



Projet SEDITERRA (N°CUP : I42F17000010006)



COMPOSANTE T3 - ÉVALUATION DES PILOTES ET RÉDACTION DES LIGNES DIRECTRICES POUR LE TRAITEMENT DURABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ARE MARITTIMO

COMPONENTE T3 - VALUTAZIONE DEI PILOTI E REDAZIONE DI LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DRAGATI NELL'AREA MARITTIMO

LIVRABLE T3.2.2 : LIGNES DIRECTRICES POUR LE TRAITEMENT DURABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DANS L'ARE MARITTIMO

DELIVERABLE T3.2.2 : LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DRAGATI NELL'AREA MARITTIMO

Juin/Jugno 2020

INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



<p>Nom du livrable :</p>	<p>LIGNES DIRECTRICES POUR LE TRAITEMENT DURABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DANS L'AIRES MARITTIMO</p>
<p>Nome del deliverable :</p>	<p>LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DRAGATI NELL'AREA MARITTIMO</p>
<p>Rédigé par / Redatto da :</p>	<p>Jacques Méhu (INSA de Lyon) Fabiano Pilato (ISPRA Livourne) Erwan Tessier (INSA de Lyon – E.T.C.) Enrichetta Barbieri (ISPRA Livourne)</p>

ANNÉE : 2020

ANNO : 2020

ORGANISATION DU DOCUMENT/ ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO :

SOMMAIRE / SOMMARIO – P4

1- LIVRABLE EN FRANÇAIS – P5

2- DELIVERABLE IN ITALIANO – P23

SOMMAIRE / SOMMARIO

1. LIVRABLE T3.2.2 : LIGNES DIRECTRICES POUR LE TRAITEMENT DURABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DANS L'AREA MARITTIMO	5
1.1. INTRODUCTION	5
1.2. Objectifs de l'Arbre décisionnel :	6
1.3. Situation actuelle dans les territoires concernés	6
1.3.1. Situation en Italie	6
1.3.2. Situation en France	6
1.4. Rappel des principales actions de SEDITERRA et leurs contributeurs	8
1.4.1. Organisation des Actions	8
1.4.2. Communiquer et partager	9
1.4.3. Produire de nouvelles synthèses	9
1.4.4. Faire avancer la connaissance dans le domaine du traitement et de la valorisation	11
1.5. Perspectives d'évolution intégrant les contributions possibles des résultats de SEDITERRA au schéma décisionnel	12
1.5.1. Schéma général	12
1.5.2. Travaux maritimes	13
1.5.3. Valorisation en génie civil	14
1.5.4. Procédure conjointe d'évaluation intégrée	16
1.5.5. Traitement et pré-traitements	17
2. DELIVERABLE T3.2.2 : LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DRAGATI NELL'AREA MARITTIMO	23
2.1. INTRODUZIONE	23
2.2. Obiettivi dell'albero decisionale :	24
2.3. Situazione attuale nei territori interessati	24
2.3.1. Situazione in Italia	25
2.3.2. Situazione in Francia	25
2.4. Promemoria delle principali azioni di SEDITERRA e dei loro collaboratori	26
2.4.1. Organizzazione delle azioni	26
2.4.2. Comunicare e condividere	27
2.4.3. Produrre nuove sintesi	27
2.4.4. Avanzamento delle conoscenze nel campo del trattamento e del recupero	29
2.5. Prospettive di sviluppo che integrano i possibili contributi dei risultati di SEDITERRA al processo decisionale.	30
2.5.1. Schema generale	30
2.5.2. Lavori marittimi	31
2.5.3. Recupero nel settore dell'ingegneria civile	32
2.5.4. Procedura di valutazione integrata comune	33
2.5.5. Trattamento e pretrattamenti	35

1. LIVRABLE T3.2.2. : LIGNES DIRECTRICES POUR LE TRAITEMENT DURABLE DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DANS L'ARE MARITTIMO

1.1.INTRODUCTION

Le projet SEDITERRA "Lignes directrices pour le traitement durable des sédiments de dragage dans la zone MARITIME", mené dans le cadre du programme INTERREG Maritime Italie-France 2014-2020 a été officiellement lancé le 1^{er} mars 2017 et sera terminé au 31 octobre 2020. À ce jour la crise sanitaire du COVID19 qui a durement affecté les territoires italiens et français impliqués dans ce projet n'est pas encore terminée et une prolongation a été nécessaire pour finaliser la clôture administrative et financière du projet pour l'ensemble des partenaires. Quoiqu'il en soit l'ensemble des résultats sont disponibles et restent seulement à produire les synthèses et recommandations finales rassemblées dans les livrables T3.2.2 (que constitue le présent document) et T3.2.3 (Guide projet lignes directrices de traitement durable des sédiments de dragage dans l'aire Marittimo).

Ce document a pour ambition d'aider les maîtres d'ouvrage portuaires et autres acteurs impliqués dans la filière à améliorer le traitement et la réutilisation à terre des sédiments de ports et de canaux dragués en proposant des recommandations et des solutions techniques sous la forme d'un arbre décisionnel dans le double contexte technico-réglementaire franco-italien.

Le Comité de Pilotage du projet SEDITERRA du 17 avril 2020 a validé cette forme d'arbre décisionnel pour son opérationnalité et ses qualités pédagogiques orientées vers l'ensemble des acteurs de la filière, sachant bien sûr que l'ensemble des nombreux autres livrables permettent d'obtenir tous les détails nécessaires en terme d'état de l'art ou de résultats expérimentaux.

Ce document est donc essentiellement consacré à l'arbre décisionnel en y intégrant les contributions que peuvent y apporter les résultats des différentes actions de SEDITERRA.

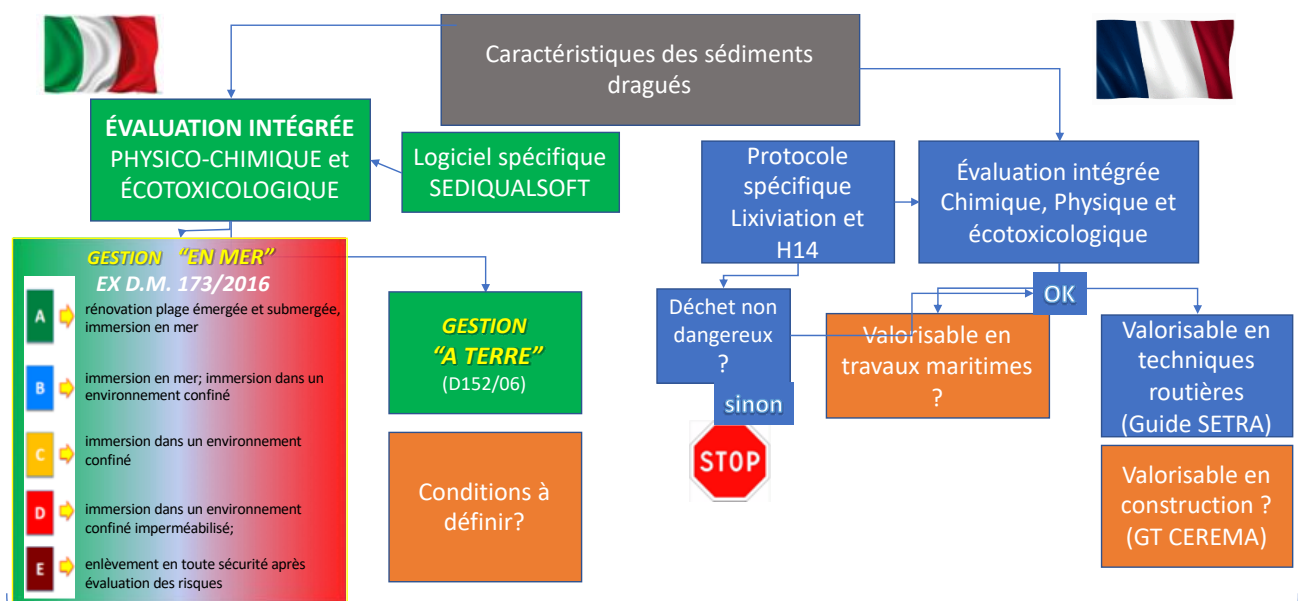
1.2. Objectifs de l'Arbre décisionnel :

Les objectifs de cet arbre décisionnel sont les suivants :

- Rendre compte de manière synthétique des processus de décision existants dans les deux contextes français et italiens
- Prise en compte des réglementations, normes et guides existants
- Intégration des actions de SEDITERRA et des apports de ces actions sur le processus de décision
- Proposition d'harmonisation ou a minima de démarches communes entre les deux contextes
- Identification de pistes de poursuites de travaux entre les partenaires actuels de SEDITERRA ou avec de nouveaux partenaires

1.3. Situation actuelle dans les territoires concernés

Le schéma ci-dessous présente de manière synthétique le contexte réglementaire des processus décisionnels de gestion des sédiments dans les deux contextes italiens et français.



Cadre Européen (Directive cadre déchets, sortie du statut de déchet, Directive construction, économie circulaire,...)

- **Remarques liées au schéma précédent**

- 1) En France un sédiment initialement classé déchet dangereux, pourra néanmoins être en partie valorisé, si suite à une opération de prétraitement ou de traitement, la fraction dangereuse a pu être isolée et retirée de la fraction non-dangereuse (d'après « Directive cadre sur les Déchets (2008/98/CE) »).
- 2) A l'heure actuelle en France, seuls les sédiments classés inertes ou, a minima, respectant les seuils acceptables pour l'immersion sont valorisables en travaux maritimes.

1.3.1. Situation en Italie

Du côté italien une évaluation intégrée physico-chimique et écotoxicologique est mise en œuvre et un logiciel spécifiquement développé par ISPRA permet une intégration des différentes données pour aboutir à un classement du sédiment au regard de 5 possibilités (A, B, C, D, E) selon l'échelle décroissante de la qualité du sédiment (et croissante des risques environnementaux et des contraintes de gestion). Ces 5 possibilités concernent le milieu marin et sont couvertes par la réglementation DM173/2016.

La gestion à terre de ces sédiments relève de la réglementation déchets, essentiellement via la mise en décharge. La valorisation en génie civil est très peu développée et manque d'encadrement et de perspectives.

1.3.2. Situation en France

Du côté français, a contrario, la gestion à terre s'inscrit de fait dans le contexte de la gestion des déchets et se pose immédiatement la question du statut de déchet dangereux (17 05 05* : Boues de dragage contenant des substances dangereuses) ou non dangereux (17 05 06 : Boues de dragage autres que celles visées à la rubrique 17 05 05), sur la base des 15 propriétés de danger HP1 à HP15 inscrites à l'annexe III de la Directive 2008/98/CE. La plupart de ces propriétés sont non pertinentes pour des sédiments et l'essentiel de la décision repose sur la vérification de la propriété de danger « Écotoxique » HP14, pour laquelle plusieurs organismes français (l'INERIS, le BRGM, PROVADEMSE INSAVALOR) ont contribué à une méthodologie adaptée aux sédiments.

Pour les sédiments classés non dangereux (qui représentent la très grande majorité) la possibilité de les valoriser en techniques routières est couverte par l'application d'un guide du Ministère en charge de l'Environnement édité par le CEREMA en 2011. Une version spécifique pour les sédiments est même en cours de finalisation. L'évaluation environnementale des matériaux candidats repose en grande partie sur la lixiviation. C'est cette démarche qui a été mise en œuvre dans le cadre de SEDITERRA.

Par ailleurs une nouvelle réflexion a été initiée en France pour permettre l'utilisation de matériaux alternatifs (issus de déchets) en construction.

Il n'existe pas à ce jour de prescriptions spécifiques quant à l'utilisation de sédiments non-inertes et non acceptables en immersion dans des ouvrages maritimes.

Enfin, l'ensemble de ces dispositions s'inscrivent à différents niveaux de développement dans le cadre européen des directives déchets (y compris en terme de sortie du statut de déchet destiné à faciliter l'acceptation des usages) ; la politique environnementale européenne en matière d'économie circulaire ; et le règlement de la construction 305/2011 qui dans sa 7^{ème} exigence essentielle encourage l'utilisation de matériaux recyclés.

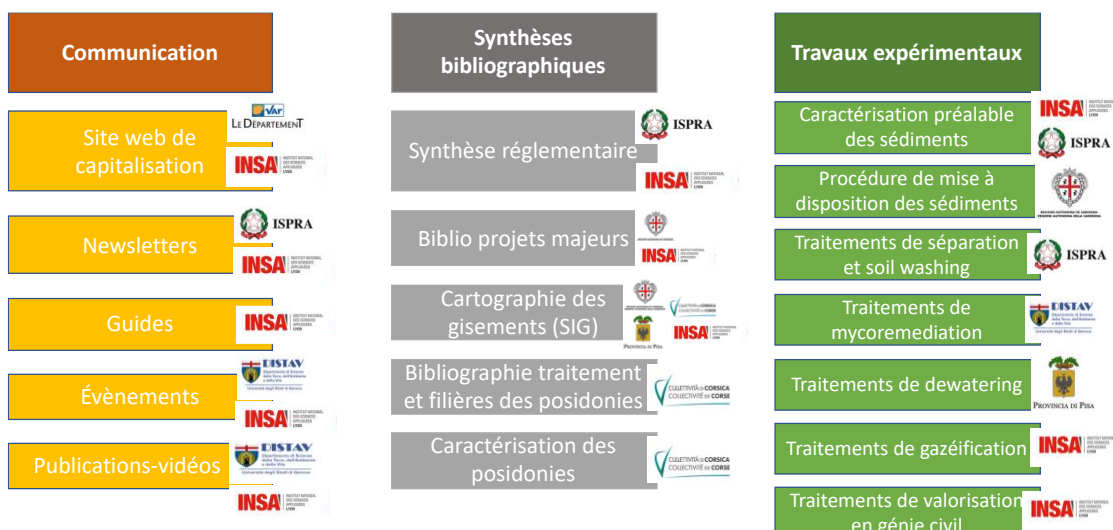
1.4. Rappel des principales actions de SEDITERRA et leurs contributeurs

1.4.1. Organisation des Actions

Les actions de SEDITERRA se sont organisées autour de 3 axes :

- Communiquer et partager les informations et les bonnes pratiques entre les partenaires et au-delà avec toute la communauté d'acteurs de la gestion des sédiments en France et en Italie (*Composante C du projet Sediterra*)
- Produire des synthèses à partir de données existantes sur la gestion des sédiments en terme d'encadrement réglementaire, de résultats des projets antérieurs, de cartographie et de caractérisation (*Composante T1 du projet Sediterra*)
- Faire avancer la connaissance dans le domaine du traitement et de la valorisation matière et énergie des sédiments pour compléter et documenter le panel de solutions techniques à proposer aux acteurs de la filière (*Composante T2 du projet Sediterra*)

Le schéma ci-dessous rappelle ces actions et leurs principaux contributeurs :



1.4.2. Communiquer et partager

L'essentiel de ce travail a été concrétisé sous la forme de deux médias : le site web de capitalisation www.sediterra.net et les newsletters bilingues diffusées très largement (plus de 2000 destinataires).

Ce site permet également d'avoir accès aux documents finalisés (guides, méthodes, retour d'expériences), aux suivi des travaux scientifiques (publications, colloques) ainsi qu'à des vidéos à caractère pédagogique (bilingues elles-aussi) permettant facilement à des non-experts de comprendre les actions conduites dans le cadre du projet.

Il apparaît essentiel que cet outil puisse perdurer et s'enrichir au-delà du projet SEDITERRA et devenir une plate-forme d'échange et d'accès à l'information ouverte à tous les acteurs de la filière et connectée aux autres communautés de scientifiques, de gestionnaires, de collectivités, (...), actives dans le domaine des sédiments.

Si le projet d'observatoire proposé dans le chapitre suivant voit le jour, c'est bien sûr à travers ce site qu'il pourra être accessible au usagers.

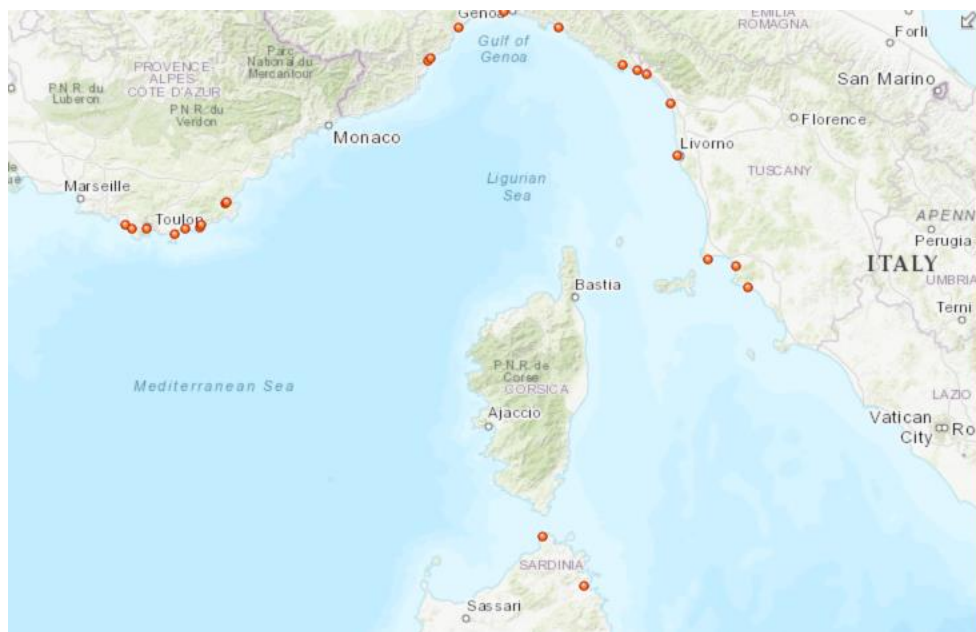
1.4.3. Produire de nouvelles synthèses

S'il y a un domaine où les partenaires ont rencontré des difficultés voire des obstacles au cours de ce projet, c'est celui de la question de l'encadrement réglementaire de la gestion et particulièrement du transport transfrontalier des sédiments. Toutefois, ces difficultés ont permis aux partenaires de mieux appréhender la nature des verrous à lever et des pistes de solutions à proposer. Un gros travail d'analyse et de compréhension de ces contextes de gestion et de gouvernance a été produit dans les livrables T1.1.1 et T1.2.4 du projet Sediterra.

Le programme expérimental a en partie dû être révisé pour tenir compte de ces difficultés en relocalisant un certain nombre d'essais expérimentaux et en mettant en commun des compétences pour transférer d'une communauté à l'autre des méthodologies d'essais et de traitements.

Il a été reproché aux porteurs de projets sur les sédiments ces dix dernières années de reproduire dans leur propre contexte territorial des schémas de R&D qui avaient déjà été explorés dans d'autres contextes. Même s'il est vrai que les problématiques des sédiments de la Mer du Nord et de ceux des canaux du sud de la France ou du Nord de l'Italie ont des spécificités, ce reproche n'est pas complètement injuste. Il a manqué d'outil et de démarche de capitalisation et surtout dans certains cas de volonté de partage. Les partenaires de SEDITERRA ont appris de ces erreurs et ont mis en place une démarche d'analyse des acquis des grands projets antérieurs (livrable T1.1.2) et des outils de capitalisation et de partage des données (en particulier le site web de capitalisation www.sediterra.net et les newsletter bilingues).

Le partage des données liées aux sédiments de la zone d'étude a été mis en œuvre via la réalisation d'un SIG – Système d'Information Géographique (livrable T1.3.5SIG). Ce travail réalisé par la Collectivité de Corse avec le concours de la société Natural Solutions a consisté en la production et la mise en ligne de données cartographiques de caractérisation des gisements de sédiments présents sur l'aire Marittimo (France-Italie). Une base de données a été constituée et exploitée en ligne sur une plateforme web hébergée par la collectivité de Corse.



Plusieurs couches de cartes sont exploitables à travers cette interface y compris avec des informations précises sur l'état de contamination de certains gisements ou de l'ensablement de certains ports.

Ce genre d'outils peut donc s'avérer un atout sérieux de planification et de gestion prévisionnelle des dragages mais aussi des gisements futurs destinés à telle ou telle filière de valorisation.

Une collaboration avec les partenaires du projet Interreg Marittimo SEDRIPORT a également été développée dans ce cadre.

Enfin un travail particulier a été conduit sur la problématique des biomasses résiduelles qu'on peut trouver dans les sédiments dragués (en particulier des fibres de posidonies) qui peuvent devenir problématique pour l'utilisation finale des sédiments. Une recherche de valorisation énergétique a été également conduite dans le cadre de la composante T2.

1.4.4. Faire avancer la connaissance dans le domaine du traitement et de la valorisation

Au delà de l'état de l'art des filières de traitement déjà exploré dans des projets antérieurs (disponible sur la bibliothèque/guides thématiques du site www.sediterra.net), toute une série de traitements et de prétraitements ont été testés et mise en œuvre à différentes échelles dans le projet SEDITERRA :

- Séparation granulométrique
- Soil washing
- Mycoremédiation
- Déshydratation par géotubes
- Pyrogazéification (conversion énergétique)
- Valorisation en génie civil

Ces traitements correspondent à 4 approches complémentaires et dans certains cas consécutifs de filières existantes ou à développer :

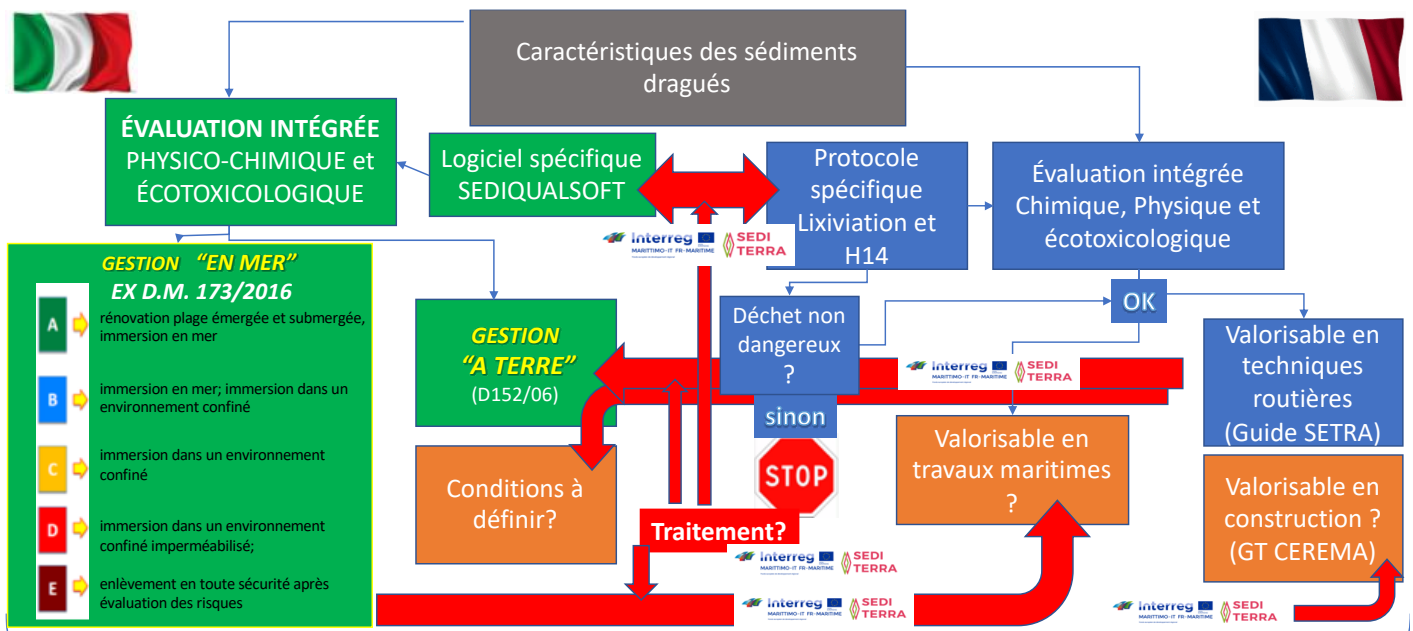
- Prétraitement : séparer le gisement en plusieurs fractions de telle manière qu'a minima une de ces fractions puisse répondre au cahier des charges d'une filière de valorisation ou d'une filière de post-traitement nécessaire avant valorisation.
- Traitement : extraction de polluants ou modification chimique de certains polluants obstacles en l'état à la valorisation
- Transformation ou conversion (en l'état ou après un prétraitement) de tout ou partie du gisement en une ressource valorisable
- Incorporation (en l'état ou après un prétraitement) de tout ou partie du gisement dans une ressource valorisable notamment dans des matériaux répondant à des cahiers des charges d'usage.

Chacun de ces traitements a fait l'objet d'un livrable et le livrable de synthèse T3.1.1 permet d'avoir une vue d'ensemble des méthodes mises en œuvres et des résultats obtenus.

1.5. Perspectives d'évolution intégrant les contributions possibles des résultats de SEDITERRA au schéma décisionnel

1.5.1. Schéma général

Le schéma ci-dessous synthétise l'ensemble des interactions possibles entre les situations existantes dans les deux contextes français et italien et les résultats des actions de SEDITERRA :



Cadre Européen (Directive cadre déchets, sortie du statut de déchet, Directive construction, économie circulaire,...)

Ces principales interactions sont les suivantes :

1. Transfert de compétences des partenaires italiens vers les partenaires français en ce qui concerne les conditions de valorisation des sédiments en travaux maritimes
2. Transfert de compétences des partenaires français vers les partenaires italiens en ce qui concerne les conditions de valorisation des sédiments à terre (génie civil et valorisation énergétique)
3. Harmonisation et développement conjoint d'une approche intégrée d'évaluation physico-chimique et écotoxicologique (travaux à approfondir)
4. Traitement et prétraitement des sédiments

1.5.2. Travaux maritimes

Les activités de dragage des ports et canaux peuvent avoir des impacts négatifs en générant des substances polluantes qui peuvent être remises en circulation dans l'environnement et qui nécessitent des traitements adéquats visant à éviter la contamination des milieux marins et côtiers.

L'augmentation des connaissances sur les sédiments dragués et traités doit conduire au développement d'une alternative valable à l'utilisation des matières premières naturelles. La réutilisation des matériaux issus des opérations de dragage en travaux maritimes peut présenter l'avantage (*i.e.* par rapport à une valorisation terrestre) de réduire la consommation des ressources naturelles dans un contexte où la présence des sels dans les sédiments ne sera pas un problème.

En Italie, avec le décret du ministère de l'Environnement n°173/2016, le règlement est approuvé et dicte les méthodes et critères techniques pour l'autorisation des matériaux d'excavation des fonds marins à immerger en mer.

La disposition établit les procédures de délivrance de l'autorisation d'immersion délibérée de matières dans la mer, en tenant compte de l'objectif de protection du milieu marin.

Le décret fournit les méthodes et les critères pour : 1) la caractérisation ; 2) la classification ; 3) l'identification des options de gestion possibles pour les sédiments marins et saumâtres à manipuler.

Des exemples pratiques et bien établis concernant ce dernier point sont principalement :

- Alimentation des plages émergées et submergées
- Remplissage des quais et des infrastructures portuaires (par exemple fondations routières et tabliers portuaires)
- Remplissage des réservoirs de remplissage (qui deviendront principalement des aires de trafic et des espaces pour l'utilisation des activités portuaires).
- Travaux de défense côtière et anti-érosion

En France, afin de poursuivre les travaux menés concernant l'acceptabilité environnementale en technique routière et en construction, le ministère français en charge de l'Environnement a confié la mission au CEREMA de développer une méthodologie pour l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en travaux maritimes et fluviaux.

La méthodologie devra être applicable à tout matériau alternatif élaboré à partir de déchets non dangereux minéraux et sera déclinée par matrice (sédiments, laitiers, etc.) au sein de guides d'application. Sont visés les usages où les matériaux peuvent être en contact direct avec le milieu (ouvrage de construction immergé, récif artificiel, lest de câbles, ballast, polder, île artificielle, ouvrage de lutte contre les submersions, carapace, batardeaux, rechargement de plage, renforcement de berges, comblement d'anciennes carrières en eau) ; en contact partiel ou intermittent avec le milieu (ouvrage de lutte contre les submersions, ouvrage de renaturation, cordon dunaire, rechargement de berges, régilage, aménagement divers) ; ou en contact indirect avec le milieu (route sur la frange littorale, zone d'activité, aménagement divers).

La réutilisation la plus appropriée des sédiments dragués en travaux maritimes doit être définie sur la base du type de sédiments dragués, sur le niveau de contamination qui peut être présent et sur la base de différents facteurs territoriaux, économiques et environnementaux tels que : caractéristiques de l'environnement côtier voisin, type et taille des gisements de sédiments, traitement éventuel des sédiments pour réduire la contamination, coûts associés aux méthodes de traitement, transport des déblais de dragage et évacuation des matières résiduelles inappropriées, transit et stockage provisoire.

A l'heure actuelle, la réglementation française prévoit les conditions d'utilisation des sédiments dragués en rechargement de plages et en Travaux Publics maritimes pour les seuls sédiments classés inertes (selon Arrêté du 28 octobre 2010 – remplacé par Arrêté du 12 décembre 2014), ou pour ceux déjà acceptables en immersion (Seuils Géode - Arrêté du 9 août 2006 modifié). Les sédiments qui ne respectent pas ces critères, même ceux classés non dangereux, ne disposent pas d'encadrement réglementaire adéquat.

L'objectif des équipes françaises et italiennes de SEDITERRA est de contribuer ensemble à cet objectif.

1.5.3. Valorisation en génie civil

En France, la finalité recherchée dans le cadre de la gestion à terre des sédiments est en premier lieu la possibilité de les valoriser en tant que matériau de substitution dans des ouvrages de génie civil comme des remblais techniques, des mortiers de remblaiement de tranchée ou encore des bétons courants.

L'association entre la caractérisation et le contrôle du potentiel de déchets minéraux pollués et leur valorisation dans le domaine du Génie Civil est une longue histoire en France. Dès les années 1980, il a été décidé de contrôler le potentiel polluant des déchets pour leur mise en décharge via l'analyse de leur fraction lixiviable.

L'INSA de Lyon en particulier a développé toute une batterie d'essais de lixiviation dont certains sont devenus des standards européens après leur passage dans le processus du CNTC 292 (par exemples, l'essai de lixiviation en vue de la vérification de la conformité pour la mise en décharge (EN12457), l'essai de percolation pour l'utilisation de déchets granulaires en remblai (EN14405) ou encore plus récemment l'essai de lixiviation pour matériaux monolithiques (EN15863)).

Assez rapidement s'est développé tout un ensemble de démarches scientifiques et techniques autour de la réduction de ce potentiel polluant à l'aide de liants minéraux (hydrauliques) analogues aux ciments et l'évaluation de la qualité des matériaux obtenus a conduit naturellement pour les meilleurs d'entre eux, à envisager leur utilisation en Génie Civil. Les déchets dangereux en ont été exclus (leur stabilisation avec des liants hydrauliques étant strictement réservée à leur mise en décharge), mais de nombreux déchets ont ainsi pu « candidater » à des usages de substitution à des granulats naturels (mâchefers, scories, béton de démolition...) voire à une partie du ciment grâce à leur propriétés pouzzolaniques (cendres volantes de centrale thermique au charbon, laitiers de haut-fourneaux, ...).

Ces démarches ont abouti à un certain nombre de guides d'application voire de réglementations édités par le Ministère en charge de l'Environnement.

En particulier, pour évaluer les caractéristiques environnementales des matériaux alternatifs destinés à une utilisation en technique routière, le Ministère chargé de l'Environnement a développé une méthodologie publiée en Mars 2011 par le CEREMA sous la référence : Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Evaluation environnementale, disponible à l'adresse suivante :

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-materiaux-alternatifs-technique-routiere>

Ce guide méthodologique est décliné en guides d'application, plus opérationnels, pour les gisements de matériaux alternatifs dont le retour d'expérience est probant. Un tel guide d'application dédié aux sédiments de dragage et de curage est en préparation.

Par ailleurs, un groupe de travail animé par le CEREMA avec le CSTB et PROVADEMSE travaille à l'élaboration d'un guide destiné à encadrer l'usage de matériaux alternatifs en construction. Une première version de ce guide a été soumise aux professionnels pour validation fin 2019.

La spécificité des sédiments (et particulièrement des sédiments marins) font que ces dispositions ne sont pas directement transposables, mais les résultats encourageants obtenus dans le cadre des pilotes de valorisation étudiés aussi bien sur le site de l'INSA à Toulon que d'ISPRA à Livourne nous incitent à penser que des perspectives intéressantes de collaboration s'ouvrent entre les équipes et les collectivités françaises et italiennes dans le domaine de la valorisation des sédiments en génie civil.

1.5.4. Procédure conjointe d'évaluation intégrée

L'étude des démarches française et italienne d'évaluation environnementale des sédiments a permis de mettre en évidence leurs spécificités et leur complémentarité.

En ce qui concerne l'approche italienne, l'évaluation de la qualité des sédiments et la classification qui en découle sont basées sur l'intégration des résultats relatifs aux caractéristiques physiques, chimiques et écotoxicologiques des matériaux. Les résultats obtenus à partir des analyses chimiques et des réponses des tests écotoxicologiques peuvent être élaborés à travers un modèle d'évaluation de la qualité des sédiments (Sediquasoft®) qui pondère les résultats des différents tests de la batterie dans un indice de danger synthétique (HQ : Hazard Quotient) et qui fournit directement la classification des sédiments selon le DM 173/2016.

Ce système a été développé par l'Université Polytechnique des Marches (Département des Sciences de la Vie et de l'Environnement - Ancône) en collaboration avec l'ISPRA et a été adopté dans la classification de la qualité des sédiments marins et saumâtres selon le D.M. 173 du 15 juillet 2016.

L'outil est organisé en 3 modules et les données analytiques sont importées via un tableur Excel® et traitées à l'aide d'algorithmes et d'organigrammes spécifiques.

Les deux premiers modules, relatifs à la caractérisation écotoxicologique et à la caractérisation chimique, fournissent le QG (Quotient de risque) correspondant et la classe de risque correspondante (entre "Absent" et "Très élevé") ; le troisième module intègre les deux modules précédents et attribue la classe de qualité des sédiments.

La France quant à elle, applique, pour les sédiments gérés à terre, la règle générale de définition du caractère dangereux ou non des déchets, issue de la transcription en droit français de la Directive européenne 2008/98/CE du 19 novembre 2008.

En effet, s'agissant d'une « entrée miroir », terme utilisé pour caractériser un déchet présent sous deux formes possibles dans la liste européenne des déchets, l'une à caractère dangereux, l'autre non dangereux, la vérification de la dangerosité du déchet doit reposer sur l'examen des 15 propriétés de danger HP1 à HP15 inscrites à l'annexe III de la Directive 2008/98/CE.

Dans la pratique, la propriété H14 s'avère la plus pertinente et discriminante pour les sédiments. Dans le cadre du projet SEDIMARD piloté par le CD Var (2006), POLDEN (aujourd'hui PROVADEMSE) avait initié une première procédure HP14 spécifique des sédiments. Ces travaux ont été repris, complétés depuis par l'INERIS et le BRGM et ce protocole a été publié par le BRGM sous la référence BRGM/RP-61420-FR, puis par l'INERIS dans son guide INERIS-DRC-15-149793-06416A.

La faisabilité de la valorisation des sédiments non dangereux est ensuite évaluée selon les scénarios d'usage en génie civil essentiellement en fonction de la disponibilité des polluants à la lixiviation.

La proposition de collaboration vise à l'évolution des procédures françaises et italiennes pour aboutir, pour les deux pays, à l'élaboration d'une procédure commune (voire l'emploi d'un outil logiciel) de classement des sédiments intégrant l'ensemble des critères physico-chimiques et écotoxicologiques et permettant de déterminer l'acceptabilité du sédiment dans ses différents scénarios de valorisation et de gestion tels que :

- La valorisation en technique routière continentale
- La valorisation en ouvrages côtiers ou maritimes
- La valorisation en matériaux monolithiques continentaux
- La valorisation en matériaux monolithiques côtiers ou maritimes
- Le rechargement de plages
- L'immersion en zone marine non côtière
- L'immersion en vasque maritime

Au delà des essais de lixiviation, évoqués plus-haut, la complémentarité des essais écotoxicologiques français et italiens dédiés aux organismes continentaux d'une part, et marins d'autre part, permet d'envisager ce type de procédure intégrée couvrant l'ensemble des scénarios de gestion selon les milieux et les écosystèmes considérés, qu'ils soient connectés ou non au milieu marin.

1.5.5. Traitement et pré-traitements

Comme indiqué précédemment les démarches de « traitement » au sens large des sédiments peuvent relever de 4 catégories :

- a. Prétraitement : séparer le gisement en plusieurs fractions de telle manière qu'a minima une de ces fractions puisse répondre au cahier des charges d'une filière de valorisation ou d'une filière de post-traitement nécessaire avant valorisation.
- b. Traitement : extraction de polluants ou modification chimique de certains polluants obstacles en l'état à la valorisation
- c. Transformation ou conversion (en l'état ou après un prétraitement) de tout ou partie du gisement en une ressource valorisable

- d. Incorporation (en l'état ou après un prétraitement) de tout ou partie du gisement dans une ressource valorisable notamment dans des matériaux répondant à des cahiers des charges d'usage.

Les démarches a) et b) ont été mises en œuvre dans le cadre de SEDITERRA et sont détaillées dans les livrables de la composante T2 (« PILOTES DE TRAITEMENTS DE SÉDIMENTS NON IMMERGEABLES ») et compilées dans le livrable T3.1.1 du projet (SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION COMPARÉE DES PILOTES DE TRAITEMENTS ET VALORISATION).

La démarche c) a été développée dans le cadre de SEDITERRA via la conversion énergétique par gazéification des fractions de biomasses (posidonies) extraites des sédiments (livrable T2.3.6). La gazéification peut s'avérer une stratégie intéressante de valorisation énergétique de fractions combustibles (macro-déchets) issus des dragages de sédiments (poissons, algues, bois, plastiques, ...). Cette démarche s'inscrit dans la dynamique des CSR (Combustibles Solides de Récupération) qui représentent un des grands enjeux de la transition énergétique. Selon la nature des macro-déchets, ils demanderont différents modes de préparation physique (broyage, tamisage, pelletisation). La présence de chlorures et de sables peut toutefois être un obstacle à anticiper, nécessitant un pré-traitement comme ceux réalisés dans le cadre de SEDITERRA. Les expériences italiennes et françaises dans ce domaine des combustibles alternatifs pourraient être mise à contribution conjointement dans ce but. Outre son rendement énergétique élevé, l'avantage de la gazéification est qu'elle permet de fournir de l'énergie sous la forme de plusieurs vecteurs : chaleur, électricité, syngaz de substitution au gaz naturel, méthane de synthèse (si couplée à de la méthanation) voire même des matières premières pour la synthèse chimique.

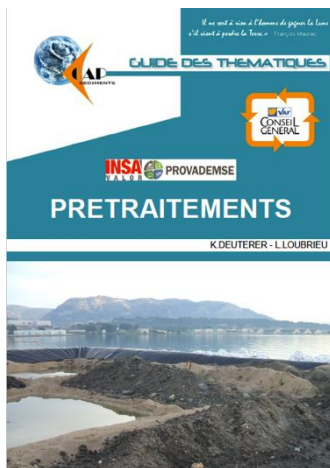
La démarche d) a été présentée sommairement au paragraphe 1.5.3 de ce document. Les protocoles employés et les résultats obtenus sont par ailleurs présentés en détail dans les livrables T2.4.7 (SYNTHÈSE DES PILOTES DE TRAITEMENTS ET VALORISATION) et T3.1.1 du projet (SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION COMPARÉE DES PILOTES DE TRAITEMENTS ET VALORISATION).



a) Les prétraitements

Un guide rédactionnel sur cette thématique des prétraitements est disponible sur le site de SEDITERRA (<https://sediterro.net/fr/bibliotheque>). Les prétraitements présentés sont ceux étudiés dans le cadre du projet Sedimard83 porté par le Département du Var. Durant ce projet emblématique et fondateur, la réalisation d'essais de prétraitements/ traitements a été effectuée à l'échelle pilote sur un panel de sédiments représentatif de la variabilité environnementale susceptible d'être rencontrée à l'échelle industrielle.

Les prétraitements visent à abaisser les niveaux de contaminations, ils sont une première étape primordiale pour la gestion terrestre de sédiments que ce soit en vue d'une valorisation ou même d'un stockage.



Lors de SEDIMARD83, la plateforme pilote d'une superficie d'environ 1 hectare, située au port industriel de Brégaillon dans la rade de Toulon, a permis de tester différents types de prétraitements sur les sédiments de 8 sites portuaires.

Ces prétraitements relevaient des typologies suivantes : Criblage / Dessablage / Lavage/ Déshydratation (naturelle ou mécanique).

Les outils de prétraitements utilisés disponibles *in-situ* comprenaient :

- Un bassin d'accueil
- Une aire de lagunage
- Une unité de tri des macro-déchets (cribleur)
- Une unité de dessablage (hydrocyclone taille pilote)
- Une unité de déshydratation mécanique (filtre presse)
- Une unité de traitement des eaux issues du ressuage et des procédés de prétraitement

Le programme SEDITERRA a repris et optimisé un certain nombre de ces techniques mais leur principe et leurs objectifs restent les mêmes : isoler les différentes fractions des sédiments pouvant séparément correspondre à des cahiers des charges de valorisation spécifiques.

Les principales fractions sont les suivantes :

- Fractions grossières - macro-déchets :

Ex. : Biomasse animale et végétale, pierres, bois, déchets plastiques (filets, emballages), métaux, pneumatiques, ...

La destination « normale » de ces macro-déchets est la mise en décharge mais comme indiqué au point c), des perspectives de valorisation énergétique existent pour la fraction organique. À noter que l'énergie produite pourrait utilement abonder les besoins en énergie des pré-traitements (électricité pour les broyeurs et moteurs de systèmes de transport ou de tamisage, ou chaleur pour le séchage de la biomasse par exemple).

- Fraction minérale sableuse :

C'est la fraction qui peut le plus facilement être valorisée si elle est bien séparée des fines et des indésirables. Selon sa teneur en chlorures elle pourra facilement trouver un marché dans le rechargement de plages ou le BTP. Le seuil de coupure entre cette fraction et la fraction la plus fine est généralement autour de 63µm.

- Fraction fine :

C'est a priori là que se concentrent les polluants organiques et inorganiques. Dans le cas de sédiments contaminés présentant un potentiel de valorisation significatif (qui dépendra de la nature minéralogique de la fraction minérale et de sa courbe granulométrique compatible ou non à son usage en tant que filler), le passage par une étape de traitement biologique ou physico-chimique est indispensable afin d'extraire ces polluants ou de modifier la nature chimique pour les immobiliser.

b) Les traitements

Les traitements ont aussi fait l'objet d'un guide thématique disponible sur le site de SEDITERRA (<https://sediterra.net/fr/bibliotheque>).

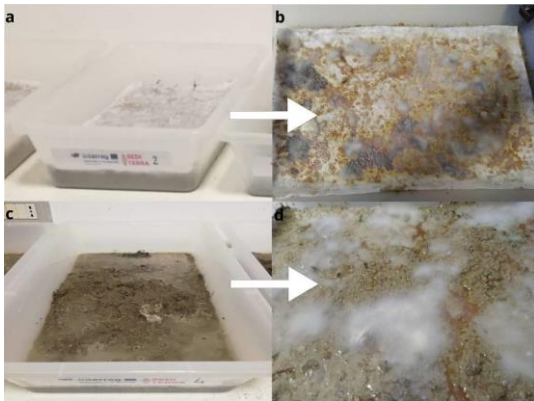


Ces traitements peuvent se classer suivant différentes typologies :

- Les traitements bio-physico-chimiques : bioremédiation
- Les traitements par ajouts d'additifs : phosphatation, chaulage, additifs minéraux (zéolithes, hématites, smectites), liants hydrauliques (pour stabilisation/solidification)
- Les traitements thermiques : calcination

Dans le cadre de SEDITERRA, ces trois typologies ont été mises en œuvre mais pour deux d'entre elles, la stabilisation par des liants hydrauliques et la calcination, elles l'ont été à des fins de valorisation, c'est à dire avec un cahier des charges contraint par la valeur d'usage des produits de ces traitements à savoir les matériaux obtenus (utilisables en génie civil) pour la stabilisation et la production d'énergie (pour le traitement thermique par pyrogazéification).

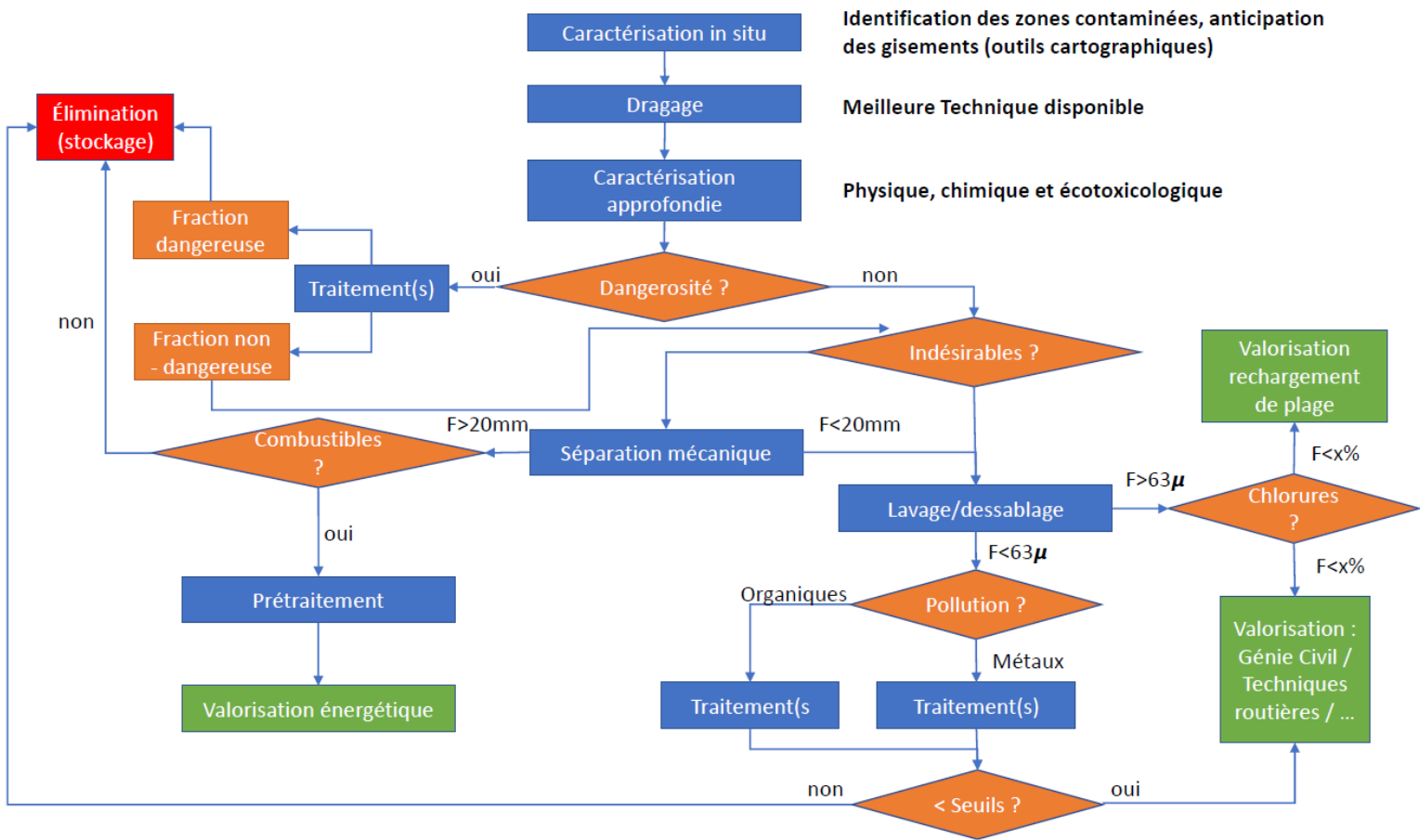
Un traitement de bioremédiation a été mise en œuvre par l'Université de Gènes (DISTAV) par mycroremediation. La démarche et les résultats sont consignés dans le livrable T2.3.4.



Le choix et la finalité des prétraitement et traitement à mettre en œuvre seuls ou plus généralement combinés entre eux va dépendre essentiellement :

- de la nature des sédiments (nature minéralogique, indésirables, granulométrie, ...)
- du potentiel de valorisation (qui lui dépendra de la nature des sédiments et surtout du marché local en terme de débouchés, de filières de prise en charge et de réglementation).

La démarche globale à appliquer peut finalement être résumée telle que présentée dans le logigramme ci-dessous :



Beaucoup de synergies et d'améliorations du système peuvent être apportées par la mutualisation des connaissances des équipes de SEDITERRA au bénéfice des deux territoires.

2. DELIVERABLE T3.2.2 : LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DRAGATI NELL'AREA MARITTIMO

2.1. INTRODUZIONE

Il progetto SEDITERRA "Linee guida per il trattamento sostenibile dei sedimenti dragati nell'area MARITIME", realizzato nell'ambito del programma INTERREG Marittimo Italia-Francia 2014-2020, è stato ufficialmente avviato il 1° marzo 2017 e si concluderà entro il 31 ottobre 2020. Ad oggi, la crisi sanitaria di COVID19 che ha colpito duramente i territori italiani e francesi coinvolti in questo progetto non è ancora finita e si è resa necessaria una proroga per finalizzare la chiusura amministrativa e finanziaria del progetto per tutti i partner. In ogni caso, tutti i risultati sono disponibili e rimangono solo per produrre le sintesi finali e le raccomandazioni raccolte nei deliverable T3.2.2 (che costituisce il presente documento) e T3.2.3 (Linee guida del progetto per il trattamento sostenibile dei sedimenti dragati nell'area di Marittimo).

L'obiettivo di questo documento è quello di aiutare i proprietari di progetti di navigazione e gli altri attori del settore a migliorare il trattamento e il riutilizzo a terra dei sedimenti dragati dei porti e dei canali, proponendo raccomandazioni e soluzioni tecniche sotto forma di un albero decisionale nel duplice contesto tecnico-normativo franco-italiano.

Il Comitato Direttivo del progetto SEDITERRA del 17 aprile 2020 ha convalidato questa forma di albero decisionale per la sua operatività e le sue qualità pedagogiche orientate a tutti gli attori del settore, sapendo naturalmente che tutti gli altri numerosi altri deliverable permettono di ottenere tutti i dettagli necessari in termini di stato dell'arte o di risultati sperimentali.

Il presente documento è quindi essenzialmente dedicato all'albero decisionale, integrando i contributi che i risultati delle varie azioni di SEDITERRA possono apportare ad esso.

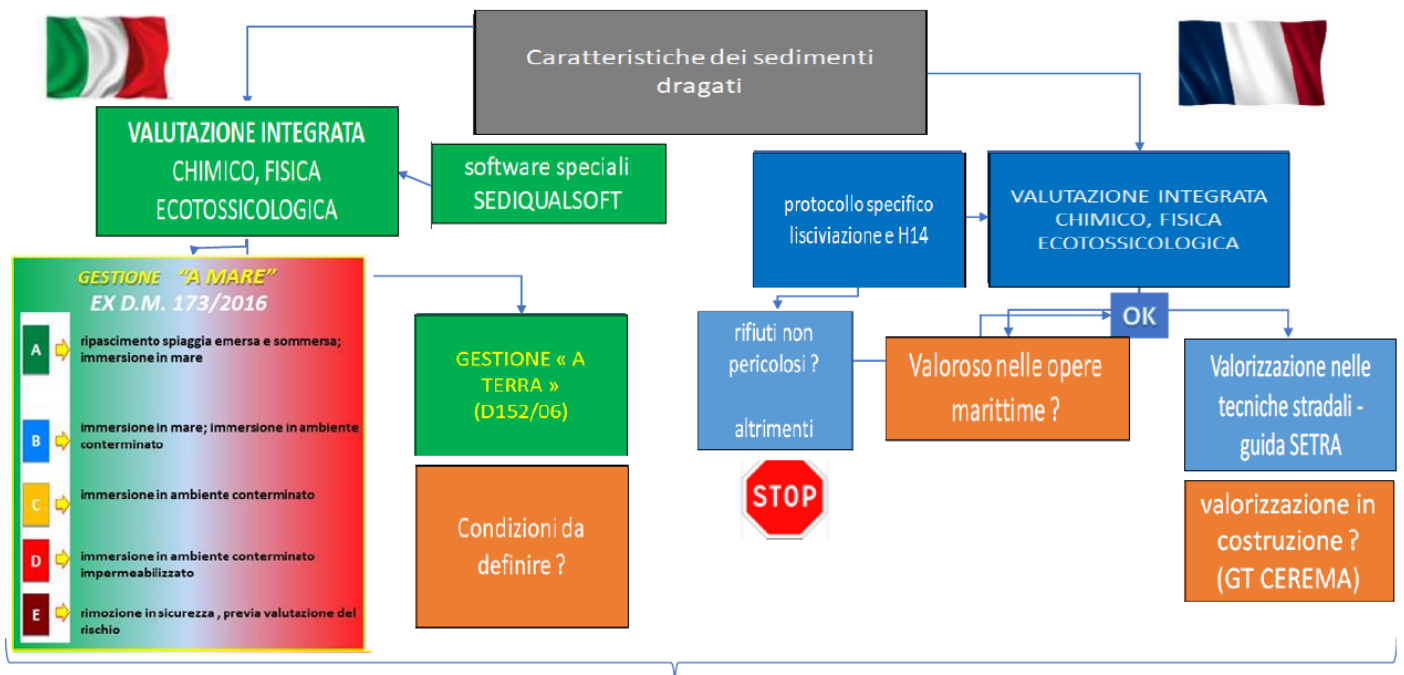
2.2. Obiettivi dell'albero decisionale :

Gli obiettivi di questo albero decisionale sono i seguenti:

- Per dare un resoconto sintetico dei processi decisionali esistenti nei due contesti francese e italiano.
- Considerazione delle normative, degli standard e delle guide esistenti
- Integrazione delle azioni di SEDITERRA e del contributo di queste azioni al processo decisionale
- Proposta di armonizzazione o almeno di approcci comuni tra i due contesti
- Individuazione di vie per ulteriori lavori tra gli attuali partner di SEDITERRA o con nuovi partner

2.3. Situazione attuale nei territori interessati

Lo schema seguente riassume il contesto normativo dei processi decisionali di gestione dei sedimenti sia nel contesto italiano che in quello francese.



Quadro europeo (direttiva quadro sui rifiuti, direttiva sull'uscita dallo stato di rifiuto, direttiva sull'edilizia, economia circolare, ecc.)

- **Osservazioni relative al schema precedente**

- 1) In Francia, un sedimento inizialmente classificato come rifiuto pericoloso può comunque essere parzialmente recuperato se, a seguito di un'operazione di pretrattamento o di trattamento, la frazione pericolosa è stata isolata e rimossa dalla frazione non pericolosa.
- 2) Attualmente in Francia, nei lavori marittimi possono essere recuperati solo i sedimenti classificati come inerti o, quanto meno, che rispettano le soglie accettabili per lo scarico.

2.3.1. Situazione in Italia

Da parte italiana, viene effettuata una valutazione integrata fisico-chimica ed ecotossicologica e un software appositamente sviluppato da ISPRA permette di integrare i vari dati per portare ad una classificazione dei sedimenti in base a 5 possibilità (A, B, C, D, E) in funzione della scala decrescente di qualità dei sedimenti (e dei crescenti rischi ambientali e vincoli gestionali). Queste 5 possibilità riguardano l'ambiente marino e sono coperte dal regolamento DM173/2016.

La gestione onshore di questi sedimenti è coperta dalla normativa sui rifiuti, essenzialmente attraverso la discarica e il recupero dell'ingegneria civile è molto poco sviluppato e manca di supervisione e prospettive.

2.3.2. Situazione in Francia

Per quanto riguarda la Francia, al contrario, la gestione a terra è di fatto nel contesto della gestione dei rifiuti e solleva immediatamente la questione dello stato di rifiuto pericoloso (17 05 05*: fanghi di dragaggio contenenti sostanze pericolose) o non pericoloso (17 05 06: fanghi di dragaggio diversi da quelli di cui alla voce 17 05 05 05), sulla base delle 15 proprietà di rischio da HP1 a HP15 elencate nell'allegato III della direttiva 2008/98/CE. La maggior parte di queste proprietà non sono rilevanti per i sedimenti e la parte principale della decisione si basa sulla verifica della proprietà di pericolosità "Ecotossica" HP14, per la quale diverse organizzazioni francesi (INERIS, BRGM, PROVADEMSE INSAVALOR) hanno contribuito a una metodologia adattata ai sedimenti.

Per i sedimenti classificati come non pericolosi (che rappresentano la stragrande maggioranza), la possibilità di valorizzarli nelle tecniche stradali è coperta dall'applicazione di una guida del Ministero dell'Ambiente pubblicata da CEREMA nel 2011. Una versione specifica per i sedimenti è in fase di finalizzazione. La valutazione ambientale dei materiali candidati si basa in gran parte sulla lisciviazione. Questo approccio è stato attuato nell'ambito di SEDITERRA.

Inoltre, in Francia è stata avviata una nuova riflessione per consentire l'utilizzo di materiali alternativi (da rifiuti) nell'edilizia.

Ad oggi non esistono regole sull'uso di sedimenti non inerti nelle strutture marine.

Infine, naturalmente, tutte queste disposizioni si trovano a diversi livelli di sviluppo nel quadro europeo delle direttive sui rifiuti (anche in termini di eliminazione dello status di rifiuto per facilitare l'accettazione degli usi), della politica ambientale europea sull'economia circolare e del regolamento edilizio 305/2011 che nel suo 7^{ème} requisito essenziale incoraggia l'uso di materiali riciclati.

2.4. Promemoria delle principali azioni di SEDITERRA e dei loro collaboratori

2.4.1. Organizzazione delle azioni

Le azioni di SEDITERRA sono organizzate intorno a 3 assi :

- Comunicare e condividere informazioni e buone pratiche tra i partner e non solo con l'intera comunità degli stakeholder della gestione dei sedimenti in Francia e in Italia (Componente C del progetto)
- Produrre nuove sintesi basate su dati esistenti nel campo della gestione dei sedimenti in termini di quadro normativo, risultati di progetti precedenti, mappatura e caratterizzazione (Componente T1 del progetto)
- Promuovere la conoscenza nel campo del trattamento dei sedimenti e del recupero di materiali ed energia al fine di completare e documentare il panel di soluzioni da proporre agli operatori del settore (Componente T2 del progetto)

Il diagramma sottostante ricorda queste azioni e i loro principali contribuenti :



2.4.2. Comunicare e condividere

La maggior parte di questo lavoro è stato realizzato attraverso due media : il sito web di capitalizzazione www.sediterra.net e le newsletter bilingue che sono state ampiamente distribuite (più di 2.000 destinatari).

Questo sito fornisce anche l'accesso ai documenti finalizzati (guide, metodi, feedback), al follow-up del lavoro scientifico (pubblicazioni, conferenze) e ai video educativi (anche bilingue) che permettono ai non esperti di comprendere facilmente le azioni svolte nell'ambito del progetto.

Siamo convinti che questo strumento debba continuare e arricchirsi oltre il progetto SEDITERRA e diventare una piattaforma di scambio e di accesso all'informazione aperta a tutti gli attori del settore e collegata ad altre comunità di scienziati, manager, comunità, ... attive nel campo dei sedimenti.

Se il progetto di osservatorio proposto nel capitolo seguente nasce, è naturalmente attraverso questo sito che sarà accessibile agli utenti.

2.4.3. Produrre nuove sintesi

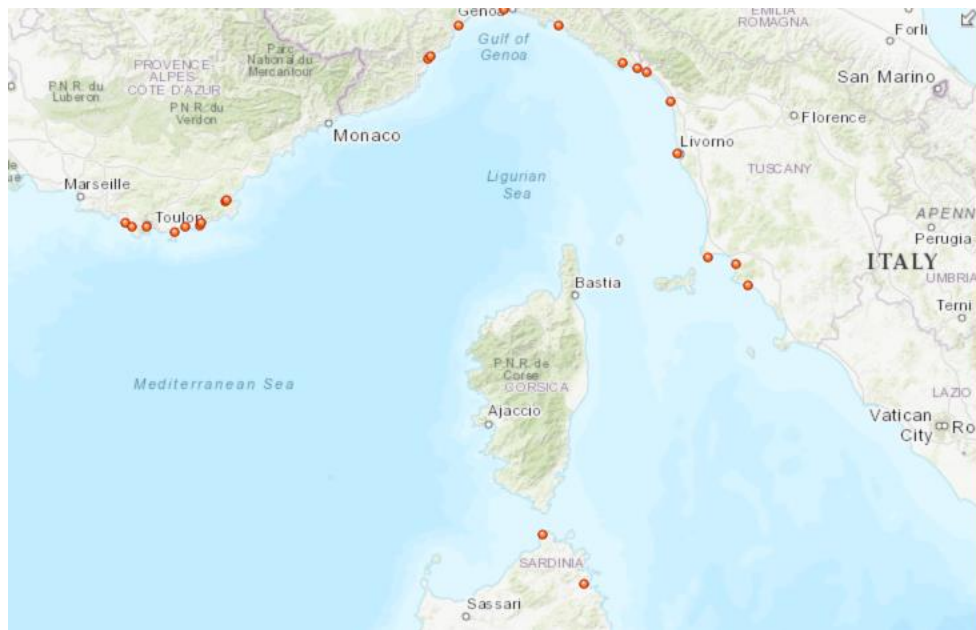
Se c'è un'area in cui i partner hanno incontrato (dolorosamente) difficoltà o addirittura ostacoli nel corso di questo progetto, è la questione del quadro normativo per la gestione e in particolare per il trasporto dei sedimenti. Tuttavia, queste difficoltà hanno permesso ai partner di comprendere meglio la natura delle serrature da sollevare e le possibili soluzioni da proporre. Un'importante analisi e comprensione di questi contesti di gestione e di governance è stata effettuata nei deliverable T1.1.1 e T1.2.4.

Il programma sperimentale ha dovuto addirittura essere rivisto per tenere conto di queste difficoltà, spostando una serie di test lisimetrici e mettendo in comune le competenze per trasferire le metodologie di test e di trattamento da una comunità all'altra.

I responsabili dei progetti sui sedimenti negli ultimi dieci anni sono stati molto criticati per aver riprodotto nel proprio contesto territoriale schemi di R&S già esplorati in altri contesti. Se è vero che i problemi dei sedimenti del Mare del Nord e quelli dei canali della Francia meridionale e dell'Italia settentrionale hanno una loro specificità, questa critica non è del tutto ingiusta. Sono mancati gli strumenti e l'approccio per catturare e, soprattutto, in alcuni casi, la volontà di condividere.

I partner di SEDITERRA hanno imparato da questi errori del passato e hanno messo a punto un approccio per analizzare i risultati dei precedenti grandi progetti (T1.1.2) e strumenti per la capitalizzazione e la condivisione dei dati (in particolare il sito web della capitalizzazione www.sediterra.net e newsletter bilingui).

Trasparenza e condivisione sulla localizzazione dei dati di deposito dei sedimenti dell'area di studio attraverso un GIS (deliverable T1.3.5GIS). Il lavoro svolto dalla Collectivité de Corse con l'assistenza della società Natural Solutions consiste nella produzione e nella disponibilità online dei dati cartografici per la caratterizzazione dei depositi di sedimenti presenti nell'area di Marittimo (Francia-Italia). Il database è stato sfruttato su una piattaforma web come un sistema informativo geografico (GIS).



Attraverso questa interfaccia è possibile utilizzare diversi strati di mappe, comprese informazioni estremamente precise sullo stato di contaminazione di alcuni depositi o sull'insabbiamento di alcuni porti.

Questo tipo di strumento può quindi rivelarsi un serio asset per la pianificazione e la gestione predittiva del dragaggio, ma anche dei futuri depositi destinati a questa o quella catena del valore.

In questo contesto è stata sviluppata anche una collaborazione con i partner del progetto Interreg Marittimo SEDRIPOORT.

Infine, sono stati effettuati lavori speciali sul problema delle biomasse residue che si possono trovare nei sedimenti dragati (in particolare le fibre di posidonia) che possono diventare problematiche per l'uso finale dei sedimenti. La ricerca sul recupero energetico è stata effettuata anche nell'ambito della componente T2.

2.4.4. Avanzamento delle conoscenze nel campo del trattamento e del recupero

Oltre allo stato dell'arte dei percorsi di trattamento già esplorati in precedenti progetti (disponibili sulla biblioteca/guide tematiche all'indirizzo www.sediterra.net), nel progetto SEDITERRA è stata sperimentata e realizzata una serie di trattamenti e pretrattamenti a diverse scale :

- separazione granulometrica
- lavaggio del terreno
- mycoremediation
- disidratazione
- pirogassificazione (conversione di energia)
- valorizzazione dell'ingegneria civile

Questi trattamenti corrispondono infatti a 4 approcci complementari (e in alcuni casi consecutivi di settori esistenti o da sviluppare) :

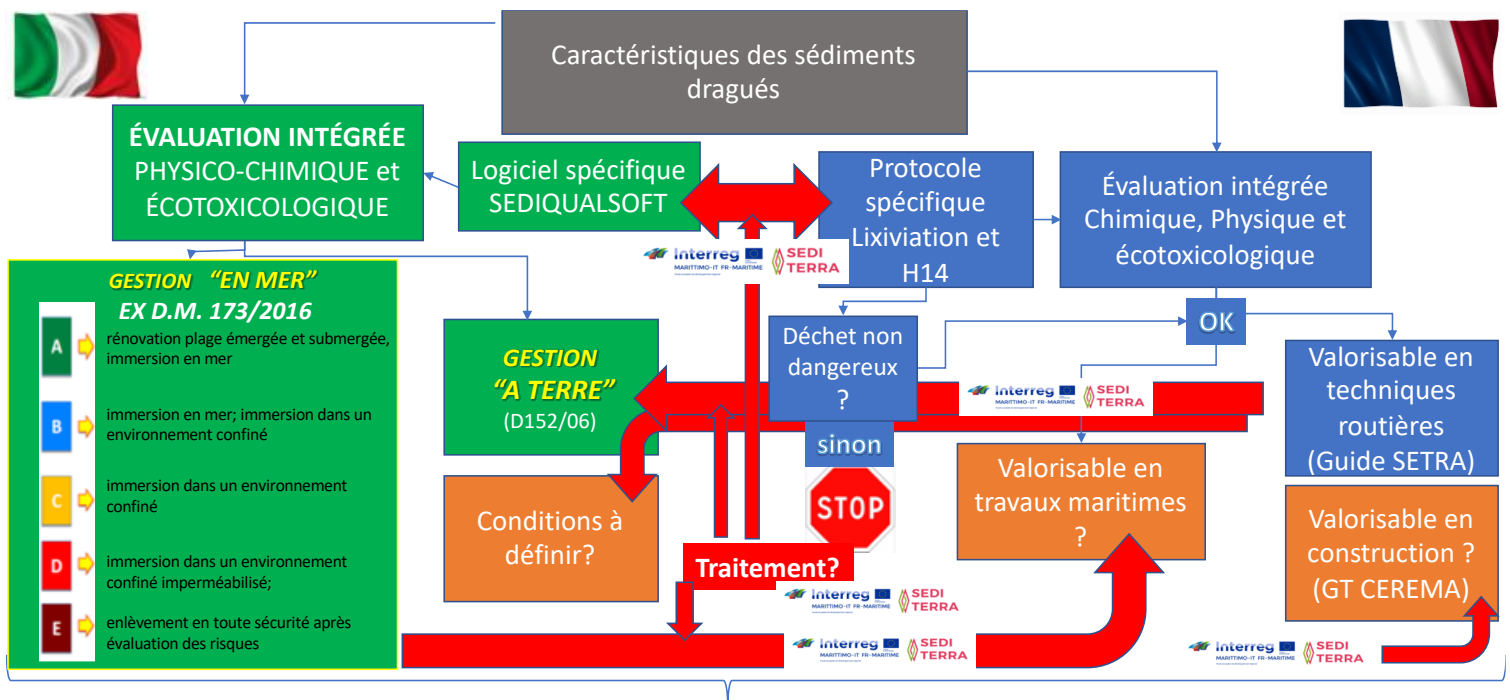
- Pretrattamento : separare il deposito in più frazioni in modo tale che almeno una di queste frazioni possa soddisfare le specifiche di un processo di recupero o di un processo di post-trattamento necessario prima del recupero.
- Trattamento : estrazione di sostanze inquinanti o modificazione chimica di alcune sostanze inquinanti che costituiscono un ostacolo al recupero nel loro stato attuale.
- Trasformazione o conversione (così com'è o dopo il pretrattamento) di tutto o parte del deposito in una risorsa recuperabile
- Incorporazione (così com'è o dopo il pretrattamento) di tutto o parte del deposito in una risorsa recuperabile, in particolare in materiali conformi alle specifiche d'uso.

Ognuno di questi trattamenti è stato oggetto di un deliverable e il deliverable sintetico T3.1.1 fornisce una panoramica dei metodi e dei risultati.

2.5. Prospettive di sviluppo che integrano i possibili contributi dei risultati di SEDITERRA al processo decisionale.

2.5.1. Schema generale

Lo schema seguente riassume tutte le possibili interazioni tra le situazioni esistenti nei due contesti francese e italiano e i risultati delle azioni di SEDITERRA :



Quadro europeo (direttiva quadro sui rifiuti, direttiva sull'uscita dallo stato di rifiuto, direttiva sull'edilizia, economia circolare, ecc.)

Le principali interazioni sono le seguenti :

1. Trasferimento di competenze dai partner italiani ai partner francesi sulle condizioni di valorizzazione dei sedimenti nelle opere marittime
2. Trasferimento di competenze dai partner francesi ai partner italiani sulle condizioni di recupero dei sedimenti terrestri (ingegneria civile e recupero energetico)
3. Armonizzazione e sviluppo congiunto di un approccio integrato alla valutazione fisico-chimica ed ecotossicologica (lavoro da sviluppare ulteriormente)
4. Trattamento e pretrattamento dei sedimenti

2.5.2. Lavori marittimi

Le attività di dragaggio nei porti e nei canali possono avere impatti molto negativi sulla generazione di grandi quantità di sostanze inquinanti che possono essere rilasciate nell'ambiente e richiedono un trattamento adeguato per evitare la contaminazione dell'ambiente marino e costiero.

L'aumento delle conoscenze sui sedimenti dragati e trattati dovrebbe portare allo sviluppo di una valida alternativa all'uso di materie prime naturali. Il riutilizzo di materiali provenienti da operazioni di dragaggio in opere marittime può avere il vantaggio (cioè rispetto al recupero a terra) di ridurre il consumo di risorse naturali in un contesto in cui la presenza di sali nei sedimenti non sarà un problema.

In Italia, con il Decreto del Ministero dell'Ambiente n.173 / 2016, viene approvato il regolamento che detta le modalità e i criteri tecnici per l'autorizzazione a scaricare in mare il materiale di scavo proveniente dai fondali marini.

La disposizione stabilisce le procedure per il rilascio dell'autorizzazione allo scarico deliberato di materiali in mare, tenendo conto dell'obiettivo di protezione dell'ambiente marino.

Il decreto fornisce i metodi e i criteri per : caratterizzazione ; classificazione ; identificazione delle possibili opzioni di gestione dei sedimenti marini e salmastri da movimentare.

Esempi pratici e consolidati di quest'ultimo sono principalmente esempi pratici :

- Alimentazione di spiagge emerse e sommerse
- Riempimento di banchine e infrastrutture portuali (ad es. fondamenta stradali e ponti portuali) ...
- Riempimento dei serbatoi di riempimento (che diventeranno principalmente piazzali e spazi per l'utilizzo delle attività portuali)
- Difesa costiera e opere antierosione

In Francia, al fine di proseguire il lavoro svolto sull'accettabilità ambientale nell'ingegneria e nella costruzione di strade, il Ministero dell'Ambiente francese ha affidato a Cerema il compito di sviluppare una metodologia per l'accettabilità ambientale dei materiali alternativi nelle opere marittime e fluviali.

La metodologia dovrebbe essere applicabile a qualsiasi materiale alternativo prodotto da rifiuti minerali non pericolosi e sarà suddivisa per matrice (sedimenti, scorie, ecc.) all'interno di guide all'applicazione.

È destinato ad usi in cui i materiali possono essere a diretto contatto con l'ambiente (lavori di costruzione sommersa, scogliera artificiale, zavorramento di cavi, zavorramento, polder, isola artificiale, lavori di controllo delle inondazioni, conchiglie, casseforme, ripascimenti, rinforzi di sponde, ecc.) L'acqua viene utilizzata per il riempimento di ex cave), a contatto parziale o intermittente con l'ambiente (lavori di controllo delle inondazioni, lavori di rinaturalizzazione, sbarramento delle dune, ricariche degli argini, regalizzazioni, sviluppi vari), o a contatto indiretto con l'ambiente (strada ai margini della costa, zona commerciale, sviluppi vari).

Il riutilizzo più appropriato dei sedimenti dragati nelle opere marine deve essere definito sulla base del tipo di sedimenti dragati, del livello di contaminazione che può essere presente e sulla base di diversi fattori territoriali, economici e ambientali quali: caratteristiche dell'ambiente costiero circostante, tipo e dimensione dei depositi di sedimenti, eventuale trattamento dei sedimenti per ridurre la contaminazione, costi associati ai metodi di trattamento, trasporto del materiale dragato e smaltimento dei materiali residui non appropriati.

L'obiettivo delle squadre francese e italiana di SEDITERRA è di contribuire insieme a questo obiettivo.

2.5.3. Recupero nel settore dell'ingegneria civile

In Francia, l'obiettivo della gestione dei sedimenti a terra è prima di tutto la possibilità di utilizzarli come materiale sostitutivo nelle opere di ingegneria civile come il rinterro tecnico, la malta da trincea o il calcestruzzo comune.

L'associazione tra la caratterizzazione e il controllo del potenziale dei rifiuti minerali inquinati e il loro recupero nel campo dell'ingegneria civile ha una lunga storia in Francia. Già negli anni '80 e '90 si è cercato di controllare il potenziale inquinante dei rifiuti per quanto riguarda il loro smaltimento in discarica attraverso la loro frazione percolabile. L'INSA di Lione in particolare ha sviluppato un'intera batteria di prove di lisciviazione, alcune delle quali sono diventate norme europee dopo il loro passaggio attraverso il processo CNTC 292 (in particolare la prova di lisciviazione per la verifica della conformità per la discarica (EN12457), la prova di percolazione per l'utilizzo di rifiuti granulari in riempimento (EN14405) o ancora più recentemente la prova di lisciviazione per materiali monolitici (EN15863)).

Abbastanza rapidamente, un intero insieme di approcci scientifici e tecnici è stato sviluppato intorno alla riduzione di questo potenziale inquinante utilizzando leganti minerali (idraulici) simili al cemento e la valutazione della qualità dei materiali ottenuti ha naturalmente portato i migliori a considerare il loro utilizzo nell'Ingegneria Civile.

Sono stati esclusi i rifiuti pericolosi (la loro stabilizzazione con leganti idraulici è strettamente riservata alle discariche), ma molti rifiuti possono essere "candidati" ad usi sostitutivi degli aggregati naturali (ceneri pesanti, scorie, cemento da demolizione, ecc.) o anche di parte del cemento grazie alle loro proprietà pozzolaniche (ceneri volanti delle centrali elettriche a carbone, scorie d'altoforno, ecc.)

Questi approcci hanno portato ad un certo numero di guide applicative e anche a regolamenti pubblicati dal Ministero dell'Ambiente.

In particolare, per valutare le caratteristiche ambientali dei materiali alternativi destinati ad essere utilizzati nell'ingegneria stradale, il Ministero dell'Ambiente ha sviluppato una metodologia pubblicata nel marzo 2011 da CEREMA con il riferimento SKU1841125457, disponibile sul sito web :

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-materiaux-alternatifs-technique-routiere>

Questa guida metodologica è suddivisa in guide applicative più operative per i depositi di materiali alternativi per i quali il feedback è determinante. È in preparazione una guida all'applicazione dedicata al dragaggio e al dragaggio dei sedimenti.

Inoltre, un gruppo di lavoro guidato da CEREMA, CSTB e PROVADEMSE sta lavorando allo sviluppo di una guida per regolare l'uso di materiali alternativi nell'edilizia. Una prima versione di questa guida è stata presentata ai professionisti per la convalida alla fine del 2019.

La specificità dei sedimenti (ed in particolare dei sedimenti marini) fa sì che queste disposizioni non possano essere recepite direttamente, ma i risultati incoraggianti ottenuti nell'ambito dei piloti di recupero sia sul sito INSA di Tolone che sul sito ISPRA di Livorno ci portano a ritenere che si stiano aprendo interessanti prospettive di collaborazione tra i team e le autorità francesi ed italiane nel campo del recupero dei sedimenti nel settore dell'ingegneria civile.

2.5.4. Procedura di valutazione integrata comune

Lo studio dell'approccio francese e italiano alla valutazione ambientale dei sedimenti ha permesso di evidenziare le loro specificità e la loro complementarità.

Per quanto riguarda l'approccio italiano, la valutazione della qualità dei sedimenti e la conseguente classificazione si basa sull'integrazione dei risultati relativi alle caratteristiche fisiche, chimiche ed ecotossicologiche dei materiali. I risultati ottenuti dalle analisi chimiche e le risposte dei test ecotossicologici possono essere elaborati attraverso un modello di valutazione della qualità dei sedimenti (SediquaSoft ©) che pondera i risultati dei diversi test della batteria in un indice di pericolosità sintetico (HQ : Hazard Quotient Quotient) e fornisce direttamente la classificazione dei sedimenti secondo il DM 173/2016.

Questo sistema è stato sviluppato dall'Università Politecnica delle Marche (Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente - Ancona) in collaborazione con ISPRA ed è stato adottato nella classificazione della qualità dei sedimenti marini e salmastri secondo il D.M. 173 del 15 luglio 2016.

Lo strumento è organizzato in 3 moduli e i dati analitici vengono importati tramite un foglio di calcolo Excel ed elaborati con algoritmi e diagrammi di flusso specifici.

I primi due moduli, relativi alla caratterizzazione ecotossicologica e chimica, forniscono il corrispondente HQ (Quoziente di rischio) e la corrispondente classe di rischio (tra "Assente" e "Altissimo"); il terzo modulo integra i due moduli precedenti e assegna la classe di qualità dei sedimenti.

La Francia, da parte sua, applica, per i sedimenti gestiti a terra, la regola generale per definire la natura pericolosa o non pericolosa dei rifiuti, derivata dalla trascrizione nel diritto francese della Direttiva Europea 2008/98/CE del 19 novembre 2008.

Infatti, trattandosi di una "voce speculare", termine utilizzato per caratterizzare un rifiuto presente in due possibili forme nella lista europea dei rifiuti, una di natura pericolosa, l'altra non pericolosa, la verifica della pericolosità del rifiuto deve essere basata sull'esame delle 15 proprietà di pericolosità da HP1 a HP15 elencate nell'Allegato III della Direttiva 2008/98/CE.

In pratica, solo la proprietà H14 è rilevante e discriminatoria per i sedimenti. Nell'ambito del progetto SEDIMARD guidato da CD Var (2006), POLDEN (ora PROVADEMSE) aveva avviato una prima procedura specifica per i sedimenti HP14. Questo lavoro è stato poi ripreso e completato da INERIS e BRGM e questo protocollo è stato pubblicato da BRGM con il riferimento BRGM/RP-61420-EN, poi da INERIS nella sua guida INERIS-DRC-15-149793-06416A.

La fattibilità del recupero di sedimenti non pericolosi viene poi valutata in base agli scenari di utilizzo nell'ingegneria civile, essenzialmente in funzione della disponibilità di sostanze inquinanti al percolamento.

La proposta di collaborazione mira all'evoluzione delle procedure francesi e italiane per portare, per entrambi i paesi, all'elaborazione di una procedura comune (o anche all'utilizzo di un software) per la classificazione dei sedimenti che integri tutti i criteri fisico-chimici ed ecotossicologici e consenta di determinare l'accettabilità del sedimento nei suoi diversi scenari di valorizzazione e gestione quali :

- Valorizzazione delle tecniche stradali continentali
- La valorizzazione nelle opere costiere o marittime
- Riciclaggio in materiali monolitici continentali
- Recupero in materiali monolitici costieri o marittimi

- Riemersione della spiaggia
- Smaltimento in aree marine non costiere
- Immersione in una vasca marina

Oltre ai test di lisciviazione sopra citati, la complementarietà dei test ecotossicologici francesi e italiani dedicati agli organismi continentali e marini permette di prevedere questo tipo di procedura integrata che copre tutti gli scenari di gestione in funzione degli ambienti e degli ecosistemi considerati, siano essi collegati o meno all'ambiente marino.

2.5.5. Trattamento e pretrattamenti

Come già detto, gli approcci al "trattamento" dei sedimenti nel senso più ampio del termine possono rientrare in quattro categorie :

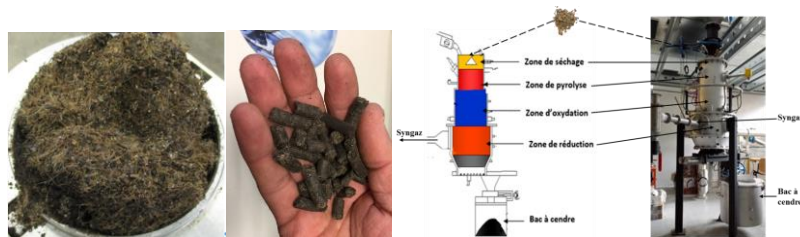
- a. Pretrattamento : separare il deposito in più frazioni in modo tale che almeno una di queste frazioni possa soddisfare le specifiche di un processo di riqualificazione o di un processo di post-trattamento necessario prima della riqualificazione.
- b. Trattamento : estrazione di sostanze inquinanti o modificazione chimica di alcune sostanze inquinanti che costituiscono un ostacolo al recupero nel loro stato attuale.
- c. Trasformazione o conversione (così com'è o dopo il pretrattamento) di tutto o parte del deposito in una risorsa recuperabile
- d. Incorporazione (così com'è o dopo il pretrattamento) di tutto o parte del deposito in una risorsa recuperabile, in particolare in materiali conformi alle specifiche d'uso

Le procedure a) e b) sono state implementate nell'ambito di SEDITERRA e sono dettagliate nei deliverable della componente T2 ("NON IMMERGEABILE SEDIMENT PROCESSING PILOTS") e compilate nel deliverable T3.1.1 del progetto (SINTESI DI VALUTAZIONE COMPARATIVA DEI PILOTI DI LAVORAZIONE E VALUTAZIONE).

L'approccio c) è stato sviluppato nell'ambito di SEDITERRA attraverso la conversione energetica mediante la gassificazione delle frazioni di biomassa (posidonie) estratte dai sedimenti (deliverable T2.3.6). La gassificazione può essere una strategia molto interessante per il recupero energetico di frazioni combustibili (macro-rifiuti) dal dragaggio dei sedimenti (pesci, alghe, legno, plastica, ecc.). Questo approccio è in linea con le dinamiche della CSR (Solid Fuel Recovery), che rappresenta una delle principali sfide della transizione energetica.

A seconda della natura del macro-rifiuto, esso richiederà diversi metodi di preparazione fisica (frantumazione, setacciatura, pellettizzazione). Tuttavia, la presenza di cloruri e sabbie può essere un ostacolo da prevedere, richiedendo pretrattamenti come quelli effettuati nell'ambito di SEDITERRA. Le esperienze italiane e francesi nel campo dei carburanti alternativi potrebbero essere utilizzate congiuntamente a questo scopo. Oltre alla sua elevata efficienza energetica, il vantaggio della gassificazione è che permette di fornire energia sotto forma di diversi vettori energetici (calore, ma anche elettricità, syngas in sostituzione del gas naturale, metano sintetico se la gassificazione è accoppiata alla metanazione (catalitica o biologica) o anche materie prime per la sintesi chimica.

L'approccio (d) è stato delineato nel paragrafo 1.5.3 del presente documento. I protocolli utilizzati e i risultati ottenuti sono presentati in dettaglio anche nei deliverable T2.4.7 (TREATMENT PILOT SYNTHESIS AND EVALUATION) e T3.1.1 del progetto (COMPARATIVE EVALUATION SYNTHESIS OF THE TREATMENT PILOTS AND EVALUATION).



a) Pretrattamenti

Sul sito web di SEDITERRA (<https://sediterra.net/fr/bibliotheque>), troverete la guida tematica "Pretrattamenti" effettuati nell'ambito di SEDIMARD 83.



Nell'ambito di questo progetto emblematico e fondatore, sono stati effettuati test di pretrattamento/trattamento su scala pilota su un pannello di sedimenti rappresentativi della variabilità ambientale che si può incontrare su scala industriale.

I pretrattamenti mirano ad abbassare i livelli di contaminazione e sono un primo ed essenziale passo nella gestione terrestre dei sedimenti, sia per il recupero che per lo stoccaggio.

Durante il SEDIMARD 83, la piattaforma pilota che copre un'area di circa 1 ettaro, situata nel porto industriale di Brégaillon nella baia di Tolone, ha permesso di testare diversi metodi di pretrattamento sui sedimenti di 8 siti portuali.

Questi pretrattamenti erano dei seguenti tipi : Screening / Desabbiatura / Lavaggio / Disidratazione (naturale o meccanica).

Gli strumenti di pretrattamento utilizzati e disponibili in situ includono

- Una bacinella di ricezione
- Una zona lagunare
- Un'unità di selezione dei rifiuti macro (screener)
- Un'unità di dissabbiamento (idrociclone pilota)
- Un'unità di disidratazione meccanica (filtropressa)
- Un'unità di trattamento per l'acqua proveniente dai processi di prova e pretrattamento delle acque penetranti

Il programma SEDITERRA ha ripreso e ottimizzato un certo numero di queste tecniche, ma il loro principio e gli obiettivi rimangono gli stessi : separare le diverse frazioni di sedimenti che possono corrispondere separatamente a specifiche specifiche di recupero.

Le frazioni principali sono le seguenti :

- Frazioni grossolane di macro-rifiuti :

Es. : Biomassa animale e vegetale, legno, rifiuti plastici (reti, imballaggi), metalli.

La destinazione "normale" di questo macro-rifiuto è la discarica, ma come abbiamo visto al punto c), ci sono prospettive di recupero energetico per la frazione organica. Va notato che l'energia prodotta potrebbe utilmente integrare il fabbisogno energetico dei pretrattamenti (elettricità per i trituratori e motori per i sistemi di trasporto o di vagliatura, o calore per l'essiccazione della biomassa, per esempio).

- Frazione minerale di sabbia :

Questa è la frazione che può essere recuperata più facilmente se è ben separata dalle multe e dagli indesiderabili. A seconda del suo contenuto di cloruro, può facilmente trovare un mercato nel settore del ripascimento o della costruzione. La soglia di taglio tra questa frazione e la frazione più fine si aggira generalmente intorno ai 63 μ .

- Frazione fine :

È a priori lì che si concentrano gli inquinanti organici (di tipo idrocarburo) e metallici. Nel caso di sedimenti contaminati con un significativo potenziale di recupero (che dipenderà dalla natura mineralogica della frazione minerale e dalla sua curva granulometrica, dalla possibilità o meno di utilizzarla come carica), è necessario passare ad una fase di trattamento biologico o fisico-chimico per estrarre questi inquinanti o per modificarne la natura chimica al fine di immobilizzarli.

b) Trattamenti



I trattamenti sono stati anche oggetto di una guida tematica disponibile sul sito web di SEDITERRA

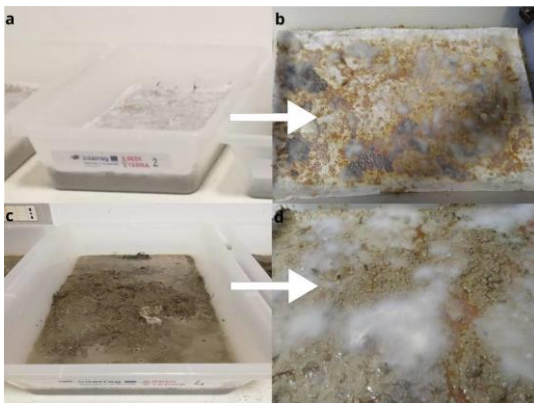
<https://sediterra.net/fr/bibliotheque>

Questi trattamenti possono essere classificati secondo diverse tipologie :

- Trattamenti bio-fisico-chimici : biorisanamento
- Trattamenti con l'aggiunta di additivi : fosfatazione, calcinazione, additivi minerali (zeoliti, ematiti, smectiti), leganti idraulici (per la stabilizzazione/solidificazione)
- Trattamenti termici : calcinazione

Nell'ambito di **SEDITERRA**, queste tre tipologie sono state implementate, ma per due di esse, stabilizzazione mediante leganti idraulici e calcinazione, sono state implementate a scopo di valorizzazione, cioè con specifiche vincolate dal valore d'uso dei prodotti di questi trattamenti, cioè i materiali ottenuti (utilizzabili nell'ingegneria civile) per la stabilizzazione e la produzione di energia (per il trattamento termico mediante pirogassificazione).

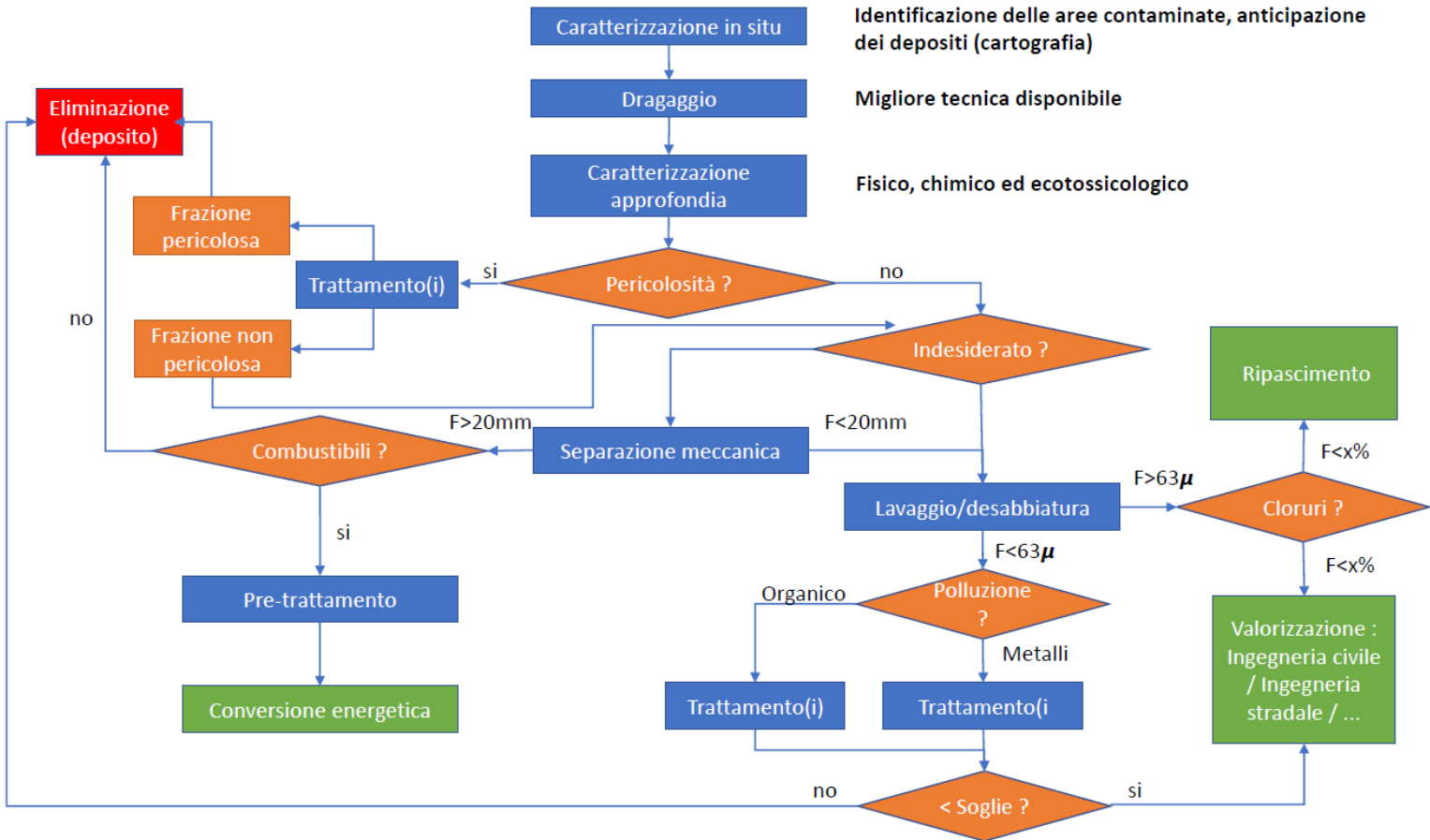
Un trattamento di biorisanamento è stato implementato dall'Università di Genova (DISTAV) mediante micorisanamento. L'approccio e i risultati sono documentati nel documento T2.3.4.



La scelta e lo scopo del pretrattamento e del trattamento da attuare da soli o più in generale combinati tra loro dipenderà essenzialmente da :

- la natura dei sedimenti (natura mineralogica, indesiderabile, granulometria, ...)
- potenziale di recupero (che dipenderà dalla natura dei sedimenti e soprattutto dal mercato locale in termini di sbocchi, sistemi di gestione e normative).

L'approccio complessivo può essere riassunto nel diagramma sottostante :



Molte sinergie e miglioramenti del sistema possono essere realizzati mettendo in comune le conoscenze dei team **SEDITERRA** a beneficio di entrambi i territori.