www.programmazioneeconomica.gov.it/2015/10/01/il-sistema-portuale-italiano/#interventi>. Le document gouvernemental affirme que « l'approfondissement des fonds (...) apparaît comme le véritable défi que doit relever le système portuaire, non seulement pour accroître, mais aussi pour ne pas voir se réduire, en perspective, sa propre compétitivité au regard des trafics de longue distance ». Même si ensuite il essaie de circonscrire le périmètre des demandes avancées : « des fonds supérieurs à 16 mètres ne sont, en perspective, nécessaires que pour les ports qui ont les potentialités leur permettant d'être compétitifs dans le marché international des conteneurs. (...) la priorité doit néanmoins être accordée à ceux qui ont les fonds naturels les plus profonds » (p.104).

20 Comité interministériel de la mer, Dossier de Presse, 4.11.2016

qui pourrait revenir à une réduction des redevances de 18% moyennant une intervention raisonnable de l'État). La première mesure en faveur de la compétitivité des ports à laquelle le gouvernement s'est engagé (Dossier de Presse cité ci-dessus) est l'augmentation des ressources mises à la disposition des ports spécifiquement pour le dragage. En effet, entre 2005 et 2015, les allocations de l'État pour le dragage et autres ouvrages ont été réduites de 53 à 40 millions d'euros, ce qui souligne la nécessité d'un recouvrement important. Le port de Marseille, seul port méditerranéen parmi les GPM, n'absorbe qu'environ 5 % des ressources. Le dragage permet de réaliser d'importantes économies d'échelle : le port de Dunkerque, proche de la Belgique, bénéficie d'économies d'échelle car il peut faire appel à des entreprises belges qui travaillent pour le marché plus vaste du Northern Range.

LA NECESSITE D'ADAPTATION DES PORTS DANS LE CONTEXTE ITALIEN

En ce qui concerne l'Italie, le Plan Stratégique National en matière de Ports et de Logistique (PSNPL) est le document qui a pour mission « *de renforcer la compétitivité du système portuaire et logistique...* », il est donc utile pour encadrer les orientations des politiques publiques sur la question de la compétitivité des systèmes portuaires.

Il convient de noter que l'objectif 1 du Plan (« simplification et rationalisation »), qui inclut la nécessité d'« optimiser les procédures d'approbation des travaux et le calendrier de leur exécution » (en effet, la lourdeur des procédures est l'une des raisons du retard accumulé dans la mise à disposition de quais en eaux profondes) et l'objectif 9 « suivi, promotion et planification » mettent en évidence non seulement des problèmes d'infrastructures, mais aussi des problèmes de coordination et de lourdeur bureaucratique.^{21,22}

Ces questions se reflètent également dans les objectifs fixés par le PSNPL. Parmi ceux-ci, il faut mentionner tout d'abord l'objectif n° 5 (« amélioration des performances des infrastructures »), qui inclut directement « l'adaptation ciblée des fonds et des quais à la taille des navires » comme élément central de l'amélioration des performances de l'ensemble du « système de la mer ». En outre, dans l'objectif n° 5, la nécessité est indiquée de définir « des critères de sélection et de priorisation des propositions de financement public pour les investissements proposés », ce qui serait évidemment facilité par la disponibilité de données de surveillance continue de la profondeur des fonds (et donc de l'analyse effective des besoins de dragage).

La question de la profondeur des fonds par rapport à une meilleure utilisation des quais et des ports est centrale dans le document, qui indique que « les fonds et les quais sont les principaux éléments liés à l'accessibilité maritime pour lesquels l'offre portuaire doit suivre les exigences de la demande. Les grands porte-conteneurs exigent d'un côté l'approfondis-

21 SRM a estimé, en analysant un panel de programmes d'exploitation portuaire (POT), plus de 4 milliards d'ouvrages portuaires à différents stades d'avancement et de taille variable. L'identification et le recensement des travaux et de leur stade de conception sont indiqués comme un point de départ possible pour une déburcaucratization progressive (interventions de déblocage des ports) sur un panel d'infrastructures à fort impact économique, en concentrant les ressources de l'État sur les ouvrages pouvant être mis en œuvre immédiatement.

(<https://www.regionieambiente.it/trasporti-marittimi-srm/>).

22 Récemment Confrasperto aussi, un organisme de représentation d'acteurs privés des services de transport, a lancé un appel sur la nécessité de résoudre des problèmes structurels comme les dragages ou l'adaptation des quais aux changements climatiques et à la qualification environnementale, de manière prioritaire par rapport à des projets ambitieux visant à augmenter la capacité d'accueil de conteneurs. Il est convenu aussi dans ce cas sur la nécessité de viser le renforcement du programme logistique national, par un plan extraordinaire de dragages bénéficiant de procédures d'urgence, l'électrification des quais et le lancement de projets liés à l'hydrogène.

sement des fonds, de l'autre côté l'allongement des quais (afin de permettre l'accostage de navires plus longs et l'accostage contemporain de plusieurs navires).²³ ». En d'autres termes, l'offre structurelle doit s'adapter aux caractéristiques techniques qui s'imposent progressivement dans le transport maritime (navires de plus grande taille pour permettre des économies d'échelle). Le Plan indique que le système portuaire italien, de par sa nature même, connaît un problème d'échelle plus petite, ne serait-ce que pour des raisons géographiques, que celle des ports du Northern Range (pris comme référence), avec des problèmes de profondeur insuffisante des fonds (entre 9,8 et 18 mètres). Cela rend le système portuaire adapté aux navires actuels, mais pas aux flux de conteneurs prévisibles, dans au moins six des principaux ports (les trois ports de la mer Tyrrhénienne moyenne et du nord de Gênes, La Spezia et Livourne, ainsi que Naples, Ravenne et Venise) en dessous du niveau limite des 16 mètres.²⁴

LE DRAGAGE DU CHENAL D'ACCES À PORT MARGHERA: UN DEFI BUREAUCRATIQUE

L'Autorité interrégionale compétente pour les travaux publics (Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche) a récemment autorisé les travaux d'excavation du Chenal Malmocco-Marghera, principale artère de navigation commerciale du port de Marghera. L'Autorité portuaire communique que 573 000 mètres cubes de boue seront enlevés et qu'ils seront déposés sur l'Île de Tresse, tandis que les sédiments de type A seront utilisés pour le remblayage d'une série de lais identifiés par l'Autorité et le Provveditorato. De cette façon, le Chenal Industriel Ouest de Porto Marghera pourra être rétabli à la profondeur de -11 mètres. Les travaux d'excavation ont déjà été attribués dans le cadre d'une procédure ouverte et nécessitent une dépense totale de plus de 15 millions d'euros. La nouvelle a été reçue sous les applaudissements de toute la communauté portuaire vénitienne, le commissaire extraordinaire Pino Musolino a souligné : « cela a pris beaucoup d'années, trop sûrement, mais finalement, grâce aussi à la précieuse collaboration du Provveditorato et à la participation active de toute la communauté portuaire, on peut dire que nous avons débloqué le nœud des dragages dans la lagune. [...] Le port de Venise sera bientôt en mesure de rétablir des relations précieuses avec les opérateurs internationaux, qui s'étaient refroidies en raison d'une absurde impasse bureaucratique. Cela signifie que l'on pourra rétablir dans la lagune des connexions directes et des services de collecte avec les principaux hubs portuaires de la Méditerranée et de l'Extrême-Orient, ce qui permettra d'alimenter le travail de nos terminaux et de desservir plus efficacement l'industrie de la Vénétie en développant de nouveaux services logistiques et portuaires compétitifs ».

23 "Piano Strategico Nazionale della Portualità e della Logistica, pag.104

24 Dans la littérature, cependant, les opinions divergent légèrement en ce qui concerne la relation entre la profondeur du fond (dont la nécessité découle à son tour du tirant d'eau des navires) et la taille du navire (pour laquelle la donnée pertinente est celle des EVP pouvant être transportés. Un fond de 14 m est considéré comme le minimum pour un navire de 10 000 EVP (<http://terzovalico.mit.gov.it/node/197>), profondeur qui est de 16 m dans le cas de ports de première escale, c'est-à-dire de premier chargement dans des conditions de marée basse (en effet, le dernier port de déchargement a des exigences de profondeur inférieures - voir D. Cazzaniga Francesetti, *I criteri di scelta dei porti internazionali e i porti italiani, s.d.*). Parmi les ports de la Méditerranée centrale et occidentale, seuls Trieste, Gioia Tauro, le Pirée, Barcelone, Valence, Algésiras, étaient considérés comme ayant une profondeur suffisante jusqu'à il y a quelques années (condition qui doit être couplée avec des esplanades de taille suffisante).

Aussi les objectifs 7 et 9 (« durabilité environnementale », « suivi, promotion et planification ») impliquent des actions visant à améliorer l'efficacité des opérations de dragage des fonds (comme celles du projet GRAMAS), d'une part par la structuration d'« informations d'observatoire sur la variabilité de la profondeur des fonds - composante des équilibres environnementaux » et d'autre part par la structuration d'un flux d'informations utiles à la « planification nationale du système portuaire », et notamment aux flux d'investissement nécessaires pour les opérations de dragage. Nous avons déjà beaucoup parlé de l'impact environnemental et de la possibilité de réutiliser les sédiments dans la section consacrée à la « gestion des sédiments ».

LE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE DE LA PROPOSITION

Les modèles de Open innovation - bref aperçu

« L'innovation se distingue du développement technologique et de l'invention par l'introduction du produit, du service ou du processus sur le marché ».

(Commission européenne, DG Recherche & Innovation, Rapport du groupe d'experts, Marchés publics pour la recherche et l'innovation)

On commence à parler de Open Innovation en 2003 avec la publication du livre « Open Innovation book » de l'économiste américain Henry Chesbrough. Le concept prend forme en Europe grâce à la Commission européenne qui, en 2015, lance la stratégie des 3 O : open innovation, open science, open to the world²⁵, avec laquelle elle entendait donner des lignes directrices au programme-cadre de recherche Horizon 2020 alors en vigueur et plus généralement à l'espace européen de la recherche. Ces principes s'appliqueront également au futur programme Horizon Europe, en orientant les activités de recherche et d'innovation vers des modèles de développement et de mise en œuvre ouverts et collaboratifs.

Aujourd'hui, le concept de Open Innovation a atteint un état de maturité qui impose de réfléchir à des approches évolutives du modèle lui-même, en dépassant tout d'abord l'accent exclusif mis sur la technologie, en tant qu'objet possible des systèmes d'innovation ouverte, en incluant dans les processus de co-conception les utilisateurs finaux et des considérations socio-économiques²⁶.

Plus précisément, les modèles évolués de Open Innovation sont ceux dans lesquels deux conditions se produisent : les utilisateurs finaux, ceux qui utiliseront et bénéficieront de l'innovation produite, sont au cœur du parcours de création, ou plutôt de co-création. Pour que ce processus de co-création se déroule de manière satisfaisante, il est nécessaire qu'il y ait également le bon éco-système, au sein duquel toutes les parties prenantes collaborent au niveau intersectoriel et interdisciplinaire pour co-créer des solutions aux défis socio-économiques et commerciaux.

Lorsqu'on parle de parties prenantes, on entend tous ceux qui font partie d'une manière ou d'une autre du processus de recherche, de développement et d'innovation : les administrations publiques, les entreprises, les innovateurs, les universités et les centres de recherche et notamment les citoyens.

25 «Open innovation, open science, open to the world - a vision for Europe», Commission européenne, 2016, disponible sur <https://ec.europa.eu/>

26 «Open innovation 2.0 - Year book 2017-2018», Commission européenne, disponible sur <https://ec.europa.eu/>

En ce qui concerne les administrations publiques, il est difficile dans la plupart des cas de les associer à des acteurs et à des moteurs potentiels de l'innovation, encore moins si on ne parle pas d'innovation incrémentale mais plutôt d'innovation de rupture.

Une étude de l'OCDE « Fostering Innovation in the Public Sector »²⁷ de 2017 souligne que les 5 principaux obstacles à l'innovation au sein d'un organisme du secteur public sont:

- absence de modèles d'investissement pour l'innovation au sein des organisations;
- manque de budget, d'équipes, de processus et de compétences dédiées;
- manque de systèmes d'incitation et de récompense;
- difficulté à partager les innovations en raison de la séparation et de la faible collaboration entre les différents bureaux/départements;
- manque de systèmes de gestion des risques pendant les phases d'expérimentation.

Faire de l'innovation ouverte signifie surmonter les modèles traditionnels de transfert de technologie, en créant des écosystèmes réceptifs et collaboratifs dans l'adoption et la co-création d'innovations et en maintenant un échange ouvert avec tous les acteurs du processus, en premier lieu les utilisateurs finaux.

Les projets de collaboration financés par des fonds européens peuvent représenter une occasion de développement de ces écosystèmes tant au niveau du consortium qui devra mettre en œuvre la proposition de projet qu'en transférant ce modèle au sein des organisations qui, une fois le projet terminé, adopteront et/ou transféreront à la communauté de référence la ou les innovations développées.

Il s'agit donc cette fois-ci d'agir sur la création de l'écosystème qui peut favoriser le développement du modèle d'innovation ouverte et que ce modèle soit intégré au mode de fonctionnement de l'organisation.

Un modèle de open innovation pour la communauté portuaire

Le port représente un banc d'essai à très fort potentiel pour le développement d'un écosystème évolué d'innovation ouverte, où le modèle collaboratif permettrait de développer davantage le fort potentiel d'innovation d'un système complexe tel que le système portuaire, permettant également de franchir les frontières de la communauté portuaire elle-même et ouvrant les portes à la communauté territoriale de référence, non seulement en tant que partie prenante ou utilisatrice finale mais surtout en tant que co-conceptrice d'un nouveau modèle de développement et d'interaction.

Un processus de construction de l'écosystème ouvert qui devrait se dérouler par étapes et par couches superposées, composant pas à pas une nouvelle communauté, intégrée, collaborative et ouverte.

Un écosystème qui se compose avant tout de capital humain, principal moteur des modèles d'innovation ouverte.

Il existe notamment deux outils concrets à partir desquels on peut construire un premier

27 "Fostering Innovation in the Public Sector", OCDE, 2017, disponible sur www.oecd.org

noyau d'innovateurs qui composera une communauté capable de partager, de transmettre et de générer de nouvelles idées:

- la possibilité de financer l'innovation par la soumission de propositions de projets dans le cadre d'appels européens à propositions de financement en incluant dans la proposition de projet des activités de suivi spécifiques pour couvrir le besoin d'innovation supplémentaire que les projets financés génèrent. Cela servirait de point de départ pour développer de nouveaux projets impliquant une communauté plus large, capable de réaliser de nouveaux produits, services et processus pour soutenir les résultats obtenus par les projets financés.
- la disponibilité de données, produits, services et processus à partager, dans la perspective de l'innovation ouverte, pour stimuler la communauté d'innovateurs dans l'ouverture de nouveaux marchés et de nouvelles possibilités de développement.

Une communauté qui, comme on l'a déjà souligné, devrait être créée à partir d'un noyau initial de « solutionneurs », la communauté des innovateurs, qui peut être rejointe par, par exemple : des start-ups, des professionnels individuels, des entreprises innovantes, des concepteurs, des entrepreneurs en herbe, des développeurs.

Par cercles concentriques, la communauté des idées s'élargit progressivement jusqu'à atteindre les citoyens, les utilisateurs finaux, selon l'approche la plus récente de l'innovation ouverte où l'utilisateur final est lui-même le générateur et l'acteur central du processus d'innovation.

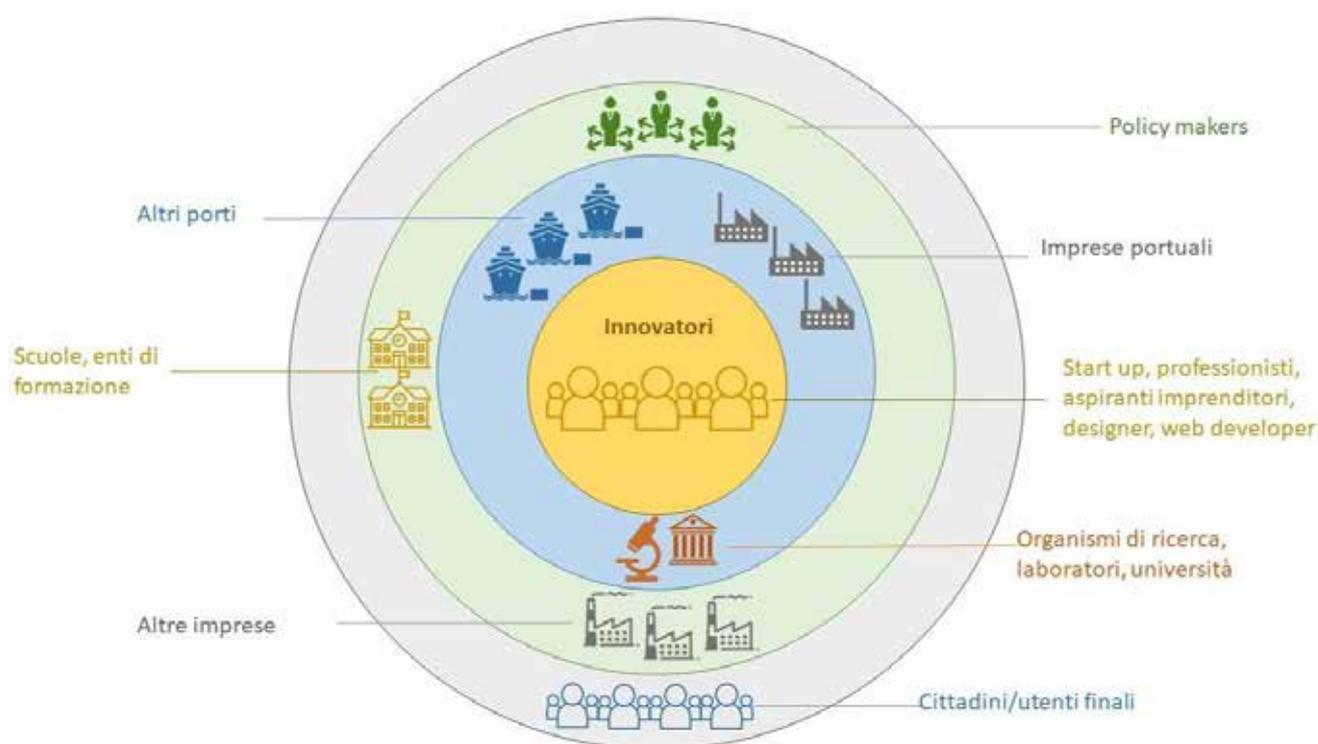


Fig. 17: « La communauté portuaire ouverte »

Une communauté qui peut être construite à partir des outils décrits ci-dessus, avant tout en alimentant la communauté elle-même par des actions dédiées dans le cadre des stratégies de suivi et d'« exploitation » des projets financés, par exemple en incluant i) des événements et des moments de co-conception destinés aux développeurs et aux startuppeurs afin d'exploiter les résultats produits par les projets ou d'en co-crée de nouveaux (hackathon,

appel à start-up, prix start-up, etc.) ii) des procédures d'achat public avant commercialisation ou de partenariat pour l'innovation à la conclusion ou pendant la mise en œuvre du projet afin d'acquérir des produits ou des services innovants non disponibles au sein du consortium des partenaires ; iii) des appels à idées destinés aux étudiants universitaires ou des écoles secondaires ; iv) des moments consacrés au partage des résultats avec les entreprises du territoire afin de faciliter le transfert de technologie mais aussi le développement de nouvelles collaborations.

Une fois que la communauté aura pris forme et qu'un premier noyau d'acteurs aura été créé, il sera fondamental de travailler à la création et à la consolidation du réseau. En ce sens, le rôle d'un intermédiaire, capable de concevoir et de mettre en œuvre des activités d'animation et de facilitation sera indispensable.

Dans le paragraphe suivant consacré aux financements, sont identifiés les fonds potentiels par lesquels soutenir le démarrage d'une action de facilitation et d'intermédiation qui peut contribuer à créer, consolider et gérer la communauté.

Un autre élément, mentionné ci-dessus, qui peut apporter une contribution substantielle à la création et à la consolidation de la communauté, est le partage de l'ensemble de données dont dispose le système portuaire, des données environnementales, des données sur le trafic de marchandises, le transit des passagers, etc., dont la communauté des innovateurs peut tirer parti pour créer de nouveaux produits et services, au bénéfice également de la communauté portuaire elle-même et pour ouvrir de nouveaux marchés potentiels.

Une communauté qui aurait à sa disposition des forces vives pour se nourrir et se développer, au profit de la communauté portuaire et au-delà, en favorisant la création de liens avec le territoire et en intervenant pour combler un vide évident en termes de transfert de technologie, de l'organisation productrice d'innovation vers le territoire de référence, où aujourd'hui l'innovation produite reste souvent enfermée au sein des organisations qui la développent ou qui l'acquièrent (dans ce cas, grâce à la collaboration avec un partenariat international) et peine à générer des retombées positives sur le territoire où ces organisations opèrent et avec lequel elles devraient interagir.

La communauté des innovateurs, se nourrissant des innovations et des pistes d'innovation mises à disposition par les projets de recherche et de développement, a la possibilité de se développer et, si elle est dotée d'un système d'animation et de coordination, grâce à la facilitation par des groupes multidisciplinaires, de s'enraciner sur le territoire, selon un système racinaire typique du monde végétal, « dépourvu d'organes individuels mais avec des fonctions réparties sur l'ensemble du corps »²⁸.

CAPITALISER SUR L'INNOVATION PRODUITE - LES LIGNES DE FINANCEMENT 2021-2027

Les politiques européennes a la base de la nouvelle programmation 2021-2027

Le plan financier pluriannuel de l'Union européenne vient d'être approuvé et une grande partie du travail de définition des nouveaux programmes de financement et de ses programmes de travail a été effectuée. Les nouveaux programmes de financement se fondent sur les récentes orientations politiques de la nouvelle Commission, dirigée par Ursula Von

28 "La Nazione delle piante", Stefano Mancuso, éd. Laterza 2019

Der Layen, ainsi que sur les besoins identifiés, politiques et financiers, pour sortir de la crise économique résultant de la pandémie mondiale actuelle.

Le plan de relance pour l'Europe - Next Generation EU. Le Next Generation EU prévoit un paquet de mesures sans précédent qui apportera aux États européens une quantité importante et extraordinaire de ressources, on parle de 750 milliards d'euros, dont l'Italie sera le principal bénéficiaire avec 200 milliards d'euros disponibles répartis en 60 milliards en subventions et jusqu'à 140 milliards en prêts.

Une part importante de ces ressources sera consacrée aux plans de relance et de résilience sur lesquels les différents États travaillent déjà et qui viseront à atténuer les impacts économiques et sociaux de la pandémie et à rendre les économies et les sociétés des pays européens plus durables, plus résilientes et mieux préparées aux défis et aux opportunités de la transition verte et numérique. Les thèmes de la transition verte et de la numérisation sont les deux priorités que la Commission a déjà fixées, avec 30% des fonds à allouer à la transition verte.

Le paquet augmentera également la part de financements alloués au nouveau programme-cadre pour la recherche, Horizon Europe (qui sera doté de 5 milliards d'euros) mais aussi les ressources allouées à la politique de cohésion.

Le calendrier prévoit qu'avant la fin de février les États soumettent leurs plans de relance à la Commission et que les ressources soient dépensées d'ici 2026.

Le projet du PNRR italien (Plan National de Relance et de Résilience « Next Generation Italia ») prévoit six domaines d'intervention, appelés missions : 1) numérisation, innovation, compétitivité et culture ; 2) révolution verte et transition écologique ; 3) infrastructures pour une mobilité durable ; 4) éducation et recherche ; 5) égalité de genre, cohésion sociale et territoriale ; 6) santé.

Parmi les six priorités politiques de la Commission européenne 2019-2024, deux guideront la programmation européenne concernant le secteur portuaire : la transition verte et la transition numérique.

Le Pacte vert pour l'Europe. Objectif: faire de l'Europe un continent neutre en carbone d'ici 2050, en promouvant un modèle de croissance économique dissociée de l'utilisation des ressources, inclusive et équitable. Un plan d'action qui transforme le problème du changement climatique et les défis environnementaux connexes en opportunités de relance économique dans tous les secteurs, en veillant que nul ne soit laissé pour compte. Dans le cadre de ce macro-plan, il existe une série de stratégies et de priorités, notamment:

- Le développement des énergies renouvelables offshore
- La rénovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique du patrimoine immobilier européen
- La réduction des émissions causées par l'utilisation du méthane
- La stratégie pour lutter contre l'impact environnemental des substances chimiques
- Les objectifs de 2030 pour lutter contre le changement climatique
- La décarbonisation du secteur de l'énergie et notamment la mise en œuvre de l'hydrogène
- Le rôle de la biodiversité dans la préservation et la protection de l'environnement

- La durabilité des systèmes alimentaires - Stratégie « de la ferme à la table »
- Le potentiel de l'économie circulaire
- L'impact de l'industrie sur l'environnement et le développement de l'industrie du futur ;
- Le développement de systèmes de mobilité durables, en vue de l'élimination totale des émissions.

La Commission européenne a déjà commencé à mettre en place des actions concrètes pour le développement du plan, à partir de l'appel relatif au Pacte vert pour l'Europe financé avec les fonds résiduels du programme Horizon 2020.

La transition écologique guidera également le futur programme-cadre pour la recherche et l'innovation Horizon Europe, en fixant des objectifs et des défis aux futurs participants, visant, dans le domaine des transports, y compris les transports maritimes, à minimiser l'impact sur le climat, par une action décisive en faveur du développement de carburants verts, mais aussi de la réduction des émissions dans les ports.

Une Europe prête pour l'ère numérique. L'objectif: renforcer la souveraineté numérique de l'Europe et réaliser une transition numérique au bénéfice des citoyens et des entreprises et en faveur d'une Europe neutre en carbone.

Les thèmes centraux seront:

- L'intelligence artificielle
- Le développement d'une stratégie européenne sur l'utilisation des données
- Transparence et lutte aux fraudes informatiques
- Calcule haute performance (HPC)
- La transition numérique de l'industrie
- La cybersécurité
- Les compétences numériques
- La mise en œuvre de la connectivité : plus sûre, plus rapide, plus accessible.

Les lignes de financement 2021-2027

Les projets qui développent des innovations technologiques et non technologiques, s'ils sont bien structurés au niveau de la gestion et de la collaboration des partenariats qui les mettent en œuvre, ont un grand potentiel, non seulement pour générer l'innovation attendue de la proposition de projet, mais aussi pour faire ressortir d'autres possibilités de développement et d'innovation potentielle. En ce sens, prévoir un plan de suivi et d'exploitation des résultats attendus depuis la rédaction de la proposition de projet et l'actualiser pendant toute la phase de mise en œuvre du projet, représente un élément clé pour que ces opportunités soient prêtes à être approfondies et éventuellement développées.

Les principales opportunités de développement ressorties de l'analyse AFOM mise en œuvre dans le cadre du projet GRAMAS et des interviews réalisées avec les partenaires du projet, ont été regroupées ci-dessous, les selon des macro-thèmes. Pour chacun d'entre eux, les

instruments et les lignes de financement qui pourront être pris en compte au cours de la prochaine période de programmation 2021-2027 ont été identifiés, afin d'exploiter au mieux le potentiel d'innovation supplémentaire qui est ressorti du projet GRAMAS et de rendre le système aussi fonctionnel que possible dans sa phase d'intégration dans la routine opérationnelle des organisations qui l'ont expérimenté.

MACRO-THEME : automatisation, transfert et traitement des données. *Rendre le système GRAMAS entièrement automatisé dans la saisie, le transfert et le traitement des données : de la collecte au produit final (les bathymétries).*

Cette exigence d'évolution du système vers une plus grande automatisation et une plus grande automaticité dans la saisie et le transfert des données collectées, qui a été mentionnée à plusieurs reprises au cours des interviews réalisées, ne semble pas pouvoir être couverte par une ligne de financement spécifique, car il semble s'agir plutôt d'une mise en œuvre du logiciel qui doit permettre l'automatisation de la saisie des données et leur transfert successif sur la carte bathymétrique. Il s'agit en effet plus d'une exigence de mise en œuvre du logiciel et/ou de développement d'une ou de plusieurs applications permettant d'accélérer et d'automatiser les opérations de transfert et de traitement des données, que d'une véritable innovation du système lui-même.

Le besoin exprimé relève donc du domaine des lacunes liées au transfert de technologie, ou plutôt des « liaisons manquantes » qui ne permettent pas aux innovations technologiques développées dans le cadre des projets de s'intégrer dans la routine de travail des bénéficiaires.

Toutefois, cette question pourrait être abordée en se tournant vers le marché des innovateurs et des entreprises innovantes en utilisant l'instrument des achats publics avant commercialisation ou du partenariat pour l'innovation, selon le degré de recherche et de développement requis pour atteindre le résultat escompté.

Les achats publics avant commercialisation sont un instrument par lequel une organisation publique achète des services de recherche et de développement à des organisations économiques privées qui sont en mesure d'exploiter économiquement les résultats.

Dans le cadre des achats publics avant commercialisation, les acheteurs publics ne peuvent acheter que les services de recherche et développement, y compris, dans le cas du développement de produits, quelques échantillons dans le but exclusif de tester le bon fonctionnement de la solution, sans toutefois pouvoir acquérir par la même procédure le nombre nécessaire d'unités du nouveau produit issu de l'activité de recherche. L'achat à grande échelle des résultats des achats publics avant commercialisation n'intervient qu'à un stade successif (une fois la procédure des achats publics avant commercialisation terminée) par le biais d'un instrument appelé **achats publics de solutions novatrices**.

Les achats publics avant commercialisation (et par conséquent les achats publics de solutions novatrices) sont considérés comme l'un des meilleurs outils pour relier la recherche appliquée au marché²⁹.

Les deux instruments sont réglementés au niveau européen par la directive 24/2014 et transposés dans le nouveau code des marchés publics (décret législatif 50/2016) à l'article 65 pour les achats publics de solutions novatrices et à l'article 158 pour les achats publics avant commercialisation.

²⁹ S. Bolognini, « Il pre-commercial procurement come strumento di politica per l'innovazione: caratteristiche, diffusione e problemi » *Journal of Applied Economics*, juin 2020.

Faisant abstraction du cas spécifique du projet GRAMAS, l'introduction de cette modalité de travail pour trouver des innovations ad hoc sur le marché pourrait être une manière pour combler certaines lacunes opérationnelles que l'on trouve souvent dans cette typologie de projets et qui, dans de nombreux cas, déterminent l'intégration incomplète des résultats produits dans la routine des opérations des organisations qui participent aux projets et contribuent au développement des résultats eux-mêmes. Prévoir l'instrument des achats publics de solutions novatrices ou, dans ces cas, des achats publics avant commercialisation comme un élément de suivi des projets qui développent des innovations technologiques ou de processus, pourrait être la clé pour favoriser l'intégration de l'innovation produite dans la routine opérationnelle de l'organisation ou pour produire une recherche et un développement supplémentaires à partir des résultats issus du projet lui-même.

MACRO-THEME - Modélisation et suivi en temps réel. *À l'avenir, les progrès technologiques devraient encore accroître la vitesse des opérations de calcul, ce qui rendra possible le suivi et la modélisation en temps réel.*

Il s'agit de technologies qui n'existent pas encore et qui pourraient être couvertes par les régimes de financement déjà présents dans l'actuel programme HORIZON 2020 et qui seront intégrés dans le Conseil européen de l'innovation (EIC European Innovation Council, troisième pilier) du futur programme Horizon Europe. L'EIC réunira, à partir de la nouvelle programmation, trois instruments pour le développement, l'accélération et la mise sur le marché de technologies de rupture. Respectivement, le programme EIC Pathfinder (l'éclaircur), qui permet le développement de technologies futures émergentes ; le programme EIC Accelerator (l'accélérateur), qui permet aux entreprises innovantes de développer des innovations proches d'être mises sur le marché ; et le programme Fast Track to innovation ou « Voie express pour l'innovation », qui finance des consortiums qui visent à compléter le développement de technologies à mettre sur le marché. Les 3 régimes de financement couvriront les thématiques définies par les programmes de travail de deux ans, mais il existe également la possibilité de soumettre des propositions ascendantes, dont la thématique est définie par le porteur de projet. Il s'agit donc d'une opportunité à explorer si l'on a l'intention d'étudier et/ou de développer des idées ambitieuses dans le domaine des technologies de pointe.

MACRO-THEME : développement de nouveaux produits et applications technologiques. *Il se pourrait être le lieu pour favoriser le développement de produits technologiques, issus des besoins ressortis du projet GRAMAS (par exemple la modélisation océanographique des fonds) mais aussi d'autres projets.*

Cette opportunité ressortie du projet GRAMAS est assez commune dans des projets similaires qui visent à développer des innovations technologiques, de nouveaux produits, services et processus.

Faisant donc abstraction du projet GRAMAS, il est raisonnable d'affirmer que souvent les projets nés pour développer certaines innovations et nouveautés technologiques ont tendance à laisser inexploitées ou inappliquées une série d'opportunités accessoires ou générées à la fin du projet, surtout lorsque c'est un organisme public qui est titulaire de ces opportunités de développement ultérieur.

En ce sens, la création d'une **communauté d'innovateurs** qui puisse soutenir l'organisme et qui puisse générer l'innovation à partir des idées technologiques et innovantes développées par les projets financés est une grande opportunité pour soutenir la création de ce modèle d'innovation ouverte qui implique l'ensemble de la communauté portuaire et territoriale, en

mettant en place un outil concret pour réaliser l'écosystème créatif qui devrait être la base des modèles d'innovation ouverte.

Le futur programme Interreg maritime Italie-France semble confirmer l'intention de poursuivre sur la voie du renforcement de la compétitivité des PME dans l'espace de coopération par la création de services transfrontaliers pour soutenir le développement et la croissance des petites et moyennes entreprises.

En particulier, on peut lire ce qui suit dans le document de position sur l'avenir du programme:

« le secteur maritime offre aux entreprises un énorme potentiel, surtout en ce qui concerne le développement des biotechnologies bleues. La zone de coopération du Programme Maritime... peut créer de nouvelles opportunités pour le développement et l'emploi, à condition d'être suffisamment soutenue pour encourager un comportement « coopératif » de ses entreprises dans l'optimisation des efforts d'innovation... »

Si elle est confirmée, cette ligne de financement pourrait représenter une opportunité pour entamer la création de la communauté des innovateurs, grâce au développement d'un système de services d'animation et de mise en réseau pour soutenir les entrepreneurs en herbe, qui pourraient bénéficier du terreau innovant présent dans l'écosystème portuaire, ainsi que répondre de manière collaborative au besoin d'innovation de l'organisme portuaire et des entreprises opérantes.

MACRO-THEME : échange d'informations et de données entre les ports. *Le développement d'un réseau et d'un système d'échange entre les ports, par exemple à partir des données actualisées sur l'état des fonds et en les intégrant par d'autres informations utiles à la logistique, pourrait contribuer à la coordination des activités commerciales à une échelle plus ample, tant au niveau du système portuaire qu'au niveau national.*

À partir de ce point de départ, l'opportunité se présente de développer un système qui puisse favoriser l'intégration entre les ports et en particulier un système d'échange de données et d'informations soutenu par des modèles de coordination efficaces et capables de générer de nouvelles opportunités, de nouveaux marchés, de nouveaux produits ou services. De l'échange de données et d'informations entre les ports et de la collaboration interinstitutionnelle, et pas seulement, il est certainement possible de développer des innovations technologiques, des innovations de processus, de nouvelles approches et activités et de nouveaux produits qui ont un impact positif sur l'efficacité et la durabilité des systèmes portuaires, leur permettant d'établir de plus en plus de relations avec l'arrière-port et les communautés territoriales de référence.

Le nouveau programme Horizon Europe soutiendra des projets dans le domaine de la logistique et des transports multimodaux durables, intégrés et intelligents, en particulier en ce qui concerne la gestion de la chaîne logistique lors d'événements calamiteux tels que les pandémies.

Le cluster 5 du pilier II, consacré au climat, à l'énergie et à la mobilité, se concentrera sur la logistique et le transport multimodal de marchandises et de passagers avec plusieurs objectifs, notamment : le développement d'infrastructures numériques ainsi que leurs capacités d'interconnexion et d'interopérabilité pour améliorer l'efficacité de la chaîne logistique, la définition de nouveaux modèles de gouvernance pour le développement de services de mobilité plus accessibles à tous, l'adaptation de l'écosystème des données/loT pour intégrer les nouvelles technologies provenant de différentes sources (y compris des secteurs autres que le transport) et pour intégrer la nouvelle demande de mobilité.

MACRO-THEME : surveillance et intégration des données. *L'intégration de GRAMAS dans un système de surveillance global permet d'intégrer les données bathymétriques en les croisant avec d'autres types de données (par exemple, celles liées à la surveillance des vents, des courants, des marées ou du type de navires en transit).*

Cette opportunité souligne tout d'abord la grande importance du retraitement et de la réutilisation des données collectées à des fins autres que celles initialement prévues et le grand potentiel que le thème des données, et en particulier des données ouvertes, a et aura à l'avenir si elles sont progressivement mises à disposition pour des utilisations et des retraitements futurs.

Dans le cadre des lignes de financement 2021-2027 qui pourraient concerner cette opportunité émergée au sein du projet, mais également applicable à d'autres projets qui prévoient la collecte et la systématisation des données, le futur programme maritime INTERREG Italie-France, comme nous l'apprend le document de position sur l'avenir du programme, considère toujours central le thème de la surveillance, tant pour des raisons environnementales que de sécurité, comme une plusvalue de la coopération transfrontalière. En ce sens, on s'attend à voir des appels consacrés à ce thème aussi pour la prochaine période de programmation, en capitalisant sur ce qui a été développé dans la période de programmation actuelle et pas seulement à travers le projet GRAMAS.

MACRO-THEME : systèmes pour l'automatisation de la navigation dans les ports. *Développement d'un système de navigation dans les ports par la mise en place d'un outil de navigation en temps réel (via ArcGIS ou une autre interface) à partir des données téléchargeables directement du système GRAMAS.*

Le développement d'un système de navigation dans les ports est une opportunité mise en exergue par plusieurs partenaires au sein du projet GRAMAS comme un élément de grande innovation et d'intérêt pour l'ensemble du secteur portuaire.

Le nouveau programme Horizon Europe consacre une partie du cluster 5 « Climat, énergie et mobilité » du deuxième pilier aux voies navigables et en particulier aux technologies et aux modèles permettant le développement de systèmes de transport par voie d'eau propres, à faible émissions de carbone, intelligents et compétitifs.

Bien qu'une grande partie du programme de travail relatif au cluster 5 sera consacrée, au niveau du transport maritime, au thème de la réduction des émissions et donc des carburants verts (avec une référence spécifique aux expériences sur l'hydrogène et le GNL) et des énergies renouvelables, parmi les objectifs ambitieux pour le secteur maritime figure celui de la numérisation et de l'automatisation, un domaine considéré comme révolutionnaire pour les opérations en mer et dans les eaux intérieures, capable d'ouvrir de nouveaux modèles commerciaux, d'accroître l'efficacité, d'améliorer la sécurité et de développer de nouveaux marchés pour soutenir la compétitivité.

Dans ce contexte, l'accent sera mis sur les systèmes d'automatisation qui peuvent assurer une plus grande sécurité dans la manutention des marchandises, en tenant compte de tous les aspects liés à l'automatisation de la navigation, tels que les manœuvres, la connaissance en temps réel de la situation, la prévention des collisions et la sécurité des opérations.

En outre, sur le thème des voies navigables, à partir de la prochaine période de programmation, un nouveau partenariat sera formalisé dans le domaine des transports par voie d'eau ; il s'agit du partenariat « For Zero-Emission waterborne transports ». Le partenariat sera dirigé par la **Waterborne Technology Platform** et sera un partenariat dit « co-programmé » (c'est-à-dire un partenariat entre la Commission européenne et des partenaires privés et

publics sur la base d'un protocole d'entente et/ou d'accords contractuels), dont l'objectif est de transformer les transports par voie d'eau en une modalité de transport à zéro émissions, par la démonstration de solutions à zéro émissions réalisables et adaptées à tous les principaux types de navires et de services avant 2030. Il contribuera à maintenir et à renforcer le leadership mondial de l'Europe dans les solutions de transport innovantes et écologiques par voies navigables.

Des financements et des opportunités, cofinancés par la Commission européenne et les organismes participants, seront mis à disposition dans le cadre de cet instrument.

Tableau récapitulatif des lignes de financement identifiées

Programme	Sous-programme	Thèmes d'intérêt	Documents disponibles à consulter
HORIZON EUROPE	Cluster 5 "Climate energy and mobility"	Automatisation des systèmes de navigation et de conduite Numérisation, accessibilité et intermodalité Amélioration de l'efficacité énergétique et réduction des émissions atmosphériques dans le transport maritime et les services connexes	Orientations towards the first Strategic Plan for Horizon Europe
HORIZON EUROPE	Conseil européen de l'innovation	Il soutient les nouvelles idées dans le domaine technologique, depuis l'étude de faisabilité à la mise sur le marché	A Vision and Roadmap for Impact
HORIZON EUROPE	European Partnership for Zero-Emission waterborne transports	Développement de solutions innovantes pour réduire les émissions des navires et des services, avec l'objectif de zéro émissions d'ici 2030	Draft proposal for a European partnership under Horizon Europe zero-emission waterborne transport
INTERREG ITALIE FRANCE MARITIME 2021-2027	La structure du programme est en cours de définition	Développement d'une communauté d'innovateurs au service de la communauté portuaire Mise en œuvre de systèmes de surveillance environnementale dans les ports	Premières réflexions de l'Autorité de gestion du Programme Interreg Italie-France maritime sur la Programmation 2021-2027