



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Programma di Cooperazione Interreg V – A Italia-Francia “Marittimo 2014 2020”

ALACRES2

Servizio avanzato di Laboratorio per Crisi ed Emergenze, in porto nello Spazio di cooperazione dell'alto tirreno, basato su Simulazione

Simulazione nei Table Top Exercises

giugno 2022



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



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES2

Table Top Exercises e Doe

Per l'esecuzione dei Table Top Exercises è stato studiato un framework iterativo, in modo da massimizzare l'esperienza e la comprensione delle criticità. I Table Top Exercises hanno visto il coinvolgimento di esperti della materia provenienti soprattutto da ALACRES2 Champion Team.

La prima parte è stata la ricostruzione degli scenari e la definizione delle condizioni al contorno; sebbene gli scenari siano ben definiti all'interno di questo studio, altre variabili hanno dovuto essere stabilite per creare scenari realistici. Inoltre, è stato studiato un Design of Experiment per condurre gli esperimenti in modo metodologico, valutandone l'impatto e miglioramenti sul gruppo di studio.

Questo è stato affrontato sia con l'esperienza di Subject Matter Experts sia tramite lo studio di casi reali. Una volta definiti degli scenari plausibili, quindi avendo definito quelle che sono le variabili iniziali, sono stati condotti i Table Top Exercises veri e propri. Gli scenari sviluppati per i test sono di seguito schematizzati.

<i>Ix1 Porto</i>	<i>Ix2 Incidente</i>	<i>Ix3 Conseguenze</i>
Cagliari	Collisione in Mare	Perdita carburante
Bastia	Incidente a Terra	Perdita gas
Tolone		Incendio
		Incendio & Esplosione

Figura 1: DoE per gli scenari testati

Durante lo sviluppo dell'esercizio il Laboratorio Virtuale ALACRES2 è stato utilizzato dal team, che è stato di volta in volta inizializzato secondo il caso di studio scelto, assistendo gli interessati durante l'attività. Infatti, le decisioni intraprese sono state convertite in azioni all'interno del simulatore, che ha fornito nello stesso tempo sia una soluzione di testing del corso d'azione sia uno strumento di "story telling" sul quale basare le decisioni successive, grazie alla simulazione in modalità real-time.

L'approccio Monte Carlo ha invece permesso di introdurre variabilità tattica durante le prove, in modo sia da ripetere le stesse prove senza esiti scontati sia in modo da mantenere alta l'attenzione e il coinvolgimento.

A termine di ogni sessione sono stati analizzati i risultati e confrontati i parametri di performance del simulatore con thresholds predefiniti. L'esperienza maturata ha permesso di ripetere gli scenari selezionati e svilupparli secondo un diverso punto di vista, in modo da facilitare la creazione di piani di emergenza robusti alla variabilità.

L'approccio proposto permette di potenziare i tradizionali Table Top Exercises, dove diventa possibile sfruttare il simulatore ALACRES2, quindi ottenere un riscontro più realistico e identificare potenziali punti deboli nelle azioni proposte dai decisori. Inoltre, integrazione del simulatore nel processo di addestramento e valutazione, permette ai decisori di osservare le



conseguenze delle proprie azioni in modo intuitivo durante la partita, nonché di avere una valutazione numerica basata sui Key Performance Indicators, come il tempo per rimediare la crisi, numero di unità coinvolte, quantità di materia contaminante dispersa nell'ambiente, eventuali dispersi, feriti e morti.

La seguente figura illustra l'integrazione logica del simulatore durante Table Top Exercise.

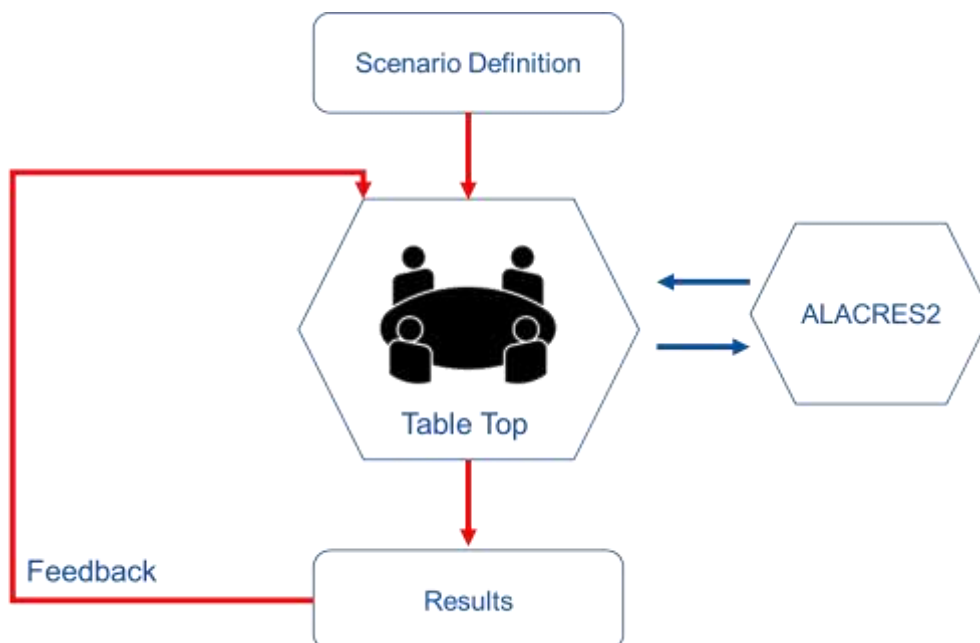


Figura 1: Schema logico sviluppo Table Top Exercises

Il team di ricerca ha utilizzato la simulazione per generare un database contenente i valori delle variabili coinvolte e per capire quali fattori abbiano il maggiore impatto sullo scenario e quale correlazione abbiano con gli altri. A tal fine, sono stati implementati un DOE (Design of Experiment) e un'analisi di sensibilità (Box & Hunter, 1963, Bruzzone et al., 2012; Montgomery, 2017) per estrarre le informazioni con il maggior peso all'interno dello scenario. La sicurezza dei porti è una questione critica che è influenzata da vari fattori, come il volume della merce pericolosa trasportata, le condizioni meteorologiche, ecc. Per garantire la sicurezza dei porti, è essenziale comprendere le interdipendenze tra i vari fattori che influiscono sulla sicurezza. Il sistema consente di raggruppare i dati per rivelare eventuali interdipendenze meno evidenti tra le variabili, ad esempio per confrontare gruppi di Paesi appartenenti a diverse parti del mondo. Il sistema consente inoltre di preparare analisi aggiuntive, estraendo e combinando i dati sulla base di una corretta progettazione di esperimenti fattoriali. Il sistema sviluppato permette di creare disegni fattoriali a 2k. L'analisi di sensibilità riguarda due diversi valori di output: la quantità di petrolio recuperata dal sistema di boma e la superficie massima di petrolio fuoriuscito. Innanzitutto, è stata condotta un'analisi MSpE (Mean Square Pure Error) per capire



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



quando i valori dei due output si sono stabilizzati. Viene riportato di seguito il DOE eseguito su Table Top Exercise per il Porto di Cagliari prima in merito alla fuoriuscita di materiale inquinante e poi con dispersione di gas.

Di seguito vengono riportati i valori relativi al MSpE su trenta simulazioni, per lo scenario di recupero di petrolio.

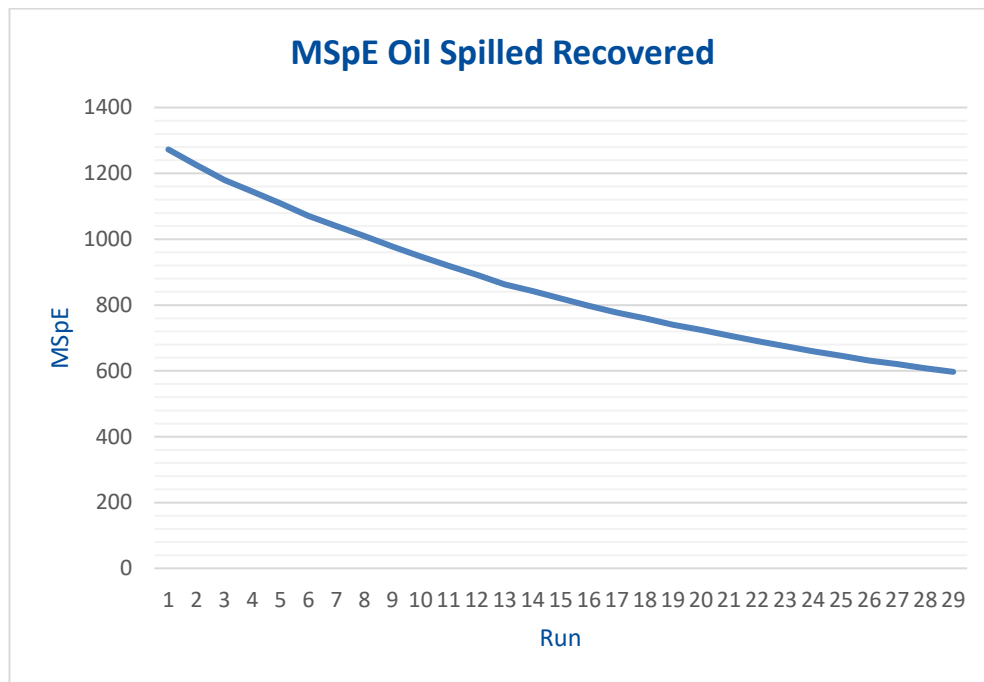


Figura 2: MSpE relativo al recupero di petrolio

Di seguito sono riportati, per lo scenario di fuoriuscita di idrocarburi, i livelli di ogni variabile utilizzati nell'esperimento fattoriale per i Table Top Exercises:

	High Level	Low Level
Wind Magnitude [m/s]	2	4
Wind Direction [°]	75	105
Sea Current Magnitude [m/s]	0,2	0,4
Sea Current Direction [°]	75	105
Mass of oil spilled [Kg]	36	108

Tavola 1: valori delle variabili utilizzate per disperdimento di petrolio

La seguente analisi di sensitività riporta graficamente i valori dei fattori e le loro combinazioni che sono risultate più impattanti rispetto alle variabili di output, sulla massa di petrolio recuperato e sulla superficie massima di diffusione di quest'ultimo sulla superficie marina.



Interreg



UNION EUROPEENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

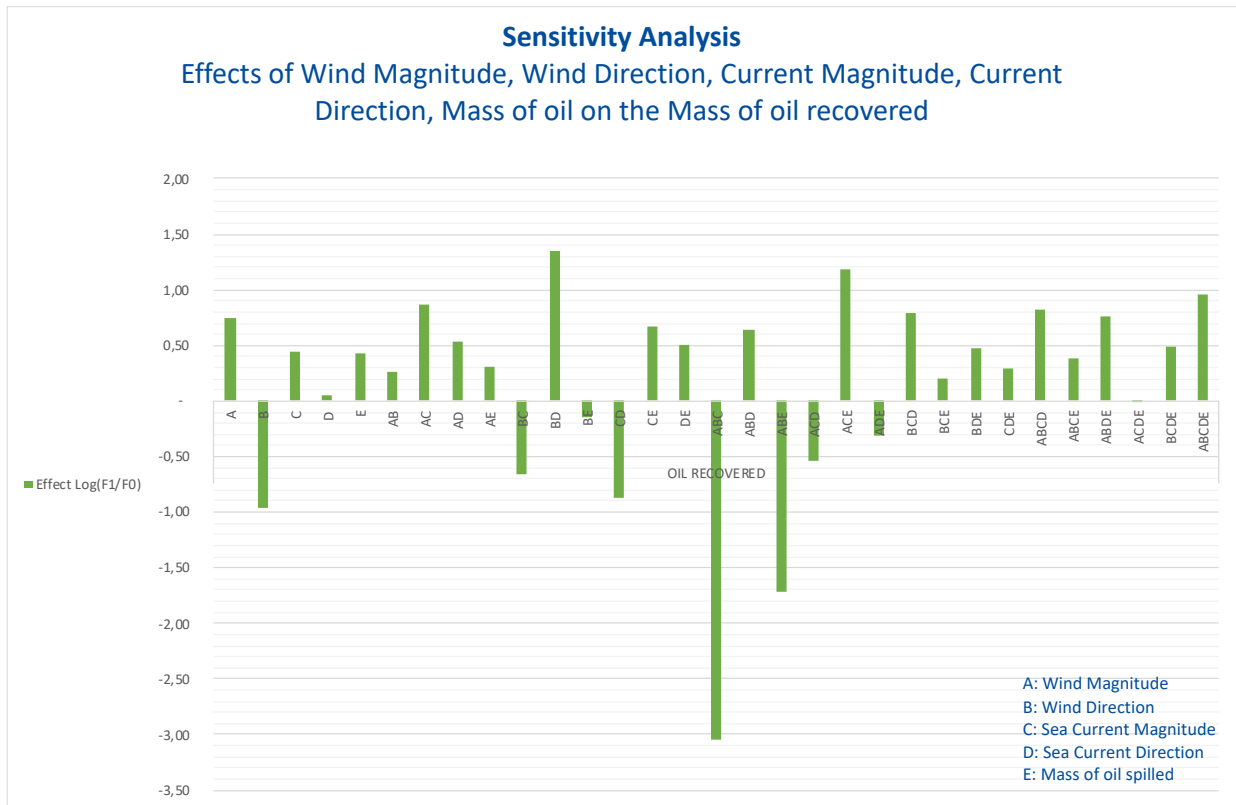


Figura 3: Analisi di Sensibilità sulla massa di petrolio recuperato

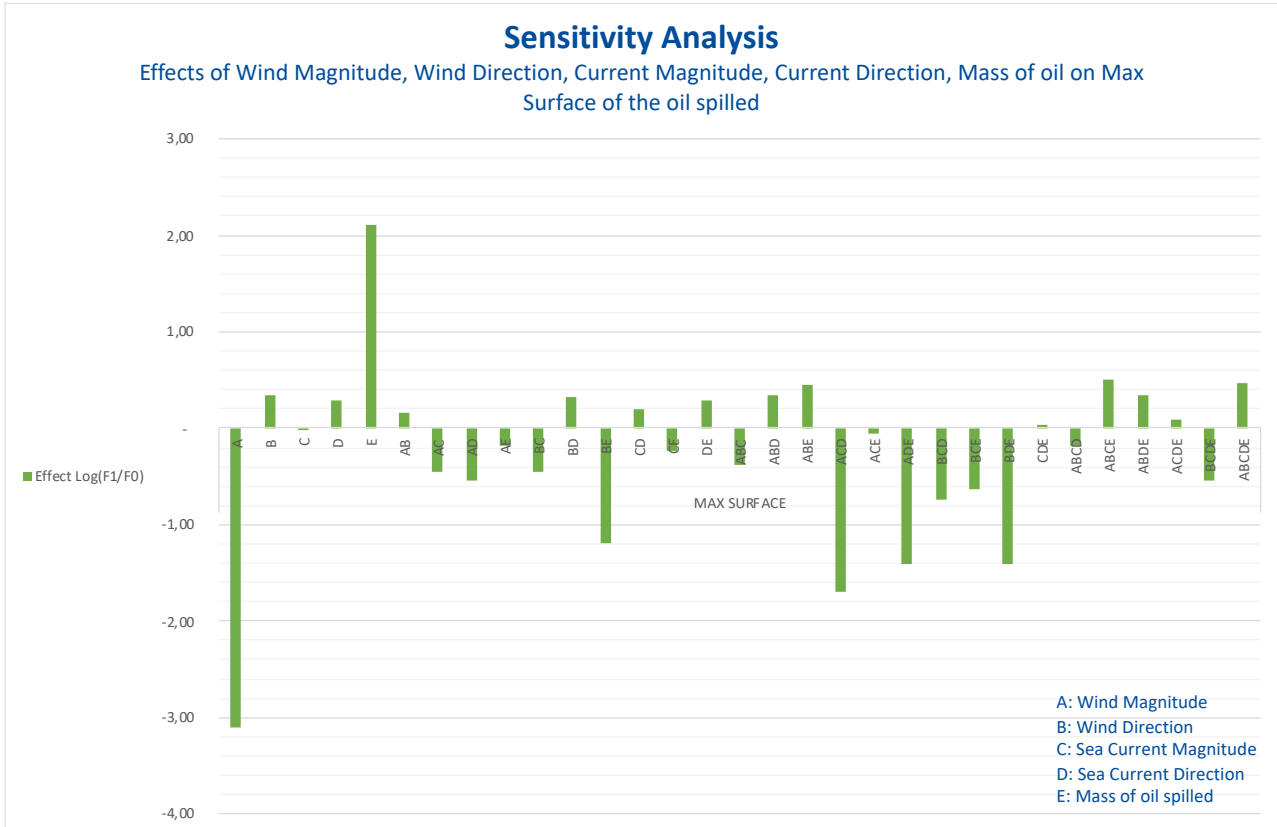


Figura 4: Analisi di Sensibilità sulla superficie massima raggiunta dal disperdimento di petrolio

Di seguito vengono riportati i risultati riguardanti la simulazione per il disperdimento di gas inquinante. Il seguente grafico riporta l'andamento del MSpE su ventidue simulazioni per il valore di estensione massima della nube di gas generata:

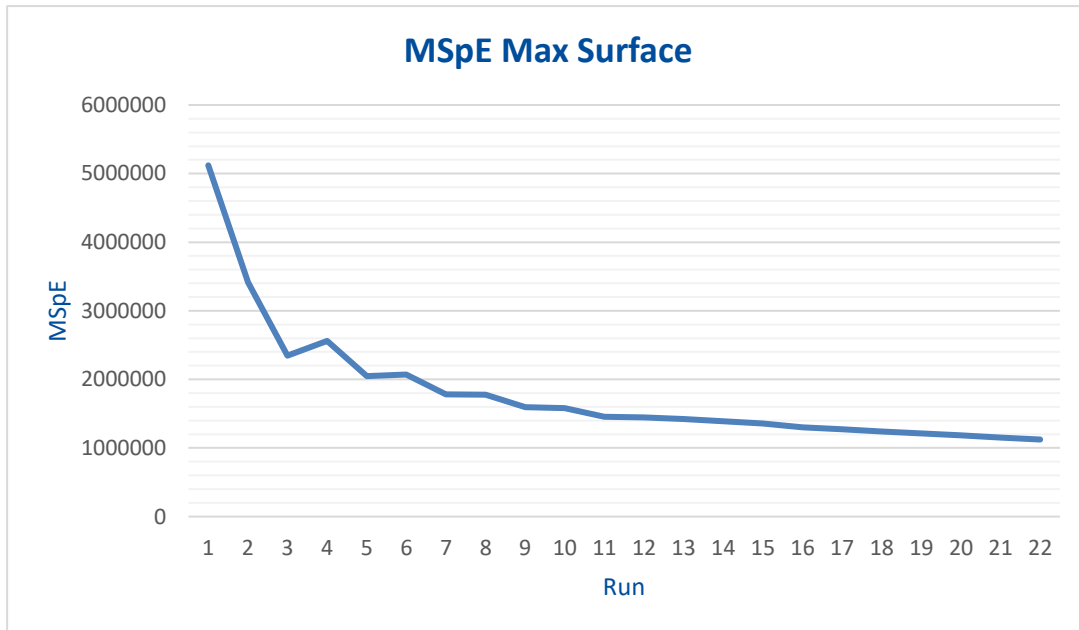


Figura 5: MSpE relativo alla superficie sottesa dalla nube di gas

I livelli per le variabili utilizzati nell'esperimento fattoriale dello scenario, sono di seguito riportati:

	High Level	Low Level
Wind Magnitude [m/s]	2	4
Wind Direction [°]	75	105
Mass of oil spilled [Kg]	4000	24000
Temperature [K]	293	303

Tavola 2: valori delle variabili utilizzate per disperdimento di gas

Di seguito viene riportata graficamente l'analisi di sensibilità sulle variabili di input per i valori di estensione massima della superficie della nube di gas e il suo volume massimo.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

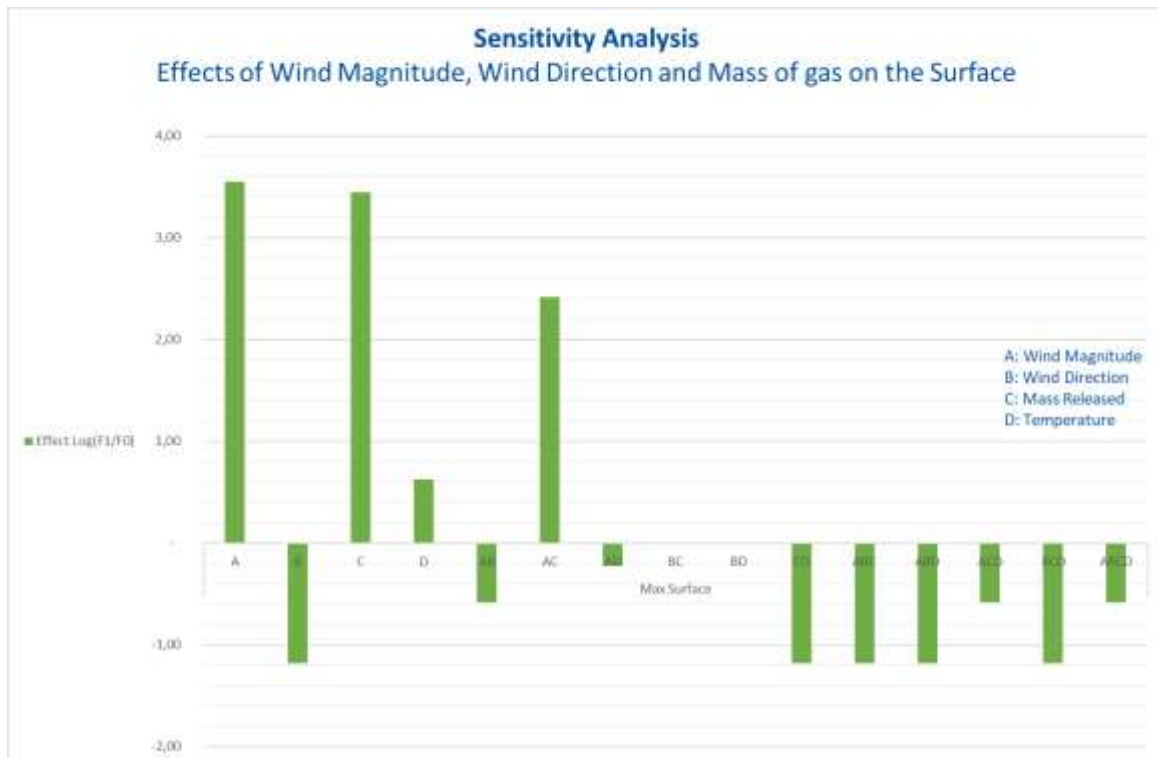
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

Figura 6: Analisi di Sensibilità per la superficie massima sottesa dalla nube di gas





Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

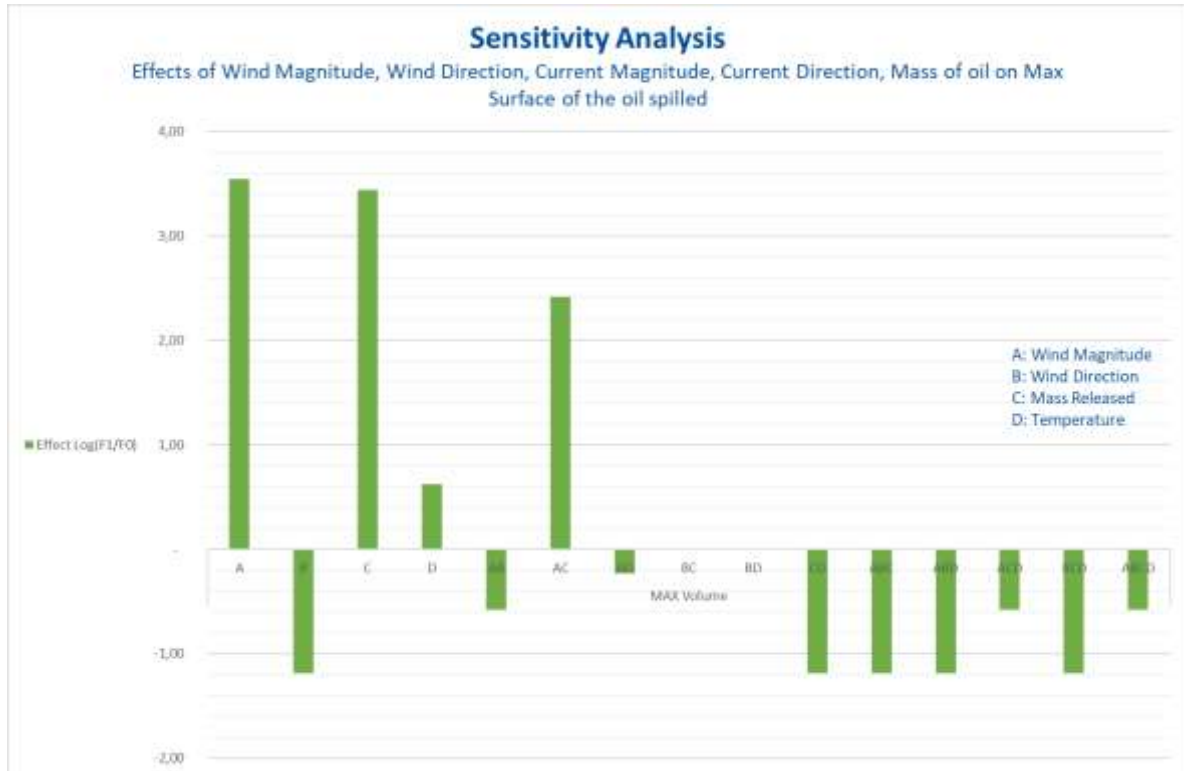


Figura 7: Analisi di Sensibilità per il volume massimo sotteso dalla nube di gas

References

- Box & Hunter, 1963, Bruzzone et al., 2012;
- Montgomery D.C. (2017). Design and Analysis of Experiments. Wiley.



Programme de Coopération Interreg V – A Italie-France “Maritime 2014 2020”

ALACRES2

service très Avancé de Laboratoire pour les Crises et les situations d'Émergence, en Situation portuaires dans l'espace de coopération de la haute mer Tyrrhénienne, basé sur la Simulation

Simulation dans des exercices sur table

Juin 2022



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



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Table Top Exercises et Doe

Un cadre itératif a été étudié pour l'exécution des exercices sur table, afin de maximiser l'expérience et la compréhension des problèmes critiques. Les exercices sur table ont vu la participation d'experts en la matière, principalement de l'équipe championne ALACRES2.

La première partie était la reconstruction des scénarios et la définition des conditions aux limites ; bien que les scénarios soient bien définis dans cette étude, d'autres variables ont dû être établies pour créer des scénarios réalistes. De plus, un plan d'expérience a été étudié pour mener les expériences de manière méthodologique, en évaluant leur impact et leurs améliorations sur le groupe d'étude.

Cela a été abordé à la fois avec l'expérience des experts en la matière et par l'étude de cas réels. Une fois les scénarios plausibles définis, et donc les variables initiales définies, les véritables exercices sur table ont été menés. Les scénarios développés pour les tests sont résumés ci-dessous.

<i>Ix1 Port</i>	<i>Ix2 Accident</i>	<i>Ix3 Conséquences</i>
Cagliari	Collision en mer	Fuite de carburant
Bastia	Accident au sol	Fuite de gaz
Toulon		Feu
		Incendie & Explosion

Figure 1: DoE pour les scénarios testés

Pendant le développement de l'exercice, le Laboratoire Virtuel ALACRES2 a été utilisé par l'équipe, qui a été initialisé de temps en temps selon l'étude de cas choisie, aidant les parties intéressées pendant l'activité. En effet, les décisions prises étaient traduites en actions au sein du simulateur, qui offrait à la fois une solution de test de cours d'action et un outil de « storytelling » sur lequel fonder les décisions ultérieures, grâce à la simulation en mode temps réel.

L'approche de Monte Carlo, en revanche, a permis d'introduire une variabilité tactique lors des tests, à la fois pour répéter les mêmes tests sans résultats prévisibles et pour maintenir une attention et une implication élevées.

A la fin de chaque session, les résultats ont été analysés et les paramètres de performance du simulateur ont été comparés à des seuils prédéfinis. L'expérience acquise a permis de répéter les scénarios sélectionnés et de les développer selon un point de vue différent, afin de faciliter la création de plans d'urgence robustes à la variabilité.

L'approche proposée permet d'améliorer les exercices traditionnels sur table, où il devient possible d'exploiter le simulateur ALACRES2, obtenant ainsi un retour d'information plus réaliste et identifiant les faiblesses potentielles dans les actions proposées par les décideurs. De plus, l'intégration du simulateur dans le processus de formation et d'évaluation permet aux



décideurs d'observer intuitivement les conséquences de leurs actions pendant le jeu, ainsi que d'avoir une évaluation numérique basée sur des indicateurs de performance clés, tels que le temps pour remédier à la crise, le nombre nombre d'unités impliquées, quantité de matières contaminantes dispersées dans l'environnement, disparus, blessés et morts.

La figure suivante illustre l'intégration logique du simulateur pendant l'exercice sur table.

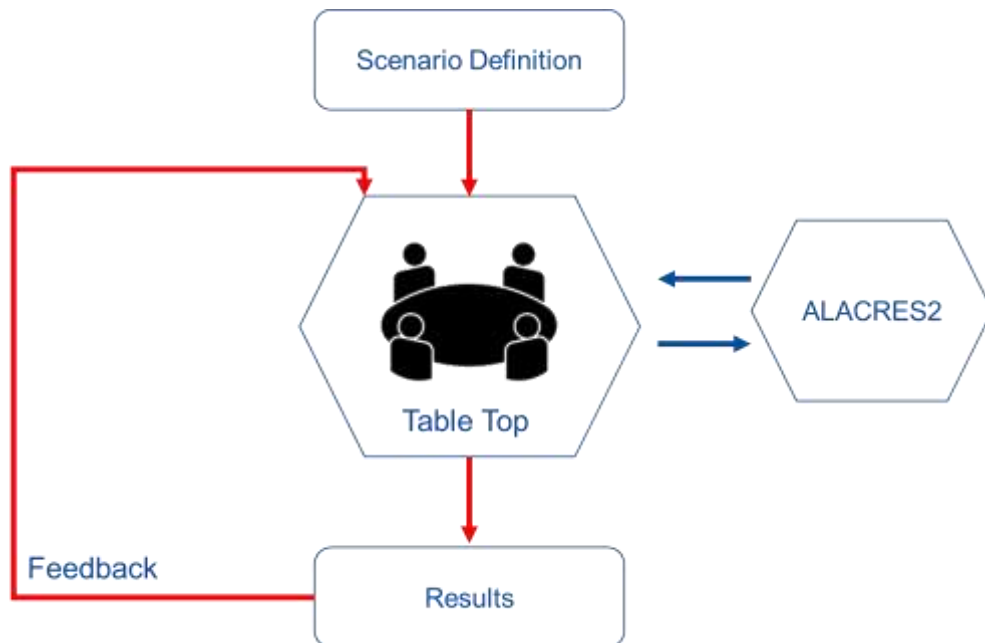


Figure 1: Diagramme logique de développement des exercices de table

L'équipe de recherche a utilisé la simulation pour générer une base de données contenant les valeurs des variables impliquées et pour comprendre quels facteurs ont le plus grand impact sur le scénario et comment ils sont corrélés les uns aux autres. Pour cela, un DOE (Design of Experiment) et une analyse de sensibilité (Box & Hunter, 1963 ; Bruzzone et al., 2012 ; Montgomery, 2017) ont été mis en place pour extraire l'information ayant le plus de poids au sein du scénario. La sécurité portuaire est une question critique qui est influencée par divers facteurs, tels que le volume de marchandises dangereuses transportées, les conditions météorologiques, etc. Pour assurer la sécurité portuaire, il est essentiel de comprendre les interdépendances entre les différents facteurs affectant la sécurité. Le système vous permet de regrouper les données pour révéler les interdépendances moins évidentes entre les variables, par exemple pour comparer des groupes de pays appartenant à différentes parties du monde. Le système vous permet également de préparer des analyses supplémentaires, d'extraire et de combiner des données basées sur la conception correcte des expériences factorielles. Le système développé permet de créer des dessins factoriels 2k. L'analyse de sensibilité porte sur deux valeurs de sortie différentes : la quantité d'huile récupérée par le système de barrage et



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

la surface maximale d'huile déversée. Tout d'abord, une analyse MSpE (Mean Square Pure Error) a été menée pour comprendre quand les valeurs des deux sorties se sont stabilisées. Le DOE réalisé sur Table Top Exercise pour le port de Cagliari est présenté ci-dessous, d'abord en ce qui concerne les fuites de matières polluantes, puis avec la dispersion des gaz. Ci-dessous les valeurs relatives au MSpE sur trente simulations, pour le scénario de récupération du pétrole.

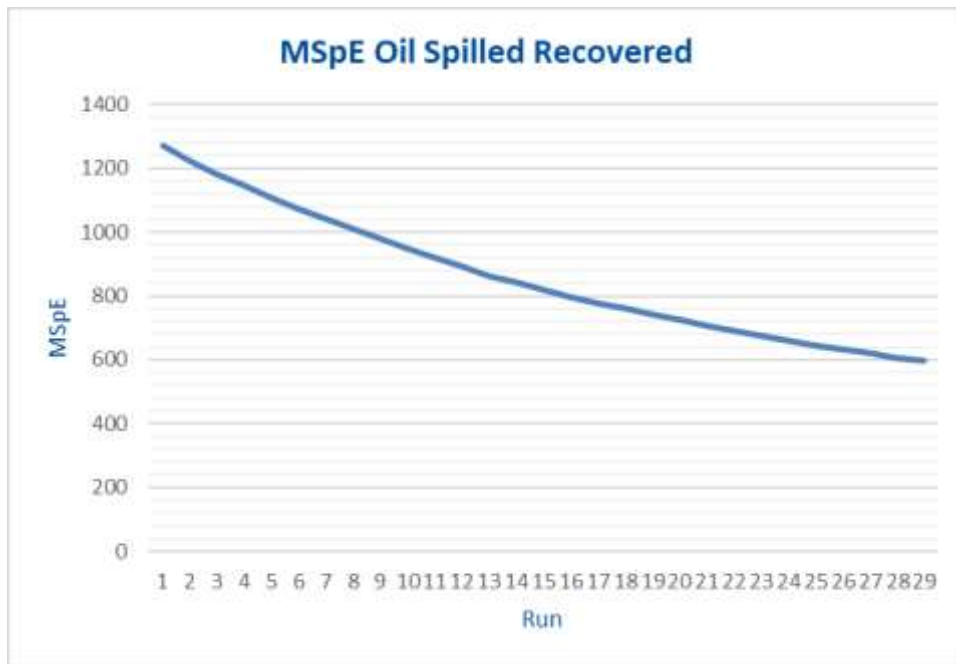


Figure 2: MSpE lié à la récupération du pétrole

Vous trouverez ci-dessous les niveaux de chaque variable utilisée dans l'expérience factorielle pour les exercices de table pour le scénario de déversement d'hydrocarbures :

	High Level	Low Level
Wind Magnitude [m/s]	2	4
Wind Direction [°]	75	105
Sea Current Magnitude [m/s]	0,2	0,4
Sea Current Direction [°]	75	105
Mass of oil spilled [Kg]	36	108

Tableau 1 : valeurs des variables utilisées pour la dispersion de l'huile



L'analyse de sensibilité suivante rapporte graphiquement les valeurs des facteurs et leurs combinaisons qui ont eu le plus d'impact sur les variables de sortie, sur la masse de pétrole récupéré et sur la zone de diffusion maximale de ce dernier à la surface de la mer.

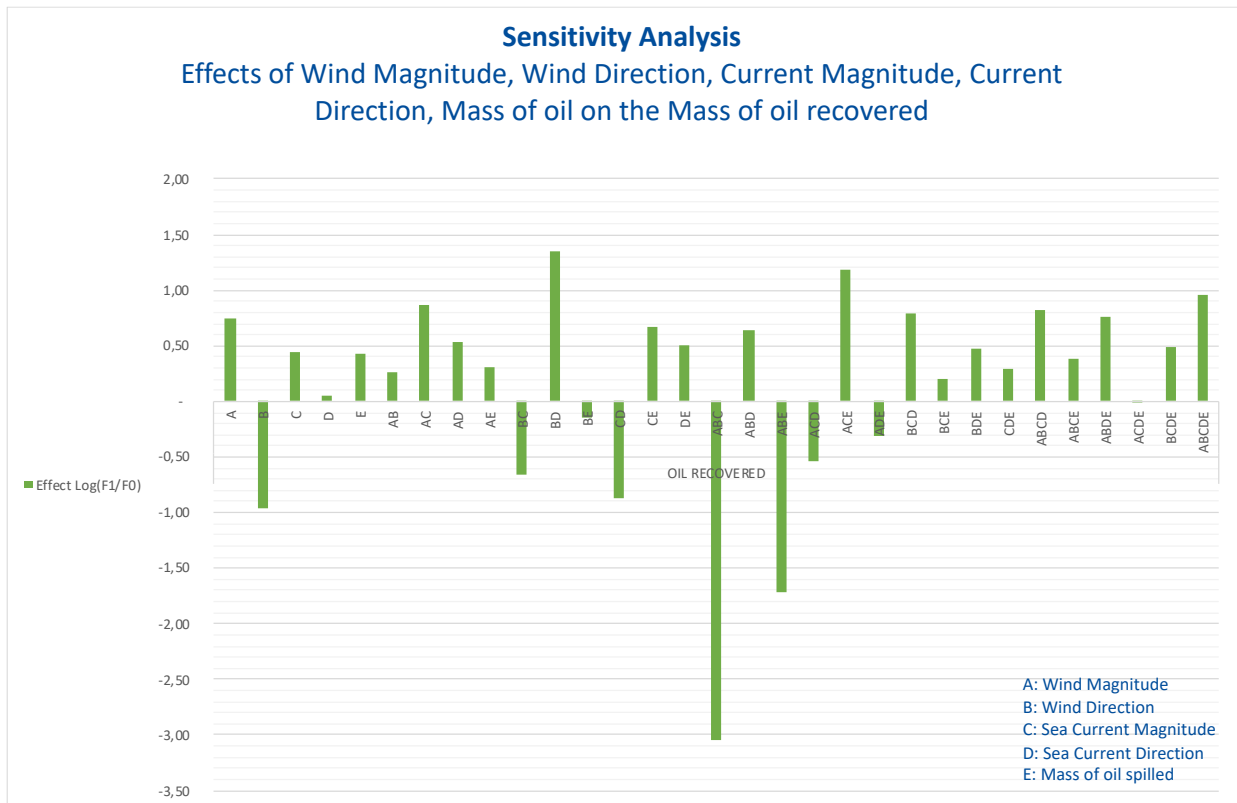


Figure 3 : Analyse de sensibilité sur la masse d'huile récupérée

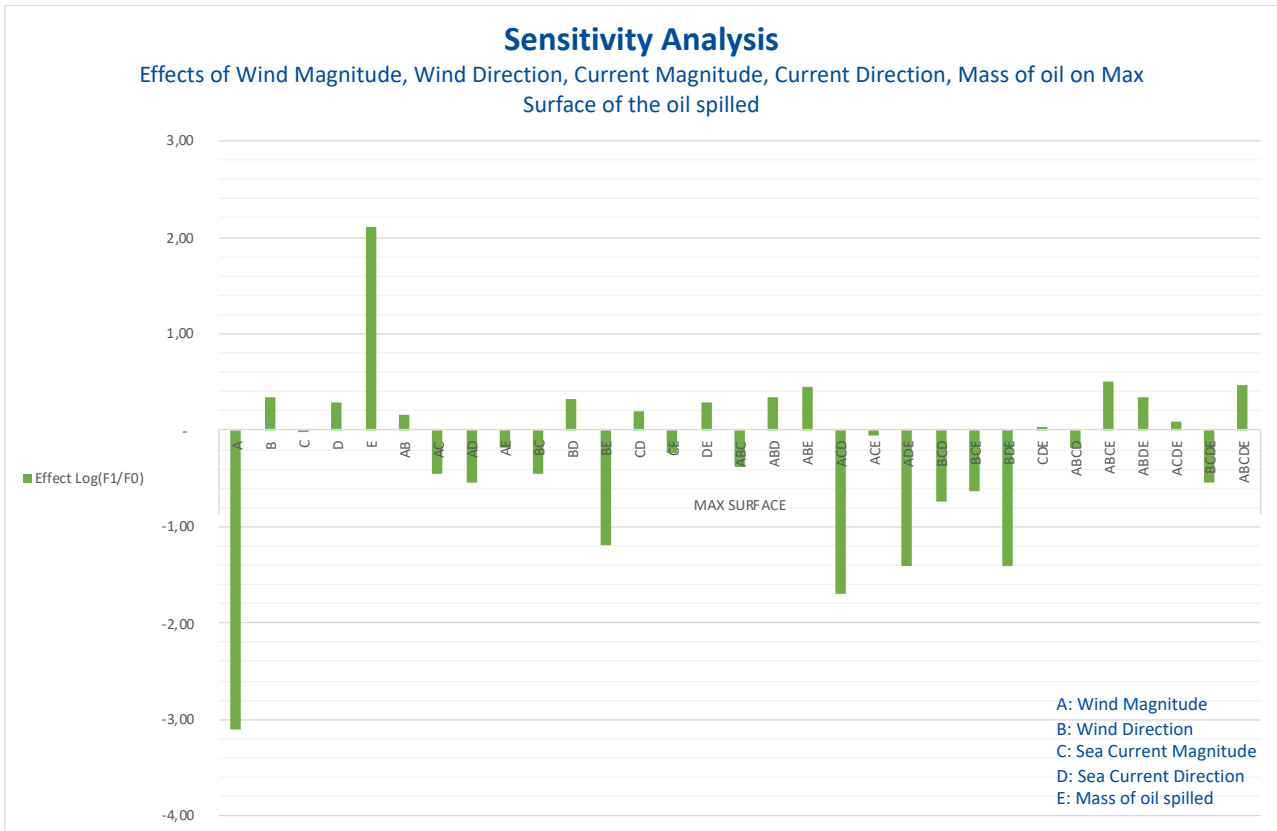


Figure 4 : Analyse de sensibilité sur la surface maximale atteinte par la marée noire

Les résultats concernant la simulation de la dispersion des gaz polluants sont rapportés ci-dessous. Le graphique suivant montre l'évolution du MSpE sur vingt-deux simulations pour la valeur d'extension maximale du nuage de gaz généré :



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figure 5 : MSpE par rapport à la surface sous-tendue par le nuage de gaz

Les niveaux des variables utilisées dans l'expérimentation factorielle du scénario sont présentés ci-dessous :

	High Level	Low Level
Wind Magnitude [m/s]	2	4
Wind Direction [°]	75	105
Mass of oil spilled [Kg]	4000	24000
Temperature [K]	293	303

Tableau 2 : valeurs des variables utilisées pour la dispersion des gaz

L'analyse de sensibilité sur les variables d'entrée pour les valeurs d'extension maximales de la surface du nuage de gaz et son volume maximal est présentée ci-dessous.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

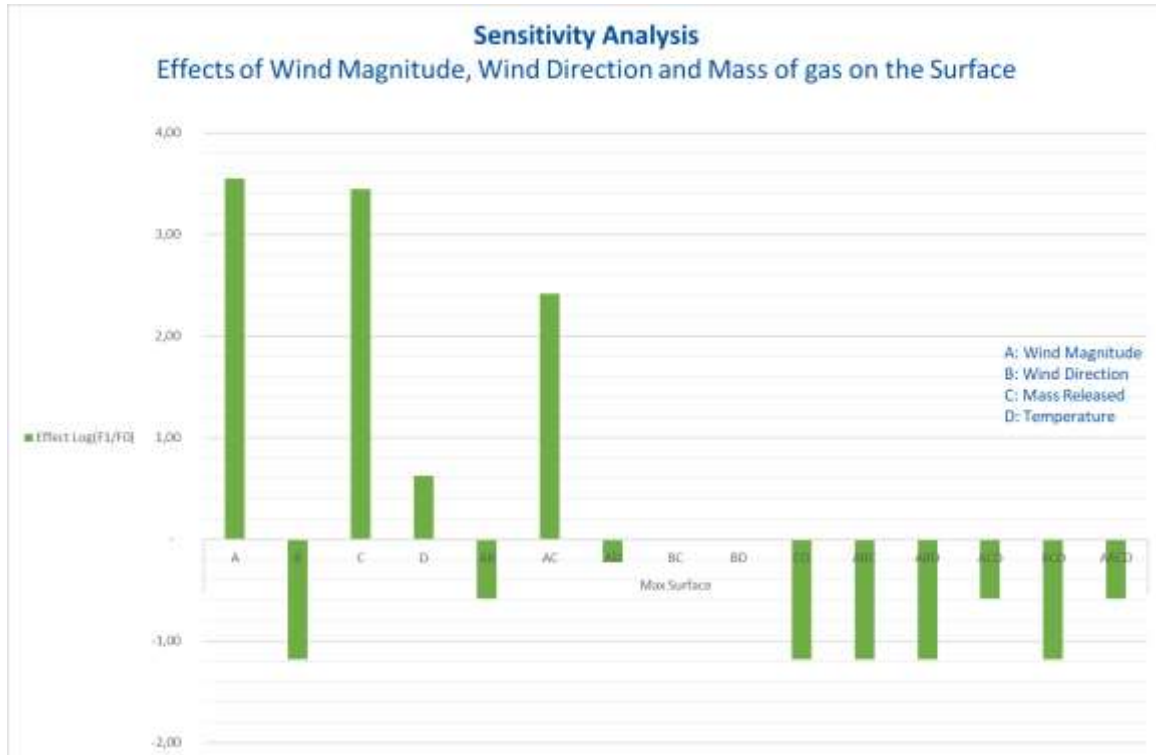


Figure 6 : Analyse de sensibilité pour la surface maximale sous-tendue par le nuage de gaz



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

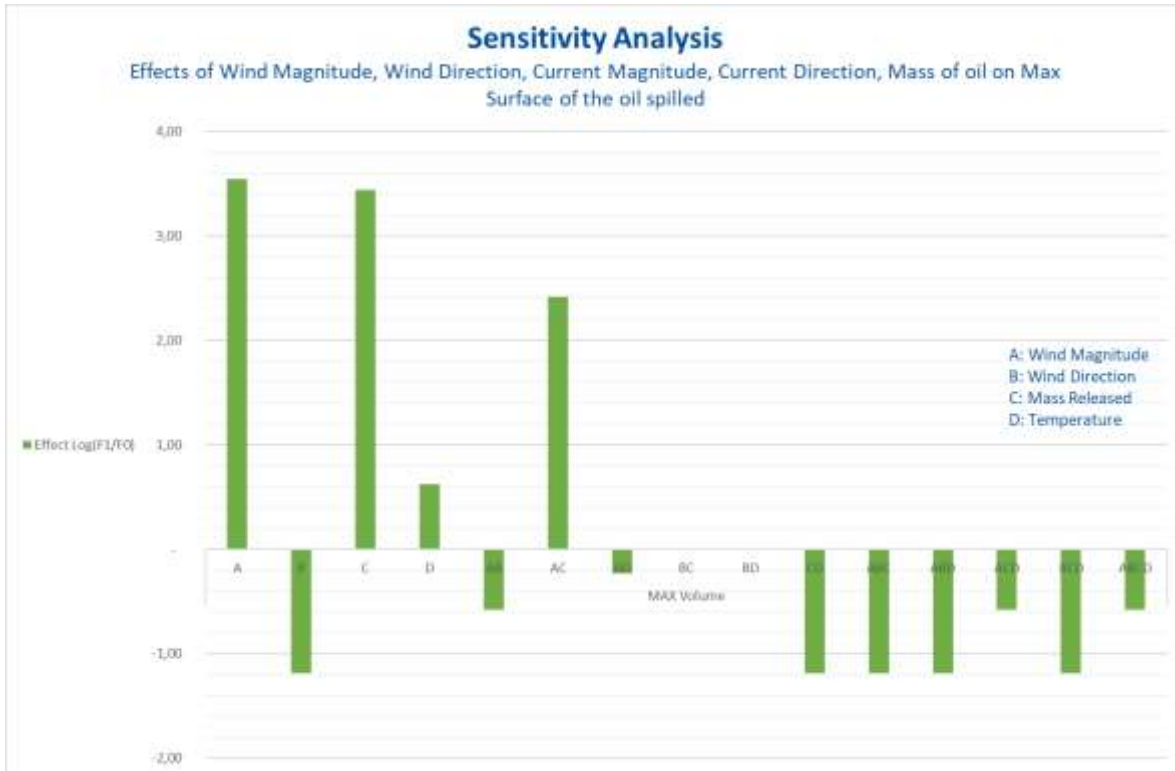


Figure 7 : Analyse de sensibilité pour le volume maximal sous-tendu par le nuage de gaz

References

- Box & Hunter, 1963, Bruzzone et al., 2012;
- Montgomery D.C. (2017). Design and Analysis of Experiments. Wiley.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2