

Progetto - Projet

GEREMIA - Gestione dei reflui per il miglioramento delle acque portuali



PRODOTTO T3.1.1: REPORT STATO QUALITÀ DELLE ACQUE PORTUALI - III

LIVRABLE T3.1.1: RAPPORT QUALITÉ DE L'EAU DU PORT - III

Partner responsabile - Partner responsable : Università di Genova

Partner contributori - Partenaires contributeurs : Servizi Ecologici Porto di Genova, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, Université de Toulon, Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità ambiente marino.

Nome del prodotto	Redatto da:	Verificato da:	Validato da:
T3.1.1 - Report stato qualità delle acque portuali - III	Francesca Spotorno (SEPG)	Laura Cutroneo (UNIGE)	Giovanni Besio (UNIGE)

Descrizione del Prodotto: Per ogni porto coinvolto nel Progetto è stilato un rapporto sulla presenza di reflui e scarichi all'interno dei bacini e sulla qualità delle acque in base ai dati di monitoraggio pregressi raccolti. Viene riportato in questo prodotto un aggiornamento sulla qualità delle acque del Porto di Genova relativo al 2019.

Description du livrable: Un rapport est rédigé pour chaque port du Projet sur la présence d'eaux usées et de rejets dans les bassins et sur la qualité de l'eau, sur la base des données de surveillance précédentes recueillies. Une mise à jour de la qualité de l'eau dans le port de Gênes pour 2019 est présentée dans ce produit.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Prodotto n. T3.1.1 - III

Indice

1 Introduzione.....	1
2 Porto di Genova.....	1
Bibliografia	18
1 Introduction	19
2 Port de Gênes	19
Bibliographie.....	36

1 Introduzione

In questo prodotto vengono descritte le caratteristiche chimico-fisiche delle acque superficiali del Porto di Genova relative all'anno 2019.

2 Porto di Genova

Per la descrizione del Porto di Genova si rimanda al primo prodotto T3.1.1 redatto nell'ambito del progetto GEREMIA.

L'Autorità Portuale di Genova, tramite la ditta Servizi Ecologici Porto di Genova srl, partner nel progetto GEREMIA, conduce dal 1998 un monitoraggio ambientale mensile, allo scopo di individuare le aree più a rischio degli specchi acquei portuali, nella zona che si estende da Punta Vagno a Voltri. Tale attività produce dati mensili su nove parametri analizzati e carte tematiche che mostrano graficamente la situazione. I punti considerati sono un centinaio, identificati tra le zone più significative, per tutta l'estensione del Porto di Genova. I parametri presi in considerazione sono ammoniaca, coliformi fecali, temperatura, ossigeno disciolto, salinità, clorofilla- α , pH, potenziale Red-Ox e torbidità.

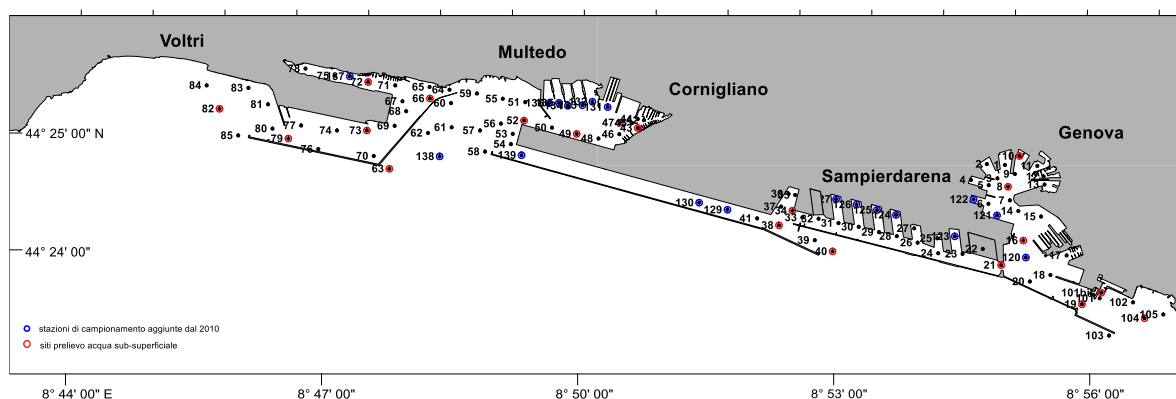
Di seguito si considereranno i dati del monitoraggio delle acque sub subsuperficiali riferiti all'anno 2019 per comprendere lo stato delle acque portuali dello scalo Genovese.

I dati raccolti durante l'anno 2019 rappresentano il monitoraggio condotto eseguendo campionamenti mensili in circa 110 stazioni con acquisizione dei principali parametri chimico-fisici tramite sonda multiparametrica e sono già stati riportati in una serie di relazioni mensili, trimestrali ed una annuale di sintesi.

La relazione annuale sullo stato delle acque portuali genovesi ha lo scopo di presentare tutti i risultati relativi al 2019, per evidenziare la presenza di gradienti spaziali dei parametri di qualità dell'acqua, riconducibili alla localizzazione delle sorgenti puntuali di acque dolci e dei reflui urbani e industriali, e la presenza di fluttuazioni sistematiche dei parametri rilevati, modulate in qualche misura dalle attività antropiche e riconducibili al succedersi delle stagioni e al contributo delle condizioni meteorologiche. Inoltre, i dati sono stati comparati con quelli

provenienti dai precedenti monitoraggi, per verificare se ci siano state variazioni nel corso degli anni.

Sono state effettuate acquisizioni in circa 110 punti distribuiti all'interno dell'area portuale, in 20 di questi punti vengono prelevati anche campioni di acqua sub-superficiale per l'analisi dell'azoto ammoniacale, dei coliformi fecali e della clorofilla- α , secondo le metodologie standard UNICHIM.



Nel corso del programma di monitoraggio, in atto ormai da più di 15 anni, sono emersi alcuni andamenti generali delle caratteristiche delle acque portuali, sia spaziali sia temporali. Tali andamenti risultano evidenti anche se l'estensione spaziale e il momento in cui si manifestano possono variare di anno in anno. Tale variabilità è riconducibile in varia misura al succedersi delle stagioni, alle attività antropiche che insistono sull'area portuale e alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

La temperatura sub-superficiale dell'acqua presenta nel suo andamento stagionale una spiccata periodicità, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo fra luglio e agosto, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate, e segue l'evoluzione della temperatura atmosferica.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in quasi tutti i mesi i

principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del torrente Polcevera, la zona del Porto Antico e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il torrente Chiaravagna. Entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno uno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. In concomitanza con i massimi pluviometrici stagionali tendono però a esondare, o comunque ad aumentare notevolmente la portata con evidenti diminuzioni della salinità in corrispondenza delle foci.

Lo scarico del depuratore presente in Darsena, pur risentendo del regime delle precipitazioni poiché raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano del centro storico di Genova, ha comunque una portata tale da influire sulla salinità del corpo recettore a prescindere dalla frequenza e dall'intensità delle piogge.

Le concentrazioni della clorofilla- α nelle acque portuali seguono un tipico andamento stagionale. Durante il periodo autunnale-invernale la biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla- α) è più bassa; in seguito, nel periodo primaverile, quando la temperatura dell'acqua diventa sufficientemente elevata e la radiazione luminosa sufficientemente intensa, si osservano le prime fioriture fitoplanctoniche. Queste possono essere stimolate e sostenute dagli apporti di nutrienti provenienti da terra e si prolungano nella stagione estiva, fino a raggiungere solitamente i valori massimi nei mesi di luglio e agosto. Qualora gli apporti di nutrienti non siano sufficienti a compensare il consumo ad opera della comunità autotrofa, le fioriture possono terminare rapidamente. La clorofilla- α ritorna verso valori bassi tipici del periodo autunnale, in seguito alle progressive diminuzioni della temperatura dell'acqua e dell'intensità della radiazione solare.

Dalla distribuzione spazio-temporale della clorofilla- α , si evince anche che ciascun bacino portuale presenta una situazione differente, sia dal punto di vista della quantità massima di biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla- α), che del periodo stagionale in cui viene raggiunta.

La distribuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto è modulata sia dal naturale ciclo di produzione del fitoplancton e dalla temperatura dell'acqua, e quindi dalla stagionalità, che dal

carico organico proveniente dagli apporti di acqua dolce. In quasi tutte le stagioni, infatti, in corrispondenza dei principali scarichi da terra, si riscontrano valori minimi di ossigeno, la cui entità varia però secondo il periodo stagionale.

Altri parametri, invece, non hanno mostrato un particolare andamento stagionale. Ad esempio, la dinamica dell'ammoniaca e dei coliformi fecali è regolata prevalentemente dai processi di trasporto dei carichi provenienti dagli scarichi immessi nei bacini.

Il pH presenta una distribuzione abbastanza omogenea sia dal punto di vista spaziale che temporale, non discostandosi troppo dai valori medi dell'acqua di mare. Si può notare come nelle zone degli scarichi civili ci sia una lieve diminuzione di pH.

I valori del potenziale Red-Ox sono molto variabili sia al livello stagionale sia spaziale e non si notano particolari gradienti.

La torbidità non ha un particolare andamento stagionale ma è maggiormente influenzata dalla presenza di scarichi (depuratori e foci di torrenti) e dalla movimentazione dei sedimenti dovuta sia al passaggio delle navi (per esempio presso il terminal traghetti dove le profondità sono relativamente basse e le eliche dei traghetti mettono in sospensione il sedimento di fondo) sia a movimentazioni puntuali di sedimenti per il mantenimento delle profondità idonee alla navigazione.

In generale, le misure di qualità delle acque dipendono fortemente dalla variabilità delle portate dei corsi d'acqua: si ricorda che le portate sono estremamente variabili per i corsi d'acqua liguri, caratterizzati in maggior parte da un regime prettamente torrentizio. L'aumento della portata di un corso d'acqua o di uno scarico (in seguito ad eventi meteorici) influenza in modo diverso i vari contributi all'inquinamento. Ad esempio, per scarichi industriali o provenienti da depuratori, la cui portata è quasi costante nel tempo, può agire come "diluizione", mentre per inquinamento agricolo, zootecnico o urbano può tradursi in un aumento dei carichi, a causa del maggior dilavamento.

Anche i venti sono considerati forzanti meteorologiche importanti, poiché influenzano gli scambi delle acque portuali con il mare aperto. In generale, le componenti da sud-sud-ovest, prevalenti nel periodo estivo e autunnale, tendono a confinare le acque all'interno dell'ambiente portuale. Viceversa, la componente da nord, prevalente nel periodo invernale e spesso caratterizzata da forte intensità, favorisce la fuoriuscita dell'acqua verso l'esterno, e quindi il ricambio con il mare aperto.

Sulla base del set di dati proveniente dal monitoraggio portuale tramite l'utilizzo di alcune analisi statistiche multivariate (analisi delle componenti principali e l'analisi dei fattori principali) si è giunti a una classificazione dei diversi siti all'interno del bacino portuale.

L'analisi delle componenti principali ha evidenziato che i siti possono essere classificati e, quindi raggruppati, sulla base della qualità delle acque, definita come combinazione lineare delle concentrazioni dei parametri monitorati; tale classificazione è interpretabile in chiave geografica, in funzione della vicinanza dalle principali sorgenti puntuali, quali le foci dei torrenti, i depuratori e la zona industriale, e della vicinanza con le bocche del porto.

Nell'area portuale che si estende dalla foce del torrente Bisagno alla foce del torrente Polcevera, le stazioni più interne e poste in corrispondenza dei principali apporti da terra di tipo civile, come il depuratore, si caratterizzano per basse concentrazioni di ossigeno disciolto e basso pH.

Le stazioni influenzate dallo scarico del Polcevera, sono caratterizzate da una diminuzione della salinità e del potenziale Red-Ox.

Anche nel bacino di Multedo le stazioni più interne e poste in corrispondenza dei principali apporti da terra si raggruppano e le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con torbidità decrescente e aumento dell'ossigeno disciolto.

Le stazioni poste davanti a Voltri, fuori dall'imboccatura portuale, sono caratterizzate da un aumento della salinità, della temperatura e del potenziale Red-Ox.

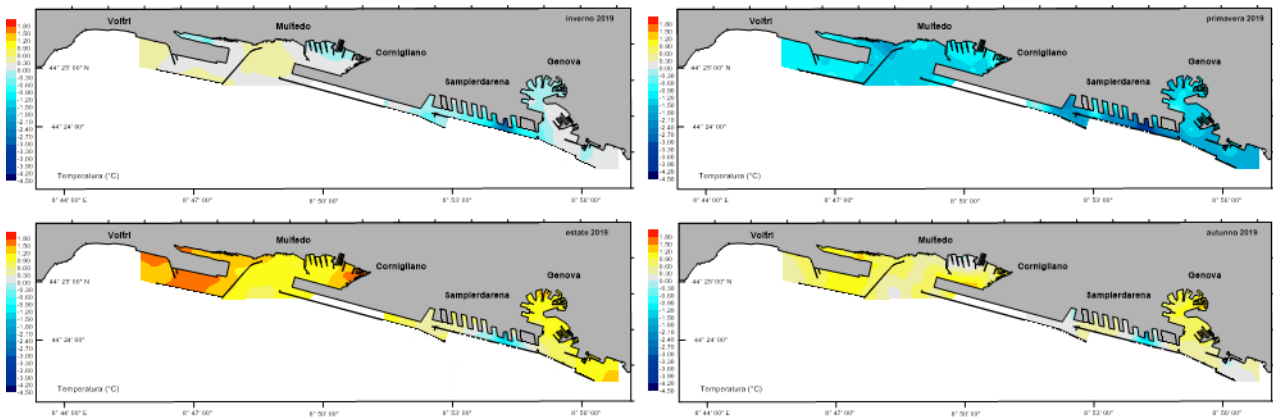
Le stazioni più vicine alla pista dell'aeroporto, quindi più influenzate dall'acqua dolce proveniente dal torrente Polcevera e convogliata nel canale di calma presentano valori più bassi di salinità, pH e temperatura.

Per meglio evidenziare la presenza di alcune differenze nei risultati del monitoraggio relativo all'anno 2019 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri, calcolate rispetto ai dati 1998-2018. Per quanto riguarda i valori di pH, Red-Ox e torbidità le anomalie sono state calcolate rispetto ai dati 2013-2018. Il confronto tra le anomalie stagionali e le evoluzioni dei principali parametri meteorologici nel periodo in questione, indica che le variabilità interannuali possono essere in parte ricondotte alla quantità e distribuzione temporale della piovosità annuale, alla temperatura atmosferica e al regime dei venti.

Per quanto riguarda la variabilità temporale si sono calcolate le anomalie tra i valori del 2019 e la media tra il 1998-2018 per tutti i parametri chimico-fisici e biologici. Di seguito vengono riportati i risultati.

Analizzando le anomalie della temperatura dell'acqua possiamo notare che:

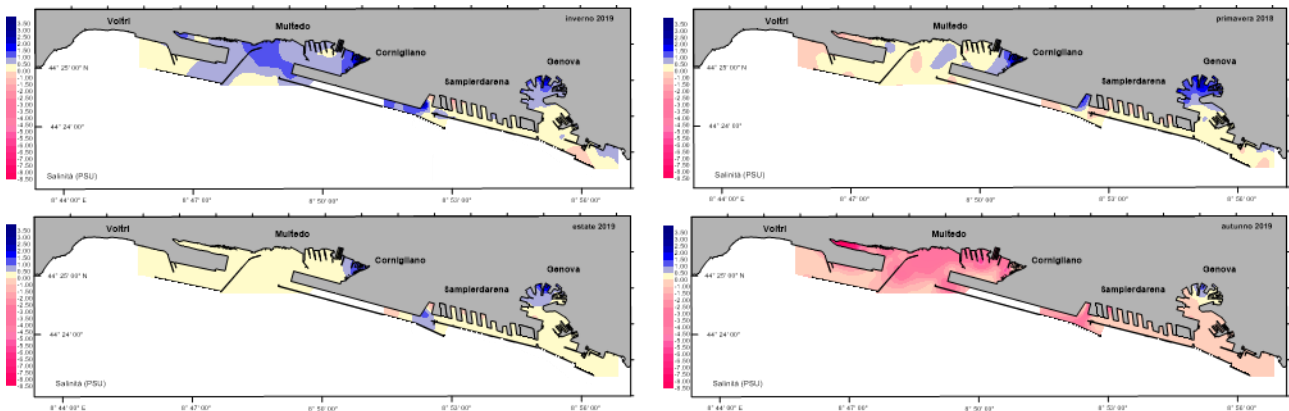
- In inverno si trovano anomalie negative o vicine allo zero in tutta l'area del bacino di Genova. Nella zona dei bacini di Miltedo e Prà-Voltri si evidenziano anomalie positive o vicine allo zero. Si riscontrano anomalie marcatamente negative nella zona davanti alla centrale dell'Enel.
- In primavera si notano anomalie negative in tutta l'area portuale. Si riscontrano anomalie particolarmente marcate nella zona antistante la centrale dell'Enel.
- In estate si riscontrano anomalie positive in quasi tutta la zona portuale, tranne che nella zona antistante la centrale dell'Enel, dove si riscontrano anomalie negative.
- In autunno si riscontrano anomalie positive o vicine allo zero in quasi tutta la zona portuale, tranne che nella zona antistante la centrale dell'Enel, dove si riscontrano anomalie negative.



Anomalie della temperatura

Analizzando le anomalie della salinità possiamo notare che:

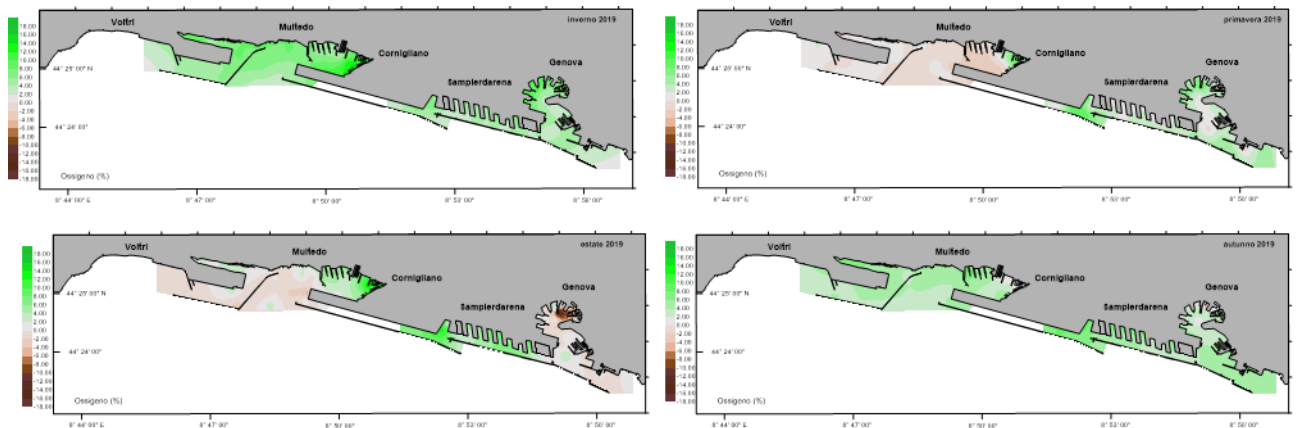
- In inverno si sono riscontrate anomalie positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area. In particolare le anomalie più marcatamente positive si sono notate nelle zone caratterizzate da scarichi di acqua dolce.
- In primavera si notano anomalie positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale, in maniera più marcata nelle zone caratterizzate da scarichi di acqua dolce. All'interno del canale di Pra', nella zona antistante Voltri e all'imboccatura di levante del canale di calma adiacente alla pista dell'aeroporto si trovano anomalie leggermente negative.
- In estate si notano anomalie positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale, più marcate nelle zone caratterizzate da scarichi di acqua dolce.
- In autunno si riscontrano anomalie positive nel Porto Antico. Nelle restanti zone si riscontrano anomalie negative.



Anomalie della salinità

Considerando l'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, possiamo evidenziare:

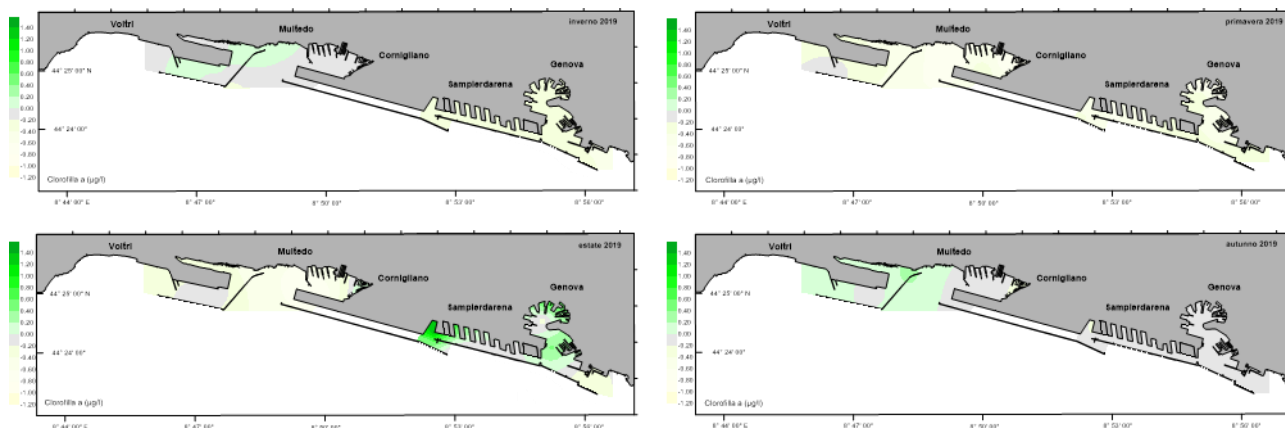
- In inverno sono presenti anomalie positive in tutta la zona portuale.
- In primavera si notano anomalie positive alla foce del torrente Chiaravagna e in quasi tutto il bacino di Genova. Nelle restanti zone dei bacini di Mulfedo e Voltri-Pra' le anomalie sono negative o prossime allo zero.
- In estate si riscontrano anomalie positive in quasi tutto il bacino di Mulfedo, all'interno del canale di Pra', nel canale di Sampierdarena e nella zona interessata dalla foce del torrente Polcevera. Nella zona del Porto Antico, a Punta Vagno e nel bacino di Voltri si notano anomalie negative o prossime allo zero.
- In autunno si notano anomalie positive in tutta l'area portuale



Anomalie dell'ossigeno disciolto

Considerando le anomalie della clorofilla-a possiamo osservare:

- In inverno le anomalie sono leggermente negative in tutta l'area del bacino di Genova. Nell'area dei bacini di Miltedo e Pra'-Voltri si riscontrano anomalie leggermente positive o prossime allo zero.
- In primavera si riscontrano anomalie prossime allo zero o leggermente negative in tutta l'area portuale.
- In estate, nei bacini di Miltedo e Voltri-Pra' si notano anomalie leggermente negative o prossime allo zero, ma alla foce del torrente Chiaravagna si trovano anomalie leggermente positive. Nel bacino di Genova si riscontrano anomalie prossime allo zero o positive, in maniera molto marcata presso la foce del Polcevera e nella zona del Porto Antico.
- In autunno le anomalie sono positive o prossime allo zero in tutta la zona portuale.

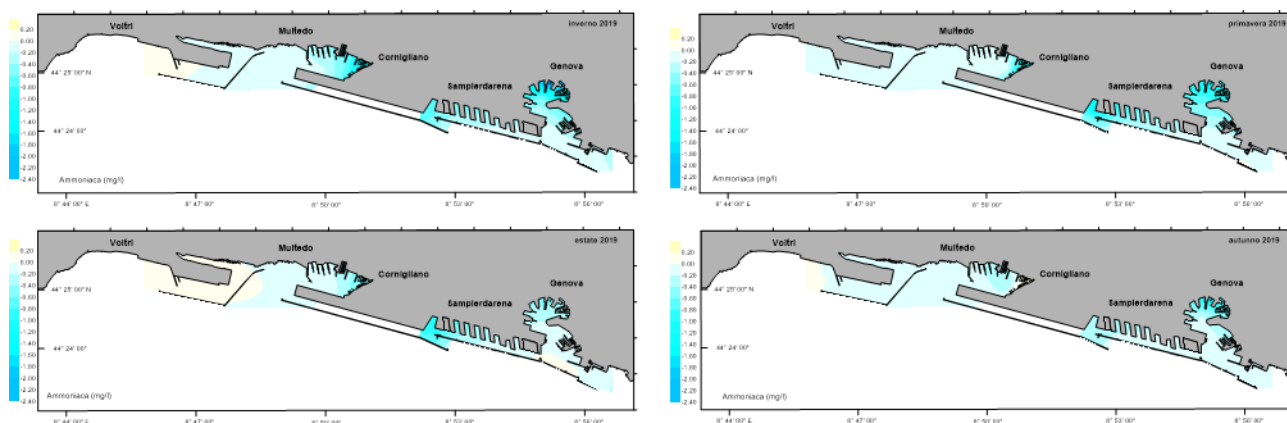


Anomalie della clorofilla-a

Analizzando le anomalie dell'ammoniaca possiamo notare:

- In inverno le anomalie sono negative in quasi tutta l'area portuale. In particolare le anomalie sono più marcatamente negative nella zona del Porto Antico. Nella zona antistante Voltri si riscontrano anomalie leggermente positive o prossime allo zero.
- In primavera le anomalie sono negative in tutta l'area portuale.

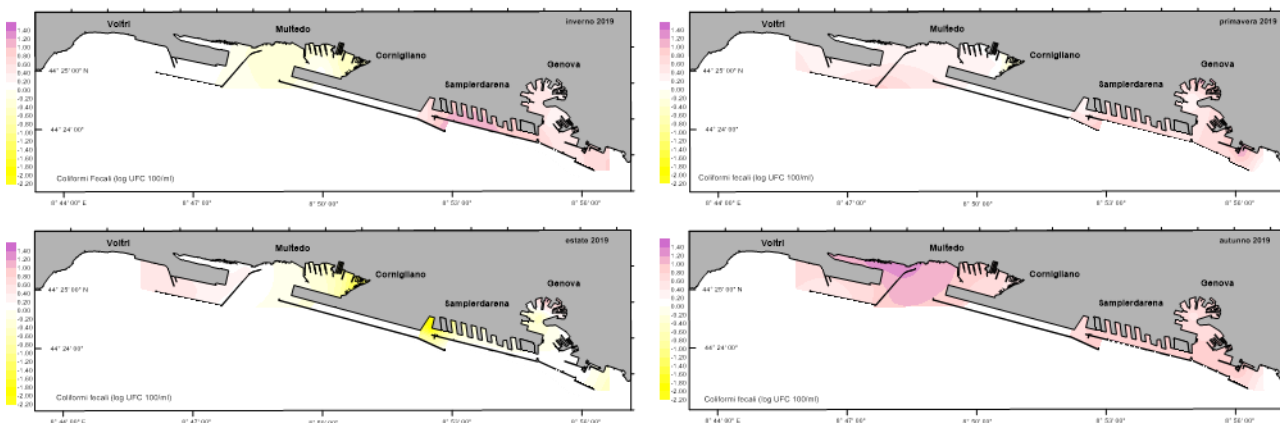
- In estate le anomalie sono negative in quasi tutta l'area portuale. Nel bacino di Pra'-Voltri si riscontrano anomalie leggermente positive o prossime allo zero.
- In autunno le anomalie sono negative in quasi tutta l'area portuale. Nella zona antistante Voltri si riscontrano anomalie leggermente positive prossime allo zero.



Anomalie dell'ammoniaca

Analizzando la concentrazione di coliformi fecali possiamo evidenziare che:

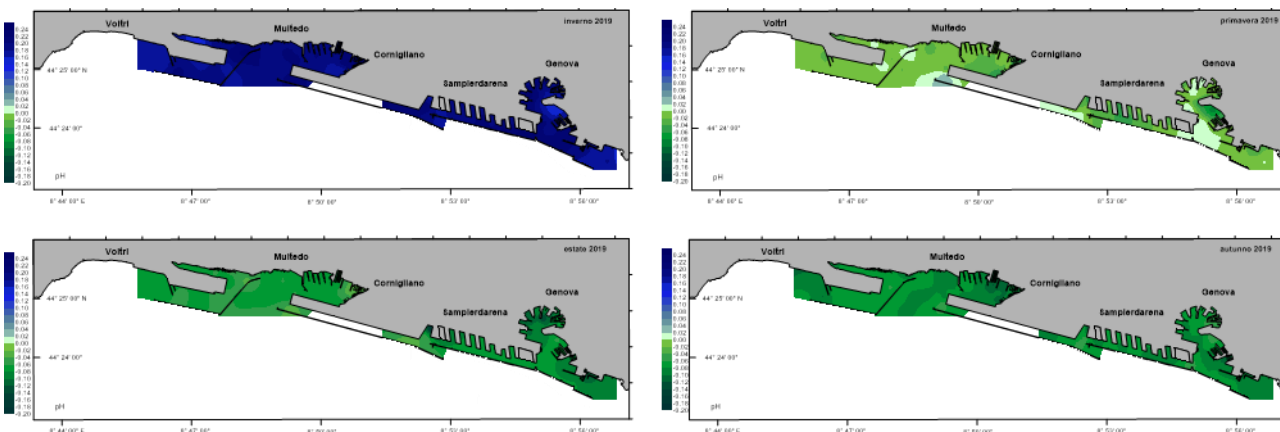
- In inverno le anomalie sono positive in tutta l'area del bacino di Genova. Nei bacini di Mulfedo e Pra'-Voltri si notano anomalie negative.
- In primavera si trovano anomalie leggermente positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale. Nella zona della foce del torrente Chiaravagna si riscontrano anomalie leggermente negative.
- In estate le anomalie sono leggermente positive nel bacino di Voltri e nella zona del Porto Antico. Nelle restanti zone si riscontrano anomalie negative, più marcatamente alle foci del torrente Chiaravagna e del Polcevera.
- In autunno in tutta l'area portuale si riscontrano anomalie positive.



Anomalie dei coliformi fecali

Analizzando i valori di pH possiamo evidenziare che:

- In inverno le anomalie sono positive in quasi tutta l'area portuale.
- In primavera le anomalie sono negative e prossime allo zero in quasi tutta l'area.
- In estate le anomalie sono negative in tutta la zona portuale.
- In autunno in tutta l'area portuale si riscontrano anomalie negative.

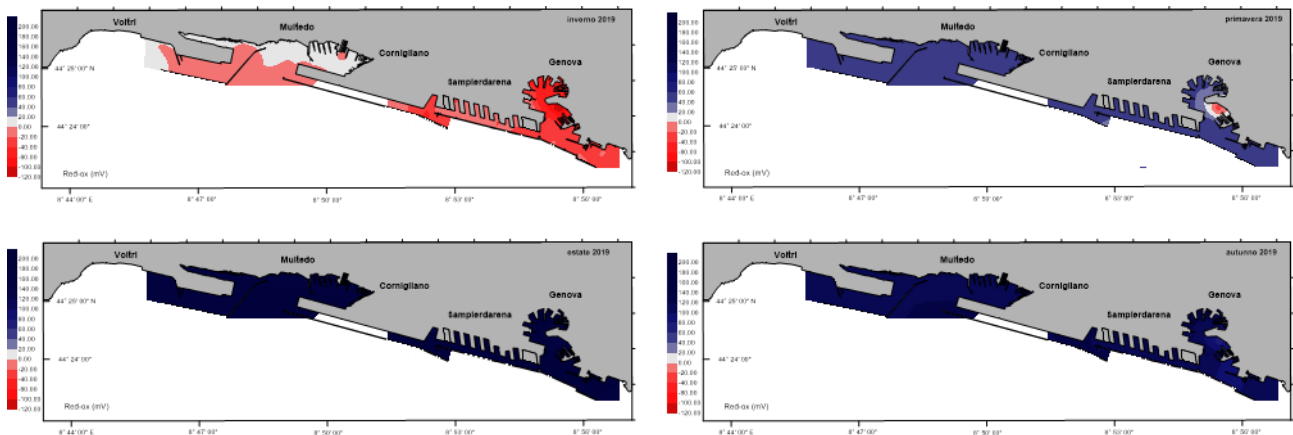


Anomalie del pH

Analizzando i valori di Red-Ox possiamo evidenziare che:

- In inverno le anomalie sono negative in tutta l'area del bacino di Genova. Nell'area dei bacini di Mulfedo e Pra'-Voltri le anomalie sono negative o prossime allo zero.

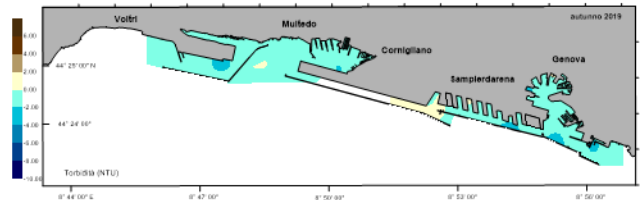
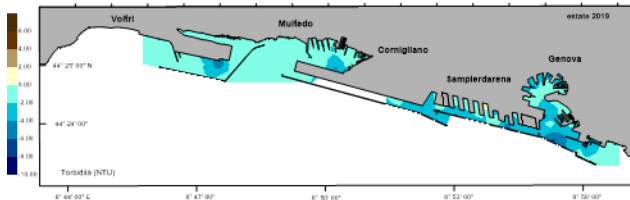
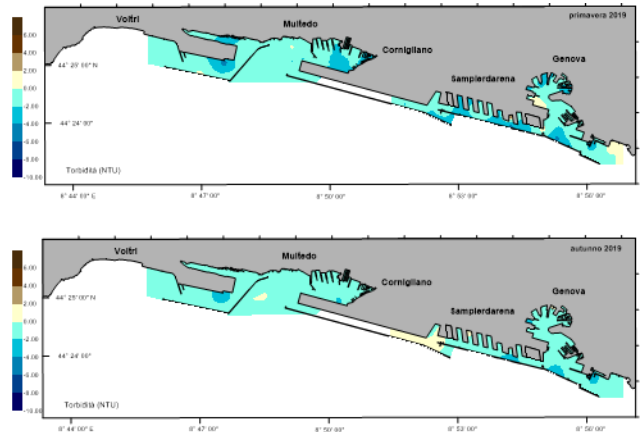
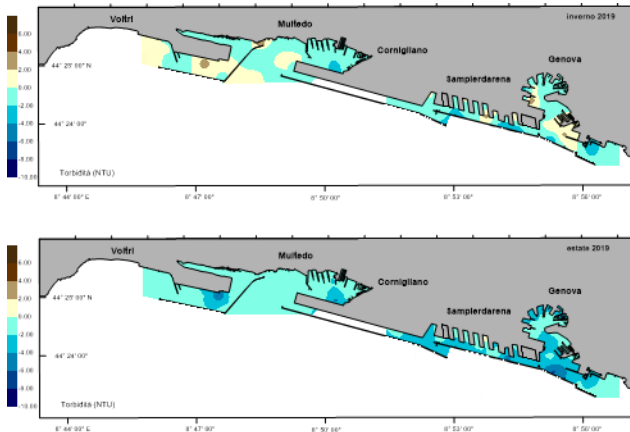
- In primavera le anomalie sono positive in quasi tutta la zona portuale. Presso calata Gadda si riscontrano anomalie leggermente negative o prossime allo zero.
- In estate le anomalie sono positive in tutta l'area.
- In autunno in tutta l'area portuale si riscontrano anomalie positive.



Anomalie del Red-Ox

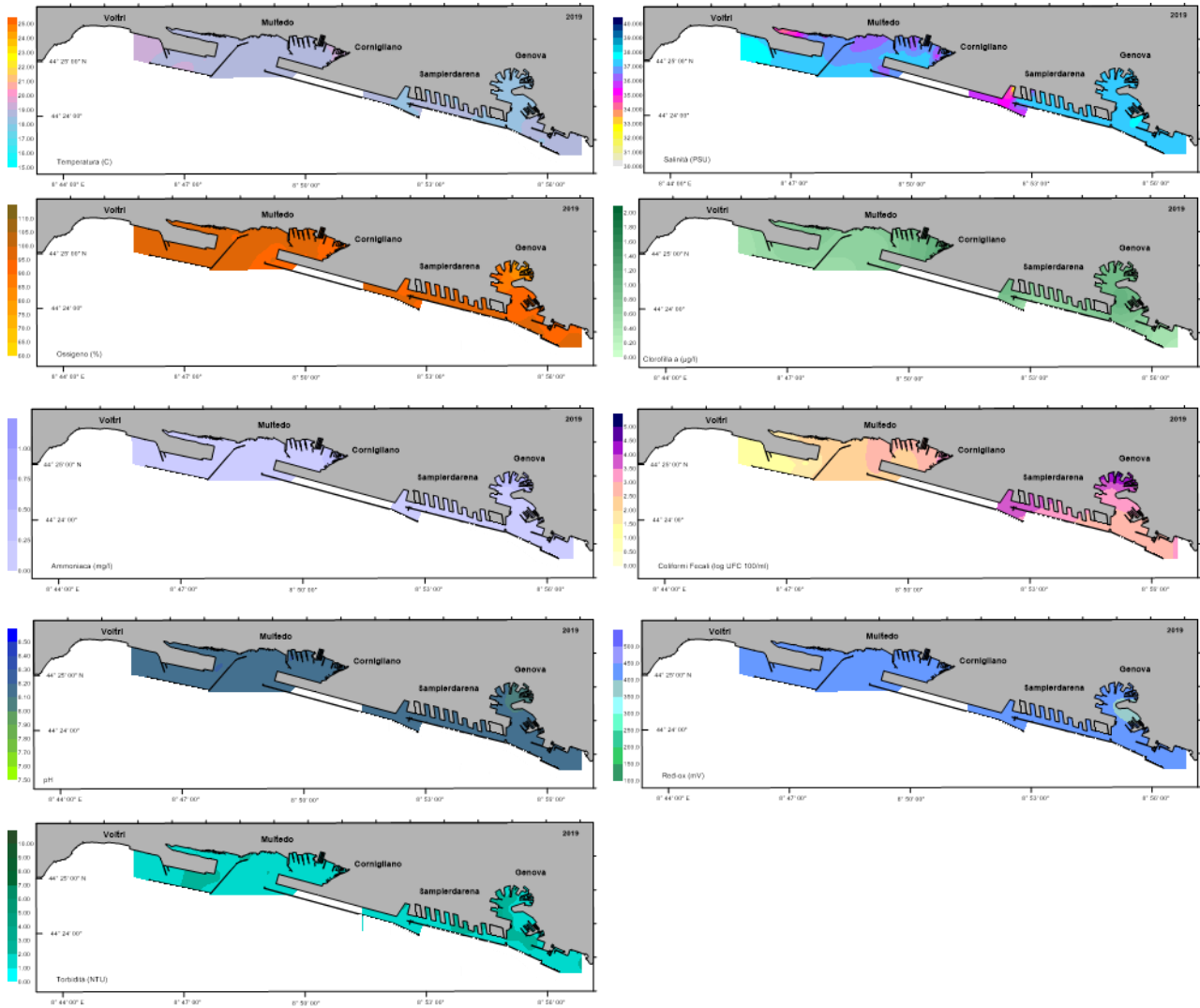
Analizzando i valori di torbidità possiamo evidenziare che:

- In inverno le anomalie sono negative in tutta l'area, ma in alcuni punti isolati si riscontrano anomalie positive (imboccatura di levante del bacino di Pra'-Voltri, interno del bacino di Voltri, nei pressi di Ponte Caracciolo, Ponte Etiopia e nell'area del Ex Superbacino).
- In primavera le anomalie sono negative in tutta la zona portuale. Solo nei pressi di Ponte San Giorgio si riscontrano anomalie positive.
- In estate le anomalie sono negative in tutta l'area portuale.
- In autunno in tutta l'area portuale si riscontrano anomalie negative. Nella zona influenzata dalla foce del Polcevera le anomalie sono prossime allo zero



Anomalie della torbidità

Oltre allo studio della variabilità dell'anno 2019 rispetto agli anni precedenti, si è analizzata la variabilità spaziale all'interno dell'area portuale considerando i dati del solo 2109 utilizzando le distribuzioni dei dati, in maniera da evidenziare a livello qualitativo la presenza di gradienti di concentrazione.



Variazioni spaziali relative al 2019

La distribuzione della temperatura evidenzia una distribuzione dei valori abbastanza omogenea, con valori leggermente maggiori nelle zone più confinate, in particolare si nota come nel bacino di Mulfedo le temperature nella parte più interna siano leggermente maggiori con gradiente in diminuzione verso l'esterno. Una situazione opposta si evidenzia invece presso il Porto Antico, dove sono presenti valori leggermente inferiori e un gradiente a salire verso l'esterno. Le stazioni poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica dell'Enel a Sampierdarena, anche durante il 2019, come nel 2017 e nel 2018, non si sono distinte per la temperatura più elevata rispetto al resto del bacino, come

succedeva negli anni passati. Il bacino di Voltri-Pra' presenta una distribuzione molto omogenea, con un leggero aumento nelle zone esterne.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci e, infatti, i valori minimi si trovano alla foce del Polcevera, presso il depuratore in Darsena, presso la foce del torrente Chiaravagna e all'interno del canale di Pra'. Di particolare interesse anche l'imboccatura di ponente del canale di calma antistante la pista dell'aeroporto, che presenta valori di salinità minori delle aree circostanti, probabilmente dovuta all'incanalarsi dell'acqua proveniente dal Polcevera nel canale di calma. Il bacino di Voltri ha, in generale, una salinità più elevata.

La concentrazione dell'ossigeno diminuisce in corrispondenza degli scarichi di acqua dolce da terra (Darsena, foce del torrente Polcevera e foce del Chiaravagna) mentre risulta piuttosto omogenea nel resto del bacino.

I massimi di clorofilla- α , che rappresenta una stima dell'effettivo sviluppo raggiunto dal fitoplancton, sono collocati all'interno del bacino di Multedo, all'interno del canale di Pra', nella zona della foce del Polcevera e in quella del Porto Antico, in corrispondenza dei maggiori apporti da terra. Si nota in generale un gradiente decrescente verso le bocche portuali.

I massimi relativi di concentrazione di ammoniaca e coliformi fecali, indici di contaminazione antropica, ai quali solitamente corrispondono basse concentrazioni di ossigeno disciolto e salinità più basse, si trovano in corrispondenza degli scarichi del depuratore in Darsena e in prossimità della foce del Polcevera. In generale le concentrazioni decrescono man mano che ci si sposta dalla parte più interna dei bacini, maggiormente influenzata dalle immissioni da terra e caratterizzata da basso idrodinamismo, alle bocche del porto. Nel bacino di Multedo si sono riscontrati aumenti della concentrazione sia di ammoniaca sia di coliformi fecali in prossimità della foce del torrente Chiaravagna.

Per quanto riguarda il pH si nota come la distribuzione sia piuttosto omogenea, con valori leggermente inferiori nelle zone più confinate e più influenzate da apporti di origine terrestre.

Il potenziale Red-Ox presenta una distribuzione abbastanza uniforme, si nota però come valori un po' più bassi si riscontrano nella zona di calata Gadda.

I massimi valori di torbidità si notano all'interno del Porto Antico, nel bacino di Voltri e in generale nelle zone interessate da scarichi terrestri. Probabilmente questi valori sono dovuti al rimescolamento dovuto al passaggio delle navi in queste zone e all'apporto di materiale da terra da parte dei torrenti. Nel resto del bacino i valori risultano essere piuttosto uniformi.

Sulle serie dei dati 1998-2019 (medie annuali) nelle tre aree di studio del progetto è stata eseguita la verifica statistica della presenza di un trend, ovvero di una tendenza lineare all'aumento o alla diminuzione di un parametro. Questa è stata effettuata con l'ausilio di test di significatività non parametrici basati sulla statistica della successione dei ranghi di una serie. È stato scelto il test t di Mann-Kendall (Kendall, 1962).

Di seguito vengono riportati i trend per ciascuna stazione e per ogni parametro analizzato.

STAZIONE	T	S	O ₂ %	AMM	COLI	CHLA
10	/	+	+	-	/	/
104	/	+	+	-	-	-
34	-	+	+	/	/	/
43	/	+	+	-	-	-

Osservando i dati per ogni singola stazione si può notare:

- Area Porto Antico: c'è un aumento della salinità e dell'ossigeno disciolto, ciò può indicare un minor impatto degli scarichi di acqua dolce. Si nota inoltre una diminuzione dell'azoto ammoniacale indice di una minor presenza di scarichi antropici. Questa diminuzione è dovuta, probabilmente, allo spostamento verso mare dello scarico del depuratore della Darsena.

- Si nota un aumento della salinità e dell'ossigeno disciolto, si nota inoltre una diminuzione della concentrazione dei coliformi fecali, dell'azoto ammoniacale e della clorofilla. Questi trend confermano come questa stazione, essendo la più esterna, sia quella più simile al mare aperto e meno influenzata dai cambiamenti del bacino portuale.
- Area Foce del Polcevera: presenta un aumento della salinità e della percentuale dell'ossigeno disciolto a indicare un miglioramento della salute dell'area. Si nota anche una diminuzione della temperatura.
- Area Foce del torrente Chiaravagna: si nota un aumento della salinità e della percentuale dell'ossigeno disciolto, una diminuzione della concentrazione di azoto ammoniacale e dei coliformi fecali, a indicare un miglioramento della salute dell'area, presumibilmente dovuto ai piani di risanamento ambientali attuati in zona. Si nota inoltre una diminuzione della clorofilla- α .

Quasi tutti i trend confermano quelli riscontrati nell'anno precedente.

Per i valori di pH, Red-Ox e torbidità non è stato possibile eseguire il test perché il numero di dati a disposizione non era sufficiente per l'elaborazione.

Bibliografia

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, 2020. Ports of Genoa, www.portsofgenoa.com

Regione Liguria, 2020. Sito ufficiale della Regione Liguria per l'Ambiente; <http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/ambienteinliguria/mappa.html?id=1640&ambiente=l>

1 Introduction

Ce produit décrit les caractéristiques chimiques et physiques des eaux de surface du Port de Gênes pour l'année 2019.

2 Port de Gênes

Pour la description du Port de Gênes, il convient de se référer au premier produit T3.1.1 élaboré dans le cadre du Projet GEREMIA.

L'Autorité Portuaire de Gênes, par l'intermédiaire de la société Servizi Ecologici Porto di Genova srl, partenaire du Projet GEREMIA, effectue depuis 1998 un suivi environnemental mensuel, dans le but d'identifier les zones les plus à risque dans les eaux portuaires, dans la zone qui s'étend de Punta Vagno à Voltri. Cette activité produit des données mensuelles sur neuf paramètres analysés et des cartes thématiques qui illustrent graphiquement la situation. Les points considérés sont une centaine, identifiés parmi les zones les plus significatives, pour toute l'extension du Port de Gênes. Les paramètres considérés sont l'ammoniac, les coliformes fécaux, la température, l'oxygène dissous, la salinité, la chlorophylle- α , le pH, le potentiel Red-Ox et la turbidité.

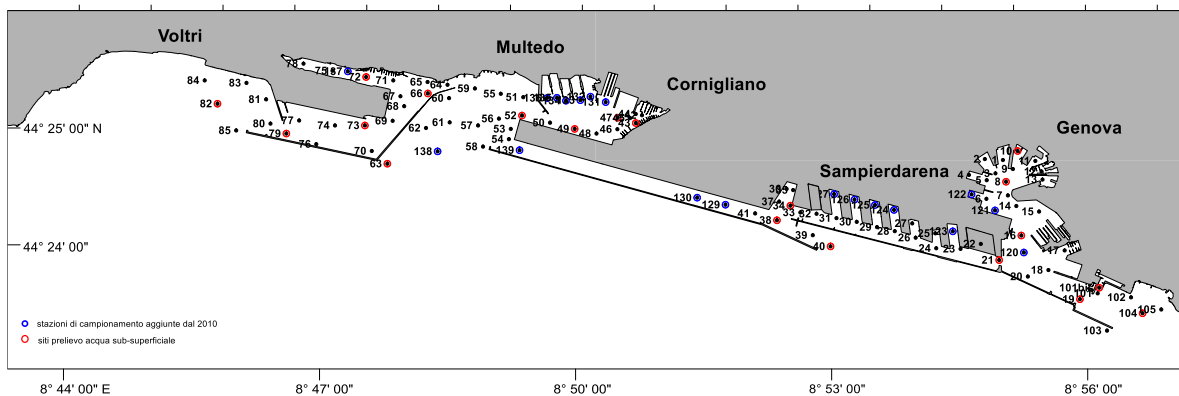
Dans ce qui suit, les données de surveillance des eaux de subsurface se référant à l'année 2019 seront considérées afin de comprendre l'état des eaux portuaires de l'escale génoise.

Les données recueillies au cours de l'année 2019 représentent la surveillance effectuée en réalisant un échantillonnage mensuel dans environ 110 stations avec l'acquisition des principaux paramètres chimiques et physiques à l'aide d'une sonde multiparamètre et ont déjà été rapportées dans une série de rapports de synthèse mensuels, trimestriels et un annuel.

Le rapport annuel sur l'état des eaux portuaires génoises a pour objectif de présenter l'ensemble des résultats de l'année 2019, de mettre en évidence la présence de gradients spatiaux des paramètres de qualité de l'eau, attribuables à la localisation de sources ponctuelles d'eau douce et d'effluents urbains et industriels, et la présence de fluctuations

systématiques des paramètres mesurés, modulées dans une certaine mesure par les activités anthropiques et attribuables à la succession des saisons et à la contribution des conditions météorologiques. En outre, les données ont été comparées à celles des contrôles précédents, afin de vérifier s'il y a eu des variations au fil des ans.

Des acquisitions ont été réalisées en environ 110 points répartis dans la zone portuaire. En 20 de ces points, des échantillons d'eau de sub-surface ont également été prélevés pour l'analyse de l'azote ammoniacal, des coliformes fécaux et de la chlorophylle- α , selon les méthodologies standard UNICHIM.



Au cours du programme de surveillance, qui est maintenant en place depuis plus de 15 ans, un certain nombre de tendances générales dans les caractéristiques des eaux portuaires, tant spatiales que temporelles, ont émergé. Ces tendances sont évidentes même si l'extension spatiale et le moment où elles se produisent peuvent varier d'une année à l'autre. Cette variabilité est due à des degrés divers à la succession des saisons, aux activités anthropiques dans la zone portuaire et à la variabilité des conditions météorologiques.

La température de l'eau de sub-surface présente une périodicité marquée dans sa tendance saisonnière, avec un minimum pendant les mois d'hiver et un maximum en été entre juillet et août, comme on l'observe généralement aux latitudes tempérées, et suit l'évolution de la température atmosphérique.

La salinité peut être considérée comme un traceur des apports d'eau douce provenant de la terre ; la distribution spatiale de la salinité de surface met en effet en évidence, presque chaque mois, les principaux rejets affectant la zone portuaire. L'évolution temporelle de ce paramètre est principalement liée à la tendance des précipitations, surtout en ce qui concerne l'embouchure du torrent Polcevera, la zone de Porto Antico et la zone la plus intérieure du bassin de Multedo, où coule le torrent Chiaravagna. En effet, les deux cours d'eau ont un régime torrentiel marqué et des débits généralement faibles. Cependant, en conjonction avec les pics de précipitations saisonniers, ils ont tendance à déborder, ou du moins à augmenter considérablement leur débit, avec une baisse évidente de la salinité à leur embouchure.

Le rejet de la station d'épuration de la zone de la Darsena, même s'il est affecté par le régime pluvial parce qu'il recueille l'apport de la plupart des petites rivières tombées insérées dans le tissu urbain du centre historique de Gênes, a cependant un débit qui affecte la salinité du corps récepteur indépendamment de la fréquence et de l'intensité des précipitations.

Les concentrations de chlorophylle- α dans les eaux du port suivent un schéma saisonnier typique. Durant la période automne-hiver, la biomasse phytoplanctonique (exprimée en chlorophylle- α) est plus faible ; puis, en période printanière, lorsque la température de l'eau est suffisamment élevée et que le rayonnement lumineux est suffisamment intense, les premières efflorescences phytoplanctoniques sont observées. Ils peuvent être stimulés et soutenus par l'apport de nutriments provenant de la terre et se prolongent pendant la saison estivale, atteignant généralement des valeurs maximales en juillet et août. Si les apports en nutriments ne sont pas suffisants pour compenser la consommation par la communauté autotrophe, les efflorescences peuvent prendre fin rapidement. La chlorophylle- α revient vers les valeurs basses typiques de la période automnale, suite aux diminutions progressives de la température de l'eau et de l'intensité du rayonnement solaire.

La distribution spatio-temporelle de la chlorophylle- α montre également que chaque bassin portuaire présente une situation différente, tant en ce qui concerne la quantité maximale de biomasse phytoplanctonique (exprimée en chlorophylle- α) que la période saisonnière au cours de laquelle elle est atteinte.

La distribution de la concentration en oxygène dissous est modulée à la fois par le cycle naturel de production du phytoplancton et la température de l'eau, et donc par la saisonnalité, et par la charge organique provenant des apports d'eau douce. Dans presque toutes les saisons, en effet, en correspondance des principaux rejets terrestres, il existe des valeurs minimales d'oxygène, dont l'entité, toutefois, varie en fonction de la période saisonnière.

D'autres paramètres, en revanche, n'ont pas montré de tendance saisonnière particulière. Par exemple, la dynamique de l'ammoniac et des coliformes fécaux est principalement régulée par les processus de transport des charges provenant des rejets dans les bassins.

Le pH présente une distribution assez homogène tant d'un point de vue spatial que temporel, ne s'écartant pas trop des valeurs moyennes de l'eau de mer. On peut constater que dans les zones de rejets civils, il y a une légère diminution du pH.

Les valeurs du potentiel Red-Ox sont très variables tant au niveau saisonnier que spatial et aucun gradient particulier ne peut être remarqué.

La turbidité n'a pas de tendance saisonnière particulière mais est principalement influencée par la présence de rejets (épuration et embouchures de cours d'eau) et par le mouvement des sédiments dû à la fois au passage des navires (par exemple à la gare maritime où les profondeurs sont relativement faibles et où les hélices des ferries mettent en suspension les sédiments de fond) et au mouvement ponctuel des sédiments pour maintenir les profondeurs adaptées à la navigation.

En général, les mesures de la qualité de l'eau dépendent fortement de la variabilité des débits des cours d'eau : il faut rappeler que les débits sont extrêmement variables pour les cours d'eau liguriens, qui sont le plus souvent caractérisés par un régime purement torrentiel. Une augmentation du débit d'un cours d'eau ou d'un rejet (suite à des événements météoriques) affecte les différentes contributions à la pollution de différentes manières. Par exemple, pour les rejets industriels ou les rejets des stations d'épuration, dont le débit est presque constant dans le temps, elle peut agir comme une "dilution", tandis que pour la pollution agricole,

animale ou urbaine, elle peut entraîner une augmentation des charges, en raison de l'accroissement du ruissellement.

Les vents sont également considérés comme des forçages météorologiques importants, car ils influencent l'échange des eaux portuaires avec la haute mer. En général, la composante sud-sud-ouest, qui prévaut en été et en automne, tend à confiner les eaux dans l'environnement portuaire. A l'inverse, la composante nord, prévalente en période hivernale et souvent caractérisée par une forte intensité, favorise la fuite des eaux vers l'extérieur, et donc l'échange avec la pleine mer.

Sur la base des données du suivi portuaire, plusieurs analyses statistiques multivariées (analyse en composantes principales et analyse factorielle principale) ont permis d'établir une classification des différents sites du bassin portuaire.

L'analyse en composantes principales a montré que les sites peuvent être classés et donc regroupés sur la base de la qualité de l'eau, définie comme une combinaison linéaire des concentrations des paramètres contrôlés; cette classification peut être interprétée géographiquement, en fonction de la proximité des principales sources ponctuelles, telles que les embouchures des ruisseaux, les épurateurs et la zone industrielle, et de la proximité des embouchures des ports.

Dans la zone portuaire, qui s'étend de l'embouchure du torrent Bisagno à l'embouchure du torrent Polcevera, les stations les plus internes, situées en correspondance avec les principales sources terrestres civiles, comme l'épurateur, sont caractérisées par de faibles concentrations d'oxygène dissous et un faible pH.

Les stations influencées par la décharge de la Polcevera sont caractérisées par une diminution de la salinité et du potentiel Red-Ox.

Dans le bassin Multedo, les stations les plus internes, situées en correspondance avec les principaux apports terrestres, sont regroupées et les autres stations sont distribuées en suivant

le gradient interne-externe du bassin, avec une turbidité décroissante et un oxygène dissous croissant.

Les stations situées en face de Voltri, à l'extérieur de l'entrée du port, sont caractérisées par une augmentation de la salinité, de la température et du potentiel Red-Ox.

Les stations plus proches de la piste de l'aéroport, donc plus influencées par l'eau douce provenant du ruisseau Polcevera et transportée dans le canal de tranquillisation, présentent des valeurs de salinité, de pH et de température plus faibles.

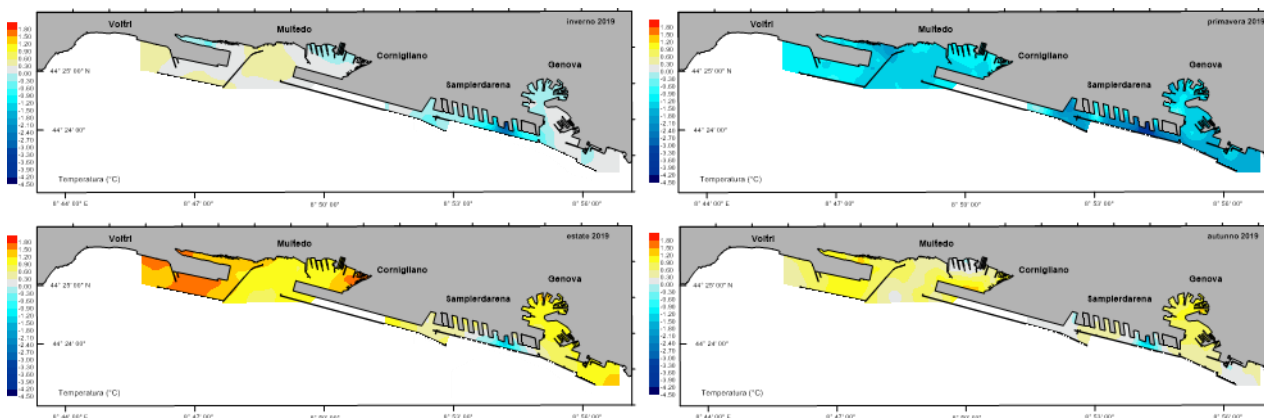
Afin de mieux mettre en évidence la présence de certaines différences dans les résultats de surveillance de l'année 2019 par rapport aux années précédentes, les distributions spatiales des anomalies saisonnières des paramètres, calculées par rapport aux données 1998-2018, sont rapportées. Pour les valeurs de pH, Red-Ox et turbidité, les anomalies ont été calculées par rapport aux données 2013-2018. La comparaison entre les anomalies saisonnières et les évolutions des principaux paramètres météorologiques au cours de la période en question, indique que les variabilités interannuelles peuvent être en partie attribuées à la quantité et à la distribution temporelle des précipitations annuelles, à la température atmosphérique et au régime des vents.

En ce qui concerne la variabilité temporelle, les anomalies entre les valeurs de 2019 et la moyenne entre 1998-2018 ont été calculées pour tous les paramètres chimico-physiques et biologiques. Les résultats sont présentés ci-dessous.

En analysant les anomalies de température de l'eau, nous pouvons remarquer que :

- En hiver, des anomalies négatives ou proches de zéro sont constatées dans toute la zone du bassin de Gênes. Dans la zone des bassins de Miltedo et de Prà-Voltri, on trouve des anomalies positives ou proches de zéro. La zone située devant la centrale électrique d'Enel présente des anomalies nettement négatives.

- Au printemps, des anomalies négatives sont constatées sur l'ensemble de la zone portuaire. Les anomalies sont particulièrement marquées dans la zone située devant la centrale électrique d'Enel.
- En été, les anomalies sont positives dans la quasi-totalité de la zone portuaire, à l'exception de la zone située devant la centrale électrique d'Enel, où les anomalies sont négatives.
- En automne, les anomalies sont positives ou proches de zéro dans la quasi-totalité de la zone portuaire, à l'exception de la zone située devant la centrale électrique d'Enel, où les anomalies sont négatives.

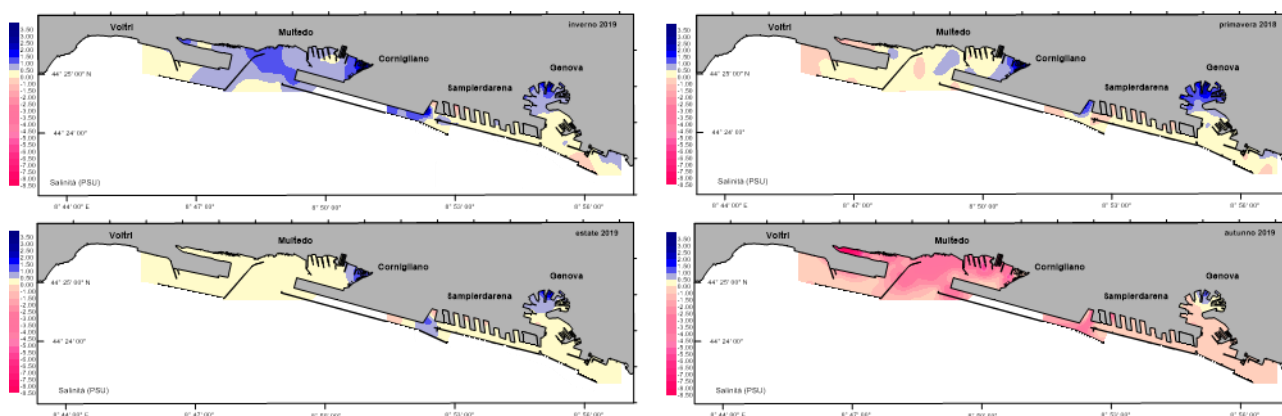


Anomalies de température

En analysant les anomalies de salinité, on peut voir que :

- Des anomalies positives ou proches de zéro ont été relevées en hiver dans la quasi-totalité de la zone. En particulier, les anomalies positives les plus marquées ont été notées dans les zones caractérisées par des rejets d'eau douce.
- Au printemps, des anomalies positives ou proches de zéro ont été observées dans presque toute la zone portuaire, avec des anomalies plus marquées dans les zones caractérisées par des rejets d'eau douce. Des anomalies légèrement négatives sont trouvées dans le chenal de Pra', dans la zone en face de Voltri et à l'embouchure orientale du chenal calme adjacent à la piste de l'aéroport.

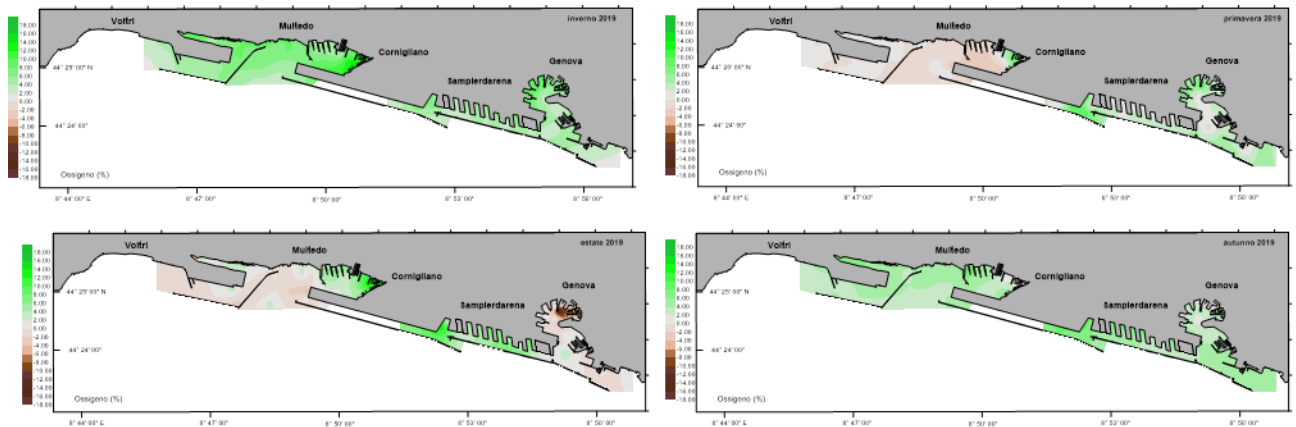
- En été, on trouve des anomalies positives ou proches de zéro dans presque toute la zone portuaire, avec des anomalies plus marquées dans les zones caractérisées par des rejets d'eau douce.
- En automne, des anomalies positives sont constatées dans le Vieux-Port. Des anomalies négatives sont trouvées dans les zones restantes.



Anomalies de salinité

Si l'on considère l'oxygène dissous, exprimé en anomalie de pourcentage de saturation, on peut mettre en évidence :

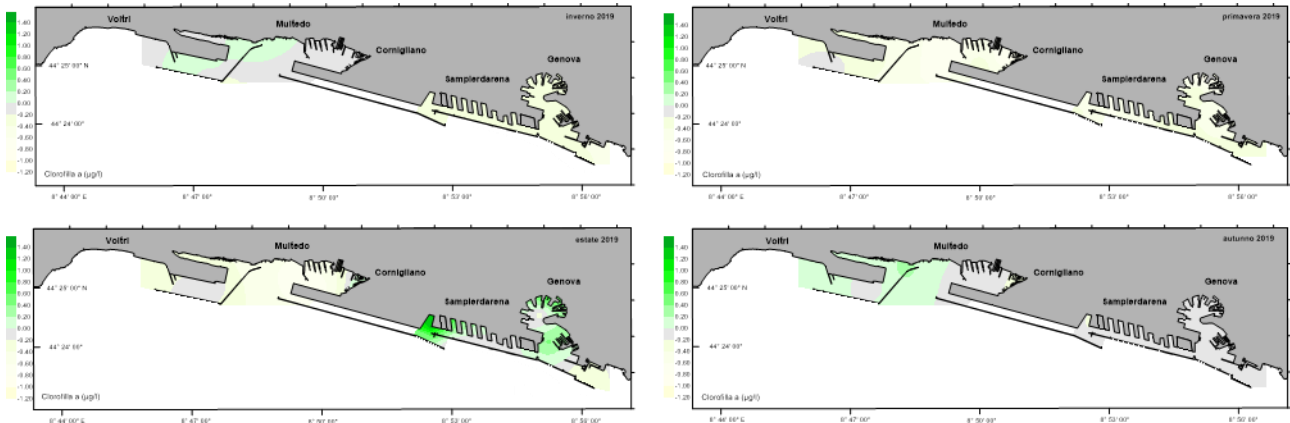
- En hiver, des anomalies positives sont présentes dans toute la zone portuaire.
- Au printemps, des anomalies positives sont notées à l'embouchure du cours d'eau Chiaravagna et dans presque tout le bassin de Gênes. Dans les autres zones des bassins de Mulfedo et de Voltri-Pra', les anomalies sont négatives ou proches de zéro.
- En été, on trouve des anomalies positives dans presque tout le bassin de Mulfedo, dans le canal de Pra', dans le canal de Sampierdarena et dans la zone affectée par l'embouchure du ruisseau de Polcevera. Dans la zone de Porto Antico, à Punta Vagno et dans le bassin de Voltri, les anomalies sont négatives ou proches de zéro.
- En automne, des anomalies positives sont enregistrées dans toute la zone portuaire.



Anomalies de l'oxygène dissous

En considérant les anomalies de la chlorophylle- α , nous pouvons observer :

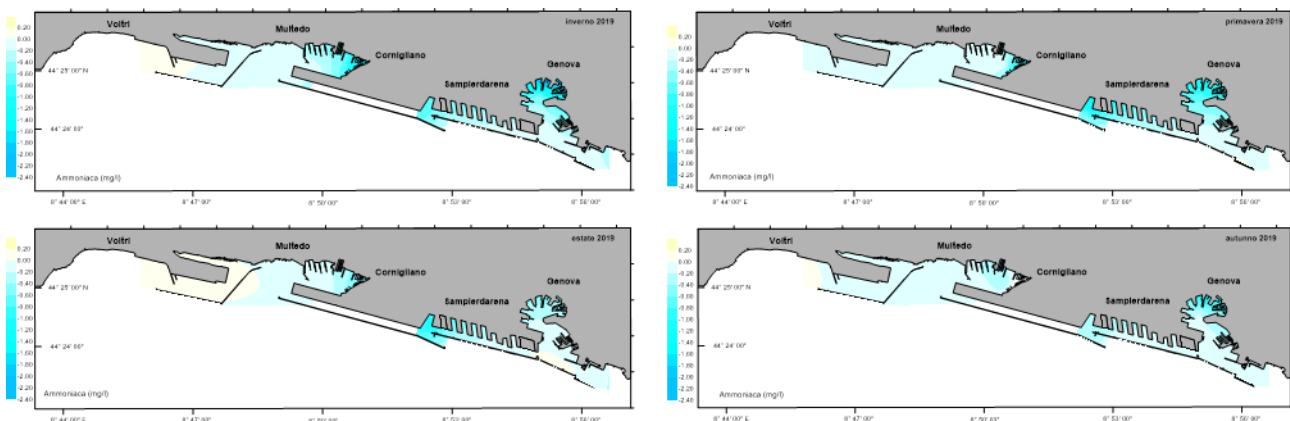
- En hiver, les anomalies sont légèrement négatives dans toute la zone du bassin de Gênes. Dans les bassins de Multedo et Pra'-Voltri, les anomalies sont légèrement positives ou proches de zéro.
- Au printemps, les anomalies sont proches de zéro ou légèrement négatives dans toute la zone portuaire.
- En été, les bassins de Multedo et de Voltri-Pra' présentent des anomalies légèrement négatives ou proches de zéro, mais à l'embouchure du torrent Chiaravagna, on observe des anomalies légèrement positives. Dans le bassin de Gênes, on observe des anomalies proches de zéro ou positives, de façon très marquée à l'embouchure de la Polcevera et dans la zone de Porto Antico.
- En automne, les anomalies sont positives ou proches de zéro dans toute la zone portuaire.



Anomalies de la chlorophylle-a

En analysant les anomalies de l'ammoniac, nous pouvons voir :

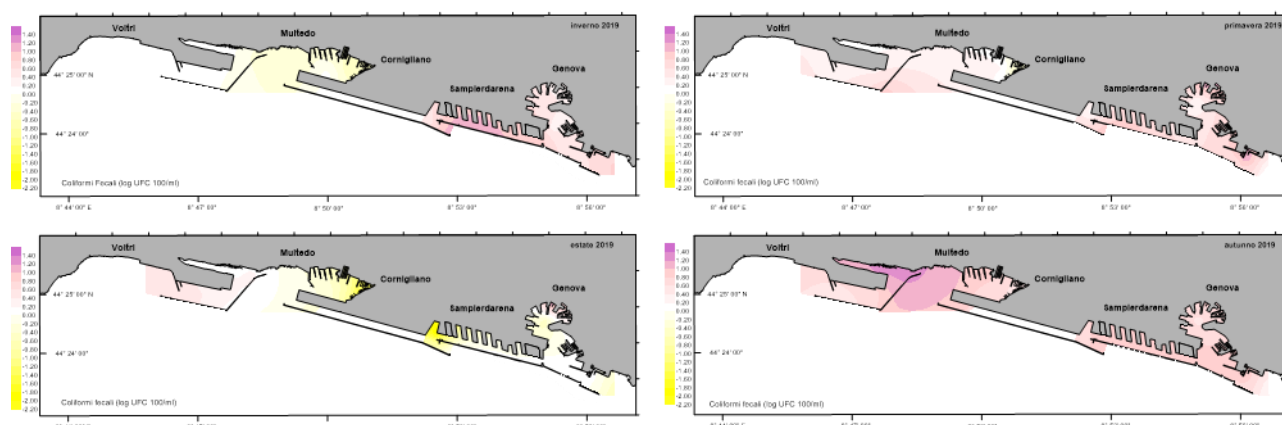
- En hiver, les anomalies sont négatives dans presque toute la zone portuaire. En particulier, les anomalies sont plus nettement négatives dans la zone de Porto Antico. Dans la zone située en avant de Voltri, les anomalies sont légèrement positives ou proches de zéro.
- Au printemps, les anomalies sont négatives dans toute la zone portuaire.
- En été, les anomalies sont négatives dans presque toute la zone portuaire. Dans le bassin de Pra'-Voltri, les anomalies sont légèrement positives ou proches de zéro.
- En automne, les anomalies sont négatives dans presque toute la zone portuaire. Il y a des anomalies légèrement positives proches de zéro dans la zone située devant Voltri.



Anomalies de l'ammoniac

En analysant la concentration de coliformes fécaux, nous pouvons mettre en évidence que :

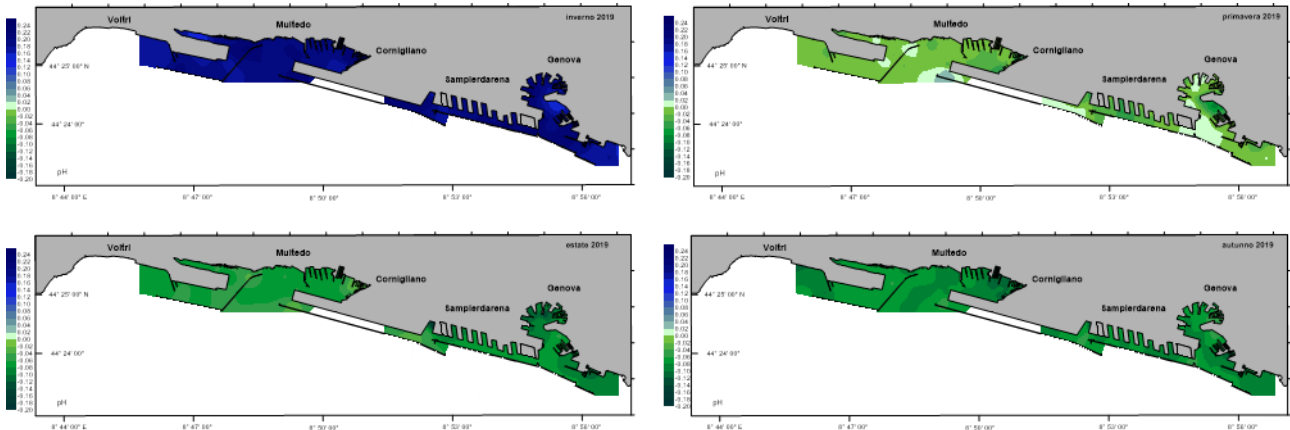
- En hiver, les anomalies sont positives dans toute la zone du bassin de Gênes. Dans les bassins de Multedo et Pra'-Voltri, on trouve des anomalies négatives.
- Au printemps, les anomalies sont légèrement positives ou proches de zéro dans presque toute la zone portuaire. Des anomalies légèrement négatives sont trouvées dans la zone de l'embouchure du ruisseau Chiaravagna.
- En été, les anomalies sont légèrement positives dans le bassin de Voltri et dans la zone de Porto Antico. Dans les autres zones, on observe des anomalies négatives, plus marquées aux embouchures des torrents Chiaravagna et Polcevera.
- En automne, des anomalies positives sont constatées sur l'ensemble de la zone portuaire.



Anomalies des coliformes fécaux

En analysant les valeurs de pH, on peut mettre en évidence que :

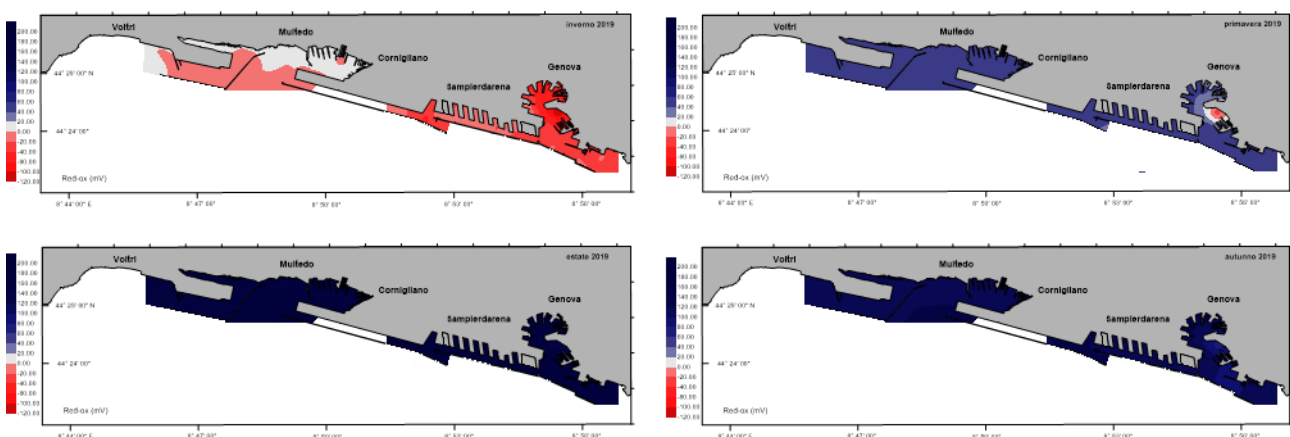
- En hiver, les anomalies sont positives dans presque toute la zone portuaire.
- Au printemps, les anomalies sont négatives et proches de zéro dans presque toute la zone.
- En été, les anomalies sont négatives dans toute la zone portuaire.
- En automne, des anomalies négatives ont été constatées dans toute la zone portuaire.



Anomalies de pH

En analysant les valeurs de Red-Ox, nous pouvons souligner que :

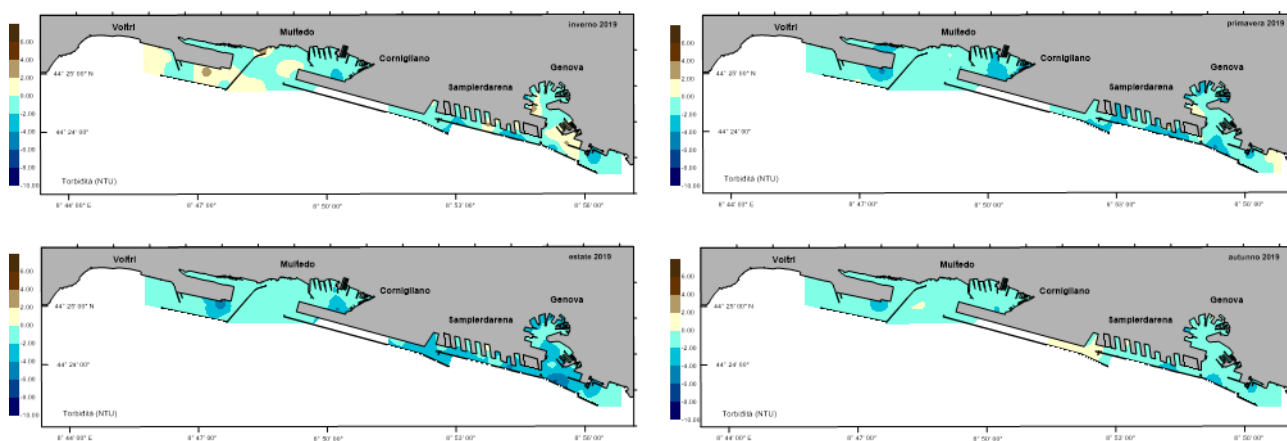
- En hiver, les anomalies sont négatives dans toute la zone du bassin de Gênes. Dans les bassins de Mulfedo et Pra'-Voltri, les anomalies sont négatives ou proches de zéro.
- Au printemps, les anomalies sont positives dans presque toute la zone portuaire. Des anomalies légèrement négatives ou proches de zéro sont trouvées à Gadda Cove.
- En été, les anomalies sont positives dans toute la zone.
- En automne, des anomalies positives sont constatées sur l'ensemble de la zone portuaire.



Anomalies de Red-Ox

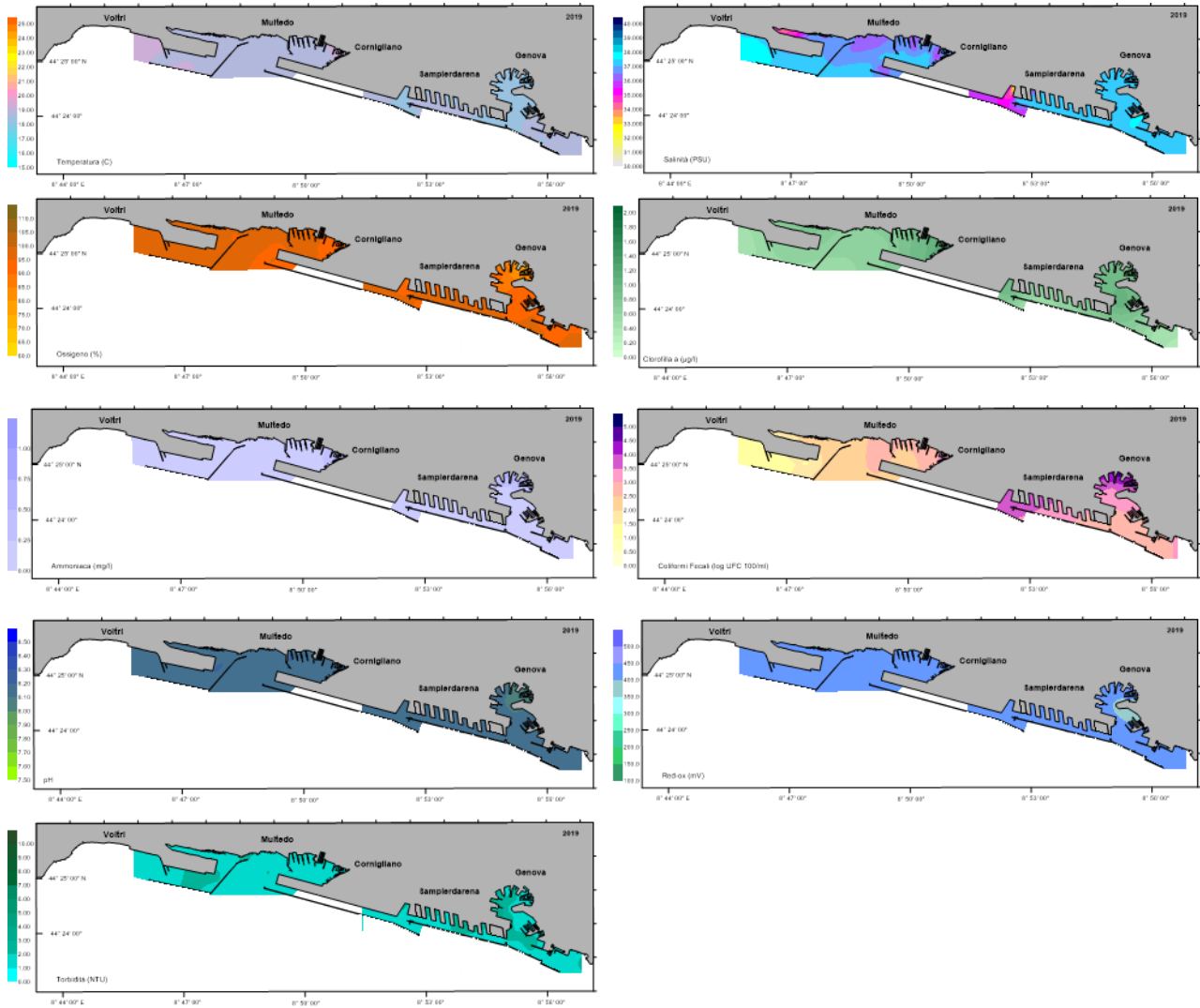
En analysant les valeurs de turbidité, nous pouvons mettre en évidence que :

- En hiver les anomalies sont négatives dans toute la zone, mais dans quelques points isolés on trouve des anomalies positives (embouchure orientale du bassin Pra'-Voltri, à l'intérieur du bassin Voltri, près de Ponte Caracciolo, Ponte Etiopia et dans la zone de l'Ex Superbacino).
- Au printemps, les anomalies sont négatives dans toute la zone portuaire. Ce n'est que près de Ponte San Giorgio que l'on trouve des anomalies positives.
- En été, les anomalies sont négatives sur l'ensemble de la zone portuaire.
- En automne, des anomalies négatives sont constatées sur l'ensemble de la zone portuaire. Dans la zone influencée par l'embouchure de la rivière Polcevera, les anomalies sont proches de zéro.



Anomalies de turbidité

En plus de l'étude de la variabilité de l'année 2019 par rapport aux années précédentes, la variabilité spatiale dans la zone portuaire a été analysée en considérant les données de 2109 uniquement en utilisant les distributions des données, afin de mettre en évidence au niveau qualitatif la présence de gradients de concentration.



Variations spatiales par rapport à 2019

La distribution de la température montre une distribution assez homogène des valeurs, avec des valeurs légèrement plus élevées dans les zones plus confinées, en particulier il est noté que dans le bassin de Mulledo les températures dans la partie la plus interne sont légèrement plus élevées avec un gradient décroissant vers l'extérieur. Une situation opposée est plutôt mise en évidence près du Vieux Port, où l'on trouve des valeurs légèrement inférieures et un gradient croissant vers l'extérieur. Les stations situées en correspondance avec le rejet des eaux de refroidissement de la centrale thermoélectrique Enel de Sampierdarena, également au cours de l'année 2019, comme en 2017 et 2018, ne se sont pas distinguées par une température plus

élevée par rapport au reste du bassin, comme cela s'est produit les années précédentes. Le bassin de Voltri-Pra' présente une distribution très homogène, avec une légère augmentation dans les zones extérieures.

La salinité peut être considérée comme un traceur des apports d'eau douce et, en fait, les valeurs les plus basses se trouvent à l'embouchure de la Polcevera, à la station d'épuration de la Darsena, à l'embouchure du ruisseau Chiaravagna et dans le canal de Pra'. L'embouchure ouest du chenal calme, en face de la piste de l'aéroport, présente des valeurs de salinité inférieures à celles des zones environnantes, probablement en raison de la canalisation des eaux de la Polcevera vers le chenal calme. Le bassin de Voltri a, en général, une salinité plus élevée.

La concentration d'oxygène diminue en correspondance des rejets d'eau douce provenant de la terre (Darsena, embouchure de la rivière Polcevera et embouchure de Chiaravagna) alors qu'elle est plutôt homogène dans le reste du bassin.

Les maximums de chlorophylle- α , qui représentent une estimation du développement effectif atteint par le phytoplancton, sont situés dans le bassin de Multedo, dans le canal de Pra', dans la zone de l'embouchure de la Polcevera et dans celle de Porto Antico, en correspondance des principaux apports terrestres. En général, on observe un gradient décroissant vers les entrées des ports.

Les concentrations maximales relatives d'ammoniac et de coliformes fécaux, indices de contamination anthropique, qui correspondent généralement à de faibles concentrations d'oxygène dissous et à une salinité plus faible, se trouvent en correspondance avec les rejets de la station d'épuration de Darsena et près de l'embouchure de la Polcevera. En général, les concentrations diminuent au fur et à mesure que l'on se déplace de l'intérieur des bassins, qui est plus influencé par les apports terrestres et caractérisé par un faible hydrodynamisme, vers les embouchures du port. Dans le bassin de Multedo, on a constaté une augmentation des concentrations d'ammoniac et de coliformes fécaux près de l'embouchure du ruisseau Chiaravagna.

En ce qui concerne le pH, la distribution est plutôt homogène, avec des valeurs légèrement plus basses dans les zones plus confinées et plus influencées par les apports d'origine terrestre.

Le potentiel Red-Ox présente une distribution assez uniforme, cependant, on peut voir que des valeurs légèrement inférieures sont trouvées dans la zone de l'anse Gadda.

Les valeurs de turbidité les plus élevées se trouvent à l'intérieur du Porto Antico, dans le bassin de Voltri et en général dans les zones affectées par des rejets terrestres. Ces valeurs sont probablement dues au mélange dû au passage des navires dans ces zones et à l'apport de matières terrestres par les cours d'eau. Dans le reste du bassin, les valeurs semblent être plutôt uniformes.

Sur les séries de données 1998-2019 (moyennes annuelles) dans les trois zones d'étude du projet, une vérification statistique de la présence d'une tendance, c'est-à-dire une tendance linéaire à la hausse ou à la baisse d'un paramètre, a été effectuée. Ceci a été réalisé à l'aide de tests de signification non paramétriques basés sur les statistiques de la succession des rangs d'une série. Le test t de Mann-Kendall (Kendall, 1962) a été choisi.

Les tendances pour chaque station et pour chaque paramètre analysé sont présentées ci-dessous.

STATION	T	S	O ₂ %	AMM	COLI	CHLA
10	/	+	+	-	/	/
104	/	+	+	-	-	-
34	-	+	+	/	/	/
43	/	+	+	-	-	-

En regardant les données pour chaque station individuelle, nous pouvons voir :

- Zone de Porto Antico : on observe une augmentation de la salinité et de l'oxygène dissous, ce qui peut indiquer un impact moindre des rejets d'eau douce. On constate également une

diminution de l'azote ammoniacal, ce qui indique une moindre présence de rejets anthropiques. Cette diminution est probablement due au déplacement des rejets de la station d'épuration de Darsena vers la mer.

- On observe une augmentation de la salinité et de l'oxygène dissous, ainsi qu'une diminution de la concentration de coliformes fécaux, d'azote ammoniacal et de chlorophylle. Ces tendances confirment que cette station, étant la plus extérieure, est la plus similaire à la mer ouverte et moins influencée par les changements dans le bassin portuaire.
- Zone Foce del Polcevera : montre une augmentation de la salinité et du pourcentage d'oxygène dissous, indiquant une amélioration de la santé de la zone. On observe également une baisse de la température.
- Zone Foce del torrente Chiaravagna : augmentation de la salinité et du pourcentage d'oxygène dissous, diminution de la concentration d'azote ammoniacal et de coliformes fécaux, ce qui indique une amélioration de la santé de la zone, vraisemblablement due aux plans d'assainissement de l'environnement mis en œuvre dans la zone. Une diminution de la chlorophylle- α est également constatée.

Presque toutes les tendances confirment celles constatées l'année précédente.

Pour les valeurs de pH, Red-Ox et turbidité, il n'a pas été possible de réaliser le test car le nombre de données disponibles n'était pas suffisant pour le traitement.

Bibliographie

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, 2020. Ports of Genoa,
www.portsofgenoa.com

Regione Liguria, 2020. Sito ufficiale della Regione Liguria per l'Ambiente;
<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/ambienteinliguria/mappa.html?id=1640&ambiente=l>