

+République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر

وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Thèse**

**Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT  
troisième cycle en sciences de la terre et de l'univers**

**Filière : Géographie et aménagement du territoire**

**Spécialité : Environnement marin et littoral**

**Simulation de la qualité de l'eau de la zone côtière oranaise par  
modélisation numérique et combinaison de données multi-sources  
satellitaires**

**Par : Chabi Nacira**

Soutenu le 06 Mars 2024 à 17 h devant le jury suivant :

BOULAHDID MOSTEFA	Professeur	(ENSSMAL)	Président
HOUMA BACHARI FOUZIA	Professeur	(ENSSMAL)	Directrice de thèse
HADJEL MOHAMMED	Professeur	(USTO)	Examinateur
DRICHE MOHAMED	Maitre de conférence A	(ENSSMAL)	Examinateur
AMARA MOURAD	Professeur	(USTHB)	Examinateur
BACHARI NOUR EL ISLAM	Professer	(USTHB)	Invité
BOUDA ABDERRAHMANE	Maitre de conférence A	(ENSM)	Invité

## REMERCIEMENTS

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme.

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon directeur de thèse, Madame Bachari Houma Fouzia, Professeur à l'école nationale supérieure des sciences de la mer et d'aménagement de littoral pour toute son aide. Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie car outre son appui scientifique, il a toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Bachari Nour Islam, Professeur à l'Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, qui m'a fait partager ses brillantes intuitions. Qu'il soit aussi remercié pour sa disponibilité et pour les nombreux conseils et encouragements qu'il m'a prodigués. Je remercie Monsieur Abderrahmane Bouda, de l'École nationale de la marine, Tipaza, Algérie. C'est grâce à son aide que j'ai pu concilier avec bonheur recherche théorique et appliquée pendant cette thèse.

Je tiens à remercier chaleureusement l'équipe scientifique de l'armée de mer, le commandant et le capitaine de navire pour leur aide précieuse lors des différentes sorties en mer. Je tiens à souligner en particulier le travail de l'équipe scientifique, qui a fourni des informations et des analyses essentielles pour la planification et la conduite des missions. Le commandant et le capitaine de navire ont quant à eux assuré la sécurité et le bon déroulement des sorties, dans des conditions parfois difficiles. Votre collaboration a été essentielle à la réussite de ces missions. Grâce à votre expertise et votre professionnalisme, nous avons pu recueillir des données précieuses qui nous ont permis de mener à bien notre travail.

Nous sommes particulièrement reconnaissants de votre dévouement et de votre engagement. Vous avez contribué à faire de ces missions un succès.

Je remercie bien évidemment ma famille, mes parents, mon mari, qui ont su me laisser suivre mon chemin.

*A ma famille, mes deux ange Nelia et Yani, à mon mari karim, ma mère Nouara, mon père Slimane, à mes frères et sœurs, à ma promotrice et à tous ceux qui ont bien voulu m'apporter leurs conseils et me transmettre leurs expériences durant ma carrière.*

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Pressions anthropiques sur l'environnement marin (OCDE ; Organisation de coopération et de développement économiques).....	47
Tableau I.2: les indicateurs de durabilités de la commune d'Arzew (MATEV, 2009).....	53
Tableau I.3: les indicateurs de durabilités de la commune d'Arzew (MATEV, 2009).....	53
Tableau I.4: Moyenne mensuelle des températures moyennes en °c (2015-2020) (Station météo Arzew.) .....	54
Tableau I.5: vitesse du vent dans la région d'Arzew en m/s (2015-2021) (Station météo d'Arzew). ...	55
Tableau I.6: Direction annuelle des vents dans la région d'Arzew en % (2015-2021). ....	59
Tableau I.7: Les 10 premiers terminaux/Ports de chargement de pétrole brut. ....	65
Tableau I.8: Les 10 premiers terminaux/ports de chargement de GNIL. (Lloyd's MIU Analysis.2008. .....	65
Tableau I.9: Les 10 premiers terminaux/ports de chargement de GNIL. (Lloyd's MIU Analysis.2008 .....	66
Tableau I.10: Les 10 premiers ports de chargement de GPL (Sabatini Martín, L., 2013). ....	66
Tableau I.11: Mouvements (E/S) des navires dans le port d'Arzew période entre 2005 et 2009. (Source : BTGPA, 2011).....	67
Tableau I.12: Bilan du trafic des hydrocarbures dans les deux ports période entre 2005 et 2009 (Source : BTGPA, 2011).....	68
Tableau I.13 : Le trafic global par port et par produit année 2010. ....	68
Tableau I.14: Temps indicatif de rétablissement suite à une pollution par les hydrocarbures, pour divers habitats. Le temps dépend de nombreux facteurs, dont la quantité et le type d'hydrocarbures déversés. Le rétablissement est défini ici comme la phase à laquelle l'habitat fonctionne normalement. ....	75
Tableau I.15: Exemples des valeurs limites d'HAP utilisées par différentes autorités pour gérer la sécurité des poissons et fruits de mer à la suite de déversements d'hydrocarbures. ....	103
Tableau II.1 : Classification du caractère cancérigène des HAP (Lafon et al., 2000).....	115
Tableau II.2 : Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures (CEDRE, 2009).....	116
Tableau II.3 : classification des émulsions (Poré, 1993).....	123
Tableau III.1 : Informations portées par chaque LE .....	153
Tableau III.2: les types des polluants, leurs compositions et leurs demis de vie.....	154
Tableau IV.3: Matrice de confusion relative à la carte d'occupation du sol des zones côtières d'Oran de 2000.....	195
Tableau IV.2: Matrice de confusion relative à la carte d'occupation du sol des zones côtières d'Oran de l'année 2000. ....	196
Tableau IV.3 : La différence d'occupation du sol des zones littorales d'Oran entre 2000 et 2023. ....	197

Tableau IV.4: Intégration des conditions initiales des 4 scénarios de marée noire dans le modèle ADIOS-2 (inputs).....	216
Tableau IV.5 : Evolution de la quantité déversée après cinq jours pour les 4 scénarios (bilan pétrolier sous le logiciel ADIOS-2).....	219
Tableau IV.6: Conditions initiales des 16 scénarios étudiés (2018 et 2022).....	221
Tableau IV.7: Intégration des conditions initiales des 16 scénarios de marée noire dans le modèle ADIOS (inputs).....	290
Tableau IV.8: Evolution de la quantité déversée après 5 jours pour les 16 scénarios (bilan pétrolier selon le modèle ADIOS, voir annexe2).....	293

## LISTES DES FIGURES

Figure I.1: Température de la surface de la mer méditerranée 1985-2005, source : SOCIB (Système d'observation et de prévision des océans côtiers des îles Baléares aout 2022 ( <a href="https://www.socib.es">https://www.socib.es</a> )).	30
Figure I.2: Contenu thermique de la mer méditerranée de l'année 1993-2018, (source : Copernicus ; <a href="https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine">https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine</a> ).	31
Figure I.3 : Situation au 17 novembre 2020 : (A) Température de surface – (B) augmentation de température par rapport aux moyennes saisonnières – (C) identification des zones avec une vague de chaleur marine. Source : SOCIB.	32
Figure I.4: Situation géographique de la zone d'étude (wilaya d'Oran).	35
Figure I.5: la figure montre le HSV shader de la zone d'étude (MNT) sous Global mapper.	36
Figure I.6 : la figure montre les valeurs l'élévation de la zone d'étude sous Global mapper.	36
Figure I.7: Indice global d'aridité 1970-2000 pour l'Algérie.	39
Figure I.8: Indice d'aridité 1970-2000 de la wilaya d'Oran.	40
Figure I.9: Emplacement géographique du golfe d'Arzew (Chabi N et al., 2023).	42
Figure I.10 : Arrivées par type de bateau par jour 2022 dans le Golf d'Arzew.	44
Figure I.11 : Situation du pôle industriel d'Arzew.	45
Figure I.12: Principale source de pollution dans la zone côtière d'Arzew (Chabi N 2023).	51
Figure I.13: Vitesse du vent (m/s) annuelle depuis 1985 jusqu'à 2020 dans la région d'Oran (source : Google Earth Engine ; image satellite CGOM-JAXA).	56
Figure I.14 : la vitesse moyenne de vents en km/h dans la mer Méditerranéenne (Source météo consult marine ( <a href="https://marine.meteoconsult.fr">https://marine.meteoconsult.fr</a> ); Mai 2023 ).	56
Figure I.15: Rose du vent du mois de janvier (1986-2008) dans la baie d'Arzew.	57
Figure I.16 : Rose du vent du mois de d'Avril (1986-2008) dans la baie d'Arzew.	57
Figure I.17: Rose du vent du mois de juillet (1986-2008) dans la baie d'Arzew.	58
Figure I.18: Rose du vent du mois d'Octobre (1986-2008) dans la baie d'Arzew.	58
Figure I.19: Rose du vent annuelle (2015-2020) dans la baie d'Arzew.	59
Figure I.20 : Carte des courants dans le golf d'Arzew via GNOME-NOAA (Chabi N, 2023).	61
Figure I.21: Trafic maritime entre les états côtiers méditerranéens (Sabatini Martín, L., 2013).	64
Figure I.22: Principales route des tankers en Méditerranée en 2006 (source ; Weinstein L. C. , 2013)	64
Figure I.23: Trafic maritime pétrolier dans la baie d'Oran/Arzew 2020-2021 (source : trafic maritime 2023).	67
Figure I.24: Histogramme de l'évolution du trafic d'hydrocarbures dans le port d'Arzew (Source : BTGPA, 2011).	68
Figure I.25: Les effets typiques sur les organismes marins varient de la toxicité (particulièrement pour les hydrocarbures et les produits pétroliers légers) à l'engluement (fiouls intermédiaires et lourds (IFO et HFO) et résidus vieillis).	70

Figure I.26: Oiseau piéger dans le goudron et les plages pollués par les hydrocarbures. ....	71
Figure I.27: Tortue imbriquée ( <i>Eretmochelys imbricata</i> ) juvénile en train d’être nettoyée.....	78
Figure I.28 : Les littoraux rocheux, souvent exposés au vent et aux vagues, peuvent parfois s’auto-nettoyer rapidement. Les organismes, y compris les patelles, peuvent être affectés par les hydrocarbures. ....	81
Figure I.29: L’efficacité des barrages antipollution aux entrées des ports de plaisance peut être compromise si le barrage est endommagé lors des entrées et sorties de navires.....	88
Figure I.30 : Les navires amarrés peuvent devoir être nettoyés si l’hydrocarbure pénètre dans un port de plaisance ou de pêche.....	89
Figure I.31: L’accès sous des jetées peut être difficile et dangereux pour les équipes de nettoyage en raison du manque d’espace de manœuvre et de ventilation. ....	90
Figure I.32: Une ferme d’algoculture – les pêcheries et la mariculture sont souvent sensibles aux déversements d’hydrocarbures. ....	97
Figure I.33: Les filets et casiers de pêche pollués peuvent être nettoyés, à condition de ne pas avoir été trop souillés. Dans certains cas, toutefois, leur remplacement peut s’avérer plus économique. ....	99
Figure I.34: Taux de dépuraton (diminution de l’altération organoleptique) pour les poissons et les coquillages et crustacés après exposition expérimentale à du pétrole brut (Source : Davis, H.K., Moffat, C.F. & Shepherd, N.J. (2002), ‘Experimental tainting of marine fish by three chemically dispersed petroleum products, with comparisons to the Braer oil spill’, <i>Spill Science &amp; Technology Bulletin</i> , vol. 7, no 5-6, pp.257-278). ....	101
Figure II.1: Consommation mondiale d’énergie primaire en Mtep (Méga tonne équivalent pétrole) au cours des années 1999 et 2009. (BP, 2010).....	113
Figure II.2 : Classement des hydrocarbures selon leur structure (Gomez. D, 2010) (en fond bleu les hydrocarbures toxiques et en fond blanc les non toxiques).....	115
Figure II.3 : classement des liquides et solides en groupe de comportement (Gwenaëlle Bucas, 2002).....	119
Figure II.4. Principaux processus de transport et d’altération affectant la marée noire.....	121
Figure II.5. Processus d’altération du pétrole.....	121
Figure III.1: Distribution spatial des points de prélèvement le long de la baie d’Oran et d’Arzew. ...	134
Figure III.2 : Embarcation PILOTE de l’armé de mer. ....	135
Figure III.3 Flacons de prélèvement .....	135
Figure III.4: Grid d’interpolation (Richard, 2014).....	142
Figure III.5: interface de logiciel ArcGis.....	144
Figure III.6: Interface de logiciel IDV.....	145
Figure III.7: Interface de logiciel ENVI. ....	146
Figure III.8: Interface de logiciel Google Earth Engine. ....	148
Figure III.9: Interface de logiciel GNOME-NOAA.....	148
Figure III.10: interface du logiciel GNOME NOAA. ....	151

Figure III.11: Le modèle GNOME dont la carte du golf d'Arzew est intégrée.	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.12: Diagramme des modèles de dérive des nappes de pétrole GNOME et ADIOS-2. ....	152
Figure III.13: Téléchargement de la carte utilisée. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.14: Le choix de la zone pour télécharger la carte. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.15: Téléchargement de la zone d'étude choisie dans le logiciel GNOME.	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.16: La carte de la zone d'étude choisie est intégrée dans le logiciel GNOME. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.17: Téléchargement des données de courant via GNOME Online Oceanographic Data Server(GOODS) (a).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.18: Téléchargement des données de courants via GNOME Online Oceanographic Data Server(GOODS) (b). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.19: La rose de vent montrant la vitesse et la direction du vent dans le golf d'Arzew via GNOME 2022.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.20: Direction et vitesse du vent dans le golf d'Arzew via GNOME 2022.	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.21: Vue cartographique de WebGNOME, montrant les courants qui déplacent le pétrole dans une simulation de déversement.....	159
Figure III.22: Résultat de simulation WebGNOME de la dérive de la nappe d'hydrocarbure dans la baie d'Arzew. ....	160
Figure III.23: Vue du devenir du pétrole (altération) à partir de WebGNOME, montrant le bilan pétrolier d'un déversement simulé. ....	160
Figure III.24: Interface de la base de données ADIOS.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.1: Distribution spatial des points de prélèvement le long de la baie d'Oran et d'Arzew 2017 (Chabi N, 2023). ....	165
Figure IV.2: Distribution spatial des points de prélèvement le long de la baie d'Arzew 2020 (Chabi N, 2023).....	166
Figure IV.3: Distribution spatiale de la température de surface de la mer (C°) dans la baie Oran 2017. ....	167
Figure IV.4: Distribution spatiale de la TSM (C°) dans le golfe d'Arzew en 2020.....	167
Figure IV.5 : Courbe et Histogramme de distribution spatiale de la température (°C) en surface de l'eau de mer dans la baie d'Arzew en 2020.....	168
Figure IV.6: Profil vertical de la distribution spatial de la température en fonction l'éloignement de la cote vers le large dans la baie d'Oran. 05/03/2017. ....	169
Figure IV.7: Distribution spatiale de la SSM (PSU) dans la baie d'Oran en 2017. ....	170
Figure IV.8: Distribution spatiale de la SSM (PSU) dans le golfe d'Arzew Oran. ....	171

Figure IV.9: Distribution spatial de la Salinité (PSU) le long de la baie d'Oran et Arzew. ....	172
Figure IV.10 : Profil de la température et la salinité d'ouest en est dans la baie d'Oran. 08/02/2017. ....	172
Figure IV.11: la distribution de la température en fonction de la salinité en surface de la mer dans la baie d'Oran et Arzew.....	173
Figure IV.12 : Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans la baie d'Oran.....	174
Figure IV.13: Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans la baie d'Oran. ....	174
Figure IV.14: Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans le golfe d'Arzew à Oran.....	175
Figure IV.15: Distribution spatiale de la chlorophylle ( $\mu\text{g/l}$ ) en surface dans la baie d'Arzew.....	176
Figure IV.16: La distribution spatiale de la chlorophylle-a en fonction de la température. ....	176
Figure IV.17: Histogramme de la distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la baie d'Arzew... ..	177
Figure IV.18 : Distribution spatiale de l'oxygène dissous ( $\text{mg/l}$ ) dans les eaux côtières dans le golfe d'Arzew à Oran.....	177
Figure IV.19 : Distribution spatiale de potentiel d'hydrogène le long des eaux côtières de la baie d'Arzew à Oran.....	179
Figure IV.20: Distribution de potentiel d'hydrogène dans les eaux côtières de golfe d'Arzew.....	179
Figure IV.21 : Distribution spatiale de la turbidité en surface de la mer dans la baie d'Arzew.....	180
Figure IV.22: histogramme de distribution de turbidité en surface des eaux côtières dans la baie d'Arzew. ....	181
Figure IV.23: Distribution de la matière en suspension des eaux côtières dans la baie d'Arzew. ....	182
Figure IV.24 : Distribution spatiale de la matière en suspension ( $\text{mg/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew. ....	183
Figure IV.25: Distribution spatiale de la matière organique particulaire ( $\text{mg/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew.....	184
Figure IV.26: Distribution spatiale de la matière organique particulaire ( $\text{mg/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew.....	185
Figure IV.27: Distribution spatiale des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew. ....	186
Figure IV.28: Histogramme de distribution des nitrates en surface de la mer dans la baie d'Arzew. .	187
Figure IV.29: Distribution spatiale des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew. ....	188
Figure IV.30: Distribution spatiale des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew. ....	189
Figure IV.31: Variations des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en fonction de la variation des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface dans la baie d'Arzew. ....	190
Figure IV.32: Distribution des sels nutritifs des eaux côtières dans la baie d'Arzew.....	190
Figure IV.33 : Carte d'occupation du sol de wilaya d'ORAN (source : Esri land cover). ....	193

Figure IV.34: Carte d'occupation du sol de la zone côtière Oranaise, après traitement des données Esri land cover sous Arcgis (Sentinel2, 2021). .....	194
Figure IV.35 : carte d'occupation du sol des communes littorales de la zone côtière d'Oran pour l'année 2000. ....	195
Figure IV.36: carte d'occupation du sol des communes littorales de la zone côtière d'Oran pour l'année 2023. ....	196
Figure IV.37: Histogramme montrant les changements dans l'occupation du sol des zones côtières d'Oran entre 2000 et 2023. ....	197
Figure IV..38: Localisation des sites de rejets urbains de la ville d'Oran. (Source : image Google Earth, modifiée). ....	199
Figure IV.39: Localisation de la zone industrielle d'Arzew. ....	200
Figure IV.45: Température des zones côtières d'Oran 2014-2020 (images satellite GCOM, Google earth engin). ....	202
Figure IV.46: Précipitation (mm) dans la zone côtière d'Oran de l'année 2013, 2015, 2017 et 2020. ....	203
Figure IV.47: Précipitation des zones côtières d'Oran 1985-2020 (images satellite GCOM, Google earth engin). ....	204
Figure IV.48: Carte de sensibilité physique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022). ....	207
Figure IV.49: Carte de sensibilité socio-économique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022). ....	208
Figure IV.50 : Carte de sensibilité écologique et biologique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022). ....	209
Figure IV.51: Carte de vulnérabilité aux déversements d'hydrocarbures sur les côtes (ArcGIS, 2022). ....	209
Figure IV.52: Propriété d'hydrocarbure SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL. ....	211
Figure IV.53: Sites de déversement de la nappe d'hydrocarbures au centre du golf d'Arzew (35°54'37" N et 0°9'37" W) sous GNOME. ....	211
Figure IV.52a: Dérive de la nappe d'hydrocarbures vers la côte d'Arzew après 5 heures de déversement, IV.52b. Résultat final du scénario N°1 après 24 heures de déversement à 8h00. ....	212

## SOMMAIRE

Remerciements.....	2
Liste des tableaux.....	5
Liste des figures.....	6
INTRODUCTION GENERALE .....	18
Chapitre I : Zone d'étude .....	26
I.1 Introduction .....	26
I.2 Présentation de la mer Méditerranée.....	26
I.2.1 Géomorphologie de la Méditerranée.....	26
I.2.2 Circulation générale des eaux dans le bassin méditerranéen.....	27
I.3 Présentation de la côte Algérienne .....	28
I.3.1 Morphologie et structure générale du bassin Algérien.....	28
I.4 Problématique de la pollution marine en Méditerranée.....	29
I.4.1 Les vagues de chaleur marines se multiplient en mer Méditerranée .....	30
I.4.2 Canicule en profondeur et conséquences côtières.....	33
I.5 Description et localisation de la zone d'étude.....	33
I.5.1 La willaya d'Oran.....	33
I.5.1.2 Les zones sensibles .....	37
I.5.1.3 L'activité agricole .....	37
I.5.1.4 La pêche.....	37
I.5.1.5 Données socio-économique de la willaya d'Oran .....	38
I.5.1.5.1 Baie d'Oran.....	38
I.5.1.5.2 Golfe d'Arzew .....	38
I.5.1.6 Climat à Oran.....	38
I.5.2 Situation géographique du golf d'Arzew.....	41
I.5.2.1 Le port d'Arzew.....	42
I.5.2.2 Les principales caractéristiques des deux ports.....	43
I.5.2.3 Zone industrielle d'Arzew.....	44
I.5.2.4 Pressions anthropiques .....	45
I.5.2.5 Problématique de la pollution marine .....	48
I.5.2.6 Principales sources de pollution dans le golfe d'Arzew.....	50
I.5.2.7 Le golfe d'Arzew est le réceptacle de diverses sources de pollution .....	51

I.5.2.8 Les différents oueds et rejets déversant dans le golfe d'Arzew .....	52
I.5.2.9 L'Analyse de la commune d'Arzew.....	53
I.5.2.10 Nature des fonds marins.....	53
I.5.2.11 Les grands traits sédimentologiques du golfe d'Arzew .....	54
I.5.3 Facteur hydrodynamiques .....	54
<b>I.6 Altération de la qualité des eaux côtières par le déversement des hydrocarbures.....</b>	<b>61</b>
I.6.1 Transport des hydrocarbures dans la mer méditerranée.....	63
I.6.1.1 Les flux du transport de pétrole brut en méditerranée.....	65
I.6.1.2 Les flux du transport de GNL en méditerranée.....	65
I.6.1.3 Les flux du transport de GPL en méditerranée.....	66
I.6.2 Transport des hydrocarbures dans le Golf d'Arzew .....	67
I.6.2.1 Le trafic portuaire dans le port d'Arzew.....	67
I.6.2.2 L'évolution du trafic des hydrocarbures dans le port d'Arzew .....	68
I.6.2.3 Le trafic des différents produits dans les deux ports .....	68
I.6.3 Dispositif « Tel bahr » pour prévenir et lutter contre les pollutions accidentelles en mer.....	69
I.6.4 Les dommages environnementaux .....	69
I.6.5 Les effets des pollutions aux hydrocarbures sur l'environnement marin .....	69
I.6.6 Mécanismes d'impact sur l'environnement des déversements d'hydrocarbures .....	70
I.6.6.1 L'engluement physique .....	71
I.6.6.2 La toxicité chimique .....	71
I.6.6.3 Le déséquilibre des communautés .....	71
I.6.6.4 Les effets indirects .....	72
I.6.6.5 Rétablissement de l'environnement marin .....	73
I.6.6.6 Les environnements marins .....	74
I.6.6.6.1 Pleine mer et eaux littorales .....	74
I.6.6.6.2 Plancton.....	75
I.6.6.6.3 Poissons.....	76
I.6.6.6.4 Oiseaux marins .....	76
I.6.6.6.5 Mammifères et reptiles marins .....	77
I.6.6.6.6 Eaux intérieures peu profondes .....	78
I.6.6.6.7 Phanérogames marines .....	78
I.6.6.6.8 Coraux .....	79
I.6.6.6.9 Littoraux.....	79
I.6.6.6.10 Littoraux rocheux et sableux .....	79
I.6.6.6.11 Littoraux sédimentaires meubles.....	80
I.6.6.6.12 Marais maritimes .....	80

I.6.6.7 Dommages à long terme .....	81
I.6.6.8 Études post-déversement .....	82
I.6.6.9 Restauration, remise en état et remédiation.....	83
I.6.6.10 Les points essentiels.....	84
I.6.7 Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les activités sociales et économiques .....	85
I.6.7.1 Tourisme.....	85
I.6.7.2 Aquariums et équipements récréatifs.....	87
I.6.7.3 Ports de plaisance et ports de pêche .....	87
I.6.7.4 Nettoyage des navires .....	88
I.6.7.5 Ports de commerce.....	89
I.6.7.6 Génie civil côtier et chantiers navals .....	90
I.6.7.7 Prises d'eau industrielles.....	91
I.6.7.8 Centrales électriques .....	92
I.6.7.9 Installations de dessalement.....	92
I.6.7.10 Production de sel.....	93
I.6.7.11Agriculture.....	94
C I.6.7.12 communautés côtières, sites patrimoniaux et objets culturels .....	94
I.6.7.13 Points essentiels.....	95
I.6.8 Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les pêches et la mariculture.....	95
I.6.8.1 Mécanismes de dommages et pertes.....	96
I.6.8.2 Toxicité .....	98
I.6.8.3 Contamination physique .....	99
I.6.8.4 Altération organoleptique .....	100
I.6.8.5 Préoccupations pour la santé publique.....	102
I.6.8.6 Effet économique et perturbation de l'activité commerciale .....	104
I.6.9 Options de lutte antipollution et atténuation des dommages dus à la pollution.....	105
I.6.9.1 Stratégies de gestion .....	106
I.6.9.2 Échantillonnage, suivi et analyse.....	107
I.6.9.3 Analyse organoleptique .....	108
I.6.9.4 Analyse chimique .....	108
I.6.9.5 Gestion des fermetures de pêches .....	109
I.6.9.6 Les points essentiels .....	110
I.7 Conclusion .....	111
Chapitre II : Contexte de l'étude .....	112
II.1 Bilan énergétique mondiale .....	112
II.2 Problématique « Environnement/Energie » .....	113

II.2.1 Introduction.....	113
II.2.2 Les principales causes de pollutions .....	113
II.2.3 L'importance de la qualité de l'eau.....	113
II.2.4 Toxicité des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques .....	115
II.2.5 Comportement et devenir dans l'environnement.....	117
II.2.6 Généralités sur les hydrocarbures .....	117
II.2.6.1 Le pétrole et les produits pétroliers.....	117
II.2.6.2 Caractéristiques physiques essentielles .....	118
II.2.6.3 Présentation des différents processus mis en jeu lors d'une pollution.....	119
II.2.6.3.1 Phénomène de L'étalement.....	123
II.2.6.3.2 Phénomène de L'évaporation.....	123
II.2.6.3.3 Phénomène de dissolution.....	123
II.2.6.3.4 Phénomènes de Dispersion.....	123
II.2.6.3.5 Phénomènes d'Emulsification .....	124
II.2.6.3.6 Phénomène de Photo-oxydation.....	126
II.2.6.3.9 Phénomène de Sédimentation et échouement.....	126
II.2.6.3.8 Interaction avec le littoral.....	127
II.4 La modélisation hydrodynamique .....	127
II.4.1 Les différents modèles hydrodynamiques .....	127
II.4.2 Les différents types de modèles hydrodynamiques .....	128
Chapitre III : Matériels et Méthodes .....	133
III.1 Stratégie d'échantillonnage .....	133
III.1.1 Sortie en mer .....	134
III.1.2 Préparation du matériel et prétraitement .....	135
III.2.3 L'échantillonnage d'eau de mer.....	136
III.2.4 Mesure <i>in-situ</i> des paramètres physico-chimiques .....	136
III.2.5 Technique analytique.....	137
III.2.5.1 Dosage des sels nutritifs.....	137
III.1.5.2 L'analyse de la chlorophylle .....	138
III.1.5.3 L'analyse des Matières En Suspension .....	139
III.1.5.4 L'analyse de la Matière Organique Particulaire .....	140
III.1.5.5 La turbidité.....	140
II.2 Utilisation des données satellites et la mise en place des systèmes d'informations géographiques .....	141
II.2.1 Analyse géospatiale .....	141
II.2.2 Analyse Spatiale (Interpolation).....	141

II.2.2.1 Interpolation par l'Inverse de la Distance (IDW).....	141
III.2.2.2 Définition d'un SIG.....	142
III.2.2.3 Fonctionnalités des SIG.....	142
III.2.3 Traitement des données de modélisation.....	143
III.2.3.1 Le logiciel de SIG ArcGis.....	143
III.2.3.2 Logiciel IDV (Integrated Data Viewer).....	144
III.2.3.3 Logiciel ENVI.....	145
III.2.3.3.1 Caractéristique des images Landsat 8.....	146
III.2.3.6 Le système de modélisation NOAA GNOME.....	148
III.2.3.6.1 Présentation du service NOAA.....	149
III.2.3.6.2 Bureau d'intervention et de restauration de la NOAA.....	149
III.2.3.6.3 Organisation.....	149
III.2.3.7 Présentation du modèle GNOME.....	150
III.2.3.7 Les possibilités offertes par le modèle GNOME.....	153
III.2.3.7.4 Les polluants.....	153
III.2.3.7.5 La trajectoire.....	154
III.2.3.7.6 Les équations utilisées.....	154
III.2.3.8 Logiciel ADIOS2 (Automated Data Inquiry for Oil Spills).....	158
III.2.3.9 Logiciel WebGNOME.....	158
III.2.3.9.1 Utilisations typiques de WebGNOME.....	161
III.2.3.9.2 Limites de WebGNOME.....	161
Chapitre IV : Résultats et Discussions.....	164
IV.1 Hydrologie.....	164
IV.1.1. Caractérisation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux côtières.....	164
IV.1.1.1 Paramètres mesurés et analysés.....	164
IV.1.1.1.1 Température des eaux de mer.....	166
IV.1.1.1.2 Salinité des eaux de mer.....	170
IV.1.1.1.3 La Chlorophylle-a des eaux de mer.....	173
IV.1.1.1.4 L'oxygène dissous d'eau de mer.....	177
IV.1.1.1.5 Potentiel d'hydrogène d'eau de mer.....	179
IV.1.1.1.6 La turbidité d'eau de mer.....	180
IV.1.1.1.7 Les Matières En Suspension (MES) d'eau de mer.....	181
IV.1.1.1.8 Les matières Organique Particulaire (MOP) d'eau de mer.....	184
IV.1.1.1.9 Les sels nutritifs.....	185
IV.2 Caractérisation de la zone côtière d'Oran par l'utilisation des données multi-sources satellites et les systèmes d'information géographique.....	192

<b>IV.2.1 Cartographie des sources de pollution des eaux à partir des images satellitaires.....</b>	<b>192</b>
<b>IV.2.1.1 Cartographie de l'occupation du sol.....</b>	<b>192</b>
<b>IV.2.1.1.1. Identification des sources de la pollution par les eaux usées urbaines .....</b>	<b>198</b>
<b>IV.2.1.1.2. Identification des sources de la pollution par les eaux usées industrielles :             problème majeur de dégradation des eaux usées urbaines traitées .....</b>	<b>200</b>
<b>IV.2.3. Conclusion .....</b>	<b>205</b>
<b>IV.3 Etude de la vulnérabilité des zones côtières face au déversement des hydrocarbures principalement et aux différentes pollutions des eaux côtières.....</b>	<b>206</b>
<b>IV.4 Etude de cas : Simulation d'une dérive d'une nappe d'Hydrocarbure dans le golf d'Arzew. .....</b>	<b>210</b>
<b>IV.4.1. Système de modélisation et de simulation.....</b>	<b>210</b>
<b>IV.4.1.1. Scénarios de modélisation avec le logiciel GNOME.....</b>	<b>210</b>
<b>IV.4.1.2. Scénarios de modélisation avec le logiciel Web GNOME.....</b>	<b>221</b>
<b>IV.4.2 Contexte de la marée noire et décision d'intervention.....</b>	<b>295</b>
<b>IV.4.2.1 En mer .....</b>	<b>295</b>
<b>IV.4.2.2 Dans les zones côtières.....</b>	<b>295</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>299</b>
<b>References.....</b>	<b>303</b>

# Introduction Générale

## INTRODUCTION GENERALE

Le domaine côtier est un espace économique fondamental du domaine maritime. Sa gestion, son exploitation et son aménagement sont des enjeux majeurs de l'économie d'un pays maritime. Cette prise de conscience s'est manifestée récemment par la mise en place d'actions et de programmes de recherche nationaux et internationaux, regroupés sous les termes « développement durable, gestion intégrée des zones côtières et gestion appropriée ». Défini en première approche comme l'interface des domaines maritime et terrestre, le domaine côtier est le sein de processus et phénomènes biologiques, géomorphologiques, chimiques et physiques complexes et souvent couplés qui le rendent difficile à appréhender.

Le développement des activités anthropiques y est partout intensif ce qui occasionne des effets directs ou indirects sur cet environnement et les activités qui y prennent place : (industries, pêche, agriculture, etc.) Ces contraintes engendrent de plus en plus souvent des perturbations et une modification rapide des caractéristiques du milieu. De même, il est maintenant reconnu que les interactions entre les systèmes naturels et l'homme sont bilatérales - l'être humain induit des changements écologiques par son exploitation du domaine côtier et est influencé par ces changements, e.g. pollution, modification du trait de côte entraînant le mouvement de population (Zoumenou M. P. R 2020). Les écosystèmes côtiers devraient donc être au cœur des politiques environnementales de développement à cause des énormes bénéfices économiques et écologiques que ces régions apportent aux pays. Les écosystèmes côtiers sont indispensables au bien-être des humains, soit directement comme ressources renouvelables à valeur marchande, soit indirectement, pour maintenir le fonctionnement et la viabilité des écosystèmes marins. Coïncidant avec cette interaction, une demande devrait donc émerger concernant l'élaboration de données et informations de qualité accrues, ainsi qu'une meilleure compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes et de la manière dont les processus naturels et anthropiques interagissent pour engendrer des changements au sein de ceux-ci (Chaix B & Slama, R 2022).

Actuellement, la communauté scientifique s'accorde à admettre que la pollution des mers et des océans ne cesse de s'accroître. Les zones côtières, premier réceptacle des eaux continentales (Chabi N, Bachari Houma F, Bachari N.I, Bouda A, 2023) sont exposées à des risques de plus en plus importants. En effet, elles sont soumises aux rejets des bassins versants pouvant provenir de zones urbaines, de l'agriculture ou des industries, aux accidents des naufrages pétroliers et d'autres produits chimiques dus au transport maritime. Et la qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels sans aucun traitement au préalable et non contrôlé, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture, ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau ce qui induit à une pollution des mers particulièrement les zones côtières.

L'Altération de la qualité des eaux côtières par les hydrocarbures, principalement causée par les accidents de pétroliers, est une préoccupation majeure pour la protection de l'environnement

marin (Nugroho D, Pranowo WS, Gusmawati NF 2021). Les marées noires constituent l'un des risques les plus importants pour les eaux côtières (Missaoui H-S, Pliez O 2021). Elles sont soumises à divers processus physiques, chimiques et biologiques d'altération du pétrole qui modifie leur composition chimique, leurs propriétés physiques et leur devenir dans l'environnement (Di Matteo A, Milli M 2008). Il s'agit des processus d'évaporation, d'émulsification, de dispersion naturelle, de dissolution, de photo-oxydation, d'étalement, de sédimentation, d'interaction avec les particules fines et de biodégradation (Romero-Frasca E, Adams RH, Domínguez-Rodríguez VI 2018). Les taux relatifs de ces processus déterminent les niveaux de dégradation des eaux marines. Le fait que les hydrocarbures restent en mer ou qu'ils soient ramenés sur le rivage influe également sur leur devenir (Chabi N., Houma Bachari F., Bachari N. E. I., & Bouda, A 2023).

L'eau est une ressource en partie renouvelable, essentielle au développement de la vie (biodiversité). Il est nécessaire de la protéger de l'impact des activités humaines en prévenant les pollutions de toutes natures et en restaurant si nécessaire les compartiments pollués, puisque la pollution porte atteinte à sa capacité d'autoépuration. La difficulté consiste donc à protéger l'eau sans nuire de façon excessive au développement économique lié à l'énergie. Par ailleurs, il est indispensable de prévenir (Chabi N et al., 2015) la pollution par les hydrocarbures, qui menace la qualité des eaux côtières par leur toxicité.

La connaissance et la gestion de la qualité de l'eau en milieu littoral sont des enjeux majeurs d'un secteur économique en pleine croissance (tourisme, activités aquacoles, pêche, etc.) dans les pays industrialisés tout comme dans les pays en voie de développement. La prédiction des blooms phytoplanctoniques, la simulation du devenir des nappes d'hydrocarbures ou de pollutions accidentelles sont quelques exemples des besoins actuels pour une protection efficace de la santé humaine, de l'environnement ou des activités économiques.

Etudier le milieu côtier est toujours délicat car les moyens traditionnels de mesure (navire, sondeur, station de mesure, etc.) ne sont pas adaptés aux zones d'eaux peu profondes présentant de fortes variabilités dans leurs faciès.

La télédétection occupe une place essentielle au sein des moyens d'investigation du milieu marin. Son premier atout est l'apport d'une vue synoptique sur certains processus impossible à appréhender par les moyens d'échantillonnage conventionnels. En télédétection spatiale ou aéroportée, le rayonnement électromagnétique est utilisé comme véhicule de l'information. Dans les domaines spectraux des rayonnements infrarouge, millimétrique et centimétrique, celui-ci ne pénètre que faiblement dans l'eau (quelques micromètres), il est donc quasiment impossible, par son biais, d'obtenir directement des données sur la structure verticale de l'océan. (Robinson, 1985). Dans le domaine spectral des rayonnements visibles, la pénétration des rayonnements électromagnétiques varie en fonction de la longueur d'onde, quelques centimètres pour le rouge à quelques dizaines de mètres pour le bleu.

L'importance de l'espace côtiers est extrême, a beaucoup de points de vue : écologique et scientifique, social, économique entre autres. Et ces divers intérêts ne sont pas tous compatibles

entre eux. Par ailleurs, l'impact croissant de la présence humaine sur la zone côtière a créé un déséquilibre qui a manifestement accru les perturbations écologiques. Le littoral constitue un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa très grande fragilité (Goeury C 2012).

La zone côtière d'Oran est géographiquement, économiquement, politiquement et stratégiquement située sur l'une des principales côtes de la mer Méditerranée. En effet, elle occupe une position stratégique en Méditerranée occidentale. Sa façade maritime, face à l'Europe, son principal partenaire économique, notamment pour exporter l'essentiel de son pétrole et de son gaz et importer l'essentiel de ses biens d'équipement et de consommation. Les côtes méditerranéennes abritent plus de vingt États et plus de 400 millions d'habitants, dont environ 130 millions, soit 35 %, vivent dans la zone côtière (Albakjaji M 2011 ; Gramaglia C, Duchêne É 2020 ; Spaulding ML 2017). Le littoral a accueilli environ 300 millions de touristes en 2014, soit 30 % des flux touristiques mondiaux ; environ 50 % de ces visites ont eu lieu sur le littoral (Sinno M, Denis E 2021). La zone côtière est une zone environnementale très sensible (Gramaglia C, Duchêne É 2020) et est le siège de nombreuses activités maritimes, principalement le transport maritime d'hydrocarbures (Iddir S 2022, Ruellet T, Dauvin J C & Boutiba Z 2010), l'urbanisation anarchique et les activités portuaires intenses associées à diverses activités industrielles (Remili S, Kerfouf A 2013). Les accidents de pollution peuvent avoir des impacts catastrophiques sur le milieu marin à long terme.

Le pétrole brut est essentiel au développement mondial (Balogun A, Temitope S, Pradhan B 2021 ; De Senerpont Domis LN, Elser JJ, Gsell AS 2013 ; Guo G, Liu B, Liu C 2020 ; Jing JDH, Wu C, Hamilton JD, Wu JC 2014 ; Keramea P, Spanoudaki K, Zodiatis G 2021 ; Qiao F, Wang G, Yin L 2019). Au fil du temps, l'augmentation de la population mondiale (Gbadamosi AO, Junin R, Manan MA 2019 ; Risal AR, Manan MA, Yekeen N 2019), a multiplié le taux de production de pétrole à environ 9947 milliards de tonnes-milles (Goeury C 2012). La production de pétrole en Algérie a atteint environ 48,3 millions de tonnes en 2018. Le nombre de forages d'exploration en 2019 a atteint 80 puits (Cavatorta, F., & Tahchi, B 2019). L'Algérie occupe le 3e rang des pays producteurs de pétrole en Afrique et le 12e rang au niveau mondial. Une part importante est transportée annuellement par voie maritime (Guo G, Liu B, Liu C 2020). Deux milliards de tonnes de marchandises circulent en Méditerranée (Alaa El-Din G, Amer AA, Malsh G, Hussein M 2018 ; Albakjaji M 2011), dont 370 millions de tonnes d'hydrocarbures transitent annuellement (Albakjaji M 2011). Vingt-six (26) millions de tonnes de marchandises diverses sont destinées aux ports algériens, dont cent (100) millions de tonnes d'hydrocarbures sont chargées pour l'exportation. Ce dernier, étant la volonté économique et politique de l'Etat, vise à créer une grande zone industrielle près d'Oran, ce qui a transformé la ville, et le port d'Arzew, petit port de pêche, est devenu, en quelques années, un grand port d'hydrocarbures (Afgatiani PM, Putri FA, Suhadha AG, Ibrahim A 2020). Ce dernier reste le plus important et la principale source de l'économie nationale, d'où le choix de l'application. Le transport maritime est un marché de près de 1,5 trillion d'euros représentant 80% du trafic commercial mondial (Maity JP, Huang Y-H, Lin H-F, Chen C-Y 2021, Galindez J 2019).

Sous ses airs de Paradis Marin, la méditerranée est victime d'un profond malaise écologique. La croissance démographique galopante des villes côtières, la pollution, l'afflux touristique inquiétant, menacent la faune et la flore de cette mer. Les pays méditerranéens ont souvent tendance à considérer la mer comme leur tout-à-l'égout : pétrole, polluants chimiques, déchets,

goudrons, métaux...ils menacent à la fois la faune et la flore marine et d'autre part la santé des baigneurs.

Une catastrophe comme celle du Prestige<sup>1</sup> aurait des conséquences dangereuses si elle se produisait dans une mer fermée telle que la Méditerranée. Et pourtant ; s'ajoutant à des catastrophes écologiques et économiques d'une telle ampleur (Elisa-Noémie Laurent et Frédéric Castellanet, 2003).

Le transport maritime, surtout le transport des hydrocarbures, engendre des risques de pollution pétrolière. Certaines zones à l'instar de la mer Méditerranée est en effet un espace de transit, une route importante pour le transport maritime régional international. Les principales causes des pollutions pétrolières est le trafic maritime. Cette pollution pourra être opérationnelle ou accidentelle. (ALBAKJAJI M, 2011). Au niveau mondial, les chiffres estimés par le WWF évaluent la quantité de rejets par dégazages entre 3 et 4 millions de tonnes (Elisa-Noémie Laurent et Frédéric Castellanet, 2003)

La Méditerranée est désignée par la Convention MARPOL, comme Zone Marine Spéciale (ZSM), dans lesquelles tout rejet d'hydrocarbures est strictement interdit ! Bien que ne représentant que 1% de la surface des mers du globe, 28% du pétrole mondial et 30% du trafic de la planète y transite. (Carsin & Chassard-Bouchaud. C, 1998).

L'évaluation globale des effets d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures sur le milieu marin sur les zones et les eaux côtières ne peut être immédiate car des perturbations graves peuvent s'étendre sur plusieurs années alors que les mortalités visibles et immédiates ne représentent qu'une part infime des dégâts. Cette évaluation nécessite une parfaite connaissance du produit de pétrolier, de son comportement, de son évolution en mer, de la faune et de la flore, et du milieu physique récepteur (Remili Sadia, et al 2016).

La côte Oranaise a été menacée par de nombreux déversements de pétrole qui ont eu lieu à cause des activités de transport du pétrole brut et d'autres produits d'hydrocarbures. La zone côtière d'Oran est une zone stratégique pour le développement économique et social de l'Algérie. Elle est le principal port d'Algérie et abrite un important complexe pétrochimique. Cependant, cette zone est également exposée à de multiples pressions anthropiques, telles que les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles, les activités agricoles et les activités touristiques. Ces pressions peuvent avoir un impact négatif sur la qualité des eaux côtières et la biodiversité marine.

Des simulations à l'aide de modèles de vulnérabilité environnementale aux déversements d'hydrocarbures ont été effectuées dans le but d'étudier, de prévenir et de cartographier la propagation d'une nappe d'hydrocarbures, et fournir des informations pour le nettoyage et l'atténuation des catastrophes, dans le cadre d'un hypothétique accident pétrolier dans le golf d'Arzew à Oran, une zone importante de l'économie algérienne et le premier port algérien en termes d'exportations d'hydrocarbures. Les déversements d'hydrocarbures dans cette zone représentent un risque grave qui peut perturber l'écosystème marin et côtier. L'objectif dans cette partie est d'estimer la vulnérabilité des eaux marines à la pollution par les hydrocarbures,

qui est devenue un problème à l'échelle mondiale. Des simulations prédictives de la dérive d'une nappe de pétrole, susceptible de se produire dans la zone côtière d'Arzew à Oran, au nord-ouest de l'Algérie, ont été réalisées pour étudier, prévenir et cartographier la propagation d'une marée noire dans le contexte d'un déversement hypothétique de pétrole.

Pour ce faire, l'environnement opérationnel général de modélisation pétrolière de la National Oceanic and Atmospheric Administration et l'Automated Data Inquiry for Oil Spills ont également été utilisés. Les résultats montrent qu'environ 29,7 km de littoral pourraient être potentiellement touchés par les hydrocarbures pendant la saison hivernale, avec un taux d'évaporation de plus de 74,6 % de la quantité déversée (Chabi N, Houma Bachari F, Bachari N.I, Bouda A 2023). En outre, les résultats de la simulation indiquent que la zone pourrait être affectée de différentes manières en fonction de la saison, avec des quantités d'hydrocarbures complètement différentes. Il est important de noter qu'aucun travail de modélisation des marées noires n'a été effectué dans cette zone à ce jour, bien que les marées noires représentent un risque sérieux qui peut perturber les ressources côtières telles que les pêcheries, le tourisme, la vie aquatique et les ressources physiques du littoral. Les résultats de la cartographie proposent une nouvelle approche transposable des risques côtiers et pourraient servir d'outil d'aide à la décision (Chabi N, Houma Bachari F, Bachari N.I, Bouda A 2023).

A chaque nouvelle pollution marine les deux mêmes questions : faut-il intervenir et comment ? Quelles seront les conséquences ? Pour y répondre, un préalable connaître le comportement du produit déversé, hydrocarbures ou produits chimiques. Mais avancées des connaissances ou renforcement des capacités d'expertise ne suffiront pas face à une logique libérale du tout profit qui se soucie peu de sécurité maritime (Michel Marchand, 1998).

Afin d'obtenir des réponses à toutes ces questions, nous avons traité le sujet de la simulation de la qualité de l'eau de la zone côtière oranaise par modélisation numérique et combinaison des données multi sources satellites et la dérive des nappes d'hydrocarbures le long du golfe d'Arzew.

## Problématiques

La présente thèse vise à étudier la qualité des eaux côtières d'Oran et à évaluer sa vulnérabilité face aux pollutions. Les principales problématiques abordées sont les suivantes :

Quel est l'état actuel de la qualité des eaux côtières d'Oran ?

Quelles sont les principales sources de pollution des eaux côtières d'Oran ?

Comment évaluer la vulnérabilité des zones côtières d'Oran face aux pollutions ?

Quelles directions/durée une nappe d'hydrocarbure va se propager ?, quel serait le comportement de cette nappe ?, et quelles sont les zones les plus menacées du golfe d'Arzew ? Quelles sont les principaux changements physiques et chimiques que va subir la nappe d'hydrocarbures ?

## Objectif

L'objectif de notre présente étude est d'aborder ce sujet sensible et de proposer quelques mesures afin de prévenir et lutter contre ces catastrophes. Cela en mettant en évidence les dangers d'une telle contamination de l'environnement marin en particulier la qualité des eaux des zones côtières, par :

L'Évaluation des impacts des activités humaines sur la qualité de l'eau de mer. Les simulations permettront d'identifier les zones les plus sensibles aux pollutions et d'évaluer les impacts des activités humaines sur la qualité de l'eau de mer

Caractériser la qualité physico-chimique et biologique des eaux côtières d'Oran.

Caractériser la zone côtière d'Oran par l'utilisation des données multi-sources satellites et les systèmes d'informations géographiques (SIG).

Étudier la vulnérabilité des zones côtières d'Oran face au déversement des hydrocarbures et aux différentes pollutions des eaux côtières.

Élaborer un modèle de simulation de la dérive d'une nappe d'hydrocarbures dans le golf d'Arzew à Oran.

## Stratégie

Une approche multidisciplinaire, intégrant les disciplines de l'hydrologie, de la chimie, de la biologie, données satellites et de l'informatique.

Des campagnes de mesures en mer.

Un traitement et une analyse des données multi-sources

Développer des programmes d'observation en utilisant la modélisation innovante

Intégration des données dans les systèmes d'informations géographiques

La modélisation de la dérive d'une nappe d'hydrocarbures

## La thèse sera réalisée en quatre étapes :

**Étape 1 :** Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux côtières d'Oran.

Cette étape consistera à collecter des données sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux côtières d'Oran. Les données seront collectées par des campagnes de prélèvements et d'analyses.

**Étape 2 :** Caractérisation de la zone côtière d'Oran

Cette étape consistera à caractériser la zone côtière d'Oran à l'aide de données multi-sources satellites et des systèmes d'informations géographiques. Ces données seront utilisées pour identifier les zones vulnérables aux pollutions.

**Étape 3 :** Étude de la vulnérabilité des zones côtières d'Oran face aux pollutions.

Cette étape consistera à étudier la vulnérabilité des zones côtières d'Oran face aux pollutions. Cette étude sera réalisée à l'aide de modèles de simulation

**Étape 4** : Étude de cas : simulation de la dérive d'une nappe d'hydrocarbures dans le golf d'Arzew à Oran. Cette étape consistera à simuler la dérive d'une nappe d'hydrocarbures dans le golf d'Arzew à Oran par les logiciels GNOME-NOAA, WebGNOME et ADIOS2. Cette simulation permettra d'évaluer l'impact d'un déversement d'hydrocarbures sur l'environnement marin.

**Les contributions attendues de cette thèse sont les suivantes :**

Une meilleure connaissance de la qualité des eaux côtières d'Oran. Une meilleure compréhension de la vulnérabilité des zones côtières d'Oran aux pollutions. Et un outil de simulation numérique de la dérive des hydrocarbures adapté au contexte algérien.

Cette thèse doctorale vise à apporter une contribution importante à la connaissance et à la protection de la zone côtière d'Oran. Elle permettra de mieux comprendre les risques de pollution des eaux côtières et de développer des outils pour les prévenir et les atténuer pour protéger l'environnement marin. Permettra de contribuer à la protection de l'environnement marin et à la préservation de la biodiversité marine dans la zone côtière d'Oran. Les résultats de la thèse ont été publiés. Ils ont montré que le modèle numérique développé est capable de simuler avec précision la dérive de la nappe d'hydrocarbures. Les résultats de la thèse ont des implications importantes pour la gestion de la qualité de l'eau dans la zone côtière Oranaise. Ils montrent que le modèle numérique développé peut être utilisé pour surveiller la qualité de l'eau et identifier les zones à risque. Ils montrent également que les données multi-sources satellites peuvent être utilisées pour améliorer la compréhension des processus qui influencent la qualité de l'eau. Cette thèse de doctorat aura un impact positif sur la protection de l'environnement côtier d'Oran.

## **Zone d'étude**

## Chapitre I : Zone d'étude

### I.1 Introduction

La zone côtière est un espace exigu, caractérisé par un linéaire considérable et par une pression humaine importante. Elle est le siège de multiples enjeux environnementaux, économiques et humains. Depuis quelques années, le littoral se « maritimise » de par une concentration croissante des usages en mer côtière (Gourmelon et Robin, 2005).

Les zones côtières sont le lieu d'activités nécessitant des eaux de bonne qualité physico-chimique : usages récréatifs, aquaculture et pêche. Ces zones sont sous l'influence directe des eaux d'oueds et des eaux usées, par où transitent les apports des bassins versants, rejets urbains et industriels. Ces rejets entraînent, lorsque le renouvellement des masses d'eau est faible par rapport aux quantités rejetées, des dégradations notables de la qualité des eaux et des écosystèmes marins.

### I.2 Présentation de la mer Méditerranée

#### I.2.1 Géomorphologie de la Méditerranée

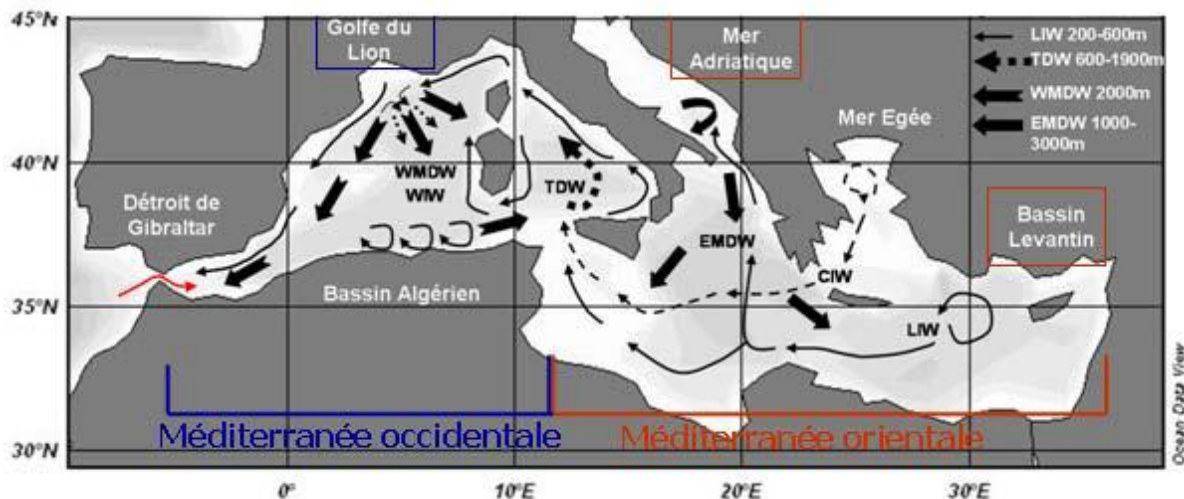
La mer Méditerranée est une mer quasi fermée, d'une superficie de 2,5 millions de km<sup>2</sup>, qui s'étend sur un littoral de 46 000 km. Elle est divisée en deux bassins principaux, séparés par le détroit de Sicile : le bassin occidental, qui s'étend du détroit de Gibraltar à l'Italie, et le bassin oriental, qui s'étend de l'Italie à l'Asie (Boudouresque, 1999). La mer Méditerranée est également une région soumise à une anthropisation croissante. La population littorale est passée de 96 millions d'habitants en 1970 à 143 millions en 2000, et devrait atteindre 174 millions en 2025 (<http://www.planbleu.org>). Cette croissance démographique a un impact sur l'hydrologie et la biologie de la mer Méditerranée, notamment par l'introduction de nouvelles espèces marines (Bachouche S, 2017).

C'est une mer dont le temps de renouvellement des eaux est long. Il a été évalué à 90 ans. On estime à 250 ans le temps nécessaire au brassage vertical de la totalité de ses eaux ; l'évaporation étant plus intense que les précipitations et les apports fluviaux, il y a un déficit constant et si « elle était fermée, la Méditerranée verrait son niveau baisser de 1 m par an » (Guilcher, 1965 ; Caulet, 1972). Mais les apports en provenance de la Mer Noire via les Dardanelles et surtout de l'océan Atlantique par le Déroit de Gibraltar, rétablissent l'équilibre et confèrent à toute l'hydrologie méditerranéenne ses caractères les plus distinctifs (Caulet, 1972). Le bassin algéro-provençal représente l'ensemble le plus vaste de la Méditerranée occidentale et s'étend sur 240 000 km<sup>2</sup> (Fernandez, 2014; Mouache, 2019). La Mer Méditerranée a une profondeur moyenne de 1500 m et le point enregistré le plus profond est de 5121 mètres en mer Ionienne au creux de la fosse de Matapan (au large du Péloponnèse). La mer Méditerranée (Fig.1) se divise en deux bassins bien individualisés, séparés par des hauts

fonds situés entre la Sicile et la Tunisie : la Méditerranée occidentale et la Méditerranée orientale, elles-mêmes nettement compartimentées. La première recouvre une superficie d'environ 0,85 million de km<sup>2</sup> tandis que la seconde recouvre environ 1,65 million de km<sup>2</sup> pour une superficie totale de 2,5 millions de km<sup>2</sup> (3 millions avec la Mer Noire, soit 1% de l'océan mondial). Le volume de la Méditerranée est de 3,7 millions de km<sup>3</sup> (Mouache, 2019 ; Caulet, 1972).

### I.2.2 Circulation générale des eaux dans le bassin méditerranéen

La circulation du courant atlantique, du détroit de Gibraltar au canal de Sicile, présente de fortes différences. A l'Ouest, elle est relativement stable et étroitement liée à la géographie du détroit de Gibraltar et de la mer d'Alboran. Les eaux y forment à la surface une couche d'eau atlantique modifiée (MAW) qui circule d'Ouest en Est le long des côtes Africaines en formant de vastes tourbillons anticycloniques. A la sortie de cette mer, la circulation est pratiquement permanente, dirigée des côtes espagnoles (20°W) (Guilcher, 1965 ; Caulet, 1972).



**Figure I.1:** Circulation globale en Méditerranée. LIW (eau levantine intermédiaire), TDW (eau dense tyrrhénienne), WMDW (eau profonde du bassin Ouest Méditerranéen), EMDW (Eau Profonde du Bassin Est Méditerranéen).

Vers les côtes algériennes (10°W) ; cette circulation prend ensuite la forme d'une veine de courant qui coule vers l'Est le long de la côte Africaine et devient généralement instable à partir de 1-20°E. Arrivé aux côtes Algériennes, le courant porte le nom de "Courant algérien" (Oudjedi-Damerdjji A & Benamar R, 2020).

Des méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques se développent ; les tourbillons dérivent vers l'Est à des vitesses de quelques cm.s<sup>-1</sup>, mais seuls les anticycloniques peuvent atteindre 100 km de diamètre, puis s'éloignent de la côte, ils peuvent atteindre des dimensions de plus de 200 km et revenir vers la côte interagir avec la veine de courant. Cette eau est soumise à l'évaporation et au mélange avec les eaux méditerranéennes sous-jacentes ;

elle peut atteindre une salinité de 38.3 PSU au détroit de Sicile. Au détroit de Sicile l'Eau Levantine Intermédiaire "LIW" contribue aux flux sortant du bassin oriental et pénètre dans le bassin occidental par la mer Tyrrhénienne (Fernandez, 2014; Mouache, 2019).

Elle circule sous les eaux atlantiques modifiées de surface et participe activement à la formation des eaux profondes du bassin occidental. Le mélange de l'eau superficielle Atlantique et la LIW forment l'eau profonde du bassin ouest méditerranéen "WMDW, West Méditerranéen Deep Water", qui plonge dans la zone centrale du golfe du Lion pour tapisser le fond du bassin occidental. L'eau intermédiaire d'hiver "WIW, Winter Intermediate Water", prend naissance sur le plateau continental du golfe du Lion et dans la mer Ligure, et forme une veine d'eau entre la MAW et la LIW, qui se retrouve jusque dans le bassin Algérien. La figure (I.2) et la figure (I.1) illustrent la circulation globale dans la Méditerranée.

Les tourbillons du bassin Algérien joueraient un rôle important dans le transfert des polluants d'un site à un autre. Il est observé dans les baies des courants locaux avec des vitesses de l'ordre de  $0.3 \text{ m.s}^{-1}$ .

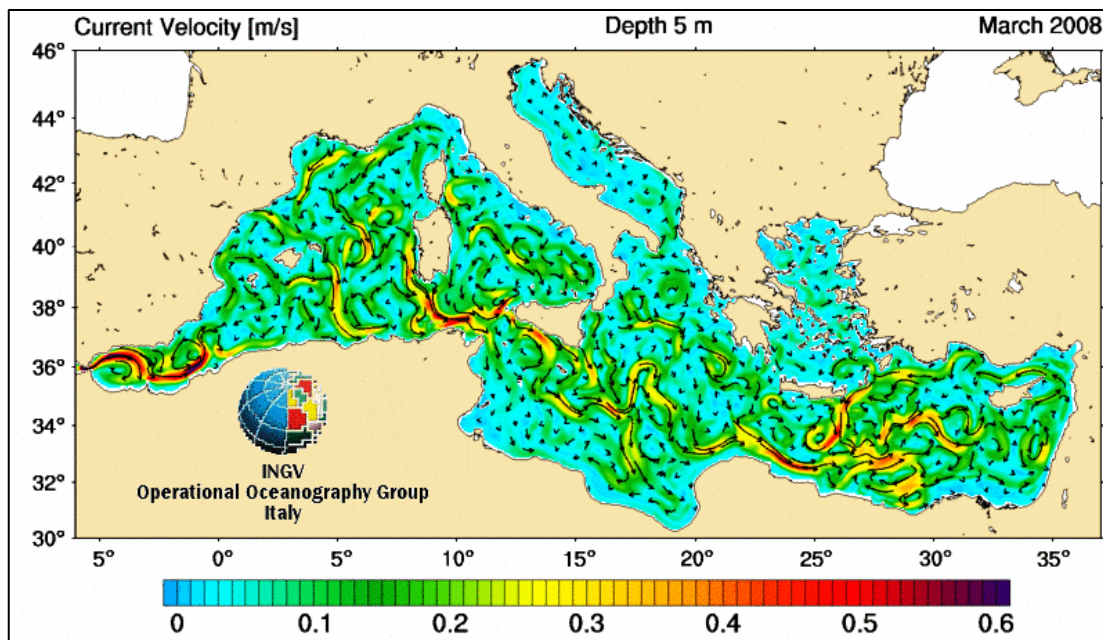


Figure I.2: Circulation de surface et vitesse des courants en méditerranée.

### I.3 Présentation de la côte Algérienne

#### I.3.1 Morphologie et structure générale du bassin Algérien

La marge algérienne occupe le bord du Sud du méditerranéen occidental entre  $1^{\circ}\text{W}$  et  $8^{\circ}\text{E}$  de longitude pour un linéaire côtère totale de 1.600 kilomètres. La marge algérienne est en général tout à fait raide, avec les plaines étroites et quelques grandes baies (Oran, Arzew, Alger, Bejaia, Skikda, Annaba), où les plus grandes villes algériennes se sont développées. Le plateau continental algérien est relativement étroit (5 à 10 kilomètres de large en moyenne). Il est

pratiquement inexistant (< 2 kilomètres) dans les régions de Dellys et Ténès, où les gammes de montagne sont proches du littoral, alors qu'il atteint jusqu'à 40 kilomètres de largeur dans les baies principales. La rupture de plateau continental est comprise entre 100 et 200 m de profondeur. La pente continentale est en général raide (souvent >10°, localement jusqu'à 60°) coupée par de nombreux canyons et quelques bassins accumulés de pente (Déverchère et al., 2005; Domzig et al., 2006; Kherroubi et al., 2009).. Elle s'étend de 100- 200 à 2300-2500 m, avec une largeur très variable généralement comportée entre 8 et 20 kilomètre (Bachouche S 2017).

#### **I.4 Problématique de la pollution marine en Méditerranée**

La mer méditerranée présente, en superficie, moins de 1 % de la surface mondiale, elle est considérée comme des mers les plus exposées au risque de la pollution par les substances chimiques dangereuses et les hydrocarbures (TELBAHR, 2006).

La vulnérabilité de cette mer est liée à un trafic maritime très dense (près de 40% du trafic maritime mondial marchand passent par nos côtes). Ces quantités viennent s'ajouter aux 100 millions de tonnes de pétrole exportés annuellement par l'Algérie qui reçoit aussi des produits raffinés à travers ses terminaux d'Alger (TELBAHR, 2006).

En effet, la zone industrielle d'Arzew est considérée comme l'un des principaux pôles pétrochimiques algériens avec celui de Skikda puisqu'elle constitue un point d'exportation vital de gaz vers l'Espagne.

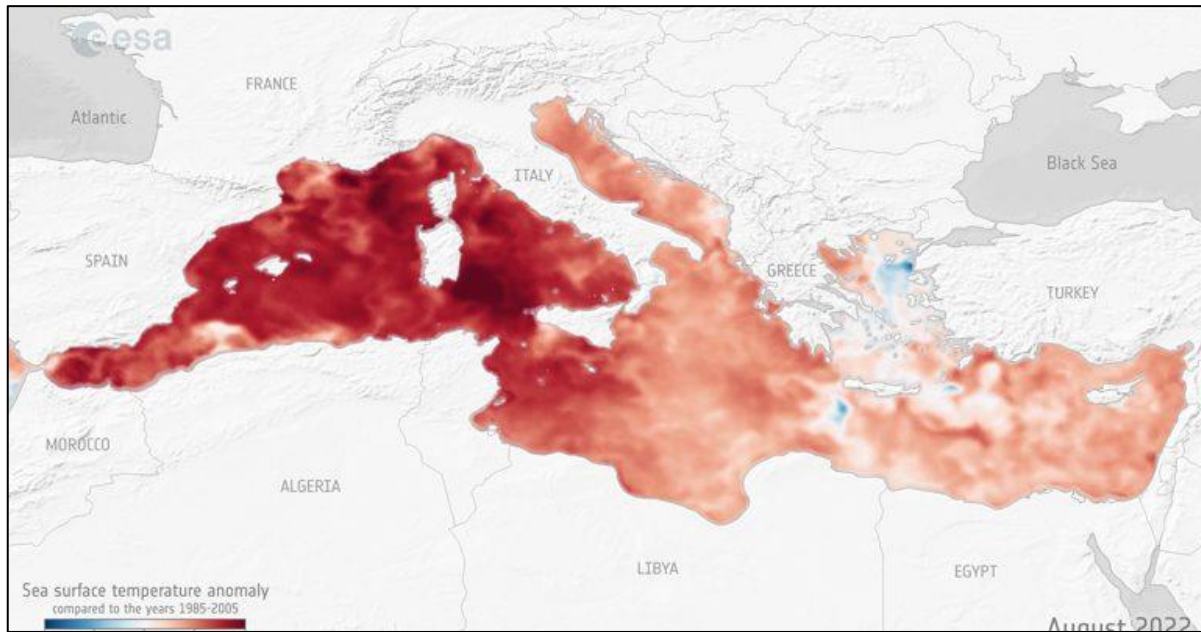
Certaines régions comme la Méditerranée est donc, plus vulnérable que d'autres, en raison d'une part d'un trafic maritime intense, mais aussi parce que le niveau de préparation de la lutte contre la pollution y est relativement faible par rapport à l'Atlantique européen par exemple.

Par ailleurs, la méditerranée constitue une mer « spéciale » selon les termes de la convention internationale MARPOL 73/78, c'est-à-dire ou tout rejet de produit polluant doit obéir à des règles strictes, ce qui est loin d'être appliqué.

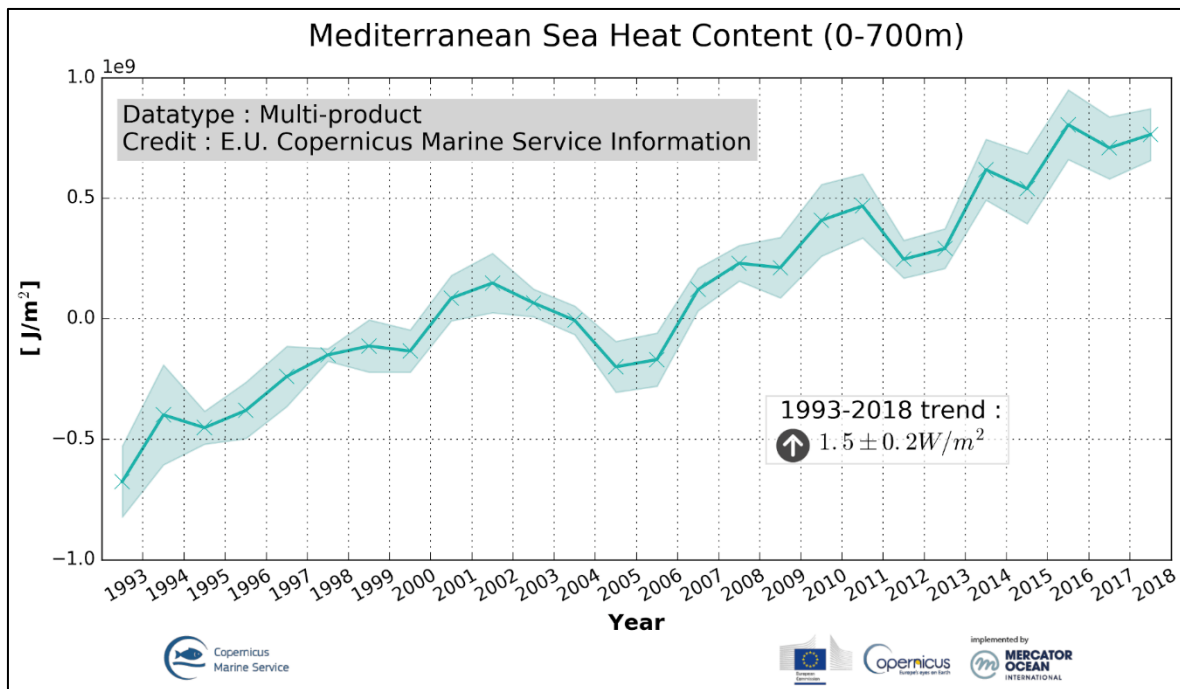
Cette mer est considérée comme un « hotspot » avec 7% de la faune mondiale et l'Algérie recèle pas moins de 50 sites biostratégiques qui demeurent très vulnérables et qui doivent impérativement être préservés (Grimes 2008).

### I.4.1 Les vagues de chaleur marines se multiplient en mer Méditerranée

En mer Méditerranée, les vagues de chaleur marines ont considérablement augmenté en intensité, en durée et en fréquence, et plus encore dans les zones côtières. Le changement climatique induit par l'Homme en est la cause majeure. La société est confrontée à des défis inédits et à des impacts profonds liés au climat, comme notamment les vagues de chaleur marines. Affectant négativement les écosystèmes, menaçant les économies et renforçant les tempêtes en réchauffant les eaux océaniques, elles surviennent lorsque les températures de l'océan sont extrêmement chaudes pendant au moins cinq jours consécutifs.



**Figure I.3:** Température de la surface de la mer méditerranée 1985-2005, source : SOCIB (Système d'observation et de prévision des océans côtiers des îles Baléares août 2022 (<https://www.socib.es>).

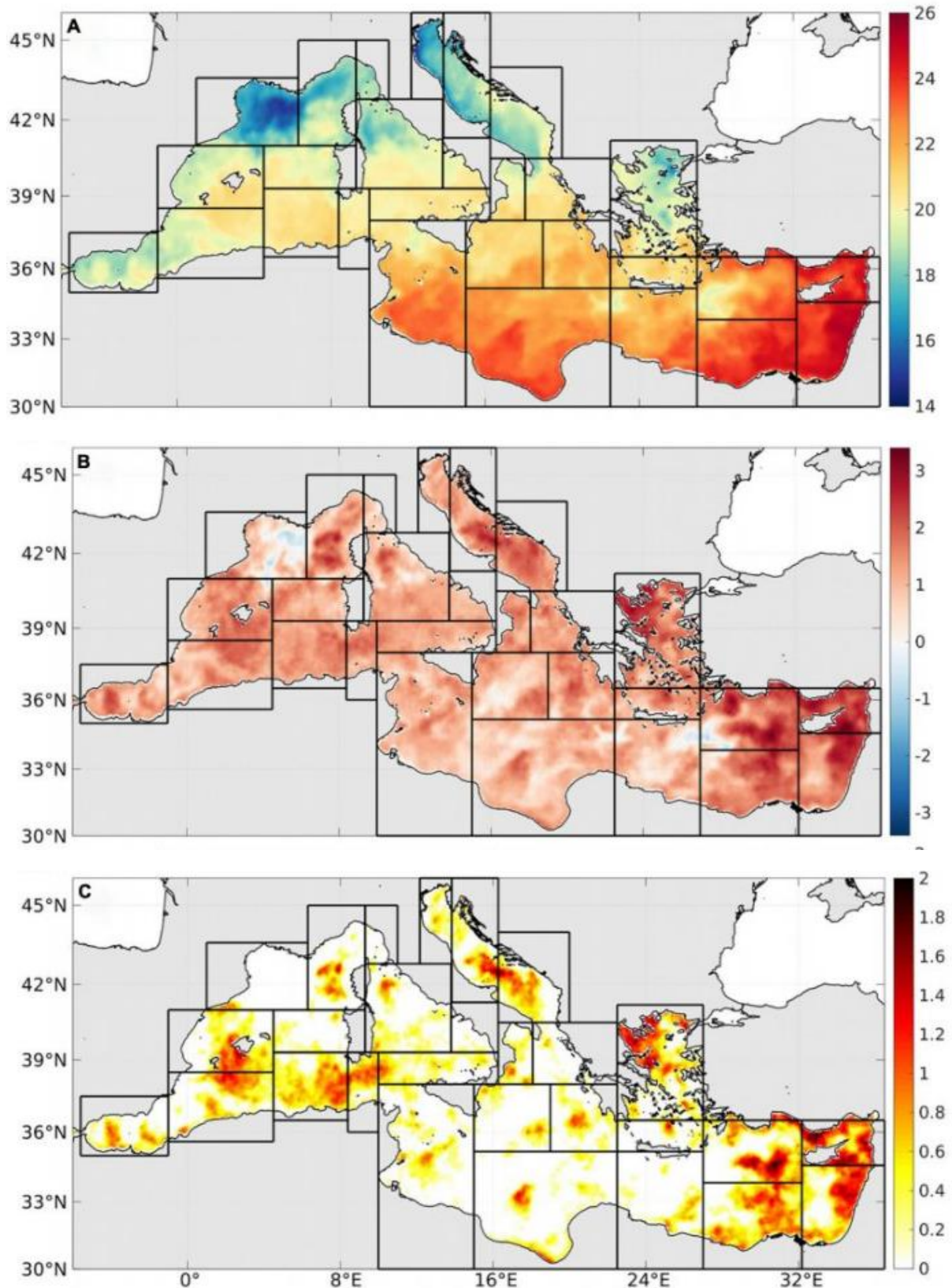


**Figure I.4:** Contenu thermique de la mer méditerranée de l'année 1993-2018, (source : Copernicus ; <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine>).

Une étude récente de la SOCIB, un centre de recherche espagnol, a révélé que les vagues de chaleur marines en Méditerranée sont de plus en plus intenses, longues et fréquentes.

Les chercheurs ont utilisé des observations multiplateformes pour analyser les données de la période 1982-2020. Ils ont constaté que l'intensité moyenne des vagues de chaleur a augmenté de 0,24 à 0,52 °C, l'intensité maximale de 1,03 à 2,13 °C, la durée moyenne de 5 à 12 jours et la fréquence de 4 à 7 événements.

Les maxima locaux d'intensité ont été enregistrés en Méditerranée occidentale et en mer Adriatique au cours de la décennie 2002-2011, en raison de l'événement extrêmement chaud et de longue durée de 2003. La dernière décennie a connu les intensités maximales les plus élevées de toute la Méditerranée, ce qui laisse présager une augmentation constante des vagues de chaleur dans les années à venir.



**Figure I.5 :** Situation au 17 novembre 2020 : (A) Température de surface – (B) augmentation de température par rapport aux moyennes saisonnières – (C) identification des zones avec une vague de chaleur marine. Source : SOCIB.

## I.4.2 Canicule en profondeur et conséquences côtières

L'océan est composé de couches d'eau de différentes densités. La couche d'eau la plus chaude et la moins dense se trouve à la surface, tandis que la couche la plus froide et la plus dense se trouve en profondeur. Le mélange entre ces couches se produit lentement, sous l'action de la chaleur, des courants, des vents et des marées (Juza M, et al 2022).. Lors d'une canicule marine, la couche d'eau chaude s'épaissit, ce qui augmente la différence de densité entre les couches. Cette couche chaude agit alors comme une barrière, empêchant le mélange entre les eaux de surface et les eaux profondes.

Cette barrière a plusieurs conséquences : Elle modifie la circulation océanique, ce qui peut avoir des effets sur le climat. Elle empêche la ventilation océanique, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur la vie marine. Elle modifie la circulation des nutriments, ce qui peut affecter les écosystèmes marins. Les canicules marines sont plus intenses dans les zones côtières que dans les zones océaniques. Cela est dû aux caractéristiques géographiques, météorologiques et océaniques locales. Le réchauffement climatique entraîne une augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules marines. Selon Robert Schlegel, chercheur à l'Institut de la Mer de Villefranche, l'ensemble de l'océan mondial pourrait être en état de canicule marine presque constant d'ici 2050. Il est donc essentiel de surveiller l'évolution de l'océan face au réchauffement climatique pour mieux comprendre ses conséquences et améliorer les prévisions (Juza M, et al 2022).

## I.5 Description et localisation de la zone d'étude

### I.5.1 La wilaya d'Oran

La ville d'Oran (fig I.6) est une ville méditerranéenne, est la 2<sup>ème</sup> capitale du pays et la métropole de l'Ouest algérien, située à 432 km à l'Ouest d'Alger, d'une superficie de 2128.50 km<sup>2</sup>. Elle représente un pôle d'attraction économique et industriel. Sa façade maritime est d'une longueur de 124 km, soit le 1/10 du littoral national, offrant d'importantes potentialités dans le domaine maritime (transport et commerce extérieur) et la pêche. Le littoral Oranais se distingue par une urbanisation massive qui concentre 936.927 d'habitants, qui représente 77,5 % de la population totale de la Wilaya. A cela s'ajoute des problèmes environnementaux de différentes natures tel que : industrielles, agricoles, domestiques, ... etc.

Cependant, le littoral de la côte Oranaise est devenu vulnérable, constituant le réceptacle privilégié des apports contaminants, qu'ils proviennent des fleuves, de l'atmosphère ou des émissaires urbains et industriels notamment les rejets de la zone industrielle pétrochimique

d'Arzew. La Pollution Marine au niveau du littoral de la wilaya d'Oran résulte par diverses sources par exemple : Le trafic maritime notamment le transport des hydrocarbures. Les rejets industriels et domestiques, en effet le débit de rejet des eaux usées vers la mer par l'agglomération oranaise est estimé à 1325 l/s. (Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limitent des rejets d'effluents liquides industriels.).

### I.5.1 .1 Présentation du domaine littorale de la wilaya d'Oran

S'étend sur une superficie totale de 363.65 km<sup>2</sup>, soit 38.3 % de la superficie ; la zone littorale est ouverte sur une façade maritime d'une longueur de 124 km, et un linéaire terrestre de la wilaya de 138.5 km, avec une profondeur maximale de 6,2 km à la limite Sud de l'agglomération Oranaise. Cette zone telle que délimité est composée de 14 communes qui ont une façade maritime, à savoir Oran, Mers El Kabir, Ain El Turck, Bousfer, El Ançor, Ain El Kerma, Bir El Djir, Hassi Ben Okba, Gdyel, Sidi Ben Yebka, Arzew, Ain El Baya, Bethioua, Marsat El Hadjadj (MATEV 2008).

Par ailleurs et au vu de la complexité de la délimitation de l'agglomération d'Oran, qui a connu des extensions urbaines sur des espaces des communes limitrophes et qui ne sont pas classées comme des communes littorales. Ces superficies sont intégrées et comptabilisées dans la zone littorale de la commune d'Oran pour des raisons méthodologiques, se présentes comme suit :

- Commune d'Es Senia : 13,59 km<sup>2</sup> représente 26,9% de la superficie communale.
- Commune de Sidi Chahmi : 7,21 km<sup>2</sup> représente 10,5% de la superficie communale.
- Commune de Messerghin : 0.74 km<sup>2</sup> représente 0.17 % de la superficie communale.

Le littoral oranais est de plus en plus agressé de nos jours par diverses formes de nuisances : activités industrielles, tourisme intensif et urbanisation massive, avec comme corollaire une ampleur sans cesse croissante d'une pollution d'origine domestique. La frange côtière subit un accroissement des rejets d'eaux usées sans aucun traitement, à l'origine d'une contamination biologique (S. REMILI *et al.*, 2006) et physico-chimique des eaux marines (A. KERFOUF *et al.*, 2010-b). Cette frange côtière subit une expansion démographique galopante accompagnée d'une urbanisation anarchique, et d'intenses activités portuaires associées à diverses activités industrielles, qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement côtier (S. REMILI *et al.*, 2009).

La wilaya d'Oran (fig.I.6) apparaît comme un cas d'étude exemplaire des difficultés que pose la problématique du « pollution marine » et répond à notre avis à ce souci d'analyse d'un espace qui présente la triple caractéristique de consommation industrielle importante, de consommation ménagère en expansion...Pour cela notre étude porte sur une simulation de la qualité de l'eau de mer de cette zone côtière.

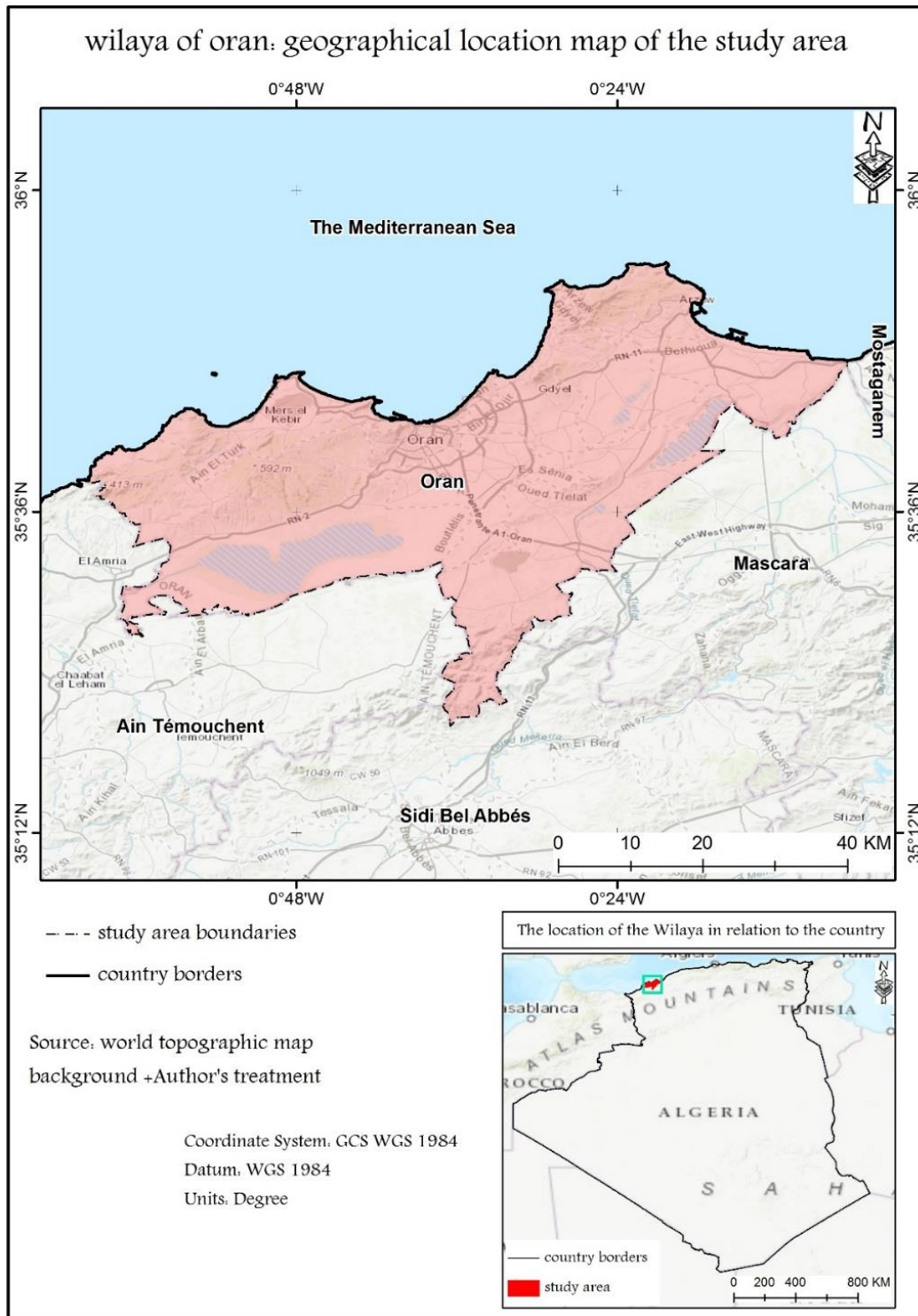
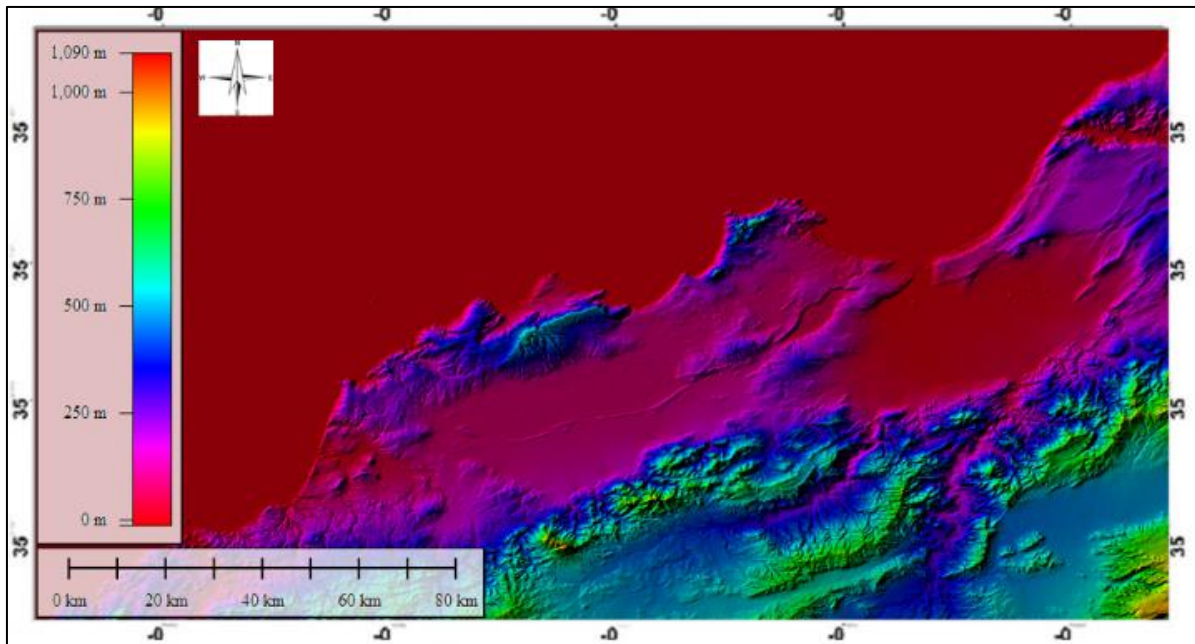
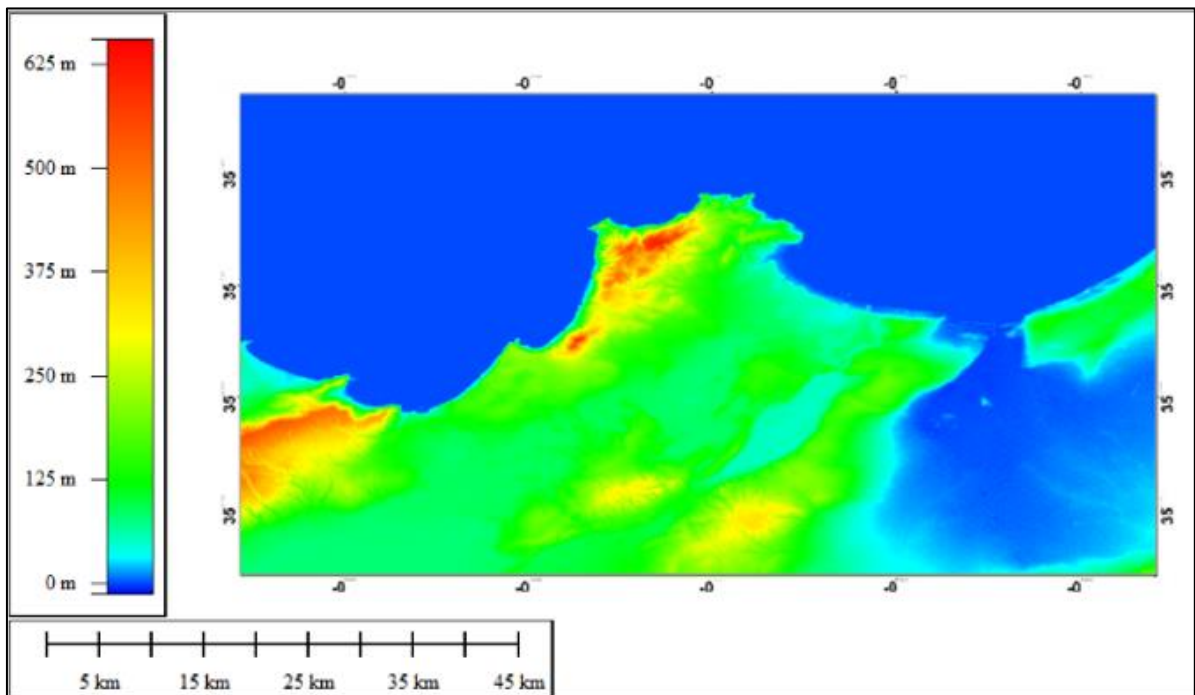


Figure I.6 : Situation géographique de la zone d'étude (wilaya d'Oran).



**Figure I.7** : la figure montre le HSV shader de la zone d'étude (MNT) sous Global mapper.



**Figure I.8** : la figure montre les valeurs l'élévation de la zone d'étude sous Global mapper.

Affichage des données d'élévation de la zone d'étude (fig.I.7 et I.8) à l'aide des nuanceurs de lumière du jour, de gradient, de pente et HSV, ainsi que l'édition des nuanceurs personnalisés. Les dégradés sont des rampes de couleur ou des étapes de couleur qui sont appliquées pour visualiser les données de terrain par valeur d'élévation, par pente ou par direction de la pente.

Le littoral oranais est constitué d'une alternance de falaises et de plages : 70 % de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, et 30 % de plages sablonneuses bordées de cordons dunaires. Dans la zone infralittorale, le calcaire est le constituant majeur des sédiments, sous la forme d'un tapis de sables graveleux recouvrant tout le plateau continental ; en revanche, les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuses, qui couvrent une importante superficie du littoral, sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo-siliceuses ne représentent qu'un faible pourcentage en bordure de cette zone (L. LECLAIRE, 1972).

Au niveau du littoral oranais, se produit un contre-courant issu d'une branche du courant atlantique (appelé courant algérien par C. MILLOT, 1989) qui plaque cette branche contre le littoral, ce qui permet le déplacement de la fraction fine dans le fond et crée une extension de la grande vasière vers le secteur de Mostaganem.

D'Ouest en Est le littoral oranais comporte trois golfes : le golfe de Nemours, le golfe d'Oran, et le golfe d'Arzew. Le littoral meuble oranais a largement reculé en raison des aménagements effectués (Macta, Kristel, Ain El Türk) qui ont affaibli, voire brisé, l'apport en alluvions des différents cours d'eaux, en particulier au niveau de la région de la Macta.

#### I.5.1.2 Les zones sensibles

Les zones sensibles sont bien plus importantes qu'on ne le croit généralement. La grande périphérie d'Oran comprend trois espaces qui méritent une attention particulière :

- **La sebkha d'Oran** : qui constitue la zone humide la plus vaste de la région Nord-Ouest, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité, toute construction à une distance de 100m des rives doit y être proscrite.
- **La zone du lac Telamine et des salines d'Arzew** : constitue un milieu très original à préserver pour des raisons aussi bien économiques qu'écologiques.
- **La plaine de la Mactaa** : qui devra constituer un vaste zone de protection écologique. Le port proposé au débouché de la plaine en occuperait environ 5%. (MATEV, 2005).

#### I.5.1.3 L'activité agricole

Les terres agricoles dans la wilaya occupent une superficie de 99 243 Ha, soit 49 % de la wilaya. La SAU de communes littorales occupe une superficie totale de 32 736 Ha ce qui représente 36,26 % de la superficie de la SAU (superficie agricole utilisée) de la wilaya, et de 40.12 % la superficie totale des communes littorales, 16,16 % et seulement de la superficie totale de la wilaya (Asmaa M, 2019).

#### I.5.1.4 La pêche

L'activité de ce secteur est assurée par la flottille de pêche abritée au niveau des ports des communes d'Oran et d'Arzew. Cette flottille, dont le taux d'une mobilisation est de 56 %

compte tenu de sa moyenne âge (21 ans) permet d'assurer une production halieutique annuelle de 7.000 T dont 6.688 T pour le pélagique et 276 T pour le demersale ; soit 7 % de la production nationale. (MATEV, 2004).

### **I.5.1.5 Données socio-économique de la wilaya d'Oran**

#### **I.5.1.5.1 Baie d'Oran**

Le territoire de la wilaya d'Oran couvre une superficie de 2114 km<sup>2</sup> et compte une population de 1 860 285 habitants et 1 323 153 habitants concernant la population du domaine littoral (Zakaria S & Khadidja R 2019). L'industrie joue également un rôle économique et social majeur, en fonction des besoins de la population à l'emploi et de productions industrielles. Par ailleurs, les activités de services de la ville sont d'autant plus développées qu'elles peuvent s'appuyer sur un secteur industriel dynamique. Enfin et peut-être surtout, les métropoles ont vocation à accueillir les industries de pointe ; Ceci engendre une forte pression de la population sur la zone côtière.

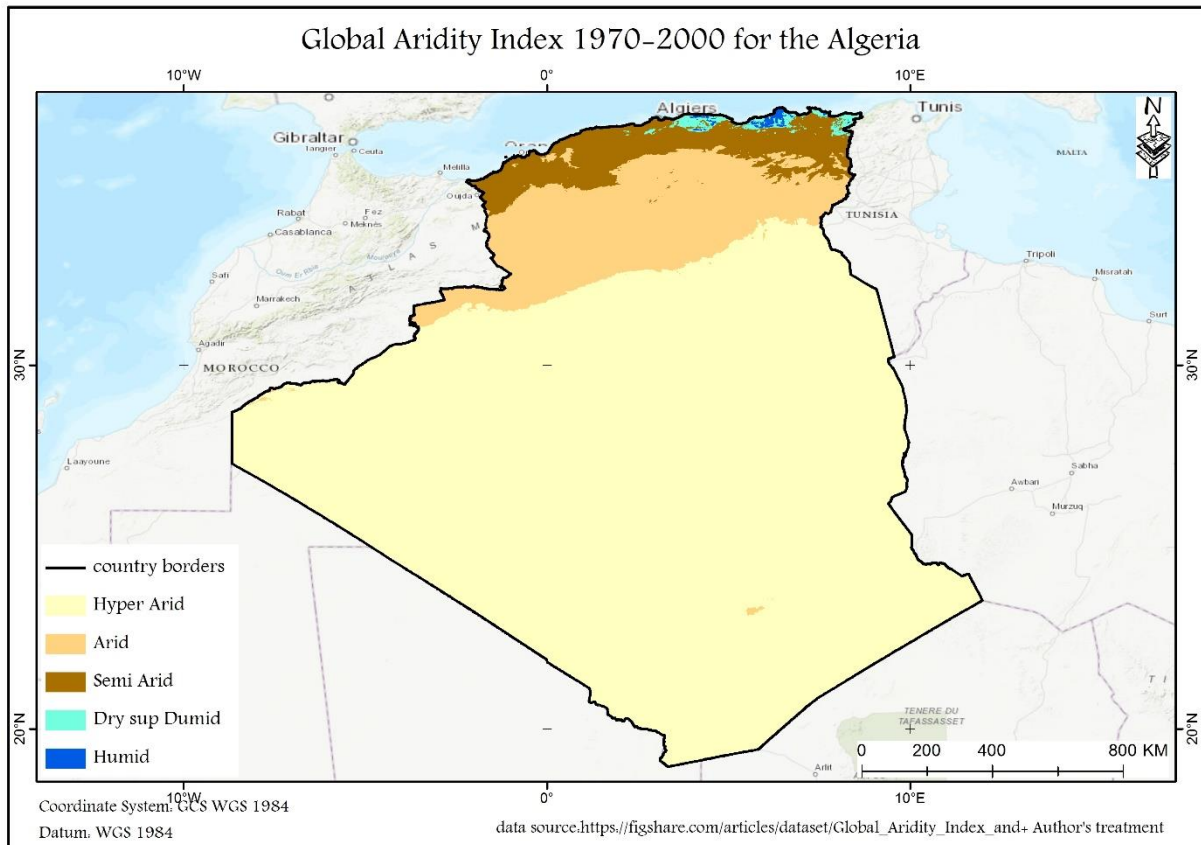
#### **I.5.1.5.2 Golfe d'Arzew**

Le golfe d'Arzew est l'un des golfes les plus importants en Algérie. Il reçoit les rejets urbains et industriels associés aux agglomérations implantées le long du golfe, après une purification partielle et incomplète de la plus importante zone industrielle Nord-Africaine. L'augmentation des flux de pollution, liés au développement urbain des dernières années ainsi que les activités économiques en croissance entraînent à terme une pollution conséquente des eaux et sédiments côtiers.

### **I.5.1.6 Climat à Oran**

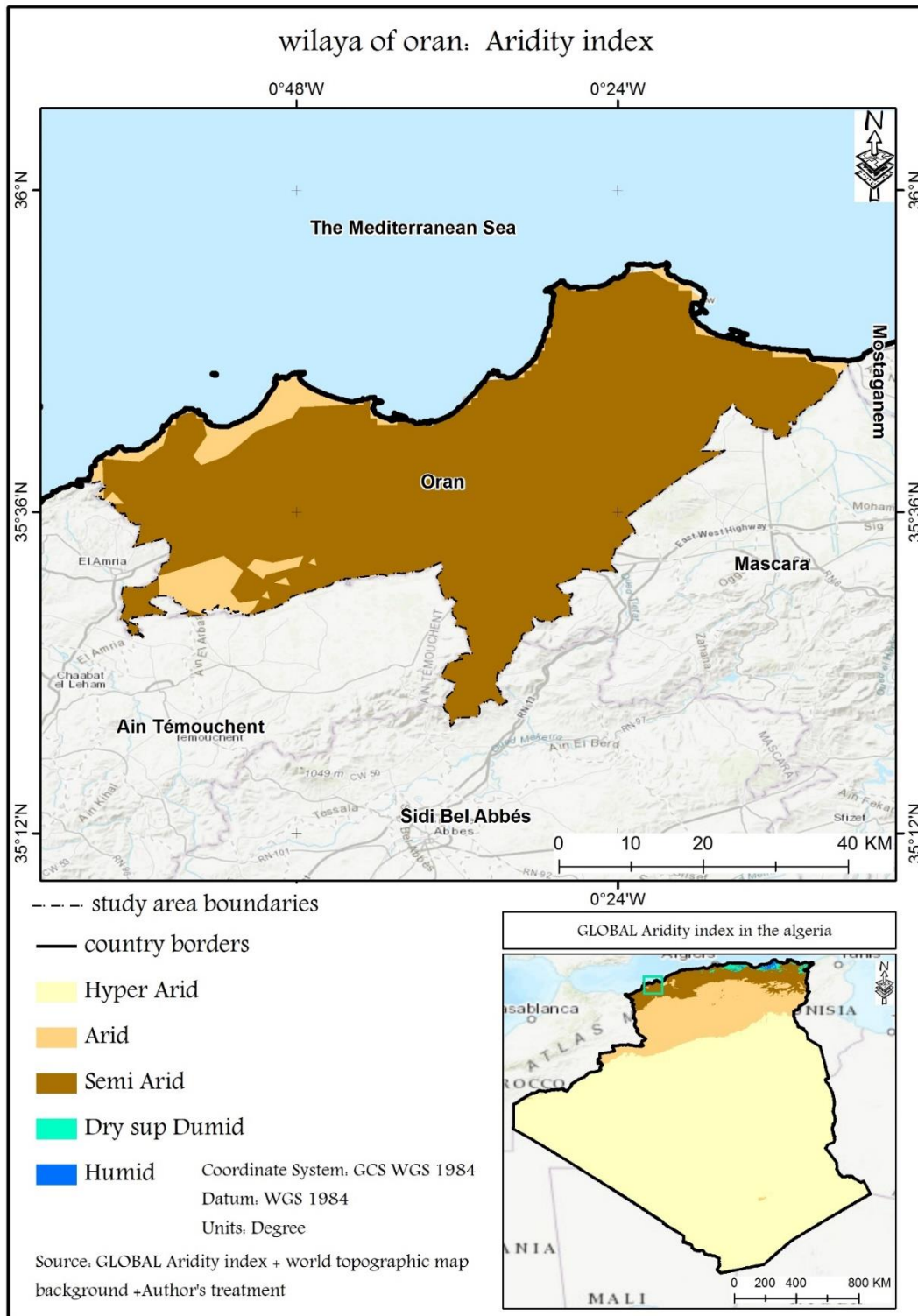
La wilaya d'Oran, elle se trouve au bord de la rive sud du bassin Allégo-Provençal, elle se situe au nord-ouest de l'Algérie 432 Km à l'ouest de la capitale Alger. Géographiquement située entre 35° 42' 40'' de latitude nord, et par 2° 59' 39'' de longitude. La ville se situe au fond d'une baie ouverte au nord sur le Golf d'Oran. Le relief de son climat jouit d'une mixture de 06 composantes naturels distinctes, on en distingue sa bordure côtière qui s'étale des monts d'Arzew jusqu'à la plage sableuse des andalouses, ajouter à cela un ensemble de haut collines bordant toutes les falaises allant d'Arzew à Canastél, au côté ouest on y trouve la basse plaine littoral de Bousfer. Le côté Est d'Oran caractérise aussi la composante naturel spécifique à Oran avec d'un côté le plateau d'Oran-Gdyel et de l'autre les salines d'Arzew. D'une attitude moyenne d'environ 60m, La ville monte en pente douce, en effet, le front de mer se trouve 40 m au-dessous des vagues, les falaises de Gambetta culminent à plus de 50 m des flots, au plateau de Kargentah ont atteint l'attitude de 70 m et enfin les 90 m d'attitude sont atteinte à la proche banlieue d'Assenai (Lacheheb A. L, Kacemi Meghfour M, 2021).

En Algérie, compte tenu de l'aridité de la majeure partie du territoire, des contrastes nord/sud et est/ouest (nord et est sont relativement mieux arrosés), l'accès à l'eau revêt encore la forme d'une crise chronique et constitue une source de conflits sociaux et un frein réel au développement des territoires qui en sont dépourvus et cela en dépit des efforts consentis par les pouvoirs publics pour de nouvelles mobilisations (transferts, dessalements), une meilleure dotation et une distribution équitable pour la population. La dotation quotidienne en eau potable par habitant est passée de 90 litres (années 1990) à 170 litres (année 2020) distribuées dans plus de 73 % des chefs-lieux de commune (Amel S, Ibrahim Y, 2020)



**Figure I.9 :** Indice global d'aridité 1970-2000 pour l'Algérie.

Le choix de la wilaya d'Oran comme terrain de recherche répond à notre avis à ce souci d'analyse d'un espace qui présente la triple caractéristique opposant une demande en hausse (consommation industrielle importante, demande ménagère en expansion et besoins agricoles appelés à augmenter vu la nécessité à moyen terme d'une intensification agricole). A une offre locale très insuffisante en raison des conditions climatiques (dépendance accrue des transferts régionaux) et à un système de gestion inadapté à l'expansion des besoins (urbanisation effrénée, vétusté des réseaux et pertes, recouvrements des dettes).



**Figure I.10** : Indice d'aridité 1970-2000 de la wilaya d'Oran.

Le climat de la ville d'Oran est Méditerranéen par excellence, faisant preuve d'une diversité aiguë alternant un hiver frais et humide et une saison estivale chaude et sèche.

La wilaya d'Oran se situe en grande partie dans le domaine climatique méditerranéen semi-aride (fig.I.10), elle reçoit en moyenne entre 300 à 400 mm de précipitations annuelles. L'eau

y est donc rare, irrégulière et inégalement répartie dans l'espace. Les facteurs limitatifs sont d'ordres climatique, morphologique, lithologique, structural et géomorphologique.

Le climat à Oran tend à être tempéré, la ville est connue par ses longs étés chauds et humides les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région oranaise pendant près de quatre mois avec une température moyenne de 25 °. A L'hivers, Les pluies peuvent être abondantes voir torrentielle. L'apparition de la neige est très rare mais pas impossible. L'hiver à Oran concentre les  $\frac{3}{4}$  des précipitations. Oran devra faire dans les prochaines années avec d'importants changements climatiques, en effet les prévisions climatiques supposent que la température de la région méditerranéenne pourrait augmenter de 4°C, vers la fin de ce siècle. Selon le centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides de Biskra, les projections suggèrent la diminution des précipitations annuelles, le nord méditerranéen connaîtra alors beaucoup de précipitations en hiver, et moins en été (Baki T, Tebbal M, Berrebah H & Bougara F 2019).

Le climat de la planète a été modifié par les activités humaines à travers les changements de (déforestation, urbanisation, etc.) ont joué un rôle important dans le changement climatique depuis l'ère préindustrielle.

### **I.5.2 Situation géographique du golf d'Arzew**

Le golfe d'Arzew (Fig.I.11) représente une des grandes unités du plateau continental Algérien occidental à environ 160 milles nautiques de la baie d'Alger. D'une forme semi-circulaire, influencée par la circulation générale des masses d'eau de l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar. Sa bathymétrie est assez considérable qui peut atteindre les 500 mètres à sa sortie vers le large. Il est compris entre le massif d'Arzew (Cap Carbon, 0° 20'W) à l'Ouest et le delta du Cheliff (Cap Ivi, 0° 10'W) à l'Est, ce qui lui confère un développement longitudinal d'environ 50 km. Deux fleuves d'importance très inégale l'alimentent, le Cheliff, majeur, à l'est et la Macta, mineure, à l'ouest. La circulation générale le long des côtes Nord-Africaines est créée par l'entrée compensatrice d'eau atlantique par le détroit de Gibraltar. Il en résulte un courant portant à l'Est, plaqué à la côte par la dérive de Coriolis (H.Lacombe, 1960). Dans Le détail, la présence du golfe d'Arzew induit la formation d'un contre-courant côtier portant à l'Ouest ainsi qu'un phénomène de remontée d'eaux profondes dans la partie occidentale.

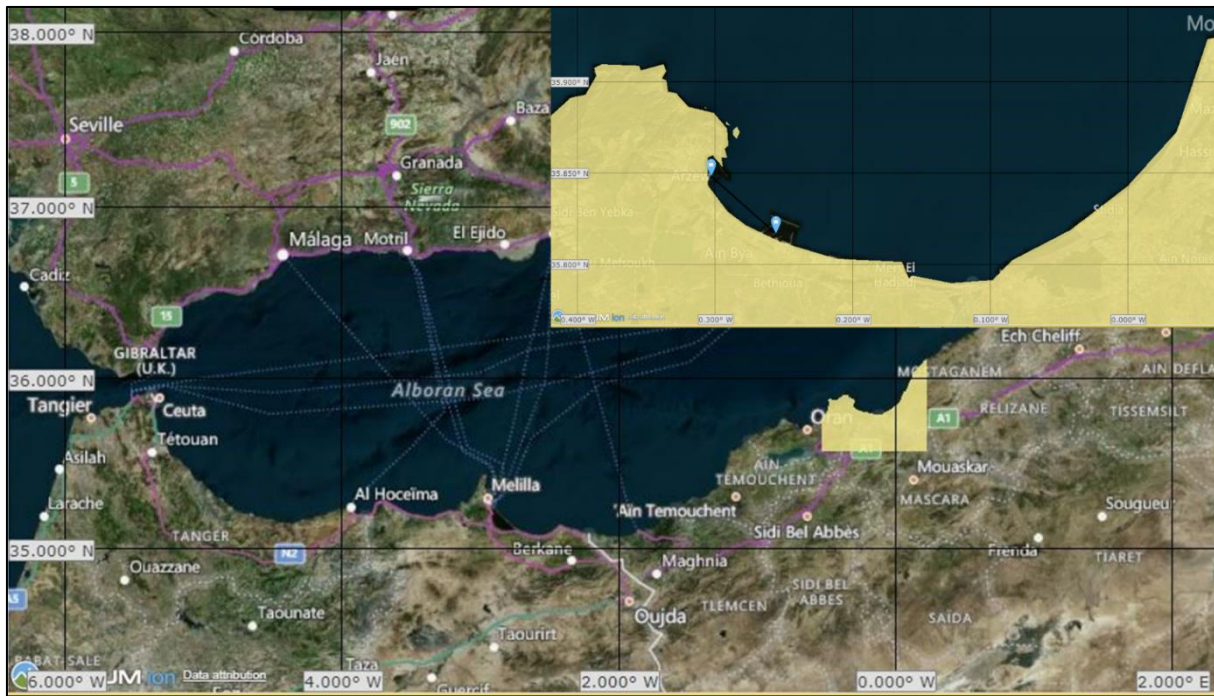


Figure I.11 : Emplacement géographique du golfe d'Arzew (Chabi N, 2023).

### I.5.2.1 Le port d'Arzew

Le port d'Arzew (Fig.I.11) constitue un lieu stratégique de l'économie Algérienne. Il s'agit de la porte principale de l'exportation des hydrocarbures vers le marché extérieur. Le transit d'un nombre considérable de navires transportant les hydrocarbures (essentiellement, le pétrole brut et ses produits raffinés) par le port engendre de sérieux risques de pollution qui détériore la qualité des eaux de mer, et qui peuvent entraîner la perturbation de nombreuses activités industrielles dans la zone, entravant l'activité portuaire et paralyse d'autres activités économiques notamment la pêche. Le port d'Arzew est un ensemble portuaire assez important, il s'agit du plus grand port pétrolier en Algérie. Il est composé de deux (02) ports, le premier est le port d'Arzew qui est l'ancien port dont la construction remonte à l'époque romaine, il a subi plusieurs modifications et travaux d'extension. Aujourd'hui, il réceptionne deux (02) types de marchandises, les marchandises divers et les hydrocarbures. Le deuxième port est le port de Bethioua (Arzew El-Djedid), situé à 7km de l'ancien port, d'une construction récente (1975-1978), il fournit essentiellement le GNL, le GPL, le brut et le condensat, les deux ports sont gérés par l'entreprise portuaire d'Arzew).

Les deux ports s'étendent sur le littoral du golf d'Arzew dans la région Oranaise à environ 350 km à l'Ouest d'Alger, et à 40 km à l'Est de la ville d'Oran. Les deux ports occupent environ 1680 000 m<sup>2</sup> de terre-pleins, un choix conditionné par le regroupement des industries de liquéfaction de gaz naturel (GNL), des industries pétrochimiques, et un abri parmi les meilleurs des ports Algériens (Entreprise portuaire d'Arzew).

### I.5.2.2 Les principales caractéristiques des deux ports

#### *Le port de Bethioua*

- 175 hectares de plan d'eau abrité ;
- 4000 mètres de jetée ;
- Deux (02) passes d'eau (passe Est & passe Ouest) 400 mètres chaque une ;
- Dix (10) postes pour charger spécialement le GNL, le GPL, brut et condensat, et dont les profondeurs sont comprises entre 13 mètres et 23 mètres ;
- Deux installations SBM pour le chargement de pétrole dans la rade, pour les VLCC, et trois (03) postes en mer ouverte. (Entreprise portuaire d'Arzew).

#### *Le port d'Arzew (l'ancien port)*

- 128 hectares de plan d'eau abrité ;
- Passe d'eau 300 mètres ;
- Huit (08) postes à quai pour marchandises diverses de sept (07) mètres à neuf et demi (09,5) mètres de profondeur.
- Huit (08) postes de chargement (GNL, GPL, Raffinés, Condensat), avec des profondeurs entre neuf (09) et vingt et un (21) mètres. (Entreprise portuaire d'Arzew)

Arzew est un port de taille moyenne. Les types de navires (Fig.I.12) faisant régulièrement escale à Arzew sont les suivants : pétrolier (24%), pétrolier GPL (21%), vraquier (15%), cargo général (13%), pétrolier/chimiquier (7%). La longueur maximale des navires enregistrés comme étant entrés dans ce port est de 298 mètres. Le tirant d'eau maximum est de 15 mètres. Le port en lourd maximum est de 174008t.

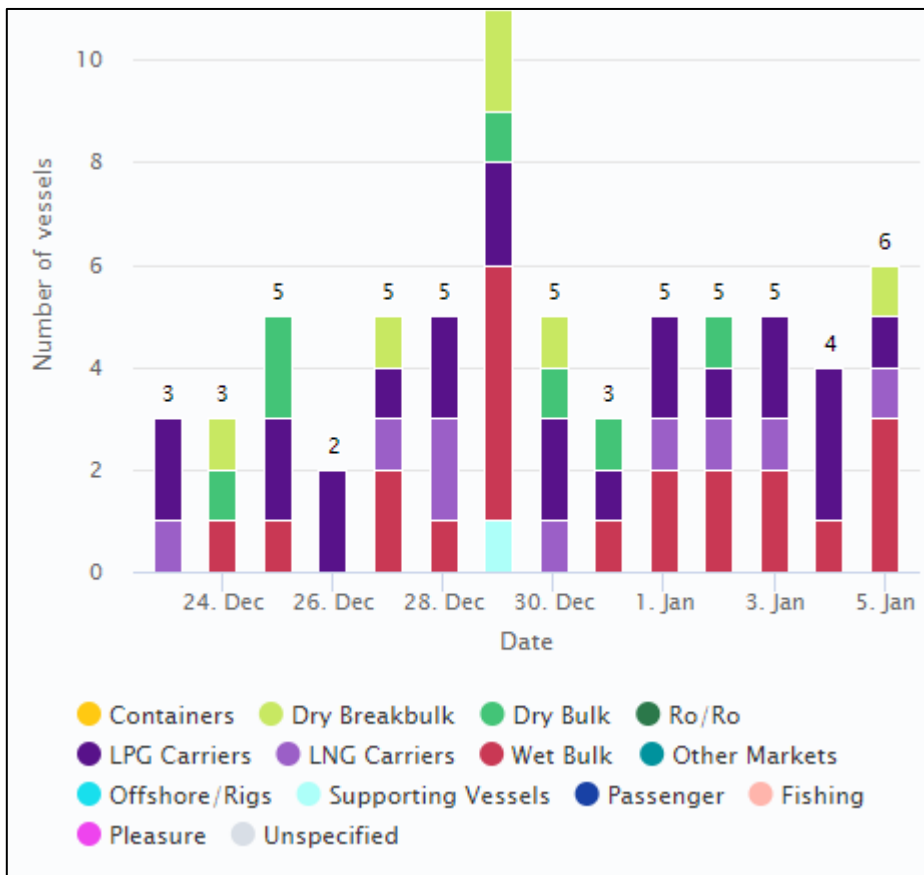


Figure I.12 : Arrivées par type de bateau par jour 2022 dans le Golf d’Arzew.

### I.5.2.3 Zone industrielle d’Arzew

Elle s’étend sur environ 12 km le long de la baie d’Arzew et comprend sur une superficie de 2500 ha des unités industrielles de production à caractère :

- Pétrolier tel que : Raffinerie Naftec, RTO, NAFTAL/AVM
- Gazier tel que : GNL1- GNL2 - GNL4- ENGI, Hélios -GP1Z-GP2Z- NAFTAL (centre enfuteur). Chimique : Fertiale-Groupe Asmidal, Méthanol, Fertalge (Avec des quantités importantes de production annuelle et de stockage).
- Des unités de prestation services tel que Sonelgaz- GTP – EMB – SOMIZ -SOTRAZ et des centres de formations : IAP – CPE - école à feu - école de soudure (GTP).
- Unité de production de dessalement d’eau de mer Kahrama.

Le pôle industriel d’Arzew (Fig.I.13) est situé à 42 Km à l’est d’Oran. Il comporte quatre communes : Arzew, Ain El Bia, Béthioua et Mers El Hadjadj. Le pôle a eu pour objectif initial de structurer l’ensemble du territoire dans lequel il est inséré aussi bien au niveau international, national, que local. Avant la création de la zone industrielle, la côte était bordée de plages et de dunes vives sur presque toute sa longueur et s’appuyait sur un riche arrière-pays agricole ; alors que la pêche côtière était pratiquée au port d’Arzew. Les communes du pôle industriel ont

enregistré des taux de croissance démographique significatifs, surtout en ce qui concerne la décennie 1977-1987 : (Arzew : 6.83% ; Ain El Bia : 17,49% ; Béthioua : 1,83%). En effet la population du pôle industriel est passée de 34 000 en 1977 à 115 000 en 19982.

La zone industrielle qui s'étend sur une superficie de 2800 hectares, comprend deux ports spécialisés et une plateforme industrielle. Cette plateforme industrielle comprend une concentration élevée de complexes pétrochimiques et de raffinage à haut risque (05 complexes de liquéfaction, une raffinerie, un complexe de production de méthanol et résines, un complexe d'ammoniac).

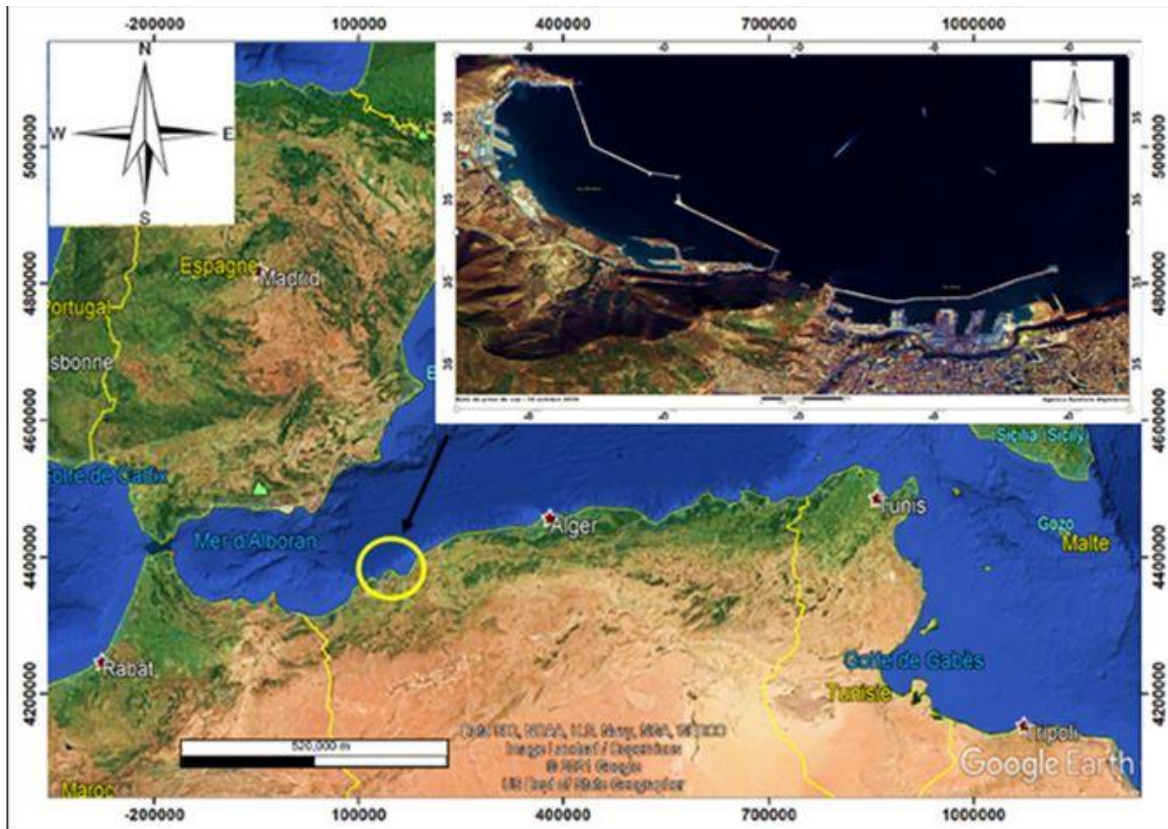


Figure I.13 : Situation du pôle industriel d'Arzew.

#### I.5.2.4 Pressions anthropiques

Le littoral, interface entre la terre et la mer, est un milieu complexe, riche sur le plan écologique et très convoité. Actuellement, 60 % de la population mondiale vit à moins de 60 km des côtes et l'urbanisation littorale risque de s'amplifier, puisqu'on attend 75 % de la population mondiale sur les côtes en 2025. Bon nombre des problèmes rencontrés dans les zones côtières sont le résultat direct de l'accroissement des activités humaines issues de la croissance industrielle et de la croissance démographique. Beaucoup de grandes agglomérations du monde sont situées à proximité des zones côtières. De plus, la majorité des populations non côtières est localisée à proximité des rivières et des voies navigables, induisant indirectement des effets sur la biodiversité marine.

En Algérie, la majorité de la pollution est installée sur le littoral. La quasi-totalité des activités socioéconomiques sont concentrée également sur la frange côtière. On trouve des grandes agglomérations urbaines (Alger, Oran, Annaba,...etc.) et des pôles industriels (Arzew, Skikda, Oran, Alger, Annaba,...etc.).

Selon le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), 80 % des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique (PNUE, 2010). Ce sont les eaux usées domestiques, les plastiques, les rejets industriels, les pesticides et les engrais agricoles. Selon l'Organisation internationale des Nations Unies ; la pollution marine est définie comme étant "l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément" (ONU, 2010). Bien que la pollution marine englobe différents types de pression comme la pollution bactériologique, la pollution thermique, les effets liés à des apports de macrodéchets, de matières sédimentaires ou l'introduction d'espèces allochtones, nous n'aborderons, dans cet article, que la problématique de la pollution par les hydrocarbure et aussi le suivi des différents paramètres indicateurs de pollution tel que la température, la salinité, la chlorophylle-a, la turbidité, le potentiel d'hydrogène, l'oxygène dissous, et les sels nutritifs. On trouve ainsi en mer des métaux lourds toxiques comme le mercure ou des « polluants organiques persistants ». Aux sources industrielles s'ajoutent les effluents domestiques et urbains ainsi que les apports diffus dus aux usages agricoles. Il existe aujourd'hui plus de 100 000 molécules chimiques et il est difficile de savoir quelles en sont les conséquences sur les organismes vivants. Notre compréhension générale de la façon dont la pollution et les différents contaminants influencent la biodiversité marine et l'intégrité des écosystèmes est limitée. Toutefois, de nombreuses études ont montré que les contaminants entraînent chez les organismes marins des perturbations endocriniennes, des modifications du comportement, des perturbations du métabolisme énergétique et des réponses génétiques (Durou, C., Mouneyrac, C., & Amiard-Triquet, C, 2008). La pollution peut avoir des répercussions à toutes les échelles trophiques, des producteurs primaires aux consommateurs supérieurs et, par conséquent, affecter le fonctionnement des écosystèmes. Les contaminants chimiques peuvent avoir des effets en cascade sur la croissance et la reproduction des organismes, entraînant des changements dans l'organisation biologique supérieure, chez les populations et les communautés (Durou, C., Mouneyrac, C., & Amiard-Triquet, C, 2008).

Au-delà des substances surveillées traditionnellement (métaux, organochlorés, pesticides, hydrocarbures), une préoccupation majeure concerne les effets éventuels de nombreuses autres substances chimiques telles que les produits à usages domestiques, les produits cosmétiques et pharmaceutiques (antibiotiques, hormones, stéroïdes). Ces substances sont qualifiées de contaminants émergents et se retrouvent en grande partie dans le milieu marin, car les stations d'épuration, bien qu'elles se soient énormément améliorées sur le plan technique, n'ont pas été conçues pour éliminer ces molécules. Ce qui est établi, c'est que certains composés peuvent avoir un impact avéré sur les organismes aquatiques même à des doses très faibles. Certains

médicaments à usage humain et vétérinaire – antibiotiques, analgésiques, pilule contraceptive, entraînent des cas de « féminisation » de poissons mâles.

Le réchauffement climatique est une menace pour les écosystèmes côtiers marins, dont dépendent plus de 3,5 milliards de personnes. Ces populations sont donc particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique. Voici quelques explications. Les pressions anthropiques liées aux activités humaines et le changement climatique lui-même menacent la durabilité et la résilience de ces systèmes écologiques, sociétaux sous des contraintes économiques complexes. Dans ce contexte, le suivi et l'observation stratégique multi-échelles et multidisciplinaires des zones côtières est essentielle pour une meilleure gestion des risques dans ces zones, et à une meilleure évaluation de la pertinence et de l'efficacité des politiques publiques. Des solutions construites avec les acteurs locaux (associations, élus, entrepreneurs...) innovantes et durables doivent émerger pour répondre aux principaux changements environnementaux et pour une gestion des espaces côtiers basées sur la connaissance scientifique et on utilisant des systèmes d'informations géographiques. Nous avons développé des programmes d'observation en utilisant la modélisation innovante (Chabi N, Bacharai Houma F, Bachari N.I, Bouda A 2023), le but est d'aboutir à la mise en place des simulations capables d'analyser et de prévoir les trajectoires des nappes d'hydrocarbures face à l'augmentation des accidents pétroliers et la pollution des eaux côtières par les hydrocarbures.

La protection de la biodiversité et des habitats passe par la connaissance des impacts et des incidences associés aux activités humaines. Les apports de la recherche sont particulièrement importants pour une formulation des avis scientifiques. Dans l'optique d'une gestion intégrée des zones côtières et face aux risques environnementaux générés par l'introduction de nombreuses substances chimiques dans le milieu marin, il est important d'évaluer les altérations des écosystèmes en lien avec la présence de polluants chimiques.

**Tableau I.1:** Pressions anthropiques sur l'environnement marin (OCDE ; Organisation de coopération et de développement économiques).

<i>Pression</i>	Substance ou activité en cause	Principales sources anthropiques	Effets possibles
<i>Déchets entrant dans les océans</i>	Nutriments	Eaux usées, agriculture, aquaculture, industrie	Eutrophisation
	Organismes pathogène	Eaux usées, agriculture	Maladies et infections, Contamination des mollusques et des crustacés
	Pétrole	Industrie, eaux usées, navigation, automobiles, effluents urbains	Mazoutage d'oiseaux et d'autres animaux, pollution des fruits de mer, pollution des plages  Troubles du métabolisme

<b>Réaménagement du milieu</b>	Composés organiques de synthèse	Industrie, eaux usées, agriculture, exploitation forestière	Troubles du métabolisme
	Déchets radioactifs	Essais d'armes nucléaires, traitement du combustible irradié. décharge en mer, accidents de centrales nucléaires	Troubles du métabolisme
	Métaux en trace	Industrie, eaux usées, décharge en mer, automobiles	Faune empêtrée, troubles digestifs
	Matières plastiques et détritiques	Dépôts sauvages, déchets de navigation, matériel de pêche perdu	Désoxygénation, colmatage habitats
	Déchets solides organiques et non organiques	Eaux usées, décharge en mer, industrie	Dévalorisation esthétique et disparition des habitats, érosion côtière
	Aménagement des côtes	Dragage, développement industriel, résidentiel et touristique	
<b>Exploitation des Ressources</b>	Pêche de poissons, de mollusques et de crustacés	Activités halieutiques	Appauvrissement des stocks, modification des écosystèmes
<b>Incidence du changement Climatique</b>	Exploitation pétrolières	Forages, accidents	Pollution par le pétrole et les produits chimiques
	Exploitation minière Dioxyde de carbone, CFC, autres gaz à effet de serre	Dragage, évacuation de stériles, extraction Production d'énergie, transports, agriculture, industrie	Altération de la qualité des eaux, érosion côtière Évaluation du niveau de la mer : inondation des côtes, disparition des zones humides, détérioration des infrastructures, perturbation des habitats, diminution de la productivité océanique.

### I.5.2.5 Problématique de la pollution marine

La pollution marine est définie comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, de substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité, des risques pour la santé humaine, des obstacles pour les activités maritimes, et notamment la pêche,

le tourisme et les loisirs ainsi que les autres utilisations de la mer, une altération de la qualité des eaux du point de vue de leur utilisation, et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin.

On distingue la pollution générée par les substances chimiques et celle produite par les déchets aquatiques. Les déchets aquatiques comprennent tout solide ménager, industriel, naturel qui se retrouve dans l'environnement maritime et côtier. Ils peuvent être de nature très variée : déchets flottants en surface ou dans la colonne d'eau, déchets déposés dans les fonds, déchets échoués sur les plages et sur le littoral.

80% de la pollution marine est d'origine terrestre. Les polluants sont transportés par le ruissellement des eaux suivant la dynamique des bassins versants mais aussi par l'air du fait du régime des vents, les surfaces marines recevant de nombreux dépôts atmosphériques. Or des phénomènes de saturation génèrent des désordres écologiques grandissant au point de menacer toutes les autres activités.

Les masses maritimes ont souvent été considérées comme des espaces de dilution des pollutions terrestres humaines. Nombre de villes côtières ne disposent toujours pas de système de retraitement des eaux usées, se contentant de construire des conduites de déjections qui s'enfoncent toujours plus loin pour disperser les eaux noires et grises au gré des courants. De même, encore aujourd'hui, lors de catastrophes technologiques majeures, comme celle de Fukushima en 2011, les autorités misent sur la capacité de dilution plutôt que de prendre en charge le stockage et le retraitement des eaux contaminées.

La pollution des mers et des océans est un cas emblématique de la théorie de la tragédie des biens communs. En effet, tous les habitants côtiers ont intérêt à bénéficier des opportunités de dilution plutôt que de développer des protocoles coûteux de limitation, de stockage ou de retraitement des déchets à terre. Or, la littoralisation\* de la croissance démographique et de la croissance économique, doublée du régime des vents et du drainage par les bassins versants, amène à une saturation des espaces marins et à la multiplication des points noirs de concentration de cette pollution. La dynamique de diffusion n'étant pas uniforme, il apparaît des espaces de concentration de la pollution parfois très éloignés des lieux d'origine des polluants. De même, les populations les plus affectées par la pollution peuvent être des populations produisant très peu de déchets.

Les pollutions liées aux activités maritimes (Fouzia H, Larbi B. R., Amina A, Nacera C & El Islam B. N 2019) sont souvent les plus médiatiques, à l'image des marées noires. La pollution chimique a des effets tout aussi dévastateurs en détruisant l'intégralité d'un écosystème et en créant une zone morte. Chaque année, 150 zones marines de 1 à 70 000 km<sup>2</sup> sont déclarées zones mortes du fait de leur désoxygénations. Elles sont massivement situées au large des côtes industrielles mais elles ne sont pas fixes. Elles apparaissent et se déplacent au gré des courants et des saisons. Plusieurs zones marines sont menacées par de réguliers épisodes d'hypoxie ou d'anoxie, soit la diminution de la concentration en oxygène qui passe alors sous le seuil de survie des espèces animales. Ce phénomène concerne tout particulièrement les zones côtières d'upwellings, soit l'arrivée de courants riches en nutriments apportés par les eaux qui remontent des profondeurs océaniques, mais pauvres en oxygène. Ces nutriments favorisent la croissance

du phytoplancton au-delà de la capacité de consommation des poissons. Les espèces ne pouvant quitter la zone, comme les mollusques, meurent alors d'asphyxie. Leur décomposition nourrit les bactéries qui consomment le peu d'oxygène encore présent, accélérant le phénomène. Alors, la zone marine devient une zone morte. Ces phénomènes rares deviennent de plus en plus fréquents du fait du réchauffement climatique mais aussi des pollutions terrestres par le déversement des eaux usées. Ainsi de 1956 à 2006, les eaux ont connu une baisse de leur quantité en oxygène et une augmentation du phytoplancton. Ce phénomène ponctuel ne concerne jusqu'à présent que quelques millions de km<sup>2</sup> de zone en minimum d'oxygène, dont 60% dans l'océan Indien, 30% dans l'est du Pacifique et 10% dans l'Atlantique, mais c'est un phénomène en expansion spatiale (les surfaces étant de plus en plus vastes) et temporelle (les périodes étant de plus en plus longues). Or, les espaces menacés d'anoxie sont aussi actuellement les plus riches en poisson : les zones d'upwelling concentrent 20% des pêcheries mondiales. (Goery, 2014). Elles sont massivement situées au large des côtes industrielles mais elles ne sont pas fixes. Elles apparaissent et se déplacent au gré des courants et des saisons. Plusieurs zones marines sont menacées par de réguliers épisodes d'hypoxie ou d'anoxie, soit la diminution de la concentration en oxygène qui passe alors sous le seuil de survie des espèces animales (Maamar A et al., 2020).

Ce phénomène concerne tout particulièrement les zones côtières d'upwellings, soit l'arrivée de courants riches en nutriments apportés par les eaux qui remontent des profondeurs océaniques, mais pauvres en oxygène (Bachouche S, 2017). Ces nutriments favorisent la croissance du phytoplancton au-delà de la capacité de consommation des poissons. Les espèces ne pouvant quitter la zone, comme les mollusques, meurent alors d'asphyxie. Leur décomposition nourrit les bactéries qui consomment le peu d'oxygène encore présent, accélérant le phénomène. Alors, la zone marine devient une zone morte. Ces phénomènes rares deviennent de plus en plus fréquents du fait du réchauffement climatique mais aussi des pollutions terrestres par le déversement des eaux usées (Bendadeche F et al., 2019 ; Belhabib, L 2023 ; Afaf, M. A. 2021 ; ALI, L., & BACHARI, N. E. I. 2021).

Or, selon le PNUE, les pollutions marines par déversement d'hydrocarbures ne se limitent pas aux spectaculaires marées noires, liées à un accident technologique. Ces dernières ne représentent que 8% de la pollution et l'extraction offshore seulement 3%. L'essentiel de la pollution est le produit des fuites naturelles (47%), du dégazage des navires (21,6%), des sources terrestres (11%). Or, ces sources sont beaucoup plus diffuses et ne se voient pas brutalement sur les côtes comme les accidents de navigation ou de plate-forme (Bendadeche, F.2019) De fait, l'importance donnée à ces catastrophes vient avant tout de la complexité juridique des dossiers. La prise en charge des frais de nettoyage et des dommages et intérêts versés aux autres exploitants du milieu marin ont donné lieu à de longs débats amenant à une modification des législations nationales et internationales (Belhabib, L 2023).

#### **I.5.2.6 Principales sources de pollution dans le golfe d'Arzew**

En Algérie, la majorité de la pollution est installée sur le littoral. La quasi-totalité des activités socioéconomiques sont concentrée également sur la frange côtière. On trouve des grandes

agglomérations urbaines (Alger, Oran, Annaba,...etc.) et des pôles industriels (Arzew, Skikda, Oran, Alger, Annaba,...etc.), d'importantes unités industrielles : le complexe d'électrolyse de zinc de Ghazaouet, les zones industrielles d'Arzew, le complexe papetier du Mostaganem et la zone industrielle d'Oran.

Les diverses pollutions (Fig.I.14) qui dérivent d'une telle concentration humaine et industrielle sur le littoral, ont comme un point commune, convergence sur le milieu marin, qui subissent ainsi des perturbations de plus en plus importantes. Le développement urbain, agricole, industriel, touristique, le trafic maritime n'a fait qu'augmenter le phénomène de pollution marine.

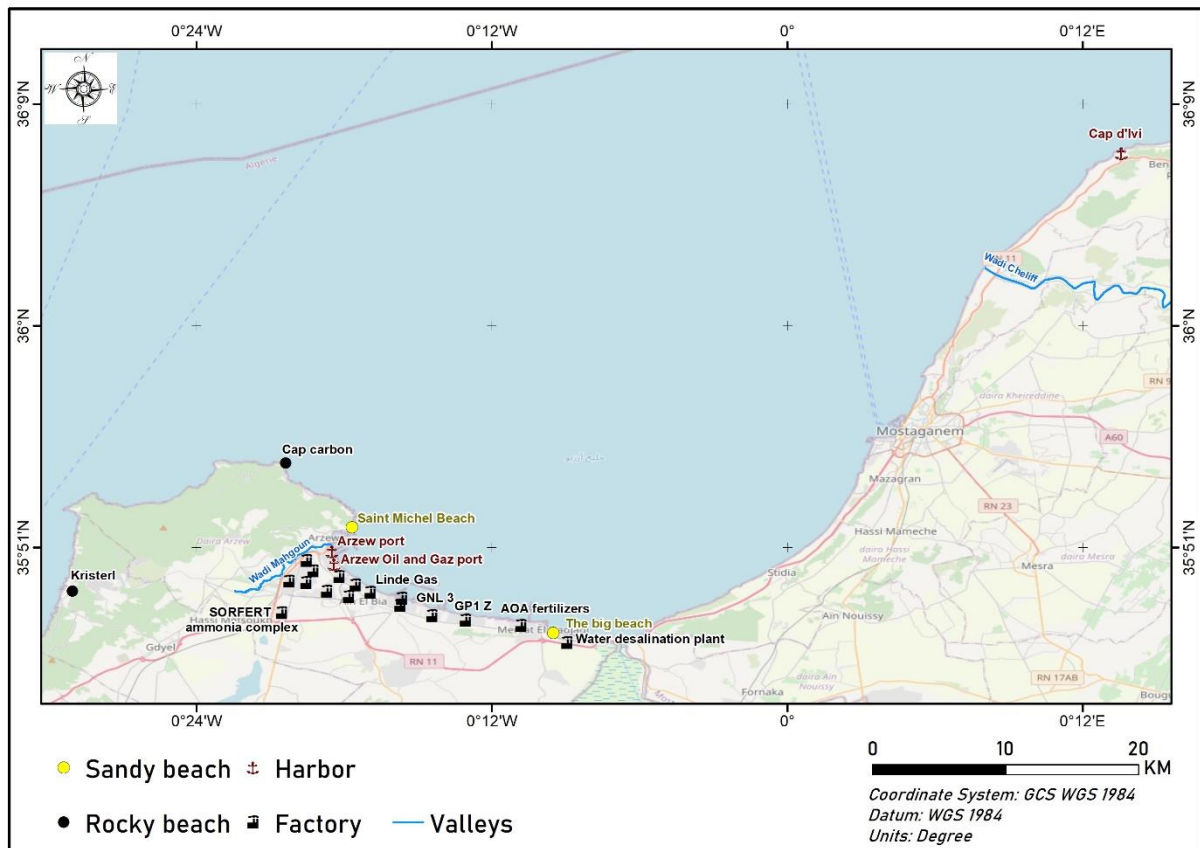


Figure I.14 : Principale source de pollution dans la zone côtière d'Arzew (Chabi N 2023).

Les villes d'Arzew et de Bethioua sont des pôles de l'industrie pétrochimique Algérienne et à ce titre elles sont considérées comme les principales sources de pollution par les hydrocarbures. Le Cadastre des déchets réalisé par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) met en évidence la présence en zone littorale de 786 unités industrielles, 21 zones d'activités, 13 zones industrielles, 14 sablières, 27 carrières et 91 industries à risque.

### I.5.2.7 Le golfe d'Arzew est le réceptacle de diverses sources de pollution

- Les rejets domestiques des villes ; les eaux usées de la plupart des villes installées le long du golfe se déversent directement en mer sans aucun traitement.
- Les rejets des industries chimiques, pétrochimiques et du chlore-alkali ; en effet la

ville d'Arzew est très connue par son complexe industriel qui s'étend sur 12 km le long de la baie d'Arzew. Il regroupe sur une superficie de 3500 ha, une dizaine d'installations industrielles de grandes importances. Même s'il est difficile d'être exhaustif et sans les hiérarchiser on retrouve : les métaux lourds, les hydrocarbures et les composés organiques, l'acide sulfurique, les matières fibreuses et les substances chromiques, les éléments basiques, les composés azotés, les cyanures, les catalyseurs usagés et les goudrons, la soude, les pesticides, les détergents les organochlorés.

- A ceci s'ajoute une autre source de pollution mercurielle de l'industrie du chlore, située à Mostaganem, l'une des dernières unités d'électrolyse à cathode de mercure du bassin méditerranéen.
- Les rejets des centrales thermiques : les eaux de refroidissement des unités de SONELGAZ augmentent la température des eaux marines et leur teneur en chlore (l'unité de Marsat El Hadjadj).
- Le lessivage des sols des grands périmètres agricoles...
- Le dégazage sauvage des pétroliers au large du golfe d'Arzew (Aibeche C, 2020 ; Grimes S, 2010).

#### I.5.2.8 Les différents oueds et rejets déversant dans le golfe d'Arzew

- Oued Cheliff ;
- Oued Mahgoun ;
- Rejets des eaux usées urbaines de la ville d'Arzew,
- Rejets de Bethioua et de Mostaganem,
- Rejet de l'industrie du chlore.

Rejets industriels (industries pétrochimiques) et ceux de la centrale thermique ;

- Rejets du port pétrolier d'Arzew,
- Rejets du port gazier de Bethioua
- Rejets des eaux usées domestiques
- Rejet situé au niveau de l'oued Mahgoun (eaux domestiques et de l'hôpital),
- Rejet draine les déchets de l'usine de liquéfaction,
- Rejet (à l'extérieur du port) provient de la raffinerie et METHANOL,
- Rejet (à l'extérieur du port) provient de l'usine d'ammoniac (SONATRACH)
- Rejet à l'intérieur du port (eaux domestiques et pluviales),
- Rejet à l'extérieur du port (eaux domestiques, pluviales et surtout industrielles).

Les eaux usées sont l'une des causes majeures si ce n'est la plus importante source de dégradation de l'écosystème marin côtier Algérien. Ces eaux usées chargées pour l'essentiel de matières organiques, de matières en suspension, de détergents et des huiles lubrifiantes génèrent des pollutions organiques et chimiques. Cette situation est aggravée par le déficit en traitement des eaux avant leur rejet en mer dans la plupart des cas. La quasi-totalité des stations d'épuration sont soit inopérantes ou fonctionnant par intermittence ou partiellement. Le déficit du

prétraitement dans les entreprises et l'absence de prise en charge que pose l'élimination des boues d'épuration compliquent la situation (Grimes S, 2010).

### I.5.2.9 L'Analyse de la commune d'Arzew

**Tableau I.2:** les indicateurs de durabilités de la commune d'Arzew (MATEV, 2009).

Indicateurs clés	Unité	Valeur	Seuil de durabilité	Commentaire
Population de la commune côtière/ population de la wilaya	%	6.37	3.84	Forte pression de la population sur la commune d'Arzew à la présence de la zone industrielle
Densité	Hab/k m <sup>2</sup>	1650	879	
Nb de rejets dans la commune/ linéaire côtière de la commune	%		0	Rejetée par les complexes de production vers la mer

**Tableau I.3:** les indicateurs de durabilités de la commune d'Arzew (MATEV, 2009).

Commune	Valeur
Surface communale (Ha)	7186
Surface du domaine littoral (Ha)	4566
Surface zone de servitude des 100m (Ha)	230.4
Surface urbanisée de la zone des 100 m (Ha)	45.09
Surface de servitude 300 m (Ha)	619.1
Surface urbanisée 300 m (Ha)	49.31
Linéaire côtier du littoral (km)	33.58
Linéaire terrestre du littoral (km)	20.58

### I.5.2.10 Nature des fonds marins

Des études ont montrés une variabilité dans la largeur de la bordure côtière sous-marine de l'Ouest Algérien, le plateau continental de cette zone est le plus petit de la méditerranée. La

zone littorale étendue de 5 à 6 milles est caractérisée par la présence de sable et de roches suivie par une zone de vase (molle et grisâtre) sur une largeur de 2 à 3 milles. La troisième zone est un mélange de sable coquiller grossier et de vase et enfin, une dernière zone à la limite du plateau continental caractérisée par de la vase molle et noire (HUSSEIN, K. B., 2021).

### I.5.2.11 Les grands traits sédimentologiques du golfe d'Arzew

Le golfe d'Arzew est caractérisé par :

- Les sédiments calcaires nettement péliques représentés par les vases calcaire-argileuse recouvrent une superficie importante du golfe.
- Les boues argilo-siliceuses au rebord continental tapissant ainsi le golfe d'une grande vaseuse,
- Une alternance de sable terrigène et de sédiments mixtes ou purement organogènes sur la bordure littorale à partir du cap Carbon jusqu'à Mostaganem.

### I.5.3 Facteur hydrodynamiques

#### *Les houles*

Le Golf d'Arzew présente une cote diversement orientée. Cette cote à une orientation NE-SW sur une grande étendue de la partie orientale de golf. Les houles sont généralement d'une direction Est ou du Nord-Est.

#### *La température de la mer*

Dans le Golf d'Arzew, la température superficielle de la mer est minimale en hiver (14,5°C-15,6°C), puis s'élève progressivement du printemps à l'été (23°C-25°C) ou son maximum est atteint au mois d'Aout (Benguedda Rahal W et al., 1995).

#### *La température de l'air*

**Tableau I.4:** Moyenne mensuelle des températures moyennes en °C (2015-2021) (Station météo Arzew.)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
2015	10.5	10.9	14.6	16.9	21.0	23.7	26.9	25.7	23.4	21.1	16.0	13.5
2016	12.2	12.4	15.8	18.2	20.7	22.9	26.1	26.0	24.2	22.4	18.8	14.5
2017	13.1	15.3	14.5	16.0	20.4	23.4	25.5	26.1	23.5	20.5	15.9	13.5
2018	13.4	14.6	15.5	17.9	19.9	22.7	26.6	26.9	24.7	21.2	15.0	12.4

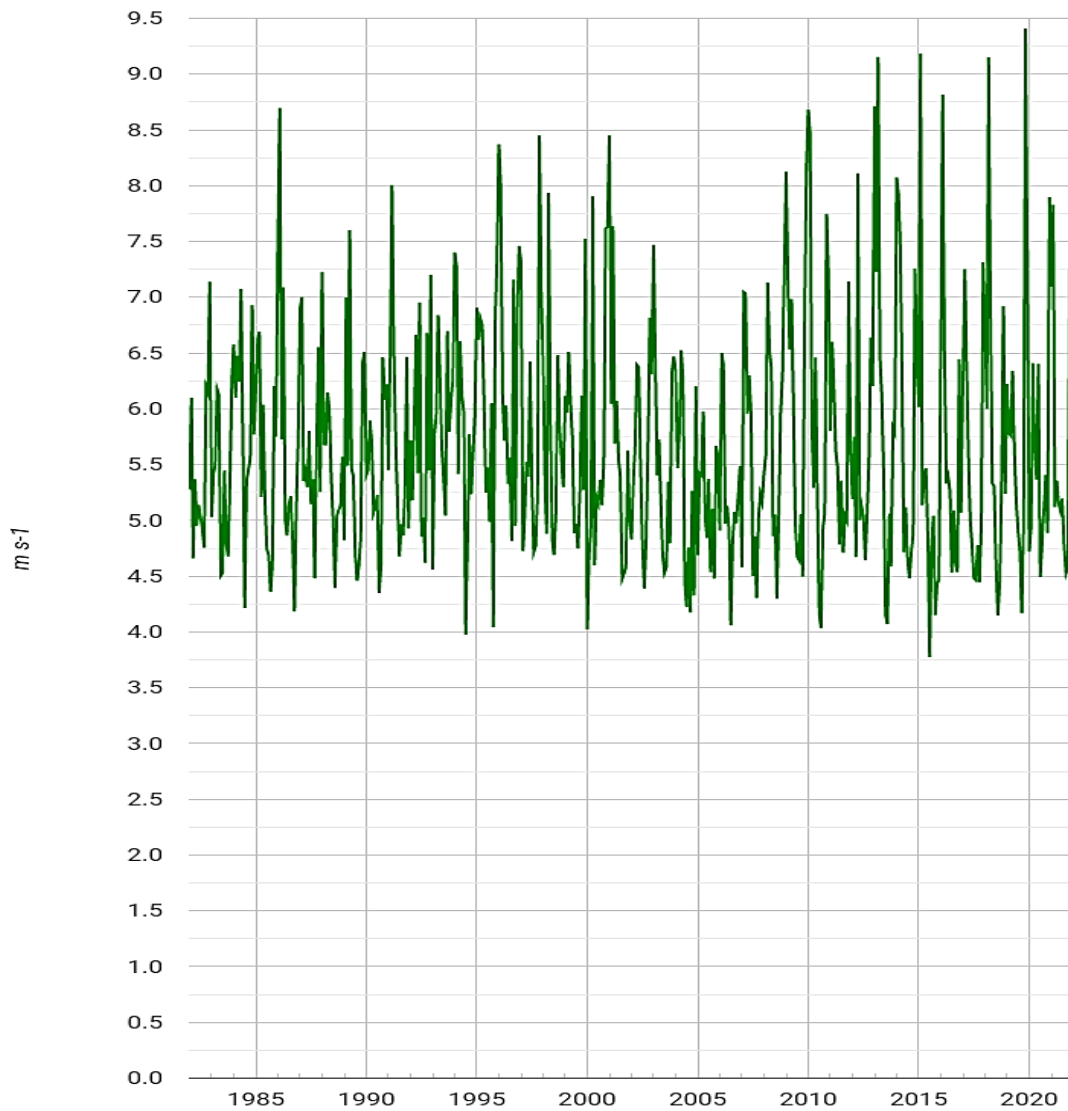
2019	12.8	13.0	15.0	16.4	20.1	23.9	27.5	26.5	23.5	21.6	19.3	15.9
2020	14.3	15.2	15.5	17.5	19.7	22.8	25.7	26.5	24.7	20.4	16.9	14.9
2021	13.6	13.1	15.6	18.0	20.4	23.3	26.2	26.9	24.3	21.0	17.5	15.9
Moy	12.8	13.5	15.2	17.3	20.3	23.2	26.4	26.4	24.0	21.1	17.0	14.4

**Les vents**

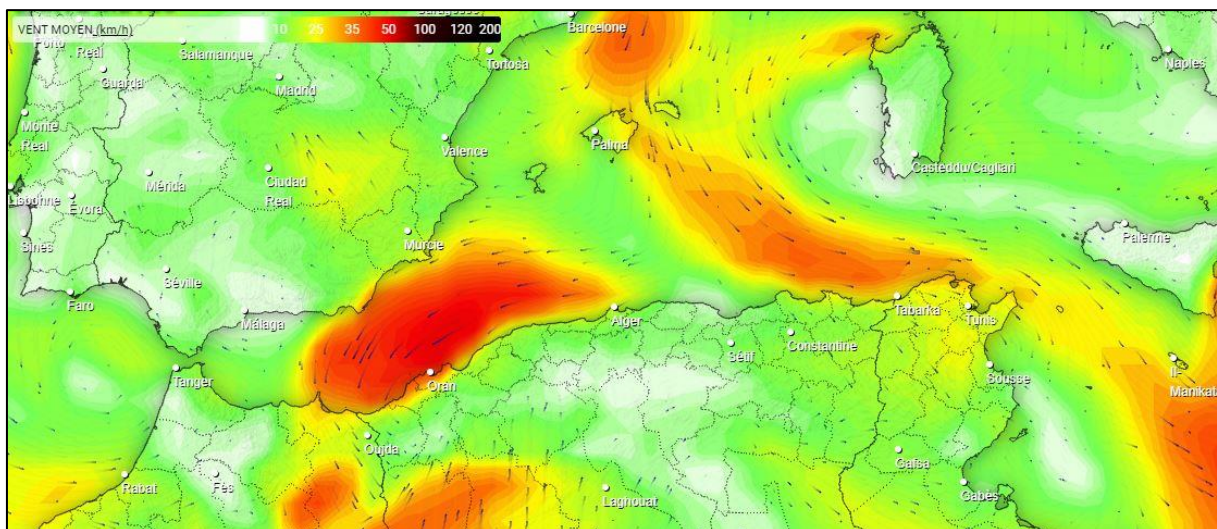
Les vents jouent un rôle très important dans la dérive de la nappe d'hydrocarbure en mer, selon les études, une nappe dérive sous le vent d'une vitesse égale à 1% à 4% de la vitesse du vent. Les vents dominants dans la région d'Arzew peuvent atteindre une vitesse moyenne de 4.8 m/s, les vents soufflent des différents secteurs, dont les principales sont le vent du Nord, le vent du Sud-West, le vent d'Ouest, et le vent du Nord-Est. Les deux tableaux suivants montrent les différentes vitesses et les différentes directions des vents dominants.

**Tableau I.5:** vitesse du vent dans la région d'Arzew en m/s (2015-2021) (Station météo d'Arzew).

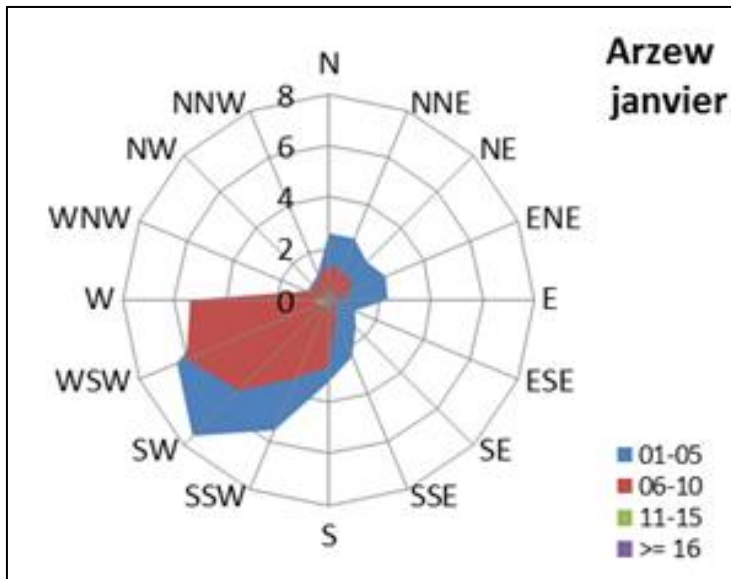
	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
2015	3.3	3.1	4.1	4.7	4.4	4.2	4.7	4.0	4.4	3.6	4.4	4.4
2016	3.9	4.2	4.5	4.1	3.9	3.8	3.4	3.9	4.2	3.5	3.8	4.5
2017	3.1	5.1	5.4	4.6	4.7	4.7	4.0	4.0	3.6	3.7	3.5	3.6
2018	3.6	3.5	5.2	4.5	4.9	3.9	4.1	3.8	3.9	4.1	4.4	4.7
2019	5.4	4.3	4.6	4.8	4.4	3.8	3.7	3.9	3.5	3.1	4.1	4.4
2020	4.5	4.5	4.0	4.1	4.2	3.6	3.6	3.3	3.8	3.6	4.6	3.6
2021	3.6	4.4	4.8	4.7	4.0	3.5	4.0	3.4	4.3	3.9	4.7	4.0
Moy	3.9	4.2	4.7	4.5	4.4	3.9	3.9	3.8	4.0	3.6	4.2	4.2



**Figure I.15 :** Vitesse du vent (m/s) annuelle depuis 1985 jusqu'à 2020 dans la région d'Oran (source : Google Earth Engine ; image satellite CGOM-JAXA)

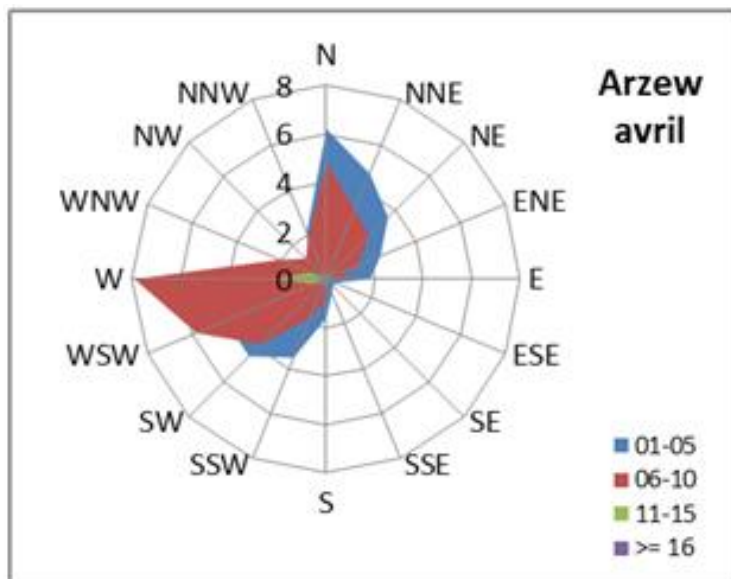


**Figure I.16 :** la vitesse moyenne de vents en km/h dans la mer Méditerranéenne (Source météo consult marine <https://marine.meteoconsult.fr>. Mai 2023).



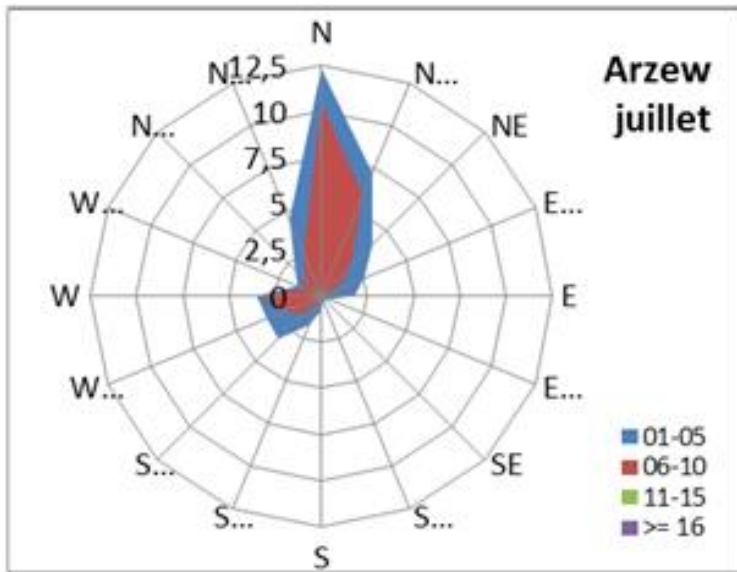
**Figure I.17:** Rose du vent du mois de janvier (1986-2008) dans la baie d'Arzew.

Le vent est calme au mois de Janvier (Fig.I.17) en direction Sud-Ouest, concernant les vents de vitesse  $6 < F < 10$  elles sont en direction Ouest Sud-Ouest (WSW).



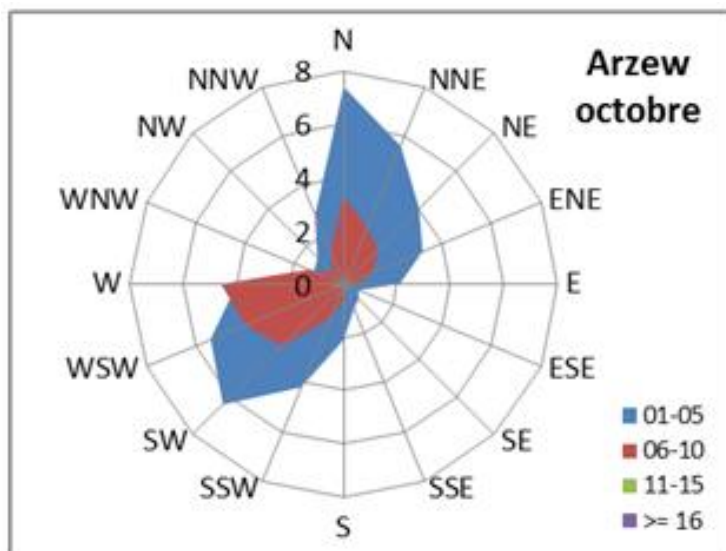
**Figure I.18 :** Rose du vent du mois de d'Avril (1986-2008) dans la baie d'Arzew.

Pour le mois d'Avril (Fig.I.18) la force du vent comprise entre 6 et 10 est en direction Ouest et c'est la plus prédominante. Pour  $01 < F < 05$  elle est en direction Nord.



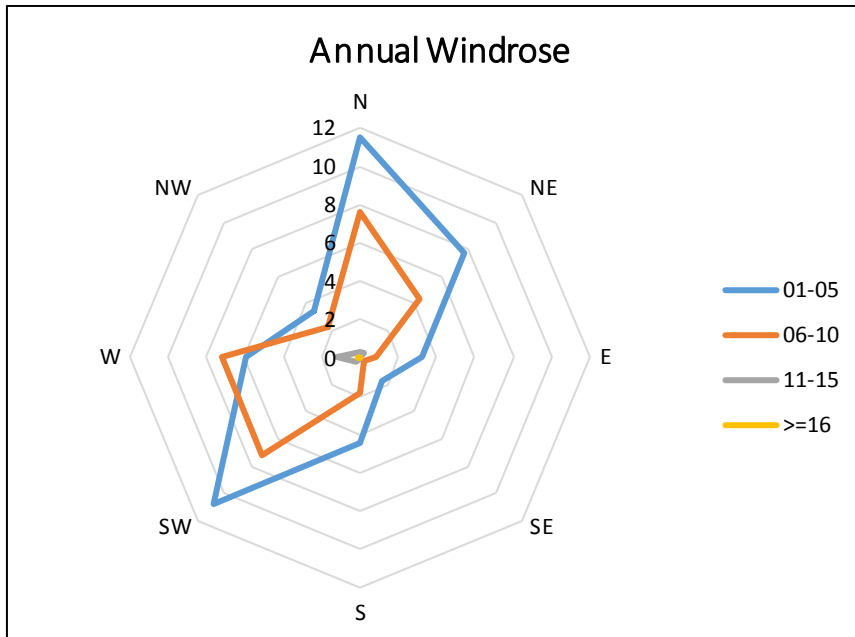
**Figure I.19** : Rose du vent du mois de juillet (1986-2008) dans la baie d'Arzew.

La direction des vents au mois de Juillet (Figure.I.19) est au Nord, avec une échelle très élevée pour  $01 < F < 05$  et aussi pour  $06 < f < 10$ .



**Figure I.20** : Rose du vent du mois d'Octobre (1986-2008) dans la baie d'Arzew.

D'après les résultats nous avons constaté que les vents au mois d'Octobre (Fig.I.20) représentent une variation entre deux directions le Nord et le Sud-Ouest (SW). Avec une échelle allant de  $01 < F < 10$ .

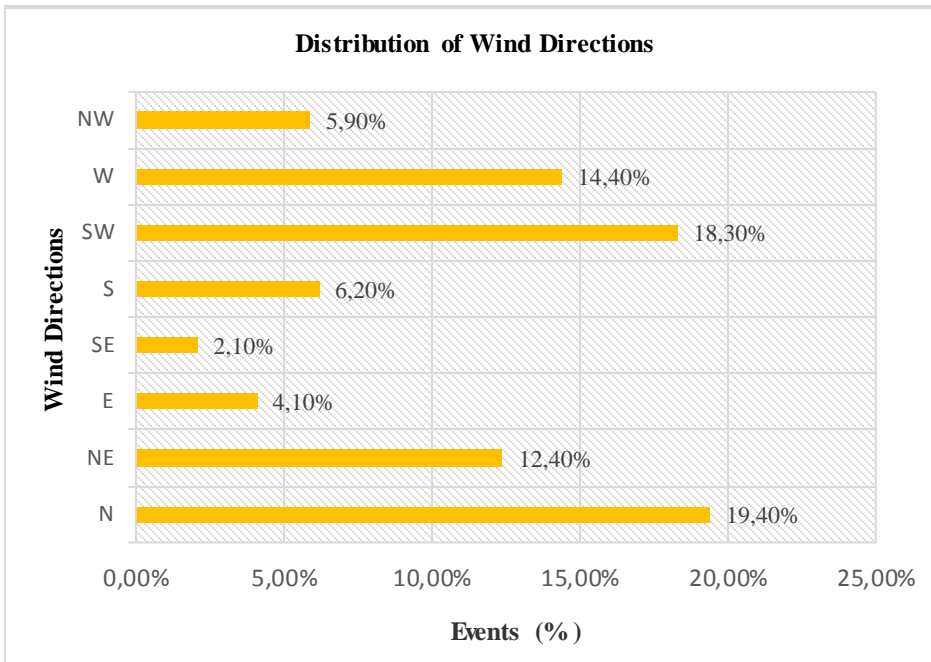


**Figure I.21 :** Rose du vent annuelle (2015-2020) dans la baie d’Arzew (Chabi N, 2023).

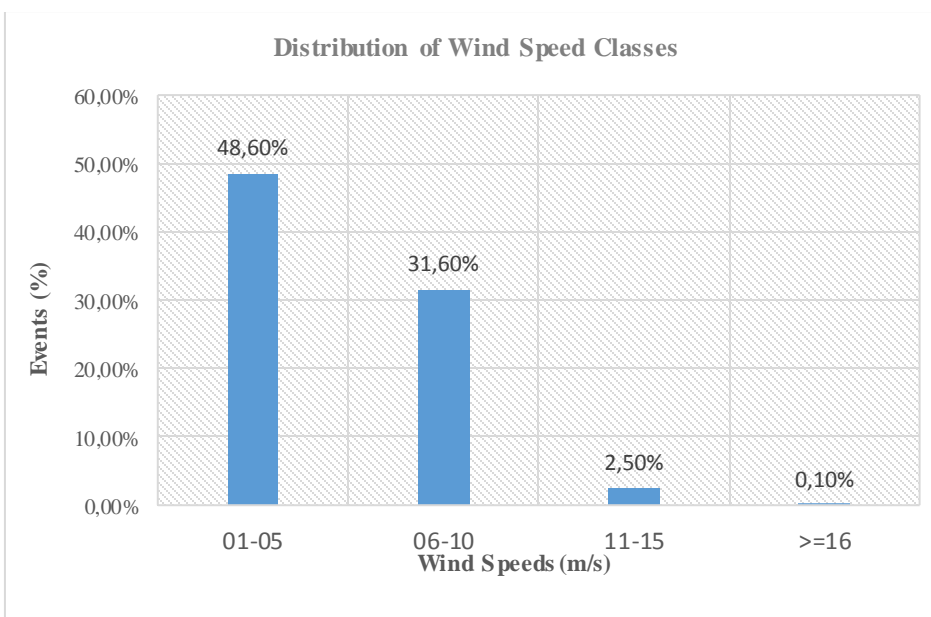
Nous constatons que cette station est caractérisée (Fig.I.21) par des vents calmes et modérés aux saisons automne et printemps. Les directions dominantes sont le Sud-Ouest et le Nord, apparaissent également à l’échelle annuelle.

**Tableau I.6:** Direction annuelle des vents dans la région d’Arzew en % (2015-2020).

Direction Vent	01m/s-05m/s	06m/s-10m/s	11m/s-15m/s	>= 16m/s	Pourcentage
Nord	11.5	7.6	0.3	0.0	19.4%
Nord-Est	7.6	4.4	0.3	0.0	12.4%
Est	3.1	0.8	0.0	0.0	4.1%
Sud-Est	1.8	0.3	0.0	0.0	2.1%
Sud	4.3	1.8	0.1	0.0	6.2%
Sud-West	10.8	7.2	0.3	0.0	18.3%
West	5.8	7.2	1.2	0.1	14.4%
Nord-West	3.5	2.3	0.3	0.0	5.9%
Vent calme			17.2%		
Total	48.6	31.6	2.5	0.1	100.0%



**Figure I.22a.** Distribution de la direction du vent dans la région d'Arzew (Chabi N 2023).

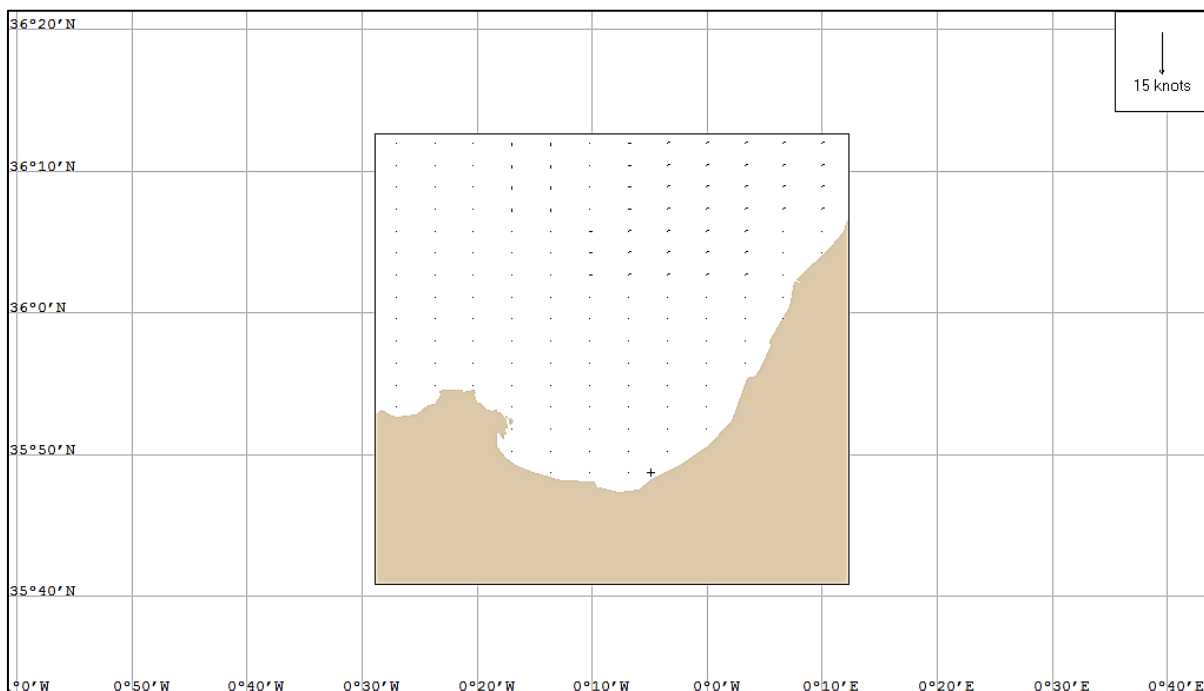


**Figure I.22b.** Distribution des classes de vitesse du vent dans la région d'Arzew (1986-2008) (Chabi N 2023).

Dans le cadre de notre travail nous avons réalisé une étude qui est basée sur une série des vitesses maximales journalière du vent mesurées à la station d'Arzew durant la période 1986-2008 (Annexe 5) fournie par le CCN (Centre national de climatologie). Des vents calmes et modérés caractérisent cette station en automne et au printemps d'automne et de printemps (Toz AC, Koseoglu B, Sakar C, 2016). Les directions dominantes (Fig.I.22a) du vent sont le nord et le sud-ouest, qui apparaissent chaque année. Environ 48,6 % (Fig .I.22b) des sont compris entre 1 et 5 m/s, 31,6 % entre 6 et 10 m/s, et 2,5 % entre 11 et 15 m/s 10 m/s, et 2,5 % entre 11 et 15 m/s. Les vitesses les plus fréquentes sont celles comprises entre 1 et 5 m/s (Chabi N, 2023).

Les données (Fig.I.22) montrent qu'en janvier, les vents calmes de vitesse  $1 < F(\text{m/s}) < 5$  proviennent de la direction Sud-Ouest (SW), ainsi que les vents de vitesse  $6 < F(\text{m/s}) < 10$  provenant de la direction Ouest-Sud-Ouest (WSW). Pour le mois d'avril, la force du vent entre 6 (m/s) et 10 (m/s) est dans la direction Ouest et est la plus prédominante. Elle est dans la direction Nord pour  $01 < F(\text{m/s}) < 05$ . En juillet, la direction du vent est le Nord, avec une échelle très élevée pour  $01 < F(\text{m/s}) < 05$  et  $06 < F(\text{m/s}) < 10$ . Les vents du mois d'octobre représentent une variation entre deux directions : le Nord et le Sud-Ouest (SW) (Chabi N, 2023).

### *Les courants marins*



**Figure I.23** : Carte des courants dans le golf d'Arzew via GNOME-NOAA (Chabi N, 2023).

Nous avons réalisé la carte des courants sous le logiciel GNOME-NOAA, au niveau du golf d'Arzew, nous constatons que les courants sont orientés principalement vers l'Est (Fig.I.23) (Chabi N, 2023). Ces courants circulent à des vitesses de 20-30 cm/s au large de Mostaganem 40 Km de la cote et à 50 m de profondeur (TALEB M.Z 2007). Au niveau d'Arzew, une branche de ce courant pénètre dans le golf, sous l'effet de force de Coriolis, des courants apparaissent dans le sens des aiguilles d'une montre, leur vitesse très faible (8 à 10 cm/s) (Chabi N, 2023).

### **I.6 Altération de la qualité des eaux côtières par le déversement des hydrocarbures.**

La pollution chimique des eaux côtières par les hydrocarbures, principalement causée par les accidents de pétroliers, est une préoccupation majeure pour la protection de l'environnement marin (Nugroho D et a., 2021). Les marées noires constituent l'un des risques les plus importants

pour les eaux côtières (Missaoui H-S, Pliez O, 2021). Elles sont soumises à divers processus physiques, chimiques et biologiques d'altération du pétrole qui modifie leur composition chimique, leurs propriétés physiques et leur devenir dans l'environnement (Di Matteo A, Milli M, 2008). Il s'agit des processus d'évaporation, d'émulsification, de dispersion naturelle, de dissolution, de photo-oxydation, d'étalement, de sédimentation, d'interaction avec les particules fines et de biodégradation (Romero-Frasca E et al, 2018). Les taux relatifs de ces processus déterminent les niveaux de dégradation des eaux marines. Le fait que les hydrocarbures restent en mer ou qu'ils soient ramenés sur le rivage influe également sur leur devenir.

L'Algérie est géographiquement, économiquement, politiquement et stratégiquement située sur l'une des principales côtes de la mer Méditerranée. En effet, elle occupe une position stratégique en Méditerranée occidentale. Avec une superficie de 2,4 millions de km<sup>2</sup>, et une façade maritime d'environ 1200 km, face à l'Europe, son principal partenaire économique, notamment pour exporter l'essentiel de son pétrole et de son gaz et importer l'essentiel de ses biens d'équipement et de consommation. Les côtes méditerranéennes abritent plus de vingt États et plus de 400 millions d'habitants, dont environ 130 millions, soit 35 %, vivent dans la zone côtière (Albakjaji M, 2011 ; Gramaglia C, Duchêne É, 2020 ; Spaulding ML, 2017). Le littoral a accueilli environ 300 millions de touristes en 2019, soit 30 % des flux touristiques mondiaux ; environ 50 % de ces visites ont eu lieu sur le littoral (Simno M, Denis E, 2021). La zone côtière est une zone environnementale très sensible (Gramaglia C, Duchêne É, 2020) et est le siège de nombreuses activités maritimes, principalement le transport maritime d'hydrocarbures (Grimes S et al, 2010), l'urbanisation anarchique et les activités portuaires intenses associées à diverses activités industrielles (Remili S, Kerfouf A, 2013). Les accidents de pollution peuvent avoir des impacts catastrophiques sur le milieu marin à long terme.

Le pétrole brut est essentiel au développement mondial (Balogun A, Temitope S, Pradhan B 2021 ; De Senerpont Domis LN, Elser JJ, Gsell AS 2013 ; Guo G, Liu B, Liu C 2020 ; Jing JDH, Wu C, Hamilton JD, Wu JC 2014 ; Keramea P, Spanoudaki K, Zodiatis G 2021 ; Qiao F, Wang G, Yin L 2019). Au fil du temps, l'augmentation de la population mondiale (Gbadamosi AO, Junin R, Manan MA 2019 ; Risal AR, Manan MA, Yekeen N 2019), a multiplié le taux de production de pétrole à environ 9947 milliards de tonnes-milles (Goery C 2012). La production de pétrole en Algérie a atteint environ 48,3 millions de tonnes en 2018. Le nombre de forages d'exploration en 2019 a atteint 80 puits (Cavatorta, F., & Tahchi, B 2019). L'Algérie occupe le 3e rang des pays producteurs de pétrole en Afrique et le 12e rang au niveau mondial. Une part importante est transportée annuellement par voie maritime (Guo G, Liu B, Liu C 2020). Deux milliards de tonnes de marchandises circulent en Méditerranée (Alaa El-Din G, Amer AA, Malsh G, Hussein M, 2018 ; Albakjaji M 2011), dont 370 millions de tonnes d'hydrocarbures transitent annuellement. Vingt-six (26) millions de tonnes de marchandises diverses sont destinées aux ports algériens, dont cent (100) millions de tonnes d'hydrocarbures sont chargées pour l'exportation. Ce dernier, étant la volonté économique et politique de l'Etat, vise à créer une grande zone industrielle près d'Oran, ce qui a transformé la ville, et le port d'Arzew, petit port de pêche, est devenu, en quelques années, un grand port d'hydrocarbures (Afgatiani PM, Putri FA, Suhadha AG, Ibrahim A 2020, Bouda, A., Bachari, N., Nacef, L. et al 2018). Ce dernier reste le plus important et la principale source de l'économie nationale, d'où le choix de

l'application. Le transport maritime est un marché de près de 1,5 trillion d'euros représentant 80% du trafic commercial mondial (Maity JP, Huang Y-H, Lin H-F, Chen C-Y 2021 ; Galindez J 2019).

### **I.6.1 Transport des hydrocarbures dans la mer méditerranée.**

On présentera dans cette partie le transport des hydrocarbures en méditerranée (Fig.I.24), plus précisément le trafic des hydrocarbures dans le port industriel d'Arzew et le port de Bethioua, avec le pourcentage des navires sortants et entrants dans ces deux ports, qui justifie notre choix du site d'étude (Arzew).

La mer méditerranée présente, en superficie, moins de 1 % de la surface mondiale, elle est considérée comme des mers les plus exposées au risque de la pollution par les substances chimiques dangereuses et les hydrocarbures (TELBAHR, 2006).

La vulnérabilité de cette mer est liée à un trafic maritime très dense (près de 40% du trafic maritime mondial marchand passent par nos côtes). Ces quantités viennent s'ajouter aux 100 millions de tonnes de pétrole exportés annuellement par l'Algérie qui reçoit aussi des produits raffinés à travers ses terminaux d'Alger (TELBAHR, 2006).

Par ailleurs, la méditerranée constitue une mer « spéciale » selon les termes de la convention internationale MARPOL 73/78, c'est-à-dire ou tout rejet de produit polluant doit obéir à des règles strictes, ce qui est loin d'être appliqué.

La mer méditerranée se caractérise par une grande diversité biologique, et la plate-forme continentale le long des 46000 kilomètres de côtes abrite des habitats riches et importants. Pour cela il faut la protéger contre tous types de déversement d'hydrocarbures ou autres polluants qui menacent la faune et la flore.

Selon les études réalisées par Kerfouf Ahmed 2010, et selon les différentes études effectuées, ont montré que la part de la pollution par les hydrocarbures due aux accidents des pétroliers est évaluée à 5 à 10 % seulement des quantités d'hydrocarbures déversés dans le milieu marin.

Quel que soit la méthode d'analyse ou le mode de calcul utilisé, la pollution volontaire par rejet des " huiles de vidange et résidus de fioul " ou *SLUDGES* en Méditerranée est donc comprise entre 0,7 et 1,5 millions de tonnes chaque année, soit une moyenne de 1 million de tonnes, ce qui représente l'équivalent de 50 Erika ou 15 Prestige par an ou un naufrage d'Erika par semaine en Méditerranée.

Et selon les données du plan bleu en 2008, en méditerranée, 370 millions de tonnes d'hydrocarbures transitent annuellement. Chaque jour, 250 à 300 pétroliers croisent en méditerranée. Ce sont donc globalement 2000 navires de plus de 100 tonnes présents sur la mer ou au port, et 220 000 navires marchands de plus de 100 tonnes qui traversent la méditerranée chaque année (Laotbozzi.M, 2008-2009).

Le transport par tankers représente la majeure partie des échanges commerciaux maritimes des pays côtiers méditerranéens et domine le commerce maritime inter-méditerranéen. Le transport

par tankers représente un peu moins de 60% de la totalité du commerce maritime entre les pays côtiers méditerranéens (EUROMED, 2008).

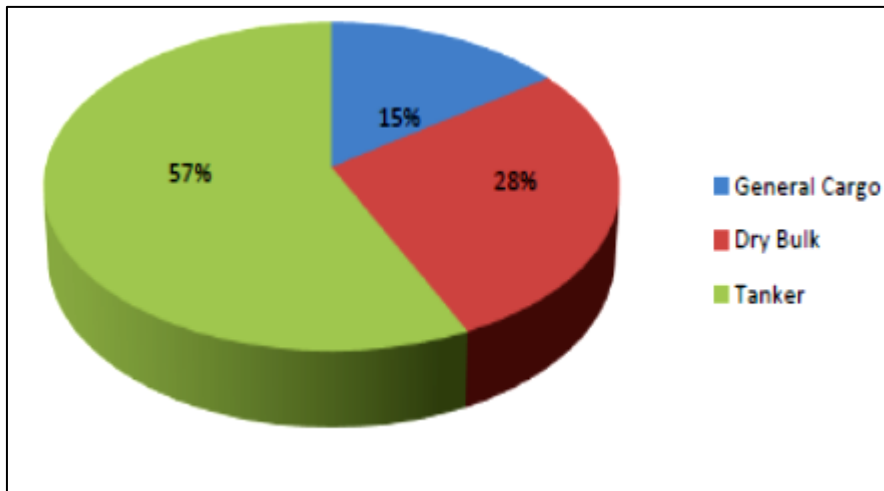


Figure I.24 Trafic maritime entre les états côtiers méditerranéens (Sabatini Martín, L., 2013).

La mer Méditerranée est l'une des mers les plus exposées au risque de pollution par les hydrocarbures et les substances chimiques dangereuses. La vulnérabilité de cette mer est liée à un trafic maritime très dense, notamment au volume important de brut et de produits raffinés transitant par la région. Celle-ci représente la principale voie maritime de transport du pétrole brut à partir des gisements du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord vers les principaux consommateurs. La côte algérienne constitue une voie de navigation et de transit préférentiel des pétroliers et des tankers dans le bassin occidental. Près de 90% des quantités d'hydrocarbures passent à proximité des côtes maghrébines, soit près de 300 millions de tonnes qui y transitent (Telbahr, 2006). Les zones industrielles d'Arzew et de Skikda, les deux principaux pôles pétrochimiques algériens (Fig.I.24) constituent un point d'exportation vital de gaz vers le sud de l'Europe vis les gazoducs (Weinstein L. C, 2013).

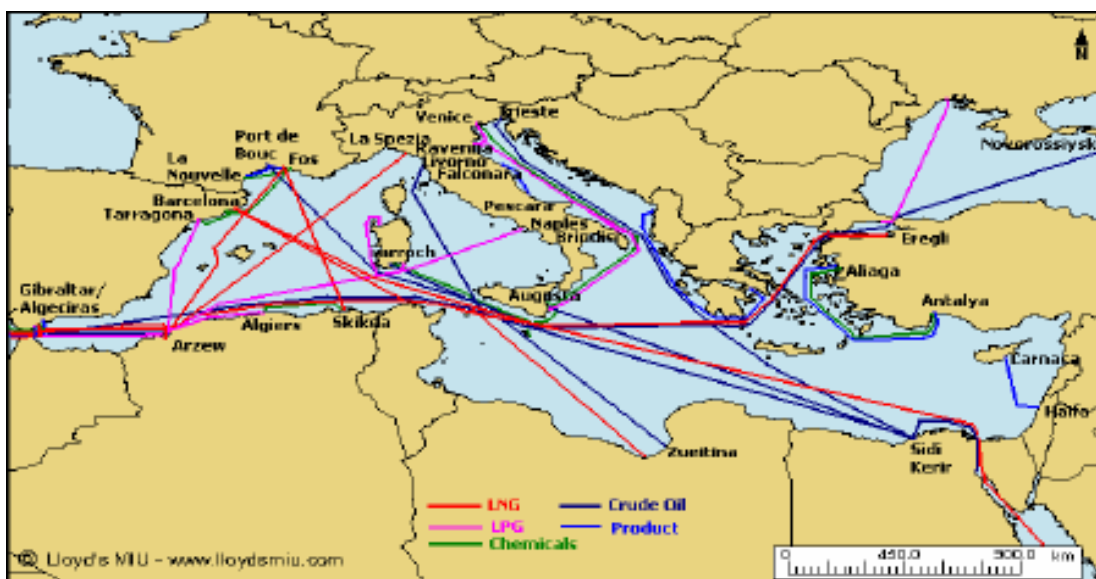


Figure I.25 : Principales route des tankers en Méditerranée en 2006 (source ; Weinstein L. C, 2013).

### I.6.1.1 Les flux du transport de pétrole brut en méditerranée

Dans les ports méditerranéens, en 2006 le volume de pétrole brut chargé s'élève à 220 millions de tonnes. Voici les 10 premiers ports de chargement de pétrole brut en méditerranée, sachant que les 20 premiers ports, en nombre d'escales, représentaient 20% du volume total de pétrole brut chargé en méditerranées (EUROMED 2008).

**Tableau I.7:** Les 10 premiers terminaux/Ports de chargement de pétrole brut.

Terminal/Port	Nombre chargement	Tonnes
Sidi Kerir	715	74 339 769
Arzew	355	40 240 000
Ras lanuf	187	14 065 500
Terminal d'Es Sider	148	14 640 000
Marsa el-Brega	108	6 136 000
Béjaia	95	6 750 000
Terminal de Zueitina	95	7 570 000
Skikda	84	6 650 000
Terminal de Zawia	80	6 800 000
Ceyhan	78	6 480 000

### I.6.1.2 Les flux du transport de GNL en méditerranée

Les volumes annuels de GNL (gaz naturel liquéfié) chargés dans des ports méditerranéens atteignent 31 millions de tonnes. Les 20 premiers ports méditerranéens pour le chargement de GNL, en nombre d'escales, représentent 71% du volume total de GNL chargé en méditerranée.

**Tableau I.8:** Les 10 premiers terminaux/ports de chargement de GNL. (Lloyd's MIU Analysis.2008).

Terminal/Port	Nombre de chargement	Tonnes
Arzew	354	15 033 382
Skikda	40	753 327
Algésiras	37	2 002 524
La Spezia	15	403 428
Escombreras	14	693 774
Edkou	12	667 314
Barcelone	11	497 986
Damiette	10	565 582

<b>Eregli (mer de marmara)</b>	6	350 461
<b>Marsa el-Brega</b>	5	142 800

Les 20 principales liaisons de port à port de méthaniers en charge (432 voyages et 18 millions de tonnes de GNL) représentent 50% du nombre total de voyages des transporteurs de GNL en charge en méditerranée. Dans cette catégorie, plus de la moitié des voyages de navires en charge avaient pour origine le port Algérien d'Arzew (EUROMED 2008).

**Tableau I.9:** Les 10 premiers terminaux/ports de chargement de GNIL (Lloyd's MIU Analysis.2008).

<b>Port d'origine</b>	<b>Port de destination</b>	<b>Voyages</b>	<b>Tonnes</b>
<b>Arzew</b>	Fos	104	2 711 334
<b>Arzew</b>	La Spezia	48	1 356 000
<b>Arzew</b>	Eregli	45	2 534 058
<b>Arzew</b>	Zeebruges	33	2 025 651
<b>Skikda</b>	Fos	33	627 286
<b>Arzew</b>	Montoir	25	1 519 830
<b>Arzew</b>	Barcelone	24	1 017 545
<b>Arzew</b>	Lac Charles	18	1 081 645
<b>Arzew</b>	Huelva	16	631 279
<b>Algésiras</b>	Gibraltar	12	638 763

### I.6.1.3 Les flux du transport de GPL en méditerranée

Les volumes annuels de GPL (gaz de pétrole liquéfié) chargés dans les ports méditerranéens se montent à 19 millions de tonnes. Les 20 premiers ports méditerranéens pour le chargement de GPL, en nombre d'escales, représentent 75% du volume total de GPL chargé en méditerranée. (EUROMED 2008).

**Tableau I.10:** Les 10 premiers ports de chargement de GPL (Sabatini Martín, L., 2013).

<b>de chargement</b>	<b>Nombre de chargement</b>	<b>tonnes</b>
<b>Augusta</b>	381	934 238
<b>Arzew</b>	334	5 286 248
<b>Port-de-Bouc</b>	186	827 993
<b>algésiras</b>	159	1 258 475
<b>Venis</b>	151	329 407
<b>Géla</b>	110	230 408
<b>Alger</b>	104	937 695
<b>Brindisi</b>	95	271 448
<b>Gibraltar</b>	86	1 488 480

Ras lanuf	86	326 531
-----------	----	---------

### I.6.2 Transport des hydrocarbures dans le Golf d'Arzew

Le golf d'Arzew représente une zone économique très importante, à travers le port d'Arzew qui reste le premier port Algérien pour l'exportation des hydrocarbures (Fig.I.26). Ce type de trafic augmente le risque de la pollution dans cette zone.

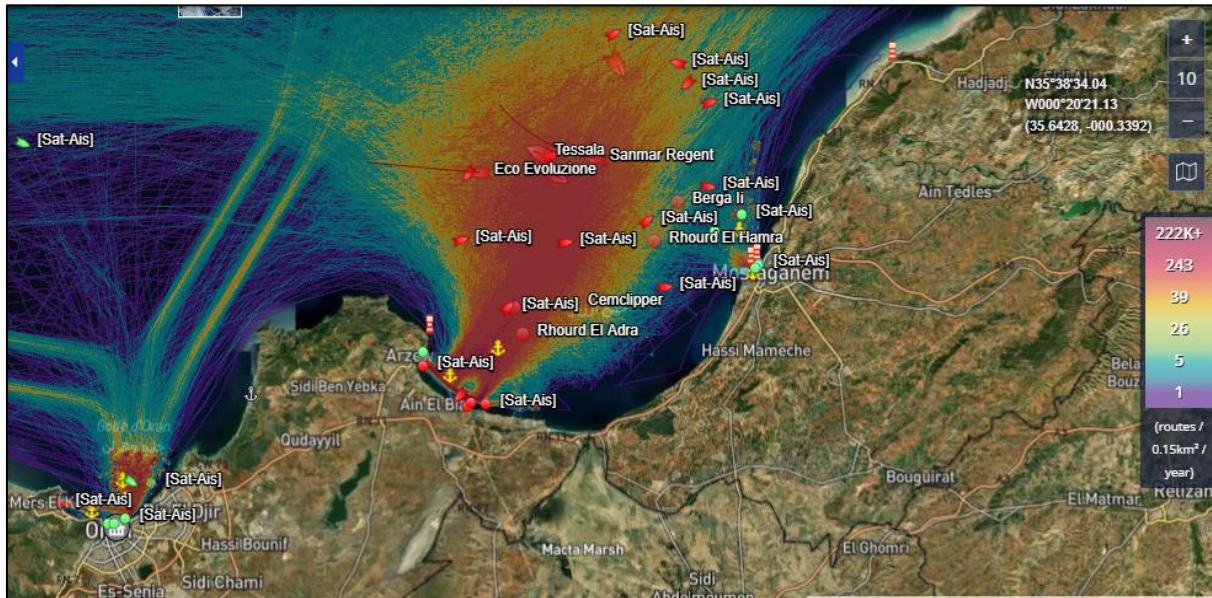


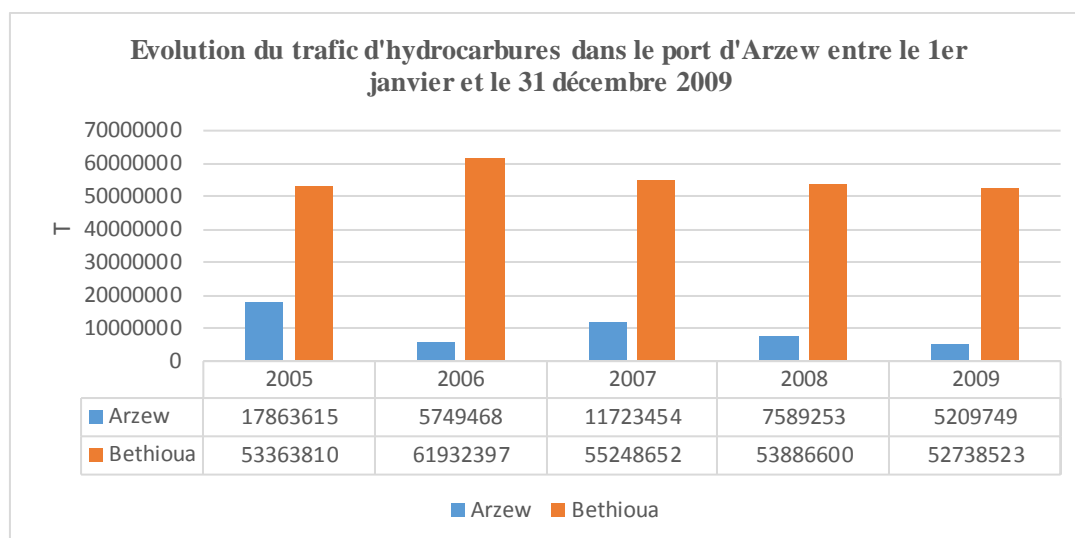
Figure I.26 : Trafic maritime pétrolier dans la baie d'Oran/Arzew 2020-2021 (source : [trafic maritime 2023](#)).

#### I.6.2.1 Le trafic portuaire dans le port d'Arzew

Le rôle principal du port d'Arzew est de charger les différents navires (pétroliers, navires GNL, navires GPL et chimiques ...etc.) venant des différents régions du monde avec du pétrole brute et ses produits raffinés. Ces activités, engendrent de sérieux risques de pollution dans la zone. Le nombre du mouvement des navires, à savoir les navires sortant de et entrant au port d'Arzew est assez important. Le nombre moyen de ces mouvements est approximativement égale à 3000 mouvement par an. Le tableau 11 ci-dessous nous donne le nombre des mouvements chaque année dans la période comprise entre 2005 et 2009.

Tableau I.11: Mouvements (E/S) des navires dans le port d'Arzew période entre 2005 et 2009. (Source : BTGPA, 2011)

Années	2005	2006	2007	2008	2009
Mouvement des navires entrant/sortant	3 549	3 153	2 974	3 078	3 246



**Figure I.27** : Histogramme de l'évolution du trafic d'hydrocarbures dans le port d'Arzew (Source : BTGPA, 2011).

### I.6.2.2 L'évolution du trafic des hydrocarbures dans le port d'Arzew

Les deux ports situant dans le golf d'Arzew, à savoir l'ancien port et le port de Bethioua, représente un tonnage important d'exportation des hydrocarbures, le port de Bethioua représente la majorité de ce tonnage d'une quantité de 52 000 000 tonnes en 2009. Le tableau ci-dessous nous montre le bilan global pendant la période entre 2005 et 2009.

**Tableau I.12:** Bilan du trafic des hydrocarbures dans les deux ports période entre 2005 et 2009 (Source : BTGPA, 2011)

Année port	2005	2006	2007	2008	2009
ARZEW	17 863 615t	5 749 468t	11 723 454t	7 589 253t	5 209 749t
BETHIOUA	53 363 810t	61 932 397t	55 248 652t	53 886 600t	52 738 523t

### I.6.2.3 Le trafic des différents produits dans les deux ports

Nous allons voir dans le tableau ci-dessous les différents produits, à savoir le pétrole brute, le condensat, le GNL, le GPL, les produits raffinés, les marchandises diverses et autres produits en tonnes dans les deux ports, pour l'année 2018.

**Tableau I.13** : Le trafic global par port et par produit année 2018.

produit	Arzew	Bethioua	Trafic total
Pétrole brute	/	25 490 802	25 490 802
condensat	/	5 939 944	5 939 944
GNL	114 851	12 939 944	12 509 250
GPL	1 355 450	5 178 688	6 534 138

<b>Produit raffinés</b>	2 591 727	168 447	2 760 174
<b>Autres produits</b>	597 239	/	597 239
<b>Total hydrocarbures</b>	4 659 267	49 172 280	53 831 547
<b>Marchandise diverses</b>	384 529	49 177 175	389 424

Dans cette partie, nous avons collecté les statistiques concernant le transport des hydrocarbures par voie maritime dans la mer méditerranéenne en général, et dans le golf d'Arzew spécialement, pour justifier notre choix de la zone d'étude, sachant que il ya toujours une relation entre la densité du trafic maritime et les risques des accidents et donc de pollution, ce qui influe sur la qualité de l'eau de mer.

### **I.6.3 Dispositif « Tel bahr » pour prévenir et lutter contre les pollutions accidentelles en mer**

La vulnérabilité de cette mer est liée à un trafic maritime très dense, notamment au volume important de brut et de produits raffinés transitant par la région. Celle-ci représente la principale voie maritime de transport du pétrole brut à partir des gisements du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord vers les principaux consommateurs. La côte algérienne constitue une voie de navigation et de transit préférentiel des pétroliers et des tankers dans le bassin occidental. Près de 90% des quantités d'hydrocarbures passent à proximité des côtes maghrébines, soit près de 300 millions de tonnes qui y transitent (Telbahr, 2006). Les zones industrielles d'Arzew et de Skikda, les deux principaux pôles pétrochimiques algériens constituent un point d'exportation vital de gaz vers le sud de l'Europe vis les gazoducs (Weinstein L. C 2013).

### **I.6.4 Les dommages environnementaux**

Le déversement d'hydrocarbures est devenu un symbole de la pollution humaine. L'image des oiseaux mazoutés est utilisée dans le monde entier pour illustrer les dommages causés à l'environnement par la société industrielle capitaliste. Cette image est puissante, mais elle ne doit pas être considérée comme le seul problème de pollution.

### **I.6.5 Les effets des pollutions aux hydrocarbures sur l'environnement marin**

Les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir des conséquences graves sur l'environnement marin. Les organismes marins peuvent être victimes de deux types d'impacts : physiques et toxiques. Les impacts physiques sont causés par l'engluement et l'étouffement des habitats. Les impacts toxiques sont causés par la contamination des organismes par les hydrocarbures. La gravité de la pollution dépend de plusieurs facteurs, notamment les conditions environnementales et météorologiques, la sensibilité du lieu, la quantité et le type d'hydrocarbures déversés. Ces facteurs influent sur la vitesse de dégradation naturelle des hydrocarbures et sur le temps d'exposition des organismes. (Gentil É. L, 2006).

Les hydrocarbures peuvent avoir des impacts très divers sur l'environnement marin. Souvent qualifiées par les médias de « catastrophes écologiques », les marées noires sont présentées

comme responsables de conséquences terribles pour la survie de la faune et de la flore marines. En cas d'accident majeur, l'impact environnemental à court terme peut être grave et frapper sérieusement les écosystèmes et les populations qui vivent à proximité du littoral contaminé, du point de vue tant de leurs moyens de subsistance que de leur qualité de vie. Les photos d'oiseaux mazoutés à la suite d'un déversement viennent montrer l'idée sur les dégâts écologiques considérables et irréversibles, accompagnés d'une perte inévitable des ressources marines (Aouci N, Kanoun, S, 2020).

- Pour un hydrocarbure lourd, on craint davantage les conséquences physiques. En se déposant sur les côtes, rochers et habitats, il les prive d'oxygène et peut étouffer les organismes. Il se dissipe lentement. En revanche, puisqu'il est moins soluble, il présente moins de risques toxiques.
- Un hydrocarbure léger se dissipe plus rapidement. S'il ne présente pas de risque physique direct, il faut par contre prendre en compte les effets toxiques sur les organismes, notamment ceux vivant à la surface de l'eau et aux alentours qui y seront exposés (les effets comprennent infertilité, dégradation du système immunitaire, etc)

Une évaluation scientifique des effets typiques des déversements d'hydrocarbures démontre que si les dommages sont parfois profonds à l'échelle des organismes individuels, les populations sont plus résilientes. Avec le temps, les processus naturels de rétablissement sont capables de réparer les dégâts et de restaurer les fonctions normales du système. Ces processus peuvent être assistés par la récupération des hydrocarbures dans le cadre d'opérations de nettoyage efficaces, voire accélérés par des mesures de rétablissement gérées avec soin. Si des dommages à long terme ont été enregistrés dans quelques rares cas, les habitats et la vie marine touchés ont généralement tendance à se rétablir en quelques saisons, même après les plus grandes marées noires (Bucas G, 2002).

### I.6.6 I.6 Mécanismes d'impact sur l'environnement des déversements d'hydrocarbures

Les mécanismes d'impact sur l'environnement qui interviennent en cas de déversement d'hydrocarbures sont les suivants :



**Figure I.28** : Les effets typiques sur les organismes marins varient de la toxicité (particulièrement pour les hydrocarbures et les produits pétroliers légers) à l'engluement (fiouls intermédiaires et lourds (IFO et HFO) et résidus vieilliss) (Bucas G, 2002).

### I.6.6.1 L'engluement physique

Il s'agit des dégâts les plus importants causés par les hydrocarbures lourds, et également l'image (fig I.29) que nous gardons des marées noires : ces oiseaux pris au piège dans le goudron et les plages nappées de noir. Ces hydrocarbures sont peu solubles et vont donc se déposer en paquets sur la rive ou flotter à la surface de l'eau. En cas de tempête, ils peuvent également couler jusque dans les fonds marins où ils stagneront un temps indéterminé et feront suffoquer tout un écosystème. Lorsqu'ils se déposent sur un rivage, ces polluants empâtent les petits animaux (tortues, mouettes...) et privent les habitats d'oxygène. Ils entravent les processus de nettoyage naturel, notamment pour les plantes à raz de sol qui se retrouvent privées d'air et de lumière. (Gentil É. L, 2006).



Figure I.29 : Oiseau piégé dans le goudron et les plages pollués par les hydrocarbures.

### I.6.6.2 La toxicité chimique

Principalement causées par les déversements d'hydrocarbures légers, les conséquences de la toxicité sur les organismes exposés sont mesurables à court et à long terme. En effet, en contaminant les végétaux et planctons dans et à la surface de l'eau, les éléments composant le polluant remontent le long de la chaîne alimentaire et leurs effets se répercutent sur plusieurs espèces (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017). On constate notamment des effets néfastes sur la fertilité des poissons, et les chances de survie d'animaux sauvés après un nettoyage sont drastiquement diminuées (Kuznetsov A. N, Fedorov Y. A & Fattal P, 2012).

### I.6.6.3 Le déséquilibre des communautés

En décimant en un très court laps de temps une importante part de population d'une espèce, la pollution déséquilibre l'écosystème. En effet, certaines espèces ont un mode de reproduction consistant en de grandes lâchées d'oeufs pour compenser la forte mortalité des progénitures. Ce système de démographie rapide est capable d'encaisser de grandes pertes d'individus, au contraire d'espèces avec un cycle de reproduction plus long ou une communauté naturellement plus petite. En fonction également de la prédation de l'endroit et de la disparition de certaines

proies, ces destructions peuvent avoir un impact important sur les populations et la préservation des espèces en favorisant la prolifération de certaines au dépend d'autres (Gentil É. L, 2006).

#### I.6.6.4 Les effets indirects

La perte des habitats, le plus souvent due aux hydrocarbures lourds, et le bousculement de la chaîne alimentaire compliquent le bon rétablissement des espèces. Il faut aussi considérer l'impact économique et social pour les populations humaines à proximité, notamment sur la perte de ressources (pêche, ...) et du tourisme, l'odeur incommode etc.

La nature et la durée des effets d'un déversement d'hydrocarbure dépendent de facteurs très divers. Parmi eux ; la quantité et le type d'hydrocarbure déversé ; son comportement dans l'environnement marin ; les conditions ambiantes et les caractéristiques physiques du site du déversement ; et la période à laquelle il se produit, eu égard en particulier à la saison et aux conditions météorologiques qui prévalent. D'autres facteurs capitaux sont la composition biologique de l'environnement affecté, l'importance écologique des espèces et leur sensibilité à la pollution par les hydrocarbures. Le choix et la sélection de technique de nettoyage appropriée et l'efficacité avec laquelle les opérations de dépollution sont menées peuvent également avoir une influence significative sur les effets d'un déversement. (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

Les effets potentiels d'un déversement dépendent en outre de la vitesse à laquelle le polluant est dilué ou dissipé par les processus naturels. En plus d'influer sur l'étendue géographique de la zone touchée, celle-ci détermine si les ressources environnementales sensibles sont exposées à de fortes concentrations d'hydrocarbure ou de composants toxiques, sur une durée significative. Le degré de sensibilité ou de vulnérabilité des organismes à la pollution par les hydrocarbures est du même ordre d'importance. Les organismes vulnérables sont ceux qui, parce qu'ils évoluent généralement à la surface ou au bord de l'eau, sont plus susceptibles d'entrer en contact avec le polluant. Les organismes sensibles sont ceux qui seraient extrêmement affectés par une exposition à l'hydrocarbure ou à ses composants chimiques. Les organismes moins sensibles supporteront probablement une exposition à court terme. Plusieurs pays ont cartographié leurs littoraux et attribué des indices de sensibilité accordent un indice plus élevé aux récifs coralliens et aux mangroves par exemple ou aux marais maritimes mais un indice généralement moins faible aux plages de sable (Comeau, J. F, 1992).

Les caractéristiques de l'hydrocarbure déversé jouent un rôle important dans la détermination de l'étendue des dommages. Un déversement d'une grande quantité d'hydrocarbure persistant, tel que du fioul lourd (HFO), peut causer des dommages considérables dans les zones intertidales des littoraux, par engluement. Des effets toxiques sont moins probables dans le cas d'un HFO ou d'un hydrocarbure très visqueux peu soluble dans l'eau en raison de la faible disponibilité biologique de leurs composants chimiques. Les hydrocarbures incorporés dans les 'revêtements d'asphalte' (mélange aggloméré d'hydrocarbure très vieilli et de galets) sont eux aussi moins biodisponibles, indépendamment de la durée de leur présence sur le littoral. Des dommages indirects sont toutefois possibles en raison de l'altération des habitats.

Les compositions chimiques des hydrocarbures légers, plus biodisponibles, par exemple le kérosène, sont quant à eux plus susceptibles d'entraîner des dommages par toxicité. Cependant, grâce à la dissipation rapide par évaporation et dispersion, les hydrocarbures légers peuvent être moins nuisibles dans l'ensemble, à conditions que les ressources sensibles soient suffisamment éloignées du site du déversement. En revanche, des effets plus graves et plus durables peuvent être observés dans les situations où la dilution est ralentie, par exemple quand le polluant est piégé dans des sédiments vaseux ou des zones confinées, notamment les lagons peu profonds avec faible échange d'eau. A des niveaux d'exposition inférieurs aux niveaux mortels, la présence de composants toxiques peut donner lieu à des effets subletéau, tels que des troubles de l'alimentation ou de la reproduction (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

L'environnement marin est extrêmement complexe et les fluctuations naturelles de la composition, de l'abondance et de la répartition des espèces dans le temps et dans l'espace sont une caractéristique fondamentale de son fonctionnement normal. Au sein de cet environnement, les animaux et les végétaux marins manifestent des degrés variés de résistance naturelle à l'altération de leurs habitats. L'adaptation naturelle des organismes au stress environnemental, ainsi que leurs stratégies reproductives, sont des mécanismes importants qui entrent en jeu pour supporter les fluctuations quotidiennes et saisonnières des conditions ambiantes. C'est cette résilience innée qui permet à certains végétaux et animaux de supporter un certain niveau de contamination par les hydrocarbures. Les déversements ne constituent néanmoins pas la seule pression anthropogénique exercée sur les habitats marins. La surexploitation généralisée des ressources naturelles et la pollution urbaine et industrielle chronique contribuent elles aussi considérablement au degré de variabilité constaté au sein des écosystèmes marins. Sur fond de forte variabilité naturelle, les dommages plus subtils infligés par un déversement d'hydrocarbures, tels que la baisse du succès reproducteur, de la productivité ou de la biodiversité, peuvent être difficiles à détecter.

#### **I.6.6.5 Rétablissement de l'environnement marin**

La capacité de l'environnement marin à se rétablir à la suite de graves perturbations est fonction de sa complexité et de sa résilience. Le rétablissement suite à des phénomènes extrêmement destructeurs, tels que les ouragans et les tsunamis, démontre que l'écosystème sont capables de se reconstituer avec le temps, même après de graves perturbations accompagnées de mortalités importantes. Si la définition de rétablissement et du point auquel un écosystème peut être considéré comme rétabli est largement débattue, le fait que la variabilité naturelle des écosystèmes rend un retour identique aux conditions initiales peu probable est généralement accepté. La plupart des définitions du rétablissement tendent plutôt à être centrées sur la notion de reconstruction d'une communauté végétale ou animale caractéristique de l'habitat et fonctionnant normalement en termes de biodiversité et de productivité (Sahine, S. 2020).

Ce principe peut être illustré par le cas des opérations de nettoyages inappropriées à la suite du naufrage du pétrolier *Torrey Canyon* au large de l'Angleterre en 1967, au cours desquelles

l'emploi d'agents nettoyants toxiques sur des littoraux rocheux a causé des dommages considérables. Bien que la répartition précise d'espèces particulières présentes ait été altérée et que les effets du sinistre aient été ressentis pendant plus de deux décennies, le fonctionnement général, la biodiversité et la productivité de l'écosystème ont été rétablis en un à deux ans. Selon la définition proposée ci-dessus, il est possible de dire que la communauté du littoral rocheux se soit rétablie au cours de cette période de deux ans. Les limites de cette définition se sont néanmoins clairement manifestées dans la répartition par classes d'âge des organismes. Au lieu de l'éventail complet des âges antérieur à l'accident, des juvéniles aux organismes adultes, les végétaux et les animaux nouvellement recrutés appartenaient à une tranche d'âge étroite, résultant en une communauté initialement moins robuste.

Les mécanismes de rétablissement ont évolué en fonction des pressions exercées par la prédation et les autres causes de mortalité par exemple, l'une des stratégies reproductives les plus importantes chez les organismes marins est la ponte massive synchronisée : de très grands nombres d'œufs et de larves sont libérés dans le plancton puis distribués par les courants. Dans la plupart des cas, seuls quelques individus sur un million survivent jusqu'à l'âge adulte. Cette forte fécondité donne lieu à une surproduction de juvéniles, c'est-à-dire un réservoir considérable non seulement pour la colonisation de nouvelles zones et le recrutement dans les zones affectées par un déversement, mais aussi pour compenser la mortalité naturelle au sein des populations. En revanche, les espèces longévives qui n'atteignent leur maturité sexuelle qu'à un âge avancé, et qui ne se reproduisent que peu, sont susceptibles de mettre plus longtemps à se rétablir après les effets d'une pollution (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

Dans la plupart des cas, le rétablissement se fait sur quelques cycles saisonniers ; une à trois années suffit pour la grande majorité des habitats, à l'exception des mangroves.

#### **I.6.6.6 Les environnements marins**

Les sections suivantes s'intéressent aux différents types de dommages dus aux hydrocarbures déversés par les navires dans divers environnements.

##### **I.6.6.6.1 Pleine mer et eaux littorales**

La plupart des hydrocarbures flottent à la surface de la mer et sont étalés sur de vastes surfaces par les vagues, le vent et les courants. Certains hydrocarbures à faible viscosité peuvent se disperser naturellement dans les quelques mètres supérieurs de la colonne d'eau, notamment en présence de vagues déferlantes. Ils sont alors rapidement dilués. Si le rejet est continu dans le temps, des concentrations d'hydrocarbure dispersé dans les couches supérieures de la colonne d'eau risquent d'être observées à proximité du point de rejet. L'impact de l'hydrocarbure déversé sur les espèces qui se trouvent plus profondément dans la colonne d'eau ou sur le fond marin reste néanmoins faible, à moins que les dommages ne soient causés par des épaves coulées, des

déversements d'hydrocarbures très lourds (ou à faible degré API (Masse volumique de l'American Petroleum Institute) ou des résidus goudronneux d'incendies d'hydrocarbures (Comeau, J. F, 1992).

**Tableau I.14:** Temps indicatif de rétablissement suite à une pollution par les hydrocarbures, pour divers habitats. Le temps dépend de nombreux facteurs, dont la quantité et le type d'hydrocarbures déversés. Le rétablissement est défini ici comme la phase à laquelle l'habitat fonctionne normalement.

Habitat	Période de rétablissement
Plancton	Semaines/mois
Plages de sable	1 – 2 ans
Côtes rocheuses exposées	1 – 3 ans
Côtes rocheuses abritées	1 – 5 ans
Marais maritimes	3 – 5 ans
Mangroves	10 ans et plus

#### I.6.6.2 Plancton

Les zones pélagiques des mers et des océans font vivre une myriade d'organismes planctoniques simples, dont des bactéries, des végétaux (le phytoplancton) et des animaux (le zooplancton). Les œufs et les larves de poissons et d'invertébrés en font partie, y compris ceux qui vivront ensuite sur le fond marin ou le littoral. Le plancton subit naturellement des niveaux extrêmement élevés de mortalité, dus principalement à la prédation mais aussi à l'altération des conditions environnementales et au transport physique vers des régions où la survie est impossible. En revanche, des conditions particulièrement favorables, avec abondance de nutriments, peuvent donner lieu à des proliférations planctoniques spectaculaires, notamment au printemps dans les climats tempérés (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017). Lorsque l'approvisionnement en nutriments s'affaiblit ou que les nutriments sont consommés, les populations s'effondrent et les organismes morts se biodégradent et tombent sur le fond marin. L'écosystème a évolué en fonction de ces extrêmes, veillant à une production massive dans des temps de génération courts. Par conséquent, la répartition du plancton est souvent extrêmement hétérogène, tant dans l'espace que dans le temps, le classant ainsi parmi les communautés marines les plus variables.

La sensibilité des organismes planctoniques à l'exposition aux hydrocarbures est bien établie et des impacts considérables paraissent possibles. Cependant, la surproduction généralement massive d'organismes aux premiers stades du cycle de vie génère un effet tampon pour le recrutement à partir des zones voisines non affectées par le déversement. Les pertes d'œufs et

de larves étant ainsi compensées, des déclin des populations adultes à la suite de déversements n'ont pas été observés.

#### **I.6.6.3 Poissons**

En dépit de la sensibilité des poissons aux stades juvéniles à des concentrations relativement faibles d'hydrocarbures dans la colonne d'eau, les poissons adultes sont plus résilients. Des effets sur les stocks pélagiques n'ont que rarement été détectés. Il semble que les poissons pélagiques évitent activement les hydrocarbures (Kiss, A. C. 1994). Si un appauvrissement de la cohorte de l'année d'une espèce particulière a été enregistré dans des circonstances exceptionnelles, les mortalités en masse sont rares. Les mortalités constatées ont été associées à de très fortes concentrations localisées d'hydrocarbure dispersé dans la colonne d'eau par conditions de tempête, au rejet de quantités importantes d'hydrocarbures légers dans la zone de déferlement le long d'un littoral, ou à des déversements survenus sur des fleuves (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

#### **I.6.6.4 Oiseaux marins**

Les oiseaux marins sont les animaux les plus vulnérables en pleine mer, pouvant périr en grands nombres lors d'accidents majeurs. Les canards marins (macreuses, eiders), alcidés (guillemots, pingouins) et autres espèces qui évoluent en bandes à la surface de la mer sont particulièrement menacés. Cependant, une forte mortalité parmi des populations d'oiseaux marins peut également être due à des causes indépendantes, telles que des tempêtes ou la perte de ressources alimentaires ou d'habitat. Des autopsies peuvent éventuellement être nécessaires pour établir la cause de la mort et déterminer si elle peut être attribuée à un accident particulier.

La souillure du plumage est l'effet le plus évident de la pollution par les hydrocarbures sur les oiseaux. Le plumage sert à retenir l'air chaud contre la peau, assurant à la fois flottaison et isolation. Lorsqu'elle est enduite d'hydrocarbure, la couche protectrice de plumes et de duvet isolant est déstructurée, laissant entrer l'eau de mer en contact direct avec la peau. La perte de chaleur qui en résulte peut entraîner la mort de l'oiseau par hypothermie. Dans les climats froids, une petite tache d'hydrocarbure sur le plumage d'un oiseau peut suffire à causer sa mort. De nombreuses espèces possèdent une couche de graisse sous la peau, qui sert à la fois de couche isolante supplémentaire et de réserve d'énergie. Cette réserve peut être rapidement consommée par les efforts de l'oiseau pour se protéger du froid. Un oiseau qui souffre de froid, d'épuisement et d'une perte de flottaison peut se noyer. Par ailleurs, le plumage mazouté réduit la capacité de l'oiseau à s'envoler en quête de nourriture ou pour échapper à ses prédateurs (Kamal, T. F, 2019).

Un oiseau mazouté se lisse instinctivement les plumes, risquant ainsi d'étaler le polluant sur des parties de son corps non souillées. L'ingestion du polluant est fort probable et peut avoir des effets graves, comme la congestion pulmonaire, l'hémorragie intestinale ou pulmonaire, la pneumonie et des lésions du foie et des reins. De retour au nid, l'hydrocarbure peut être transféré du plumage de l'oiseau à celui de ses poussins ou aux œufs qu'il couve. La contamination des œufs par un hydrocarbure peut réduire l'épaisseur de la coquille, empêcher

l'éclosion et causer des anomalies du développement de l'oisillon.

Il n'existe pas de lien clair entre la quantité d'hydrocarbure déversée et l'impact probable sur les oiseaux marins. Un déversement de faible ampleur pendant la saison de reproduction, ou dans des zones de rassemblement d'importantes populations d'oiseaux marins, peut s'avérer beaucoup plus dommageable qu'un plus grand déversement à une autre période de l'année ou dans un autre environnement. Certaines espèces réagissent à la réduction de l'effectif des colonies en pondant davantage d'œufs, en se reproduisant plus fréquemment ou par un mécanisme de recrutement des juvéniles plus précoce dans le groupe reproducteur. Ces processus peuvent faciliter le rétablissement mais celui-ci peut prendre plusieurs années et dépend également de la disponibilité de nourriture et d'habitat ainsi que d'autres facteurs. Bien que le constat de pertes à court et moyen terme n'ait rien d'inhabituel, les mécanismes de rétablissement ci-dessus peuvent réussir à prévenir les impacts à long terme à l'échelle d'une population. Cependant, dans certaines circonstances, un déversement d'hydrocarbures risque de faire basculer une colonie marginale dans une situation de déclin permanent (Konan, K. E, & Hamamata, S. J. N 2022).

Le nettoyage et la réhabilitation des oiseaux mazoutés peuvent être tentés mais, dans le cas de nombreuses espèces, seul un petit nombre des oiseaux traités réussit généralement à survivre au nettoyage. Une proportion encore plus faible des oiseaux nettoyés libérés survit dans la nature et réussit à se reproduire. Les manchots font souvent exception et sont généralement plus résilients que de nombreuses autres espèces. À condition d'être correctement manipulés, la plupart survivront probablement au nettoyage et rejoindront des colonies reproductrices.

#### **I.6.6.6.5 Mammifères et reptiles marins**

Les baleines, les dauphins et autres cétacés peuvent être menacés par les hydrocarbures flottants lorsqu'ils viennent à la surface pour respirer ou lorsqu'ils sautent hors de l'eau. Des lésions des tissus nasaux et des yeux causées par les hydrocarbures ont été postulées. Cependant, lorsque des mortalités ont été enregistrées, les nécropsies ont généralement conclu que la mort était due à des causes autres que la pollution par les hydrocarbures. Alors que l'on pourrait croire les grands mammifères marins tropicaux – tels que les siréniens herbivores (lamantins et dugongs) – vulnérables, les cas signalés de dommages dus à la pollution par les hydrocarbures chez ces animaux sont très rares. Les phoques, les loutres et autres mammifères marins qui sortent de l'eau ou passent un certain temps à terre sont cependant plus susceptibles de rencontrer des hydrocarbures et de souffrir de leurs effets. Les espèces qui dépendent de leur pelage pour réguler leur température corporelle sont les plus menacées par les hydrocarbures. En effet, les animaux peuvent mourir d'hypothermie ou d'hyperthermie, selon la saison, si leur pelage est mêlé d'hydrocarbures.



**Figure I.30** : Tortue imbriquée juvénile en train d'être nettoyée.

Les hydrocarbures flottants peuvent être une menace pour les reptiles marins, tels que les tortues, les iguanes marins et les serpents de mer. Les tortues sont plus particulièrement vulnérables pendant la saison de ponte. Il peut y avoir perte d'œufs et de juvéniles si l'hydrocarbure s'échoue sur les plages de sable ou si les nids sont perturbés pendant les opérations de nettoyage. Les adultes peuvent subir une inflammation de la membrane muqueuse, qui accroît leur prédisposition aux infections. Les cas de tortues mazoutées nettoyées et relâchées en mer sont cependant nombreux. Toutes les espèces de tortue de mer sont menacées par les activités humaines, principalement en raison des prises accidentelles pendant la pêche, d'un ciblage délibéré pour leur chair et leur carapace, et de la perte d'habitat (Berthod, C, Toupoint N, Laplante J. F, Lemaire N, Bénard-Déraspe M. H & Saint-Louis R, 2019).

#### **I.6.6.6 Eaux intérieures peu profondes**

Dans les eaux peu profondes, les dommages sont le plus souvent causés par les hydrocarbures brassés dans la colonne d'eau sous l'effet puissant des vagues ou par un usage inapproprié de dispersants trop près du rivage. Dans de nombreuses circonstances, la capacité de dilution, par exemple due au renouvellement de l'eau par les marées, suffit à maintenir les concentrations d'hydrocarbure dans l'eau au-dessous des seuils de toxicité/nocivité. En revanche, lorsque des produits raffinés légers ou des pétroles bruts légers sont dispersés dans les eaux peu profondes, donnant lieu à de fortes concentrations des composants toxiques de l'hydrocarbure, une mortalité des espèces animales qui vivent sur le fond marin (benthiques) et de celles qui vivent dans le sédiment a été constatée (Angelliaume, S. 2020)

#### **I.6.6.7 Phanérogames marines**

Différentes espèces de phanérogames marines vivent dans les eaux tempérées et tropicales. Elles permettent la survie d'un écosystème très divers et productif en abritant de nombreux autres organismes. Les herbiers ralentissent les courants marins, ce qui accroît la sédimentation, tandis que les structures racinaires stabilisent le fond marin, ce qui protège les zones côtières de l'érosion. Un hydrocarbure flottant est très susceptible de passer au-dessus des herbiers sans effets nocifs (Madani A, 2019)

Cependant, si l'hydrocarbure ou ses composants toxiques sont brassés dans ces eaux côtières peu profondes et atteignent des concentrations suffisamment élevées, l'herbier et les organismes associés risquent d'en subir les effets délétères. Les opérations de nettoyage dans le voisinage d'herbiers de phanérogames marines doivent être entreprises avec soin car les plantes peuvent être déchiquetées ou arrachées par les hélices des navires et les ancrs des barrages.

#### **I.6.6.6.8 Coraux**

Les récifs coralliens fournissent un écosystème extrêmement riche et divers, sont très productifs et protègent les littoraux exposés. Les coraux sont des organismes très sensibles, qui peuvent mettre très longtemps à se rétablir d'une pollution. Les hydrocarbures dispersés présentent le plus grand risque d'impact sur les récifs coralliens, plus particulièrement lorsqu'une turbulence accrue due aux vagues déferlantes favorise la dispersion naturelle de l'hydrocarbure déversé et lorsque des dispersants sont employés. Les communautés qui vivent dans cet habitat sont elles aussi sensibles aux hydrocarbures, d'où la nécessité de ne pas utiliser de dispersants dans le voisinage de récifs coralliens. Dans quelques cas rares, des récifs coralliens peuvent émerger lors des marées de vives-eaux, risquant alors d'être englués par les hydrocarbures flottants (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

Les échouements de navires sont plus dommageables pour les récifs coralliens que la pollution par les hydrocarbures. D'autres impacts anthropogéniques peuvent également nuire aux coraux, notamment la surpêche ou les pratiques de pêche destructrices, la pollution par les sels nutritifs et la sédimentation accrue due à la déforestation et aux projets de construction côtière.

#### **I.6.6.6.9 Littoraux**

Les littoraux sont plus exposés aux effets des hydrocarbures que toute autre partie de l'environnement marin. Cependant, la grande majorité des espèces de faune et de flore présentes sur le rivage sont naturellement résilientes et capables de tolérer le cycle des marées ainsi que l'exposition périodique à des vagues violentes, des vents desséchants, des extrêmes de température, des variations de salinité en fonction de la pluviosité et autres agressions sévères. Cette tolérance permet également à de nombreux organismes qui vivent sur le littoral de supporter les effets d'une pollution et de se rétablir.

#### **I.6.6.6.10 Littoraux rocheux et sableux**

En raison de leur exposition aux effets décapants de l'action des vagues et des courants de marée, les littoraux rocheux et sableux sont les plus résistants aux conséquences d'un déversement. Par ailleurs, ce décapage permet généralement à un auto-nettoyage naturel et rapide de se produire. Dans les climats tempérés, l'impact sur les littoraux rocheux se traduit souvent, par exemple, par une disparition temporaire de la patelle commune (*Patella vulgata*), une espèce dite « clé de voûte » de gastéropode marin. On appelle clé de voûte les espèces végétales ou animales qui exercent une influence déterminante sur l'écosystème, disproportionnée par

rapport à leur biomasse, et dont le retrait est susceptible d'entraîner une modification radicale de cet écosystème (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017). Les patelles qui broutent les micro-algues à la surface des rochers limitent la croissance algale et le développement d'autre faune. Ainsi, leur perte entraîne généralement une croissance rapide d'algues vertes opportunistes. Avec le temps, cette croissance algale est remplacée par d'autres espèces d'algues et, au fur et à mesure que de l'espace se libère pour permettre aux patelles de recoloniser la surface rocheuse, l'équilibre écologique est graduellement rétabli. Sur les littoraux tropicaux et subtropicaux sableux, les crabes fantômes (*Ocypode sp.*) occupent une niche écologique analogue à celle des patelles, et des taux de mortalité élevés sont courants en cas de pollution des littoraux par les hydrocarbures. En dépit de cela, les crabes recolonisent souvent les plages en nombres plus ou moins égaux, quelques semaines seulement après que les littoraux sont redevenus propres.

#### **I.6.6.6.11 Littoraux sédimentaires meubles**

Les sables fins et la vase se trouvent dans les zones abritées des vagues, y compris les estuaires, et tendent à être biologiquement très productifs. Ils subviennent aux besoins d'importantes populations d'oiseaux migrateurs et d'invertébrés vivant dans le sédiment, dont les bivalves, et constituent également des zones de nourricerie pour certaines espèces.

Les impacts de la pollution ne sont pas aussi facilement ressentis sur les sédiments fins que sur d'autres substrats, mais les hydrocarbures peuvent toutefois être incorporés par floculation avec le sédiment mis en suspension par les tempêtes, ou par pénétration dans les galeries de vers et le long des tiges de végétaux. Les polluants qui réussissent à pénétrer dans les sédiments fins peuvent persister pendant de nombreuses années, accroissant ainsi la probabilité d'effets au long terme.

#### **I.6.6.6.12 Marais maritimes**

Les marais maritimes sont des étendues de terre basses, situées sur les littoraux sédimentaires meubles. Ils sont recouverts d'une végétation palustre composée de plantes ligneuses, de plantes grasses et de graminées. Les marais maritimes se trouvent dans le monde entier, des régions subpolaires aux tropiques. En zone tropicale, ils sont souvent associés aux mangroves, qui occupent les zones intertidales supérieures et inférieures. La composition spécifique des marais maritimes est déterminée par le gradient de salinité. Par exemple, dans les eaux saumâtres en amont des estuaires, les marais sont dominés par les roselières. Les marais maritimes jouent un rôle important dans les écosystèmes côtiers. Ils abritent une grande diversité d'espèces, notamment des oiseaux migrateurs. De nombreux marais maritimes sont protégés au titre de la Convention de Ramsar (Serrafi L, Sahridj N, 2020).

L'impact d'un déversement d'hydrocarbures sur les marais maritimes dépend de la période de l'année à laquelle il se produit par rapport aux périodes de croissance des végétaux. Les marais des régions tempérées ou froides sont en repos pendant les mois d'hiver, tandis qu'en Méditerranée, la croissance est lente pendant les hautes températures estivales. Un seul événement est peu susceptible de causer plus que des effets temporaires, mais des dommages au plus long terme, éventuellement sur plusieurs années, peuvent être infligés par une pollution par les hydrocarbures répétée, chronique, ou par une activité de nettoyage agressive,

avec piétinement, utilisation d'engins lourds ou collecte du substrat contaminé. Parce qu'il est difficile de nettoyer un marais maritime sans risquer d'infliger davantage de dégâts, il est souvent recommandé de confier le nettoyage aux processus naturels. Cependant, si la combustion ou la coupe de la végétation sont envisagées, il est préférable d'attendre que la végétation ait dépéri. En règle générale, tant que les racines ou les bulbes des plantes ne sont pas très pollués ou excessivement écrasés pendant le nettoyage, la repousse saisonnière devrait se produire.



**Figure I.31** : Les littoraux rocheux, souvent exposés au vent et aux vagues, peuvent parfois s'auto-nettoyer rapidement. Les organismes, y compris les patelles, peuvent être affectés par les hydrocarbures.

Une mortalité importante peut favoriser l'abondance de flore opportuniste (algues et varech) qui serait autrement contrôlée par le broutage. Avec le temps, les espèces se rétablissent et l'équilibre est retrouvé. Les organismes qui vivent dans l'écosystème des mangroves peuvent subir à la fois les effets directs de l'hydrocarbure et, à plus long terme, la perte de leur habitat. Si le rétablissement naturel de l'écosystème complexe des mangroves peut demander beaucoup de temps, diverses mesures de réhabilitation offrent un réel potentiel d'accélération.

#### **I.6.6.7 Dommages à long terme**

Une opération de nettoyage efficace implique normalement de collecter les accumulations d'hydrocarbure, de réduire l'étendue géographique et la durée des dommages dus à la pollution et de permettre au rétablissement naturel de commencer. Cependant, les méthodes de nettoyage agressives peuvent causer des dégâts supplémentaires et les processus de nettoyage naturels sont

parfois préférables (Serrafi L, Sahridj N, 2020). Dans le temps, plusieurs facteurs réduisent la toxicité des hydrocarbures, de telle sorte que le substrat contaminé peut permettre de nouvelles pousses. Par exemple, les hydrocarbures peuvent être entraînés par la pluie et les marées ; au fur et à mesure qu'ils vieillissent, les fractions volatiles s'évaporent, ne laissant que les résidus moins toxiques. Étant donné la très forte capacité de rétablissement naturel de l'environnement marin, l'impact d'un déversement d'hydrocarbures est généralement localisé et transitoire. Il n'existe que peu d'exemples documentés de dommages au long terme. Cependant, dans certaines circonstances spécifiques, les dommages peuvent être persistants et l'écosystème rester affaibli plus longtemps. Les circonstances qui tendent à aboutir à des dommages graves à long terme sont associées à la persistance de l'hydrocarbure, particulièrement lorsqu'il est piégé dans le sédiment et protégé contre les processus de vieillissement normaux. Les habitats abrités, tels que les marais, les grèves de cailloutis et les eaux littorales en sont autant d'exemples, surtout lorsqu'un déversement d'hydrocarbures coïncide avec des conditions de tempête. L'inondation d'un marais par une marée de tempête, accompagnée des conditions turbulentes associées, est susceptible de mettre des sédiments fins en suspension et en contact avec des hydrocarbures naturellement dispersés. Lorsque la tempête se calme, l'hydrocarbure incorporé dans le sédiment se dépose sur le fond du marais. Des circonstances analogues aboutissent à l'incorporation d'hydrocarbure dans des sédiments fins qui se déposent dans les eaux littorales. Dans les deux cas, les conditions anaérobies ralentissent toute dégradation de l'hydrocarbure. Sur les grèves de cailloutis, le vieillissement du mélange d'hydrocarbure et cailloutis peut former un revêtement d'asphalte capable de persister longtemps. Les produits pétroliers qui sont plus denses que l'eau de mer, tels que les hydrocarbures très lourds ou les résidus d'incendie, tombent sur le fond où ils peuvent rester sans être perturbés pendant des périodes indéterminées et causer l'étouffement localisé des organismes benthiques.

#### **I.6.6.8 Études post-déversement**

Les recherches sur les effets de la pollution par les hydrocarbures se sont intéressées à la quasi-totalité des accidents majeurs depuis le naufrage du *Torrey Canyon*. C'est ainsi que l'on dispose aujourd'hui de connaissances importantes sur les effets environnementaux probables d'un déversement. Étant donné ce niveau de connaissances, il n'est ni nécessaire ni approprié d'envisager des études post-déversement après chaque déversement. Cependant, afin de déterminer l'étendue, la nature et la durée spécifiques de l'impact attribuable aux circonstances particulières d'un accident, des études post-déversement sont parfois nécessaires. Étant donné que les effets de la pollution par les hydrocarbures sont, pour la plupart, bien compris et prévisibles, il est important que les études s'intéressent à la quantification des dommages visibles plutôt qu'à l'investigation d'un large éventail d'impacts hypothétiques. Compte tenu de la variabilité de l'environnement marin, l'étude d'un éventail très divers d'impacts potentiels donnera presque certainement des résultats peu probants (Bérubé R, 2021).

Les techniques disponibles pour l'analyse chimique des polluants évoluent continuellement. Les concentrations des composants potentiellement toxiques de l'hydrocarbure peuvent désormais être mesurées en parties par trillion (ppt, ng/kg,  $1 \times 10^{-12}$ ). L'un des objectifs les plus importants

de l'évaluation des dommages est à la fois d'établir les processus des impacts observés et de procéder à l'identification qualitative du composant spécifique de l'hydrocarbure responsable de la contamination, notamment dans les environnements à pollution chronique. Une analyse par chromatographie en phase gazeuse liée à la spectrométrie de masse (GC-MS) est généralement employée (Aouci N, Kanoun, S, 2020).

Des biomarqueurs sont habituellement utilisés pour détecter, chez les animaux, l'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) trouvés dans le pétrole brut et les produits pétroliers. Par exemple, une mesure de l'activité éthoxyrésorufine- O-dééthylase (EROD) détecte les niveaux enzymatiques dans le tissu hépatique, qui intervient à la fois dans le métabolisme et l'élimination des toxines ainsi que dans le développement de tumeurs cancéreuses. Cette technique est suffisamment sensible pour indiquer l'exposition aux HAP sans contamination corporelle détectable et peut donc donner une alerte précoce de dommages potentiels (Bérubé R, 2021). Cependant, les changements de niveaux d'activité enzymatique sont également indicateurs d'autres causes d'agression, telles que la présence d'autres matériaux toxiques analogues sans rapport avec l'hydrocarbure. Les niveaux d'activité reflètent également l'âge et le statut reproductif de l'animal, ainsi que les changements de température. Il est important, dès lors, que ces études tiennent compte de ces facteurs potentiellement difficiles à interpréter. Les priorités des études peuvent être établies en fonction de plusieurs facteurs. Tout d'abord, les conditions de base par rapport auxquelles les effets seront déterminés : par référence aux données pré-déversement, lorsqu'elles existent ; par comparaison avec des espèces, communautés ou écosystèmes équivalents à des sites de référence extérieurs à la zone touchée ; ou en suivant le rétablissement d'un élément ayant subi un dommage évident, telle que la mortalité d'oiseaux ou d'invertébrés marins. Le plancton n'est pas un bon sujet d'études. En effet, bien que des analyses en laboratoire et sur le terrain aient démontré la mortalité et les effets sublétaux après exposition aux hydrocarbures, la variabilité du plancton est telle que des comparaisons entre les situations pré et post-déversement seront probablement peu fiables. D'autres facteurs à prendre en compte sont l'étendue géographique de la zone touchée, le degré de contamination et les niveaux associés d'exposition (concentration et durée) ainsi que l'importance de la ressource affectée, c'est-à-dire sa rareté ou sa fonction écologique. Enfin, les aspects pratiques de la réalisation des études doivent être pris en compte. Il peut s'agir des moyens financiers ou tout simplement de la facilité d'accès aux sites ou du risque de les perturber pendant la période d'étude.

#### **I.6.6.9 Restauration, remise en état et remédiation**

La restauration, également appelée remise en état ou remédiation, est le processus qui consiste à prendre des mesures pour remettre l'environnement endommagé dans un état lui permettant de fonctionner normalement plus rapidement que ne pourraient le faire les processus de rétablissement naturels à eux seuls (Serrafi L, Sahridj N, 2020). Les termes sont souvent employés de manière interchangeable dans le contexte des dommages à l'environnement. Cependant, la comparaison du droit de l'environnement aux États-Unis et en Union européenne avec le régime international de la Convention de 1992 sur la responsabilité civile, révèle une interprétation parfois différente des termes. Les orientations données dans le Manuel des

demandes d'indemnisation du Fonds de 1992 (FIPOL) indiquent qu'au sein du régime international, les mesures de remise en état doivent avoir des chances raisonnables d'accélérer le rétablissement naturel sans conséquences néfastes pour d'autres ressources naturelles ou économiques. Les mesures doivent également être proportionnelles à l'étendue et à la durée du dommage subi, ainsi qu'aux avantages susceptibles d'être obtenus. Un dommage est considéré comme une détérioration de l'environnement marin, laquelle détérioration peut, dans ce contexte, être décrite comme le fonctionnement anormal ou l'absence d'organismes au sein d'une communauté biologique, causés par le déversement.

À la suite d'une opération de nettoyage, d'autres mesures actives peuvent être justifiées pour rétablir des ressources endommagées et encourager le rétablissement naturel, notamment dans des circonstances dans lesquelles le rétablissement serait autrement relativement lent. Un exemple d'une telle approche suite à un déversement d'hydrocarbures consisterait à replanter la végétation de marais maritimes ou de mangroves. Une fois que les nouvelles pousses sont établies, d'autres formes de vie biologique reviennent et le potentiel d'érosion de la zone est minimisé (Bérubé R, 2021).

L'élaboration de stratégies de remise en état utiles pour la faune est une bien plus grande gageure. Les habitats endommagés peuvent être protégés et le rétablissement des écosystèmes peut être favorisé, par exemple, en restreignant l'accès et l'activité humaine, en mettant en place des contrôles de la pêche pour réduire la concurrence pour une ressource alimentaire limitée – comme dans le cas des lançons et des macareux – ou en fermant les plages fréquentées par les tortues pendant la saison de ponte. Dans certains cas, la protection d'une population reproductrice naturelle sur un site voisin non pollué peut être justifiée, par exemple en contrôlant les prédateurs, afin de fournir un réservoir à partir duquel la recolonisation des zones endommagées peut s'effectuer. De nombreux facteurs biologiques, écologiques et environnementaux complexes sont cependant susceptibles de régir la capacité des populations voisines à recoloniser une zone polluée.

Dans la réalité, la complexité de l'environnement marin signifie que les possibilités de réparation artificielle des dommages écologiques sont limitées. Dans la plupart des cas, le rétablissement est susceptible d'être relativement rapide et ne sera que rarement accéléré par des mesures de remise en état.

#### **I.6.6.10 Les points essentiels**

- Des écosystèmes très divers et très complexes existent dans l'environnement marin ; les fluctuations importantes en termes d'abondance et de diversité font partie de leur fonctionnement normal.
- L'environnement marin est apte à se rétablir lui-même des perturbations sévères causées tant par les phénomènes naturels que par les déversements d'hydrocarbures.
- Les principaux mécanismes d'impact environnemental par les déversements

- d'hydrocarbures sont l'engluement et la toxicité. Toutefois, la gravité des dommages dépend largement du type d'hydrocarbure déversé et de la rapidité avec laquelle il se dissipe relativement à l'emplacement de ressources sensibles à la pollution par les hydrocarbures.
- Les organismes les plus vulnérables sont ceux qui évoluent à la surface de l'eau ou sur les littoraux.
- Les marais maritimes et les mangroves sont les habitats littoraux les plus sensibles.
- Les oiseaux marins sont particulièrement menacés. Certaines espèces – les manchots en particulier – réagissent bien au nettoyage. D'autres, cependant, risquent de ne pas survivre longtemps une fois remises en liberté après avoir été nettoyées, ou d'avoir des difficultés à se reproduire.
- Bien que les impacts à court terme puissent être sévères, des dommages durables sont inhabituels même après les accidents les plus importants. Les dommages à long terme observés sont limités à des zones géographiquement isolées où les conditions ont permis aux accumulations d'hydrocarbure de persister.
- Une planification et une exécution efficaces des opérations de lutte antipollution permettent à la fois d'atténuer les dommages et de faire un premier pas vers le rétablissement par la collecte de l'hydrocarbure.
- Des mesures de remise en état bien conçues peuvent parfois améliorer les processus naturels de rétablissement.

### **I.6.7 Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les activités sociales et économiques**

Aux dépenses engagées pour le nettoyage des pollutions par hydrocarbures viennent parfois s'ajouter d'importantes pertes financières dans les secteurs économiques pour lesquels la propreté de l'eau de mer et des zones côtières est fondamentale. Si les pêcheries commerciales et le tourisme subissent généralement le plus fort contrecoup économique, de nombreux autres secteurs peuvent eux aussi être touchés, notamment les centrales énergétiques, la navigation, la production de sel ou le dessalement de l'eau de mer. Ce document s'intéresse à certains effets des déversements d'hydrocarbures sur divers secteurs et activités économiques et sociales du littoral, ainsi qu'aux mesures susceptibles d'en réduire l'impact.

#### **I.6.7.1 Tourisme**

Secteur économique capital dans la majorité des zones côtières peuplées du monde, le tourisme

peut être déstabilisé par la présence d'hydrocarbures dans l'eau ou sur le littoral. La pollution des hydrocarbures peut avoir un impact négatif sur l'économie du tourisme dans les zones côtières. Les activités touristiques traditionnelles, telles que la baignade, la voile, la pêche et la plongée, peuvent être perturbées par la présence d'hydrocarbures dans l'eau ou sur le littoral. Ces perturbations peuvent avoir des conséquences économiques importantes pour les entreprises et les individus qui vivent du tourisme, notamment les hôtels, les restaurants, les écoles de voile, les terrains de camping et les entreprises de pêche et de fruits de mer. Les conséquences économiques de la pollution des hydrocarbures peuvent être particulièrement graves si elle se produit pendant la haute saison touristique. Le niveau de dépendance des entreprises et des individus par rapport au littoral affecté détermine l'ampleur des pertes économiques (Bérubé R, 2021).

Lorsque des vacanciers décident d'annuler des réservations dans la zone touchée et de séjourner ailleurs, les répercussions s'en font ressentir non seulement sur les entreprises touristiques mais aussi, par exemple, sur les recettes des parkings municipaux et des parcs nationaux. Les compagnies routières, ferroviaires et maritimes qui transportent habituellement les vacanciers vers les zones côtières affectées ne sont pas non plus à l'abri de pertes financières.

Les plages touchées doivent parfois être fermées pendant les opérations de nettoyage. Sur celles qui restent ouvertes, la présence d'ouvriers et d'engins, en plus du polluant proprement dit, risque de causer une nuisance. La circulation de camions et d'engins lourds à destination et en provenance des sites littoraux pollués peut occasionner une gêne supplémentaire pour la population locale. Elle est également susceptible de causer une contamination secondaire des zones plus à l'intérieur du pays si le problème de la pollution des pneus des véhicules n'est pas pris en compte.

Par mauvais temps, le polluant peut être entraîné à l'intérieur des terres par le vent suite aux projections liées aux vagues qui se brisent contre les quais ou les rochers. Les bâtiments, les voitures et les caravanes situés le long d'un front de mer ou à proximité de la côte risquent d'être éclaboussés d'hydrocarbure et de devoir être nettoyés, voire repeints. Le nettoyage des bords de mer privés, par exemple ceux des villégiatures, présente une difficulté particulière si les propriétaires sont absents et que leur autorisation est requise pour accéder au bord de mer.

Pendant un accident, certaines entreprises peuvent trouver d'autres sources de revenus, par exemple en fournissant repas et hébergement aux acteurs de la lutte antipollution. Il convient toutefois de veiller à minimiser le risque de contamination secondaire des moquettes et de l'ameublement des hôtels par les ouvriers présents sur le site du déversement. Une épave à proximité du littoral peut attirer des nombres importants de curieux, donnant ainsi la possibilité à certaines entreprises, dont les cafés, les restaurants et les parkings, etc. de compenser une partie de leurs pertes (Tephany Y, 2022).

La perturbation matérielle des zones côtières et des activités récréatives due à un seul déversement d'hydrocarbures est en principe de relativement courte durée. Les activités normales devraient pouvoir reprendre une fois les littoraux nettoyés. Or, l'attention accordée à

l'événement par les médias peut nuire de manière disproportionnée à l'image touristique de la région et aggraver les pertes économiques en contribuant à une fausse impression publique de pollution prolongée à grande échelle. Même des hôtels et autres entreprises largement en dehors de la zone touchée peuvent voir leurs réservations annulées. La dégradation de « l'image de marque » d'une région exige parfois de faire appel à des campagnes publicitaires et autres activités promotionnelles régionales ciblées afin de contrer la publicité négative générée par le déversement et de rétablir la confiance du public.

### **I.6.7.2 Aquariums et équipements récréatifs**

De nombreux équipements côtiers, comme les aquariums, les piscines d'eau de mer et les centres de thalassothérapie, utilisent de l'eau de mer. Pour éliminer les gros déchets, l'eau est généralement tamisée. Elle peut également passer à travers des filtres à sable, à coquillages ou à d'autres matériaux. Ces mesures permettent de réduire la contamination, mais elles ne peuvent pas empêcher les composants solubles des hydrocarbures de pénétrer dans l'eau, notamment en cas de déversement de pétrole brut ou de produits pétroliers raffinés (Berthod C, 2022).

Plusieurs options sont possibles aux opérateurs de ces équipements pour tenter d'atténuer les dommages dus aux hydrocarbures. À condition d'être alertés suffisamment à l'avance, ils peuvent transporter les animaux d'un aquarium vers d'autres installations ; mesure qui nécessite toutefois un transport spécialisé et risque d'exposer les animaux à des niveaux de stress extrêmes. En fonction des volumes d'eau requis et du degré d'exposition aux hydrocarbures, des systèmes filtrants peuvent être construits à partir de matériaux absorbants pour collecter l'hydrocarbure. Une autre solution consiste à fermer les prises d'eau et à faire circuler l'eau présente dans le système avec de l'eau de mer propre amenée par route. Dans tous les cas, un équilibre doit être trouvé entre les risques de dommages dus aux actions de protection et ceux dus à l'hydrocarbure. En plus du coût de ces mesures préventives, il est probable que les aquariums et autres équipements seront fermés ou que le nombre de visiteurs sera réduit pendant la durée de l'accident (Tephany Y, 2022).

### **I.6.7.3 Ports de plaisance et ports de pêche**

Les ports de plaisance et les ports de pêche sont protégés par des ouvrages de défense contre la mer, comme des enrochements ou des tétrapodes. Ces ouvrages sont difficiles à nettoyer en cas de pollution aux hydrocarbures. En effet, les hydrocarbures peuvent pénétrer en profondeur dans la structure, ce qui peut entraîner une pollution secondaire. Dans de nombreux ports, une entrée étroite permet aux navires d'accéder à la mer. Cette entrée peut être protégée des hydrocarbures flottants par des barrages antipollution. Cependant, si les conditions permettent à la pêche de continuer, la protection du port de pêche peut être compromise si les entrées et sorties de navires ne sont pas correctement gérées. (Ahmed, M. A. D. A. N. I 2023).



**Figure I.32** : L'efficacité des barrages antipollution aux entrées des ports de plaisance peut être compromise si le barrage est endommagé lors des entrées et sorties de navires.

#### I.6.7.4 Nettoyage des navires

En cas de pollution aux hydrocarbures dans un port, les coques des navires, les lignes de mouillage et les postes d'amarrage peuvent être contaminés. Les coques des navires sont généralement les plus touchées, avec une bande de pollution le long de la ligne de flottaison. Cette pollution peut être nettoyée sur l'eau si elle est détectée rapidement. Pour ce faire, le navire est mis en gîte pour exposer la ligne de flottaison. Le nettoyage est effectué à l'aide de chiffons et de produits de nettoyage spéciaux. Il est important de récupérer le ruissellement pour éviter une pollution secondaire (Hafez Abdelaziz T, 2021). Certains produits de nettoyage peuvent endommager les revêtements des coques. Il est donc recommandé de faire un essai préalable sur une petite surface. L'utilisation de certains produits considérés comme toxiques peut également être réglementée localement. Pour les taches plus tenaces, les navires peuvent être sortis de l'eau afin d'utiliser des agents nettoyants plus puissants. Cependant, certains de ces agents, notamment ceux à base de chlore, d'ammoniac, d'acétone ou de cétones, peuvent endommager la couche d'enduit gélinifié (gelcoat) des coques en fibre de verre (Berthod C, 2022).

La sévérité des taches dépend de plusieurs facteurs, dont les caractéristiques de l'hydrocarbure et le degré de contamination, la durée pendant laquelle l'hydrocarbure est laissé en place, ainsi que le type de revêtement de la coque et son état. Les revêtements plus anciens et plus poreux favorisent la pénétration par capillarité et sont donc plus souillés que les revêtements plus récents. Certains sont lustrés à la cire qui risque d'être éliminée par l'hydrocarbure, tandis que les couches de finition à base de polymère sont plus résistantes.

Pour nettoyer les bateaux contaminés par les hydrocarbures dans un port, il est possible d'installer une zone dédiée. Les bateaux peuvent être nettoyés par leurs propriétaires ou par une entreprise spécialisée. L'organisation et la logistique du nettoyage sont importantes, notamment pour séparer les bateaux nettoyés des bateaux contaminés (Berthod C, 2022). Si les bateaux

doivent être sortis de l'eau, une grue ou un portique est nécessaire. Une main-d'œuvre supplémentaire peut également être requise pour manipuler et nettoyer les bateaux. Dans de nombreux ports, les bateaux sont amarrés à des passerelles flottantes qui peuvent être nettoyées à l'eau chaude à haute pression. Si nécessaire, les passerelles doivent être démontées pour permettre le nettoyage des flotteurs (Ahmed, M. A. D. A. N. I 2023).



**Figure I.33** : Les navires amarrés peuvent devoir être nettoyés si l'hydrocarbure pénètre dans un port de plaisance ou de pêche.

#### I.6.7.5 Ports de commerce

Les ports de commerce sont vulnérables aux déversements d'hydrocarbures, à une échelle beaucoup plus grande que les ports de plaisance et les ports de pêche. De nombreuses autorités portuaires exigent que les coques des navires de commerce soient nettoyées avant de les autoriser à entrer dans le port. Cela peut entraîner des coûts supplémentaires pour les propriétaires de navires, qui doivent faire appel à des entreprises de nettoyage spécialisées. De plus, les navires qui traversent des nappes d'hydrocarbures en mer doivent parfois être nettoyés avant d'entrer dans le port. Cela peut perturber les opérations portuaires normales. Enfin, en raison de leur largeur, les entrées des ports sont difficiles à protéger par des barrages antipollution (Hafez Abdelaziz T, 2021). Les accidents maritimes sont fréquents à proximité des côtes et à l'approche des ports. Les navires en avarie peuvent représenter un danger pour la navigation et entraver les opérations portuaires. Les travaux de nettoyage des jetées et des quais doivent être programmés en dehors des heures de pointe. Les grands navires doivent ralentir à l'entrée et à la sortie des ports pour réduire les remous.

Les ports sont bien équipés pour lutter contre les déversements d'hydrocarbures, mais la récupération des hydrocarbures piégés sous les appontements et les jetées peuvent être difficiles. Les lances incendie et l'effet de chasse des hélices de navires peuvent être utilisés pour déloger les hydrocarbures, mais un nettoyage manuel peut être nécessaire. Dans ce cas, des précautions doivent être prises pour la sécurité des travailleurs. Les hydrocarbures non nettoyés peuvent être remobilisés par les remous et constituer une source de pollution secondaire

En fonction de la nature de l'hydrocarbure déversé, des précautions s'imposent également dans les eaux abritées des ports, petits et grands, afin de minimiser le risque d'incendie et d'explosion. À titre d'exemple, tous les travaux à chaud doivent être interrompus après un déversement d'hydrocarbure volatil. Même un déversement de fioul ayant un point d'éclair élevé justifie une vigilance accrue car les étincelles générées par les travaux à chaud peuvent enflammer des débris, tels que des bouts saturés d'hydrocarbure, susceptibles à leur tour d'entraîner des incendies graves capables d'endommager ou de détruire les navires flottant au milieu de nappes d'hydrocarbure (Ahmed, M. A. D. A. N. I 2023).

### I.6.7.6 Génie civil côtier et chantiers navals

Les projets côtiers, tels que l'extraction de sable et d'agrégat, le dragage, la poldérisation et la construction, sont vulnérables aux déversements d'hydrocarbures. Les barrages antipollution ne sont pas toujours efficaces pour protéger ces projets de grande envergure, ce qui peut entraîner des perturbations et des retards. Les contrats de construction, en particulier, peuvent entraîner des pénalités en cas de dépassement des délais dû à un déversement. (Hafez Abdelaziz T, 2021).



**Figure I.34** : L'accès sous des jetées peut être difficile et dangereux pour les équipes de nettoyage en raison du manque d'espace de manœuvre et de ventilation.

Les travaux d'agrandissement des ports sont variables mais impliquent généralement d'importantes opérations de dragage et de déplacement de déblais, l'immersion et la mise en place de grandes structures en ciment préfabriquées, d'enrochements, et le coulage de ciment. Les hydrocarbures qui traversent ou s'échouent sur les chantiers de construction risquent de se retrouver enfouis, piégés ou intégrés d'une manière ou d'une autre dans le sédiment ou les structures. Ils peuvent ensuite s'échapper d'espaces dissimulés lors des marées suivantes. En cas de contamination des coffrages dans lesquels le ciment est coulé, les conseils d'ingénieurs

civils sont parfois nécessaires avant de pouvoir poursuivre la construction. Le nettoyage des chantiers de construction exige un encadrement étroit pour veiller à ce que les travaux soient effectués méthodiquement et en sécurité.

Les travaux effectués sur cale de lancement sur des navires en cours de construction ou de réparation (peinture, renouvellement du revêtement antisalissure, etc.) sont susceptibles d'être sérieusement affectés par la contamination par les hydrocarbures, nécessitant éventuellement que le navire soit nettoyé ou que les travaux soient entièrement refaits. La structure externe des cales sèches flottantes peut être contaminée par les hydrocarbures flottants dans l'enceinte d'un port. Les déversements à l'intérieur d'un dock flottant ou d'une cale sèche à terre, où des hydrocarbures peuvent être rejetés d'un navire par inadvertance pendant des travaux d'entretien ou lors des manœuvres, peuvent bouleverser les calendriers de travaux souvent très serrés et exiger un effort considérable de nettoyage.

### **I.6.7.7 Prises d'eau industrielles**

L'eau de mer est une ressource précieuse pour de nombreuses industries. Elle est utilisée comme liquide de refroidissement pour les centrales électriques, les centrales nucléaires et les raffineries. Elle est également utilisée comme matière première pour la production de sel et comme liquide de refroidissement pour les usines de dessalement. En plus des aquariums et des installations de mariculture, les usines de transformation de poisson et fruits de mer dépendent également de l'eau de mer. Ces industries ont besoin d'eau de mer propre pour assurer la sécurité alimentaire et la qualité de leurs produits. La conception des prises d'eau dépend de divers facteurs, notamment les volumes d'eau requis et les conditions environnementales. Dans les zones calmes à faible amplitude de marée, les prises d'eau peuvent être simples et peu profondes. Dans les zones exposées aux vagues et à une forte amplitude de marée, les prises d'eau doivent être profondes et bien protégées.

La possibilité d'entraînement d'hydrocarbures dans le système dépend du type d'hydrocarbure, des conditions météorologiques au moment du déversement et du type de prise d'eau. Les prises d'eau submergées en profondeur sont moins susceptibles d'être affectées par les hydrocarbures dispersés. Cependant, les hydrocarbures légers sont plus facilement dispersés dans la colonne d'eau que les hydrocarbures lourds et peuvent contaminer les prises d'eau submergées, même en cas de tempête exceptionnellement violente. De nombreuses approches différentes ont été adoptées pour protéger les prises d'eau industrielles, certaines plus efficaces que d'autres. Par exemple, des puits creusés dans les plages attirent l'eau à travers le sable, assurant ainsi un premier niveau de filtration et de protection contre la contamination physique. L'eau peut toutefois être contaminée par les éléments solubles de l'hydrocarbure. L'efficacité des barrages flottants conventionnels et des barrages à bulles pour protéger les prises d'eau dépend des conditions météorologiques et de la vitesse du courant, qui doit être suffisamment faible.

### I.6.7.8 Centrales électriques

Les centrales électriques utilisent de l'eau de mer froide qui circule dans des tubes pour recondenser la vapeur des turbines. Parfois, à la suite d'un déversement d'hydrocarbures, les prises d'eau sont fermées par mesure de précaution, pour éviter l'endommagement des machines et l'arrêt total de la centrale pour le nettoyage des tubes condenseurs et autre matériel. En effet, l'hydrocarbure peut soit bloquer les tubes condenseurs, soit gêner le transfert thermique, diminuant ainsi considérablement l'efficacité du refroidissement. Les conséquences de l'arrêt d'une centrale électrique peuvent à la fois être sévères et avoir d'importantes répercussions, nécessitant parfois d'acheter de l'électricité auprès d'autres producteurs pour maintenir l'alimentation. Par conséquent, des efforts considérables sont généralement mis en œuvre pour éviter la mise à l'arrêt (Cusson, M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault, J, Pelletie, É, 2017).

En plus du matériel de lutte antipollution pour protéger les prises d'eau, plusieurs niveaux de défense sont normalement en place pour empêcher les hydrocarbures de contaminer les tubes condenseurs. Les grilles anti-débris, utilisées pour éliminer les macro-déchets flottants, peuvent être bloquées si l'hydrocarbure est particulièrement visqueux, ce qui a pour effet de restreindre le flux d'eau vers les tubes. Un supplément de main-d'œuvre peut être nécessaire pour éviter les blocages en veillant à ce que les grilles soient constamment nettoyées. Deux grilles fonctionnent généralement en parallèle : l'une est mise hors service pour être entretenue et nettoyée pendant que l'autre reste opérationnel. La centrale peut être conçue avec un bassin de décantation en aval des grilles anti-débris, permettant ainsi aux particules de sable denses de tomber avant que l'eau n'entre dans la centrale (Hafez Abdelaziz T, 2021). Grâce à ce type de bassin, les hydrocarbures flottants peuvent être récupérés au moyen d'écumeurs ou d'absorbants et les signes de pénétration d'hydrocarbure peuvent être surveillés. Même si les gouttelettes d'hydrocarbure qui entrent dans les tubes condenseurs peuvent adhérer aux surfaces sous forme de film mince, l'hydrocarbure est généralement évacué du système lentement et n'impacte que légèrement le transfert thermique. Étant donné que les tubes ont tendance à s'entartre régulièrement, des boules de mousse rigide sont souvent utilisées pour en récurer les surfaces. Elles sont également efficaces pour éliminer les films d'hydrocarbure mais doivent être remplacées plus souvent que lorsqu'elles sont utilisées pour détartrer.

L'eau de mer peut aussi être utilisée pour chauffer le gaz naturel liquéfié (GNL) lors de sa transformation de liquide en gaz avant sa distribution par gazoducs. L'eau est pompée de la surface de la mer, où elle est le plus chaude, vers l'usine de regazéification au moyen d'écumeurs flottants. Des hydrocarbures flottants peuvent être entraînés dans le flux d'eau qui en résulte, dépassant les capacités des grilles anti-débris, avec risque réel de distribution de l'hydrocarbure à travers le reste de l'installation

### I.6.7.9 Installations de dessalement

Deux technologies sont couramment employées dans les installations de dessalement : la distillation par détentes successives (ou Multistage Flash – MSF) et l'osmose inverse. Dans les installations MSF, de l'eau saumâtre est chauffée et passe par une série d'étages. À chaque étage, la pression est réduite, produisant une vapeur d'eau sans sel. L'expérience des installations de dessalement MSF a permis de constater qu'un certain niveau d'hydrocarbure pouvait être toléré sans contamination de l'eau dessalée produite et sans effets indésirables sur les échangeurs thermiques (Tephany Y, 2022). Les systèmes d'osmose inverse, en revanche, dépendent de membranes semi-perméables pour extraire le sel de l'eau de mer ; une contamination par les hydrocarbures pourrait souiller la surface de ces membranes très coûteuses. Certains composants d'hydrocarbure plus légers peuvent également pénétrer la membrane et contaminer l'eau produite, tandis que les hydrocarbures plus visqueux sont davantage susceptibles de colmater la surface de la membrane et de réduire ou de bloquer le flux d'eau. Bien que les membranes puissent être nettoyées avec succès suite à une contamination légère, il est généralement considéré qu'une pollution par les hydrocarbures aurait des effets délétères sérieux sur leur performance (Hafez Abdelaziz T, 2021).

#### I.6.7.10 Production de sel

Dans les régions à faible pluviométrie, le sel est souvent produit par l'évaporation de l'eau de mer dans des salins le long de la côte. L'eau de mer est collectée dans des bassins peu profonds et s'évapore sous l'effet du soleil et du vent pour produire de la saumure. Les impuretés insolubles, telles que le sable et l'argile, ainsi que les impuretés légèrement solubles, telles que le carbonate de sodium, se déposent au fond du bassin lorsque l'évaporation commence. Après un certain temps, la saumure de plus en plus saline est pompée ou s'écoule par gravité à travers une série de bassins jusqu'à ce que la concentration ait suffisamment augmenté pour que le sel se cristallise.

Les installations de production varient de l'échelle artisanale, avec des bassins creusés dans la vase des marais salants, à l'échelle industrielle, avec des bassins carrelés et une alimentation en eau pompée. L'eau de mer est généralement admise dans les bassins pendant les marées hautes de vives-eaux et le flux dans les bassins est contrôlé par des seuils. En cas de déversement, l'entrée de l'hydrocarbure dans les bassins peut parfois être empêchée en fermant tout simplement les seuils (Hafez Abdelaziz T, 2021). Cependant, si la pollution est prolongée, il peut être possible de maintenir la production en laissant entrer l'eau de mer dans les bassins à travers des filtres réalisés à partir d'absorbants et de coquillages et en surveillant de près la qualité de l'eau. Tandis que les bassins carrelés peuvent être nettoyés relativement facilement en cas de pénétration d'hydrocarbure, le nettoyage des bassins creusés dans la vase peut être problématique. La fermeture des vasières pendant de longues périodes entraîne leur assèchement et la formation de fissures au fond du bassin nécessitant d'importants travaux de maintenance avant de pouvoir reprendre la production.

### I.6.7. 11 Agriculture

Bien que ce phénomène se soit rarement produit, un déversement d'hydrocarbures en mer peut causer la contamination de cultures et d'élevages. Si le déversement coïncide avec des marées hautes et des vents de mer, les niveaux de l'eau peuvent monter suffisamment pour permettre à l'hydrocarbure de s'échouer en hauteur sur les rives des estuaires, où se trouvent des pâturages. Par ailleurs, moutons et vaches peuvent paître sur le littoral proprement dit et risquent d'être nourris d'aliments contaminés. Dans certaines régions, le varech échoué après les tempêtes d'hiver est ramassé et utilisé comme engrais. Cultivé à des fins diverses, il est également utilisé en tant qu'aliment et entre dans la fabrication de produits de beauté, de produits pharmaceutiques et d'adjuvants alimentaires.

Les hydrocarbures contaminent également les cultures et les élevages lorsqu'ils sont entraînés dans les embruns par la force des vents et des vagues. Les bêtes touchées doivent être nettoyées et des stocks supplémentaires d'aliments sont nécessaires pour remplacer les pâturages contaminés. Lorsque des déversements d'hydrocarbures se sont produits sur des fleuves et des estuaires navigables, les animaux d'élevage, tels que les canards et les oies, ainsi que les cultures, dont le riz irrigué par l'eau du fleuve, ont également été contaminés. Selon la gravité de la contamination, les cultures doivent éventuellement être détruites ou des engrais supplémentaires doivent être employés pour favoriser la restauration du sol et accélérer la décomposition naturelle de l'hydrocarbure. Évidemment, à condition que les agriculteurs soient alertés suffisamment à l'avance, les bêtes peuvent être éloignées du littoral et les vannes des canaux d'irrigation peuvent être fermées (Bucas G, 2002).

### C I.6.7.12 communautés côtières, sites patrimoniaux et objets culturels

L'odeur des hydrocarbures échoués ou flottant à proximité du littoral peut être très désagréable et représente une nuisance importante pour les populations vivant à proximité du littoral touché. Un déversement majeur de pétrole brut volatil près d'un centre de population est susceptible de donner lieu à des préoccupations sanitaires et des plaintes de difficultés respiratoires, maux de tête et nausées. Dans certaines parties du monde, les communautés côtières vivent sur le littoral voire sur l'eau dans certains cas, dans des logements bâties sur pilotis. La contamination du littoral peut alors devenir plus qu'une nuisance et gêner la vie de tous les jours. Dans les cas extrêmes, l'hydrocarbure peut représenter un danger d'incendie et nécessiter l'évacuation de ces communautés.

Des dommages peuvent être causés aux objets culturels, soit par contact direct avec l'hydrocarbure soit des suites des opérations de nettoyage. Le risque que les efforts de nettoyage du littoral puissent perturber des restes humains enterrés sur les littoraux, peut être préoccupant. Dans de nombreux cas, l'emplacement de ces sites n'est connu que des spécialistes en archéologie et des communautés locales. Le nettoyage du littoral doit être

entrepris avec grand soin et encadré par des experts. Celui des sites patrimoniaux nécessite tout autant d'attention et de sensibilité. Les surfaces de bâtiments anciens qui ont vieilli et sont devenues poreuses, ou qui s'effritent et dans lesquelles des taches d'hydrocarbure ont pénétré profondément, présentent d'énormes difficultés. Des techniques de restauration spécialisées peuvent être nécessaires étant donné que les techniques agressives habituellement employées pour nettoyer les parois rocheuses du littoral causeraient probablement des dommages supplémentaires. À condition que l'alerte soit donnée suffisamment tôt en cas d'approche d'une nappe d'hydrocarbures, les bâtiments peuvent être enveloppés de films de plastique pour protéger la pierre ancienne contre les gouttelettes transportées par les embruns ou les éclaboussures d'hydrocarbure en bord de mer (Bucas G, 2002).

### **I.6.7.13 Points essentiels**

- Un large éventail d'industries qui dépendent d'une alimentation en eau de mer propre peut subir des pertes considérables des suites d'un déversement d'hydrocarbures. Les secteurs de la pêche et du tourisme sont souvent les plus gravement touchés.
- Dans de nombreux cas, une notification rapide permet de mettre en place des mesures d'urgence efficaces pour protéger les ports de plaisance et les prises d'eau industrielles.
- Bien que les eaux des ports fermés offrent des conditions optimales pour la lutte antipollution, la nécessité de minimiser la perturbation des activités portuaires exige de travailler autour des mouvements des navires et peut résulter en des opérations de nettoyage prolongées.
- L'arrêt d'une centrale énergétique ou d'une installation de dessalement par mesure de précaution risque d'avoir des conséquences considérables et être inutile si des mesures peuvent être mises en place pour maintenir les opérations.
- D'autres activités, dont la production de sel de mer, le génie côtier et même l'agriculture ont subi des effets nuisibles à la suite de déversements d'hydrocarbures. Lorsque cela est possible, les plans d'intervention d'urgence doivent envisager des mesures susceptibles d'atténuer les impacts.

### **I.6.8 Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les pêches et la mariculture**

Les déversements d'hydrocarbures peuvent causer des dommages sérieux aux ressources de pêche et de mariculture, sous forme de contamination physique, d'effets toxiques sur les stocks et de perturbation des activités commerciales. La nature et la gravité de l'impact sur la production de poissons et fruits de mer dépendent des caractéristiques de l'hydrocarbure déversé, des circonstances de l'accident et du type d'activité ou d'entreprise de pêche affecté. Dans certains cas, des mesures de protection et de nettoyage efficaces peuvent prévenir ou minimiser les dégâts.

Ce document décrit les effets de la pollution par les hydrocarbures provenant des navires sur la pêche et la mariculture ; il conseille sur les mesures de lutte antipollution et les stratégies de gestion susceptibles d'aider à atténuer la gravité des impacts d'un déversement d'hydrocarbures. Les dommages infligés à d'autres ressources économiques sont traités dans un autre Guide d'Informations Techniques.

### I.6.8.1 Mécanismes de dommages et pertes

La pêche (capture d'espèces sauvages) et la mariculture (culture d'espèces captives) sont des secteurs d'activité importants, sur lesquels les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir des effets graves divers. Les animaux et les végétaux exploités à des fins commerciales peuvent être affectés par la toxicité des hydrocarbures ou l'engluement. Les poissons et fruits de mer peuvent être physiquement contaminés ou subir une altération organoleptique qui leur donne un goût désagréable dérivé du polluant. Le matériel de pêche et les équipements de culture peuvent être pollués, entraînant un risque de contamination des prises ou des stocks ou encore d'arrêt des activités jusqu'à ce qu'ils soient nettoyés ou remplacés. En plus des pertes subies par les opérateurs individuels, l'interruption de l'activité de pêche de subsistance, récréative ou commerciale, ainsi que la perturbation des cycles d'élevage de poissons et de culture de fruits de mer peuvent elles aussi avoir des conséquences économiques considérables. Le consommateur peut être réticent à acheter des poissons et fruits de mer provenant d'une région touchée, tandis que la perte de confiance des consommateurs peut entraîner un préjudice économique même en l'absence de contamination réelle des produits (Hafez Abdelaziz T, 2021).

L'impact des hydrocarbures déversés est déterminé par leurs caractéristiques physiques et chimiques, notamment par leur densité, leur viscosité, leur composition chimique et par l'évolution de ces caractéristiques dans le temps, appelée « vieillissement ». Les altérations provoquées par le vieillissement dépendent elles aussi largement des conditions météorologiques et de l'état de la mer qui prévaut.

Les poissons pélagiques adultes et les stocks sauvages d'animaux marins d'importance commerciale en haute mer sont rarement affectés au long terme par les déversements d'hydrocarbures. En effet, les concentrations d'hydrocarbures dans la colonne d'eau diminuent rapidement après un déversement et n'atteignent que rarement des niveaux suffisants pour être cause de mortalité ou de dommages graves. Elles sont généralement confinées à une zone proche de la source du déversement. En revanche, les poissons élevés en cage et les fruits de mer cultivés en lieux fixes sont potentiellement plus vulnérables étant donné qu'ils ne peuvent pas éviter l'exposition à la contamination par les hydrocarbures sur ou dans les eaux environnantes.

L'impact le plus important est généralement subi en frange littorale, où les animaux et les végétaux peuvent être physiquement recouverts d'hydrocarbures et étouffés, ou directement exposés à des composants toxiques pendant de longues périodes. Pour cette raison, les espèces sédentaires, telles que les algues comestibles et les coquillages ou crustacés, sont

particulièrement sensibles à l'engluement et à la toxicité des hydrocarbures. En plus de la mortalité, les hydrocarbures peuvent avoir des effets nocifs plus subtils sur le comportement, l'alimentation, la croissance ou la reproduction. Cependant, en raison des importantes fluctuations naturelles des populations de nombreuses espèces marines, les effets sublétaux dus à un déversement accidentel d'hydrocarbures peuvent être difficiles à isoler.

Les dommages causés aux poissons et fruits de mer peuvent aussi être le résultat de mesures de lutte antipollution. Il est possible, par exemple, que des animaux et des végétaux qui pourraient autrement ne pas être affectés par un hydrocarbure flottant, subissent une altération organoleptique par exposition aux gouttelettes d'hydrocarbure en suspension dans la colonne d'eau, particulièrement si des dispersants sont employés à proximité. Des techniques de nettoyage agressives ou inappropriées, telles qu'un lavage systématique à haute pression et/ou à l'eau chaude, peuvent également avoir des effets néfastes sur les espèces exploitées commercialement et retarder la récupération naturelle.



Figure I.35: Une ferme d'algoculture – les pêcheries et la mariculture sont souvent sensibles aux déversements d'hydrocarbures.

Les cycles saisonniers de pêche et de mariculture varient tout au long de l'année, selon le type d'espèces pêchées ou élevées. Par conséquent, la sensibilité d'une espèce ou d'une activité aux hydrocarbures dépend également des saisons. Par exemple, certaines grandes algues cultivées en Asie sont récoltées au printemps ou au début de l'été, la génération suivante n'étant mise en culture qu'au début de l'automne. D'autres espèces à croissance plus rapide peuvent être ensemencées et récoltées plusieurs fois dans l'année. L'élevage de larves en bassins à terre alimentés par de l'eau de mer pompée, a lui aussi un caractère saisonnier et n'est entrepris généralement que quelques mois dans l'année.

Par conséquent, l'étendue et la nature précises des dommages infligés aux pêcheries ou aux installations de mariculture dépendra de la combinaison des divers facteurs éventuellement en

jeu lors d'un déversement d'hydrocarbures particulier. Ni le volume d'hydrocarbure seul, ni aucun autre facteur isolé, ne donne une indication fiable des dommages possibles. Au lieu de cela, le type d'hydrocarbure et la quantité qui atteint ces ressources sensibles doivent être pris en compte. L'une des plus grandes difficultés réside dans la distinction entre les effets d'un déversement d'hydrocarbures et les changements dus à d'autres événements, notamment les fluctuations naturelles des populations, les variations de l'effort de pêche, y compris la surpêche, les effets climatiques

– par exemple, le phénomène El Niño – ou la contamination chronique en provenance de sources industrielles ou urbaines. Dans de nombreux cas, l'absence de données fiables pour décrire les conditions antérieures au déversement, ou les niveaux de productivité précédemment atteints, ne fait qu'ajouter à la difficulté.

### **I.6.8.2 Toxicité**

Les effets toxiques des hydrocarbures dépendent des concentrations des composants aromatiques légers dans l'hydrocarbure et de la durée de l'exposition à ces composants. Ils varient des effets comportementaux sublétaux subtils aux mortalités massives localisées d'organismes marins.

En généralisant, les pétroles bruts légers et les produits raffinés tels que l'essence ou le kérosène, contiennent des proportions relativement élevées de composés aromatiques de faible masse moléculaire qui peuvent causer des effets toxiques aigus. Les stocks sauvages sont parfois victimes d'effets toxiques suite à d'importants déversements d'hydrocarbures légers à proximité du littoral, particulièrement par tempête ou forte houle. Dans ces circonstances, plutôt que de s'évaporer rapidement de la surface de la mer, une proportion relativement importante des composants toxiques légers peut se disperser dans la colonne d'eau et devenir confinée dans les eaux peu profondes, résultant en des concentrations suffisamment élevées pour causer la narcose ou la mortalité des organismes marins. La faune benthique des zones intertidales et infratidales peu profondes, dont les mollusques bivalves et les crustacés, est particulièrement vulnérable (Bucas G, 2002). Des poissons pélagiques ont également succombé dans ces conditions, bien que rarement.



**Figure I.36:** Les filets et casiers de pêche pollués peuvent être nettoyés, à condition de ne pas avoir été trop souillés. Dans certains cas, toutefois, leur remplacement peut s'avérer plus économique (Hafez Abdelaziz T, 2021).

Les études en laboratoire ont démontré que l'exposition des espèces aux composants plus toxiques de l'hydrocarbure en plus faibles concentrations pouvait entraîner des troubles de diverses fonctions physiologiques, telles que la respiration, le mouvement et la reproduction, et pouvaient accroître la probabilité de mutations génétiques des œufs et des larves. Il est cependant difficile de détecter de tels effets sublétaux sur le terrain, et aucun impact massif sur les stocks, qui pourrait être prédit par extrapolation des résultats obtenus en laboratoire, n'a été observé. De même, en dépit de la mortalité des œufs et des larves qui pourrait se produire à la suite d'un déversement, l'appauvrissement ultérieur des stocks adultes sauvages est très rarement enregistré. Cette situation s'explique en partie par la résistance naturelle considérable des écosystèmes marins à divers impacts aigus. Les organismes marins s'adaptent facilement à des mortalités naturellement élevées, entre autres par la production de vastes excédents d'œufs et de larves et par le recrutement à partir de réservoirs de stock situés en dehors de la zone touchée.

### I.6.8.3 Contamination physique

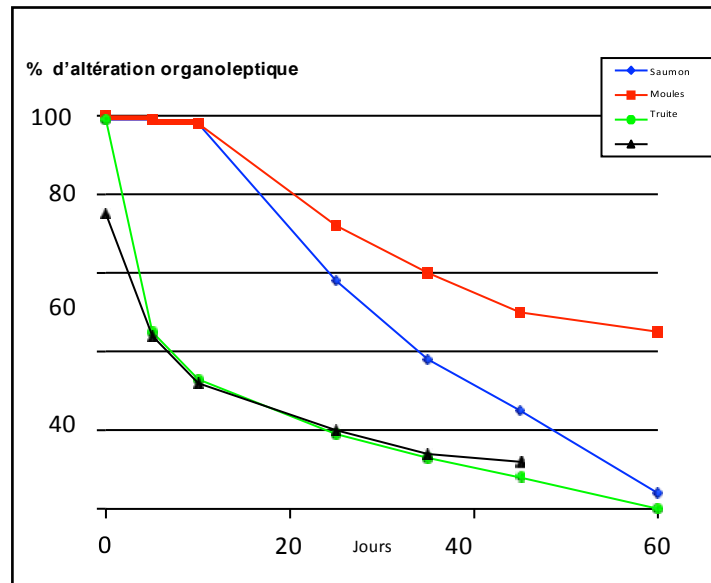
Les hydrocarbures peuvent souiller les bateaux, le matériel de pêche et les installations de mariculture, entraînant ainsi leur transfert aux prises ou aux produits. Étant donné que de nombreux poissons et fruits de mer sont élevés ou cultivés et manutentionnés en vrac, il est rarement possible de localiser, d'isoler et d'éliminer uniquement les spécimens pollués. Le matériel de flottaison, tel que les bouées et les flotteurs, les carrelets, les éperviers et les pièges fixes qui dépassent de la surface de la mer sont particulièrement vulnérables à la contamination par des hydrocarbures flottants. Les lignes, les dragues, les chaluts de fond et les parties submergées des installations de culture sont généralement protégés, à condition qu'ils ne soient pas hissés à travers une nappe d'hydrocarbures en surface ou affectés par des hydrocarbures coulés ou dispersés. Les installations de culture en frange littorale, telles que les parcs ostréicoles sont particulièrement vulnérables. Elles sont situées à l'étage médiolittoral ou

infralittoral, où le flot et le jusant exposent une bande du littoral à la pollution par les hydrocarbures. Lorsque les installations piscicoles sont physiquement affectées par les hydrocarbures flottants, les surfaces polluées peuvent elles-mêmes constituer une source de contamination secondaire jusqu'à ce qu'elles soient nettoyées.

La culture d'algues et l'élevage de poissons et de nombreux animaux marins, tels que les crustacés, les mollusques, les échinodermes, exigent souvent l'utilisation de bassins à terre pour élever les jeunes jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille suffisante pour être commercialisés ou une taille et un âge permettant leur transfert en mer. Ces installations sont généralement alimentées en eau de mer propre au moyen de prises d'eaux situées sous la laisse de basse mer. Ces prises d'eaux peuvent parfois être menacées par les hydrocarbures coulés ou les gouttelettes d'hydrocarbure dispersé, qui peuvent contaminer les canalisations et les bassins, entraînant la perte du stock. La présence d'hydrocarbures peut considérablement ajouter au stress déjà imposé aux stocks élevés dans l'environnement artificiel de cages ou de bassins. Si, par exemple, la densité de stockage ou la température de l'eau d'une installation piscicole est inhabituellement élevée, le risque de mortalité, de maladie ou de retard de croissance est accru. Ces phénomènes peuvent toutefois se produire sans qu'il n'y ait contamination par les hydrocarbures.

#### **I.6.8.4 Altération organoleptique**

L'altération organoleptique est généralement définie comme une odeur ou un goût étranger à un produit alimentaire. La contamination des poissons et fruits de mer par les hydrocarbures se détecte facilement par un goût ou une odeur de pétrole. Les mollusques bivalves et autres animaux sédentaires filtreurs sont particulièrement vulnérables à l'altération organoleptique. Parce qu'ils filtrent des quantités importantes d'eau, ils risquent d'ingérer des gouttelettes d'hydrocarbure dispersé et des particules de polluant en suspension dans la colonne d'eau. Les poissons en cage, et plus particulièrement les espèces grasses, comme le saumon, ont une plus grande tendance à accumuler et à conserver les hydrocarbures minéraux dans leurs tissus.



**Figure I.37:** Taux de dépuration (diminution de l'altération organoleptique) pour les poissons et les coquillages et crustacés après exposition expérimentale à du pétrole brut (Source : Davis, H.K., Moffat, C.F. & Shepherd, N.J. (2002), 'Experimental tainting of marine fish by three chemically dispersed petroleum products, with comparisons to the Braer oil spill', Spill Science & Technology Bulletin, vol. 7, no 5-6, pp.257-278).

L'altération organoleptique est également influencée par le type d'hydrocarbure, les espèces affectées, l'ampleur et la durée de l'exposition, les conditions hydrographiques et la température de l'eau. L'altération organoleptique des tissus vivants est réversible. Cependant, alors qu'elle se produit souvent rapidement (en quelques minutes ou quelques heures), le processus de dépuration, selon lequel les contaminants sont métabolisés et éliminés de l'organisme, est beaucoup plus long (plusieurs semaines). À basse température ambiante, le métabolisme, et donc la dépuration, peuvent être très lents (Hafez Abdelaziz T, 2021).

Quelques-uns des composants chimiques des pétroles bruts et des produits pétroliers susceptibles de causer l'altération organoleptique ont été identifiés, mais beaucoup restent inconnus. Par ailleurs, bien qu'aucun seuil de concentration fiable n'ait été établi, les concentrations d'hydrocarbures auxquelles l'altération organoleptique peut se produire sont très faibles. Il n'est ainsi pas possible de déterminer par l'analyse chimique seule si un produit est altéré ou non. Cependant, la présence ou l'absence d'altération organoleptique peut être déterminée rapidement et de manière fiable par test organoleptique, notamment si un personnel qualifié et des protocoles d'essais bien établis sont employés. Étant donné que les niveaux de contamination qui entraînent une altération organoleptique désagréable au goût sont très bas, les poissons et fruits de mer non altérés sont généralement considérés comme ne présentant pas de danger à la consommation.

### I.6.8.5 Préoccupations pour la santé publique

La contamination des poissons et fruits de mer à la suite d'un déversement majeur d'hydrocarbures peut donner lieu à des préoccupations pour la santé publique et à la restriction de la pêche. Ces préoccupations découlent principalement de la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans le polluant. Tous les HAP n'ont pas les mêmes effets en raison des différences de structure moléculaire, qui affectent leur métabolisme. Les déversements de pétrole brut contaminent principalement par des HAP à faible masse moléculaire qui ne présentent généralement que peu de potentiel cancérigène, voire aucun. Ils n'en restent pas moins préoccupants en raison de leur toxicité aiguë ou de leurs capacités d'altération organoleptique. En revanche, les fiouls lourds contiennent généralement une plus forte proportion d'HAP à forte masse moléculaire, dont ceux qui peuvent être activement cancérigènes. L'un des principaux facteurs qui influent sur la mutagénicité des HAP est la formation de métabolites réactifs qui s'attachent à l'ADN et peuvent entraîner des mutations génétiques, phénomène particulièrement préoccupant chez les HAP comprenant entre 3 et 7 cycles benzéniques. Fait cependant important, en raison des caractéristiques physiques des fiouls et des émulsions qui leur sont associées, y compris leur haute viscosité et leur faible dispersibilité, ils sont moins facilement incorporés dans les tissus vivants du fait de leur plus faible biodisponibilité (Hafez Abdelaziz T, 2021).

Les concentrations d'HAP (hydrocarbures aromatiques polycyclique) normalement présentes dans l'eau, dans le sédiment et dans les tissus sont très variables et peuvent provenir de sources diverses, y compris pyrogènes (liées à la combustion), anthropiques chroniques (liées aux activités humaines) et naturelles. L'apport normal en HAP par la consommation de poissons et fruits de mer varie considérablement d'un individu et d'une population à l'autre, selon la portion moyenne ingérée, la fréquence de consommation de poissons et fruits de mer et le poids corporel individuel. Le risque posé par les cancérigènes dérivés d'un déversement d'hydrocarbures pour un individu ou une population dépend donc du schéma de consommation de produits de la pêche à un endroit donné. Bien qu'il ne soit pas possible de définir un apport sans risque pour les humains, des « niveaux acceptables » d'HAP dans les poissons et fruits de mer peuvent être établis pour des régions spécifiques, à partir du niveau et des schémas typiques de consommation. En conséquence, plusieurs autorités ont désormais adopté des valeurs limites d'HAP pour les produits de la mer. Par exemple, au sein de l'Union européenne, la valeur limite pour le Benzo[a]pyrène (BaP) dans le poisson est de <2 µg/kg et de <10 µg/kg dans les mollusques bivalves (Hafez Abdelaziz T, 2021).

Aux États-Unis, l'EPA (Environmental Protection Agency) a répertorié 16 HAP constituant des polluants dits « prioritaires », qui sont souvent ciblés dans l'analyse d'échantillons environnementaux. Des valeurs guides ont été établies à partir de la somme de ces 16 HAP prioritaires à la suite de déversements. Or, étant donné que les HAP forment un mélange complexe de milliers de composés, une valeur dite « total HAP » est souvent employée comme mesure de contamination. Le total HAP est toutefois souvent difficile à interpréter car il dépend de la nature des composants particuliers qui ont été ajoutés les uns aux autres pour obtenir la

valeur globale. Pour cette raison, l'identité des HAP effectivement analysés devrait être indiquée pour permettre une évaluation des niveaux de contamination suivant une comparaison à l'identique. La plage de potentiel cancérigène relative de divers HAP couvre de nombreux ordres de grandeur. À cet égard, le BaP est considéré comme un composé clé. En raison de sa présence dans la fumée de cigarette, il est l'HAP le plus étudié. Ainsi, plusieurs directives ont été élaborées autour de l'utilisation du BaP en tant qu'indicateur. Par ailleurs, afin de comparer des échantillons d'origines différentes et d'appliquer les directives, des facteurs d'équivalence toxique (TEF) ont été élaborés, selon lesquels les concentrations d'HAP individuels sont exprimées en tant qu'équivalents du BaP, d'après leur cancérogénicité relative. Ces concentrations sont additionnées pour obtenir une valeur d'équivalent Benzo[a]pyrène (BaPE).

L'exposition humaine globale aux HAP, toutes sources potentielles confondues, dépend de nombreuses variables. Par exemple, une grande variété d'aliments fumés ou de grillades contiennent eux aussi les mêmes HAP, ou des composés analogues, que ceux pouvant être dérivés d'hydrocarbures déversés. Les légumes feuillus cultivés à proximité des centres urbains peuvent être contaminés par des HAP présents dans l'air et déposés sur les feuilles. Une autre complication pour les inspecteurs de la qualité des produits alimentaires réside dans le fait que la qualité des poissons et fruits de mer est également affectés par d'autres formes de contamination, telles que les métaux lourds, les toxines algales, les bactéries pathogènes et les virus. L'impact potentiel d'un déversement d'hydrocarbures sur la santé publique doit, par conséquent, être considéré dans son contexte général afin d'établir et de mettre en œuvre les remèdes appropriés. En tenant compte de la quantité, de la fréquence et de la durée de l'exposition aux HAP à la suite des déversements d'hydrocarbures, la plupart des études d'évaluation des risques ont conclu qu'il existe une marge de sécurité suffisante entre les niveaux d'HAP dans les poissons et fruits de mer suite à un déversement d'hydrocarbures et ceux qui menaceraient sérieusement la santé publique, même pour les consommateurs de produits de la pêche de subsistance.

**Tableau I.15:** Exemples des valeurs limites d'HAP utilisées par différentes autorités pour gérer la sécurité des poissons et fruits de mer à la suite de déversements d'hydrocarbures (Sun X, ITOPF 2022).

	Indicateur	Directives <sup>1</sup>	Cible
France - AFSSA <sup>2</sup> (ERIKA 1999)	16 HAP analysés par le Réseau national d'observation (RNO)	$\sum < 500 \mu\text{g/kg DW}$ Interdiction de vente $>1,000 \mu\text{g/kg DW}$	Coquillages
UK FSA <sup>3</sup> (2002)	Benzo[a]anthracène Benzo[a]pyrène Dibenz[a,h]anthracène	$\sum < 15 \mu\text{g/kg WW}$	Tous les poissons et fruits de mer
Union européenne (2005)	Benzo[a]pyrène (BaP)	$< 2 \mu\text{g/kg WW}$ $< 5 \mu\text{g/kg WW}$	Poissons Crustacés et céphalopodes

		< 10 µg/kg WW	Coquillages
Corée du Sud (MIFAFF) <sup>4</sup> (HEBEI SPIRIT 2007)	Équivalent du benzo[a]pyrène (BaPE)	< 3,35 µg/kg WW	Tous les poissons et fruits de mer
US EPA <sup>5</sup> (NEW CARISSA 1999)	BaPE	Apte à la consommation < 10 µg/kg WW Inapte à la consommation < 45 µg/kg WW	Coquillages Coquillages
US EPA <sup>5</sup> (KURE 1997)	BaPE	Apte à la consommation < 5 µg/kg WW Inapte à la consommation < 34 µg/kg WW	Coquillages Coquillages
US EPA <sup>5</sup> (JULIE N 1996)	BaPE	Apte à la consommation < 16 µg/kg WW Inapte à la consommation < 50 µg/kg WW	Homard Homard

<sup>1</sup> DW – poids sec; WW – poids frais. En règle générale, DW = env. 15 % x WW ; µg/kg ≡ ppb.

<sup>2</sup> AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.

<sup>3</sup> FSA : Food Standards Agency. Cette directive est désormais remplacée par les normes de l'Union européenne.

<sup>4</sup> MIFAFF: Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.

<sup>5</sup> EPA : Environment Protection Agency. Les variations des valeurs limites sont principalement dues aux différences dans l'alimentation régionale.

### I.6.8.6 Effet économique et perturbation de l'activité commerciale

La perturbation des activités de pêche et de mariculture, ainsi que le potentiel de pertes économiques importantes comptent souvent parmi les conséquences les plus graves d'un déversement d'hydrocarbures. Les préoccupations concernant la santé publique et la détection d'altération organoleptique sont susceptibles d'entraîner le retrait des produits du marché. Il peut également y avoir perte de confiance dans la filière économique, causant une baisse des prix ou le rejet total des poissons et fruits de mer par les grossistes, détaillants et les consommateurs. La couverture médiatique de la contamination par les hydrocarbures ou le bouche à oreille peuvent avoir des implications sur la valeur marchande des poissons et fruits de mer. Cependant, quantifier les préjudices financiers dus à la perte de confiance dans la filière économique peut être difficile car un tel exercice nécessite la disponibilité de données fiables pour démontrer à la fois que des ventes ont été perdues et que les prix ont chuté en conséquence directe du déversement (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Lorsqu'il s'avère impossible de protéger le matériel de pêche et les installations de mariculture contre les hydrocarbures, des pertes économiques sont généralement subies jusqu'à ce que les installations soient nettoyées et redeviennent opérationnelles. La quantification des pertes économiques dues aux mortalités des organismes cultivés n'implique souvent rien de plus que le comptage et le pesage des produits affectés.

## I.6.9 Options de lutte antipollution et atténuation des dommages dus à la pollution

Lorsque les installations, les structures ou les filets de mariculture sont contaminés, ils peuvent parfois être nettoyés *in situ* au moyen, par exemple, d'appareils de lavage haute pression. En cas de contamination plus importante, le nettoyage des installations peut nécessiter qu'elles soient démontées. Lorsqu'il est impossible de nettoyer, ou que le nettoyage est susceptible de coûter plus cher que du matériel neuf, le remplacement peut être une option préférable (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Afin de protéger le matériel de pêche et les installations de mariculture contre la contamination, des barrages et autres barrières physiques peuvent parfois être employés. Cependant, l'emplacement des équipements de pêche et de culture est souvent choisi délibérément de manière à bénéficier des routes migratoires des espèces recherchées ou de l'échange efficace d'eau. Ces emplacements sont généralement caractérisés par un débit d'eau modérément rapide, rendant les barrages largement inefficaces. Les installations piscicoles en eaux calmes peuvent parfois être protégées en entourant le périmètre des cages de films de plastique épais, empêchant ainsi les hydrocarbures flottants de pénétrer dans les filets ou de contaminer les flotteurs. Ces films de plastique ne doivent pas s'enfoncer trop profondément sous la surface de l'eau et doivent être lestés à la base pour les empêcher de remonter sous l'effet des courants ou de l'action des vagues. Dans certaines situations, des barrages absorbants peuvent aussi être déployés autour des cages (Hafez Abdelaziz T, 2021).

Bien que les absorbants ne soient pas appropriés pour la collecte d'hydrocarbures en vrac, ils sont souvent utilisés pour collecter les fines pellicules d'hydrocarbures à la surface de l'eau des bassins et des cages. Les absorbants ont également été utilisés avec succès pour filtrer l'eau de mer destinée aux installations à terre. Dans tous les cas, il est important de remplacer les absorbants souillés pour éviter qu'ils ne deviennent une source de contamination secondaire. Les absorbants composés de particules en vrac doivent être exclus car ils peuvent être confondus avec des aliments.

La contamination de matériel par des hydrocarbures flottants peut parfois être réduite ou prévenue par l'application de dispersants sur les nappes à une distance suffisante des installations et des pêcheries à terre. La distance nécessaire pour éviter la contamination du stock par l'hydrocarbure dispersé dépend de la force et de la direction des courants dominants, ainsi que du temps nécessaire pour que l'hydrocarbure dispersé soit suffisamment dilué dans la colonne d'eau. En conséquence, les effets potentiels des dispersants dans le voisinage ou en amont d'installations de mariculture, de frayères, de nurseries ou de prises d'eau doivent être pris en compte avant de décider de leur utilisation.

En plus des mesures de lutte antipollution habituelles, les stratégies d'atténuation possibles comprennent le remorquage d'installations flottantes hors de la trajectoire des nappes, la submersion temporaire de cages spécialement et le transfert du stock vers des zones peu susceptibles d'être touchées. Les possibilités d'utiliser ces méthodes sont rares pour diverses raisons d'ordre technique, logistique et financier mais, lorsque les circonstances le permettent et moyennant suffisamment de préparation, les possibilités d'éviter la contamination et les

pertes financières ne devraient pas être négligées (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Pour les bassins ou les écloséries à terre, la suspension temporaire des prises d'eau et le recyclage de l'eau déjà présente dans le système peuvent être des moyens efficaces d'isoler le stock de la menace de contamination par les hydrocarbures. La fermeture des vannes des parcs à crevettes, par exemple, peut également procurer une protection à court terme. L'interruption de l'alimentation peut permettre d'éviter que les poissons d'élevage et autre stock cultivé n'entrent en contact avec des aliments contaminés si les aliments doivent être distribués à travers un film d'hydrocarbures à la surface de l'eau. La réduction ou l'interruption de l'alimentation a pour autre avantage de réduire la charge de déchets dans l'eau recyclée. Il convient toutefois de veiller à ce que l'accumulation de déchets nocifs dans l'eau stagnante ou recyclée ne résulte pas en une mortalité excessive des stocks. Un équilibre doit être trouvé entre les dommages pouvant être causés aux stocks par ces mesures d'atténuation et ceux pouvant être causés par la pollution par les hydrocarbures.

Pour que de telles stratégies d'atténuation soient efficaces, il est essentiel que les installations de pêche et de mariculture sensibles soient identifiées dans les plans d'urgence. Il est conseillé d'inclure les opérateurs dans les exercices en vue de tester leur état de préparation si un accident survenait. Ils doivent être notifiés rapidement en cas de déversement menaçant leurs installations, afin de leur donner suffisamment de temps pour la mise en application des stratégies (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Dans certains cas, les mariculteurs peuvent être confrontés au risque de perdre tout leur stock en raison des dommages causés par la pollution par les hydrocarbures. À condition d'être notifiés à temps, ils peuvent parfois récolter leur stock plus tôt que prévu, avant qu'il ne soit pollué. Bien que le stock n'ait pas encore atteint sa taille commercialisable, une partie de sa valeur peut éventuellement être sauvée. Inversement, la récolte normale peut être retardée pour que le stock contaminé puisse être débarrassé de toute altération organoleptique par les processus métaboliques naturels. Il peut toutefois s'avérer difficile de prévoir un calendrier fiable pour que ces processus s'achèvent de manière satisfaisante étant donné que les taux de dépuration dépendent des conditions locales et des espèces concernées. Par ailleurs, étant donné que la dépuration est susceptible d'être lente, le stock risque de dépasser sa taille commercialisable optimale, nécessitant la recherche d'autres marchés éventuellement moins lucratifs (Hafez Abdelaziz T, 2021).

### **I.6.9.1 Stratégies de gestion**

Plusieurs stratégies de gestion sont possibles pour prévenir ou minimiser l'impact de la pollution par les hydrocarbures. La plus simple implique de limiter l'intervention au suivi de l'évolution d'un déversement d'hydrocarbures et de toute menace pesant sur la qualité des poissons et fruits de mer. Une intervention limitée peut prendre la forme de directives destinées à l'industrie du pouvant atténuer les pertes. Dans le cas de la pêche sportive, une protection suffisante peut parfois être assurée en déconseillant simplement de consommer les

prises et en préconisant, à titre temporaire, de les relâcher. Les mesures plus strictes comprennent le contrôle de la vente au détail, la saisie des prises et des fruits de mer, les restrictions d'activité et la fermeture des pêches. Chaque mesure présente des inconvénients potentiels et un examen attentif des options disponibles est conseillé avant d'agir. Les quatre stratégies suivantes peuvent permettre aux autorités de gérer la situation et d'autoriser avec confiance la levée des contrôles et des restrictions.

### I.6.9.2 Échantillonnage, suivi et analyse

L'objectif d'un programme de suivi bien défini doit être de déterminer le degré, la durée et l'étendue spatiale de la contamination par les hydrocarbures. En principe, afin d'introduire une restriction de pêche ou de vente de produits, l'échantillonnage et l'analyse d'un nombre relativement faible d'échantillons suffisent souvent à confirmer la présence initiale de contamination ou d'altération organoleptique. Ils permettent par ailleurs de définir la zone touchée. Le nombre minimum d'échantillons requis pour obtenir des résultats fiables est déterminé au cas par cas. Le suivi de la baisse progressive de la contamination par échantillonnage à des intervalles appropriés permet par la suite de confirmer avec un certain degré de confiance le point auquel les niveaux de bruit de fond sont rétablis (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

La fréquence et l'étendue géographique de l'échantillonnage et des tests doivent être déterminées par la sévérité de la contamination et par le taux de dépuration observé. Une approche pratique consiste à veiller à ce que les échantillons soient dépourvus d'altération organoleptique et que les niveaux d'HAP ne dépassent pas les échantillons de référence collectés juste en dehors de la zone touchée ou les niveaux trouvés dans les produits marins librement commercialisés ailleurs dans le pays. Lorsque deux lots d'échantillons successifs, prélevés sur une courte période, donnent des résultats à des niveaux acceptables, les restrictions peuvent être levées ou l'ampleur de l'interdiction peut être ajustée au fur et à mesure que les degrés de contamination constatés au sein d'une zone ou d'une espèce ont suffisamment diminué.

Il peut ne pas être nécessaire d'analyser tous les échantillons prélevés et certains peuvent être conservés pour une analyse ultérieure au cas où il s'avèrerait que les résultats initiaux n'étaient pas concluants ou fiables. Les espèces cibles sont celles qui ont une valeur commerciale, récréative ou de subsistance et qui sont effectivement consommées. Des échantillons témoins soigneusement sélectionnés et prélevés dans des zones voisines non affectées par la pollution par les hydrocarbures sont importants à des fins de référence, ainsi que pour faciliter la prise en compte des interférences liées au bruit de fond. Dans certains cas, des échantillons prélevés de marchés aux poissons et fruits de mer locaux peuvent fournir un point de référence pour la comparaison avec les échantillons des zones polluées par les hydrocarbures.

Les échantillons de tissus animaux et végétaux sont périssables et doivent être prélevés et conservés correctement afin de préserver leur intégrité. Des récipients propres doivent être utilisés (de préférence en verre) pour éviter l'altération et la contamination croisée des

échantillons. La réfrigération ou la congélation sont les méthodes de conservation les plus pratiques pour neutraliser la décomposition microbienne des échantillons au court terme. Les échantillons prélevés doivent être scellés, étiquetés et rapidement placés dans un récipient isotherme contenant un pack réfrigérant adapté pour le transport jusqu'au laboratoire d'analyse ou à l'équipement de congélation en vue d'un stockage à plus long terme. Il convient de noter que pour certains protocoles d'analyse, même les échantillons congelés deviennent périmés après de longues périodes de conservation.

### I.6.9.3 Analyse organoleptique

L'analyse organoleptique est souvent la méthode la plus appropriée pour établir la présence ou l'absence d'altération organoleptique et pour indiquer si des poissons ou fruits de mer sont aptes à la consommation humaine. Des groupes de dégustation entraînés et des échantillons témoins valides sont autant d'éléments essentiels d'un protocole d'analyse organoleptique. Afin d'obtenir des résultats reproductibles et de minimiser la partialité, les tests doivent être effectués « à l'aveugle », c'est-à-dire que les dégustateurs ne doivent pas connaître l'identité des échantillons témoins ou potentiellement altérés.

Le seuil de non-altération peut être défini comme étant le point auquel un nombre représentatif d'échantillons de la zone polluée ne sont pas plus altérés qu'un nombre égal d'échantillons prélevés d'une zone témoin voisine ou d'un point de vente à l'extérieur de la zone du déversement. Cette approche tient compte des variations possibles entre les dégustateurs et les consommateurs individuels et du fait que, dans une population quelconque, l'altération organoleptique d'échantillons peut être due à des raisons autres qu'un déversement d'hydrocarbures. L'assurance que les poissons ou coquillages et crustacés sont propres et aptes à la consommation s'acquiert par une série chronologique adéquate de données de suivi indiquant une réduction progressive de l'altération organoleptique à la suite d'un déversement d'hydrocarbures.

### I.6.9.4 Analyse chimique

L'analyse organoleptique peut être un outil de dépistage utile. Cependant, en raison du manque de groupes de dégustation entraînés, de la plus grande accessibilité et du coût inférieur des techniques analytiques, ainsi que de l'adoption de normes de sécurité sanitaire vis-à-vis des poissons et fruits de mer par de nombreuses autorités, l'analyse chimique est plus fréquemment employée dans la gestion des pêcheries et de la mariculture au lendemain d'un déversement d'hydrocarbures. Le plus souvent, l'analyse chimique des HAP est effectuée par chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse (GC-SM). Les concentrations d'HAP sont ensuite comparées aux niveaux acceptés à l'échelle nationale ou internationale ou aux niveaux trouvés dans des échantillons de référence prélevés au sein d'une zone témoin locale (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Il est généralement préférable de sélectionner des échantillons de poissons et fruits de mer à analyser, plutôt que des échantillons d'eau et de sédiment, étant donné que les organismes

« Contrôlent » l'état de l'eau environnante et/ou du sédiment par l'accumulation, puis la dépuración des contaminants. L'eau et/ou le sédiment servent de vecteur des contaminants vers l'organisme. Par conséquent, dans les cas où l'on sait que la colonne d'eau est affectée (par exemple, par l'observation visuelle), il est généralement préférable d'analyser les poissons et fruits de mer pour déterminer si oui ou non la contamination s'est transférée à l'organisme. Les autorités de contrôle et les consommateurs sont avant tout préoccupés par l'état des poissons et fruits de mer, plutôt que par celui de l'eau ou du sédiment. Lorsque la présence de contaminants ne peut pas être confirmée par des moyens évidents, l'analyse d'échantillons de la colonne d'eau, notamment d'échantillons prélevés dans des installations fermées à terre, ou d'espèces indicatrices (ex. les moules) peut être nécessaire pour apaiser les craintes de contamination des stocks.

### **I.6.9.5 Gestion des fermetures de pêches**

Des restrictions de pêche et de récolte peuvent être imposées après un déversement d'hydrocarbures afin de prévenir ou de minimiser la contamination du matériel de pêche et de protéger ou rassurer les consommateurs de poissons et fruits de mer. Les pêcheurs peuvent convenir d'une suspension volontaire de l'activité de pêche par mesure de précaution pendant une période de dérive des hydrocarbures dans leur zone de pêche habituelle, évitant ainsi une contamination répétée du matériel de pêche. Lorsqu'une suspension volontaire n'est pas appropriée, des fermetures ou des restrictions de commercialisation formelles peuvent être applicables. Il est alors essentiel que les critères de réouverture et de levée des interdictions soient également envisagés lorsque les restrictions sont imposées.

Les fermetures de pêches imposées pour protéger le matériel et les prises peuvent généralement être levées une fois que la surface de l'eau est visuellement dépourvue d'hydrocarbures et d'irisation, à condition qu'il n'y ait pas de signes d'hydrocarbures coulés. Les restrictions imposées sur la base de preuves d'altération organoleptique ou de contamination durent généralement plus longtemps et nécessitent un suivi attentif. Dans la plupart des scénarios de déversement d'hydrocarbures, un protocole de gestion des pêches et de la mariculture est constitué de mesures telles que des relevés pour confirmer l'absence d'irisations flottantes ou d'hydrocarbures coulés, d'analyse organoleptique pour déterminer l'absence d'altération, et d'analyse chimique pour démontrer que les niveaux de contamination sont revenus aux niveaux du bruit de fond ou au-dessous des valeurs seuils. Séparément ou plus souvent conjuguées, ces stratégies procurent une crédibilité scientifique et répondent à la demande de mesures adéquates pour empêcher les poissons et fruits de mer désagréables au goût ou toxiques d'atteindre le consommateur.

Les critères de réouverture des pêches doivent être réalistes et réalisables au regard de la qualité normale des poissons et fruits de mer dans la région. Une prise de décision crédible demande des connaissances en gestion des ressources de la pêche et des données fiables sur les niveaux normaux de contamination, à l'échelle locale et nationale. Une bonne compréhension des caractéristiques physiques et chimiques des hydrocarbures polluants et de leurs effets sur les végétaux et les animaux marins est également utile. Les schémas de consommation de poissons et fruits de mer, ainsi que les variations saisonnières de disponibilité aident également à définir

le risque pour la santé humaine et permettent aux autorités de contrôle de prendre des décisions de gestion des risques en connaissance de cause (Serrafi, L, Sahridj, N, 2020).

Les autorités de contrôle de la qualité des poissons et fruits de mer doivent trouver un juste équilibre entre le besoin d'informer, rassurer et protéger le public et celui de gérer le risque de susciter des craintes inutiles. Les stratégies adoptées cadrent avec les pratiques culturelles et administratives du pays touché et, par conséquent, varient d'un pays à l'autre. Les médias peuvent jouer un rôle utile en favorisant une réaction rationnelle aux restrictions temporaires en communiquant les résultats des régimes d'échantillonnage et d'analyses menés dans les règles.

Les critères tant de fermeture que de réouverture doivent constituer une partie importante des plans d'intervention d'urgence. En fin de compte, les avantages d'une fermeture doivent être évalués au regard des pertes économiques causées par une perturbation prolongée de l'activité normale de pêche et de culture. Paradoxalement, les fermetures de pêches dues à des déversements d'hydrocarbures peuvent parfois résulter en une conservation bénéfique des stocks, particulièrement si l'espèce exploitée n'est pas migratrice et que les impacts des hydrocarbures sont minimales.

#### **I.6.9.6 Les points essentiels**

- Les effets de la pollution par les hydrocarbures le plus souvent subis par le secteur de la pêche et de la mariculture sont la pollution physique du matériel et la contamination des poissons et fruits de mer, causes d'altération organoleptique.
- Les effets d'un déversement d'hydrocarbures sur les ressources halieutiques et les populations de poissons sont extrêmement difficiles à isoler d'autres facteurs, tels que les fluctuations naturelles des stocks, les effets climatiques, la contamination chronique par des sources industrielles et urbaines et la surpêche.
- Les effets d'une pollution sur les pêches commerciales et de subsistance peuvent causer des pertes importantes.
- Les répercussions de la contamination de poissons et fruits de mer sur l'opinion publique peuvent être sérieux à moins que les questions de confiance dans la filière économique et de santé publique soient bien gérées.
- Les dispositions pour informer les opérateurs, dès que possible, de la menace d'un déversement d'hydrocarbures pour leurs installations, offrent la meilleure possibilité de mettre en œuvre des techniques de lutte efficaces.
- Pour maintenir la confiance dans le secteur de la pêche, les stratégies de gestion adoptées suite à un déversement d'hydrocarbures doivent être fondées sur des méthodes et des données scientifiques afin de veiller à la sécurité sanitaire et à la qualité des poissons et

fruits de mer.

- Dans le contexte de la pollution par les hydrocarbures, si les poissons et fruits de mer ne présentent pas d'altération organoleptique, ils sont considérés comme aptes à la consommation car les niveaux de contaminants auxquels les humains détectent l'altération par les hydrocarbures sont particulièrement bas.
- Des plans d'intervention d'urgence efficaces, qui abordent la question de la fermeture et de la réouverture des pêches, ainsi que les mesures de lutte antipollution, peuvent empêcher ou réduire l'impact des déversements d'hydrocarbures sur la pêche et la mariculture.

## I.7 Conclusion

Certaines régions comme la Méditerranée, plus exactement la baie d'Arzew est donc, plus vulnérable que d'autres, en raison d'une part d'un trafic maritime intense, mais aussi parce que le niveau de préparation de la lutte contre la pollution y est relativement faible par rapport à l'Atlantique européen par exemple.

En effet, la zone industrielle d'Arzew est considérée comme l'un des principaux pôles pétrochimiques algériens avec celui de Skikda puisqu'elle constitue un point d'exportation vital de gaz vers l'Espagne et du pétrole, celui qui rend la baie d'Arzew plus exposé aux risques de pollution par les hydrocarbures.

## Chapitre II : Contexte de l'étude

### II.1 Bilan énergétique mondiale

La plupart des activités humaines modernes reposent sur une ressource d'énergie et une forte inégalité persiste entre les pays riches et les pays moins développés. Aujourd'hui, la moitié de l'énergie produite mondialement est consommée par 15% de la population. Les réserves d'énergies fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole) sont inégalement réparties, permettant ainsi à un nombre très limité de pays de tirer avantage de leurs abondantes richesses naturelles. La demande d'énergie progresse ainsi rapidement dans le monde, plus particulièrement en Asie, au Moyen-Orient et en Afrique. La figure suivante illustre ces différences. Entre 1999 et 2009, la consommation mondiale d'énergie a progressé de 23,6% (Mons, 2011). Selon Bocard, 2006 ; "cette croissance des besoins énergétiques de la planète fera que le pétrole, dont les réserves prouvées s'élèvent à plus de 140 milliards de tonnes (sans compter les réserves probables), restera une source d'énergie dans les 50 ans à venir".

L'augmentation de la consommation de pétrole réponse aux besoins énergétiques entre les pays, qui fait que le transport maritime de cette énergie augmente de plus en plus pour satisfaire la demande des différents pays. Cela induit à de forte pollution marine par les hydrocarbures causés par les accidents.

Par ailleurs, la croissance des besoins énergétiques, donc une augmentation de la consommation de pétrole, qui fait que le transport maritime de cette énergie entre les pays augmente de plus en plus pour satisfaire la demande des différents pays. Cela induit à de forte pollution marine par les hydrocarbures causé par les accidents.

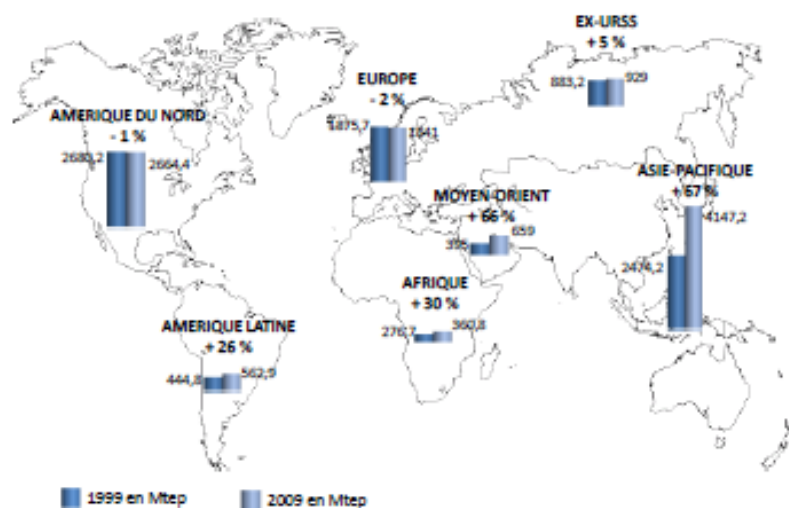


Figure II.1 : Consommation mondiale d'énergie primaire en Mtep (Méga tonne équivalent pétrole) au cours des années 1999 et 2009 (BP, 2010).

## II.2 Problématique « Environnement/Energie »

### II.2.1 Introduction

L'importance du trafic des navires pétroliers et la multiplication des puits de forçages offshore augmente les risques de pollution accidentelle du milieu aquatique par les hydrocarbures. L'évolution des risques de déversements d'hydrocarbures en mer est un sujet qui préoccupe les chercheurs aujourd'hui.

### II.2.2 Les principales causes de pollutions

Généralement, les pollutions aux hydrocarbures dans les eaux de mer ont pour origines : Le facteur humain, regroupant à la fois les erreurs humaines (erreurs de manipulation ou d'opération) et les actes intentionnels de malveillance, représente 20% des pollutions. On cite par exemple, la rupture d'un oléoduc russe en 2006 suite à un glissement de terrain provoqué par des travaux de construction illustre bien une erreur humaine. Cet accident a provoqué un déversement de 340 m<sup>3</sup> de pétrole brut dans une rivière. Selon [GL Noble \(2013\) Denton](#), consultant spécialisé dans le domaine de la sécurité de l'industrie gazière et pétrolière offshore, le facteur humain ou l'erreur humaine sont encore souvent une raison importante des pertes de navires et des catastrophes maritimes ([GL Noble Denton, 2013](#)).

Des rejets volontaire nommé improprement dégazage ou involontaire dû à un accident ou un naufrage. On estime que les collisions de navires sont à l'origine de 14% des pollutions, comme par exemple ;

- D'un accident sur une installation de forage en pleine mer (plate-forme pétrolière).
- D'un accident industriel en bord de mer.
- D'un accident de transport (un pipeline).

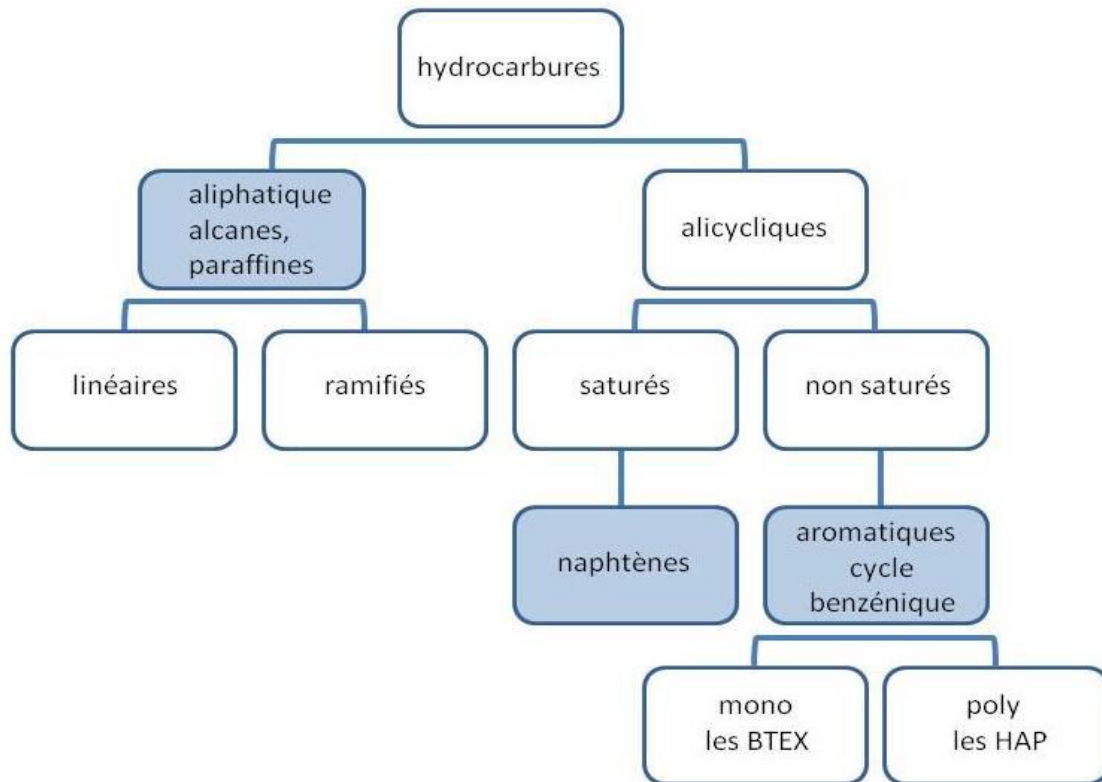
### II.2.3 L'importance de la qualité de l'eau

L'eau est une ressource en partie renouvelable, essentielle au développement de la vie (biodiversité). Il est nécessaire de la protéger de l'impact des activités humaines en prévenant les pollutions de toutes natures et en restaurant si nécessaire les compartiments pollués, puisque la pollution porte atteinte à sa capacité d'autoépuration.

La difficulté consiste donc à protéger l'eau sans nuire de façon excessive au développement économique lié à l'énergie. Par ailleurs, afin de prévenir les pollutions aux hydrocarbures, il est nécessaire de comprendre comment ils peuvent menacer la qualité de l'eau et la partie suivante a pour but de détailler leur toxicité.

## II.2.4 La toxicité des hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des mélanges complexes de composés chimiques. Leurs compositions définissent leur comportement, leur aspect ainsi que leurs caractéristiques physiques. On peut classer les hydrocarbures selon leurs structures.



**Figure II.2** : Classement des hydrocarbures selon leur structure (Gomez. D, 2010) (en fond bleu les hydrocarbures toxiques et en fond blanc les non toxiques).

Les hydrocarbures ne sont pas tous toxiques (fig.II.2). Seulement les aliphatiques et les naphtènes ont un comportement toxique mais avec un effet beaucoup moindre que les composés HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) qui ont un potentiel mutagène et cancérigène important et 16 d'entre eux sont classés comme substances polluantes prioritaires (US EPA) et 6 sont classés par le centre international de recherche sur le Cancer (IARC) comme cancérigènes probables (groupe 2B).

L'impact sur la santé humaine de l'exposition aux produits pétroliers est difficile à évaluer. Les produits pétroliers ont des compositions variables (origine du brut, opérations de raffinage). De plus, dans l'environnement, des modifications importantes et continues interviennent au niveau des proportions relatives des composés dues à leur transformation (biodégradation, réactions chimiques) et à leurs mobilités respectives (sorption, volatilisations, solubilité).

Même si les technologies d'analyse courante permettent aujourd'hui d'identifier et de quantifier tous les composants hydrocarbures connus, le coût prohibitif de telles analyses et surtout le

manque de données toxicologiques et physicochimiques rend cette démarche totalement inenvisageable (Gomez. D, 2010).

L'enjeu est donc de développer une approche qui permette de simuler et de modéliser la dérive de ces produits lors de son diversement en mer, une approche qui devra être suffisamment fiable et exhaustive pour permettre de connaître le comportement du produits déversé, hydrocarbures aux produits chimiques, puis pour savoir quand faut-il intervenir et comment ? Et quelles seront les conséquences ?

## II.2.4 Toxicité des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Les HAP sont des molécules organiques associant plusieurs noyaux organiques (entre 2 et 10). Ce sont des produits issus de la combustion incomplète de la matière organique. Les HAP ont un potentiel mutagène et cancérigène important. La classification des matières prioritaires et dangereuses est faite par différentes agences sanitaires :{ EPA (Environmental Protection Agency (Etats-Unis)) Codification : A (cancérigène pour l'homme), B1 et B2 (cancérigène probable pour l'homme), C (cancérigène possible pour l'homme), D (inclassable), E (probablement non cancérigène), { CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer (International)) Codification : 1 (cancérigène pour l'homme), 2A (probablement cancérigène pour l'homme), 2B (peut être cancérigène pour l'homme), 3 (inclassable), { à l'échelle européenne Codification : CAT1 (substance cancérigène pour l'homme), CAT2 (substance assimilée \_a des substances cancérigènes pour l'homme), CAT3 (substance préoccupante pour l'homme en raison des effets cancérigènes).De par leur caractère cancérigène et mutagène, un certain nombre de molécules HAP sont classées comme substances polluantes prioritaires et cancérigènes (tableau II.1).

Les conséquences sur l'organisme d'une exposition par inhalation ou voie orale les plus fréquemment citées sont :

- Des troubles gastro-intestinaux : selon une étude de [Badiali et al. \(1985\)](#), une période prolongée de contamination a l'anthracène augmente les risques de cancer du côlon et du rectum,
- Des problèmes hépatiques et rénaux,
- Des troubles respiratoires et rénaux : [Gupta et al. \(1993\)](#) ont recensé les problèmes respiratoires de 667 travailleurs d'une usine de caoutchouc. Cette \_étude montre que les personnes les plus exposées au benzo(a)pyrène ont développé de manière significative des problèmes et des maladies respiratoires. A la suite de nombreuses \_études menées sur l'homme et l'animal, il apparaît que le mécanisme cancérigène des HAP est très complexe : un mélange de HAP classes non cancérigènes peut provoquer des cancers ([Lafon et al., 2000](#)).

**Tableau II.1** : Classification du caractère cancérigène des HAP (Lafon et al., 2000).

Substances (HAP)	CIRC	US EPA	UE
naphtalène	non classé	C	non classé
acénaphthylène	non classé	D	non classé
acénaphène	non classé	non classé	non classé
Fluorène	3	D	non classé
phénanthrène	3	D	non classé
anthracène	3	D	non classé
fluoranthène	3	D	non classé
pyrène	3	D	non classé
benzo(a)anthracène	2A	B2	2
chrysène	3	B2	2
benzo(b)fluoranthène	2B	B2	2
benzo(k)fluoranthène	2B	B2	2
benzo(a)pyrène	2A	B2	2
dibenzo(a,h)anthracène	2A	B2	non classé
indéno(1,2,3-cd)pyrène	2B	B2	non classé
benzo(g,h,i)pérylène	3	D	non classé
benzo(e)pyrène	3	C	2
anthanthrène	3	non classé	non classé
coronène	3	B2	2
pérylène	3	non classé	2

Les pollutions aux hydrocarbures dans les eaux continentales sont en pleine croissance avec une moyenne annuelle en France d'une dizaine de déversements supérieurs à 7 tonnes. Les accidents les plus souvent identifiés résultent d'erreurs de manipulation, de fuites accidentelles de citernes domestiques ou industrielles, de fuites de stations-services, d'accidents de camions, de dégazages volontaires ou accidentels de bateaux fluviaux, etc...

Ces accidents ont un impact catastrophique sur l'environnement aquatique. Cependant, les autorités chargées de prendre des mesures de protection et les exploitants de prises d'eau ne disposent que très rarement d'outils d'aide à la décision adaptés aux interventions opérationnelles. Pour répondre à ce besoin, il a été choisi de mettre en place un système d'alerte qui se base sur un outil inédit couplant un module Lagrangien capable de prédire le transport de la nappe d'hydrocarbures en surface avec un module Eulérien de qualité d'eau permettant d'évaluer l'impact environnemental des hydrocarbures dans la colonne d'eau. Pour le développement de cet outil, un état de l'art doit être réalisé afin d'établir les lois régissant le comportement des hydrocarbures dans les eaux continentales.

## II.2.5 Comportement et devenir dans l'environnement

Afin de faire le choix des phénomènes physiques à considérer pour modéliser la dérive de nappe d'hydrocarbures en eaux continentales, il est important de faire un état de l'art détaillé. Cette bibliographie identifie les processus intervenant à court et moyen termes lors de la dérive de nappe d'hydrocarbures. Dans une première partie, la bibliographie se veut exhaustive et traite du devenir des pollutions par hydrocarbures dans les eaux marines et continentales en sachant que la grande majorité des modèles développés le sont dans les eaux côtières. Dans une seconde partie, le paragraphe 2.4.3 s'attachera à décrire plus particulièrement la physique des processus et leurs particularités dans les eaux continentales. Il apparaît que les modèles sont indispensables lors d'alertes de pollutions pour la mise en place de plans d'urgence limitant les conséquences environnementales de la pollution.

## II.2.6 Généralités sur les hydrocarbures

### II.2.6.1 Le pétrole et les produits pétroliers

Les hydrocarbures sont des mélanges complexes de composés chimiques. Leurs aspects, leurs caractéristiques physiques ainsi que leurs comportements dépendent de leurs compositions (cf. tableau II.2). Les déversements de produits pétroliers lors de pollutions impliquent principalement quatre types de produits aux comportements très différents :

- les produits raffinés légers,
- les produits raffinés lourds,
- les pétroles bruts,
- les biocarburants.

**Tableau II.2** : Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures (CEDRE, 2009).

Nature de l'hydrocarbure	Persistance/Évaporation
Produits raffinés légers, exemple : essence, gasoil, kérosène, fioul domestique	Persistance très faible voire nulle, Evaporation rapide (en quelques heures) Dispersion naturelle
Produits de viscosité $\nu_o \leq 2000 \text{ cSt}$ ( $\text{cSt} = \text{mm}^2/\text{s}$ ), Bruts légers et moyens peu vieillis Fiouls légers et moyens peu vieillis exemple : brut brent (mer du Nord)	Persistance faible Evaporation forte (autour de 40% en 24 heures)
Produits de viscosité $\nu_o \geq 2000 \text{ cSt}$ ( $\text{cSt} = \text{mm}^2/\text{s}$ ), Bruts légers et moyens vieillis Bruts lourds Fiouls lourds et résidus opérationnels exemple : bunker C ou fioul lourd (appellation française)	Persistance moyenne Evaporation faible (généralement inférieure à 10%)
Bruts paraffiniques dont le point d'écoulement est supérieur à la température de l'eau de mer.	Persistance forte, Hydrocarbures solides ou liquides et très visqueux Evaporation très faible

### II.2.6.2 Caractéristiques physiques essentielles

Un produit pétrolier répandu dans le milieu aquatique peut être caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques décrivant son comportement et son état de vieillissement à un instant donné de son évolution. Ces paramètres physiques sont principalement :

**Densité** : les hydrocarbures ont presque toujours une densité inférieure à 1, ce qui leur permet de flotter. Cependant, une fois déversés, des phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification) augmentent progressivement leur densité jusqu'à des valeurs proches de celles de l'eau saumâtre ou douce, ce qui rend leur flottabilité plus incertaine.

**Viscosité** : lors d'un déversement en mer ou dans les eaux continentales, du fait de phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification), la viscosité augmente progressivement, éventuellement jusqu'à des valeurs très élevées, ce qui modifie le comportement du polluant dans l'eau.

**Point d'écoulement** : Le point d'écoulement d'un hydrocarbure est défini par la température à partir de laquelle le produit commence à s'écouler dans les conditions de test en laboratoire. Lorsque la température ambiante est sous ce point, l'hydrocarbure se comporte comme un solide.

**Courbes de distillation** : l'essai de distillation sert à calculer la volatilité du carburant sur toute la plage d'ébullition (ou de distillation) de l'hydrocarbure. L'hydrocarbure se compose de

diverses substances qui s'évaporent à différentes températures. Les composants plus volatils s'évaporent à des températures plus basses, tandis que ceux qui le sont moins s'évaporent à des températures plus élevées. Le tracé de ces températures d'évaporation est désigné sous le nom de courbe de distillation.

### III.2.6.3 Présentation des différents processus mis en jeu lors d'une pollution

Les processus d'évolution des hydrocarbures dépendent étroitement des caractéristiques physiques (densité, viscosité, tension superficielle) et chimiques du produit déversé et de la quantité d'énergie disponible dans le milieu. Celle-ci essentiellement d'origine mécanique (vent, marées) dépend des caractéristiques morphologiques et sédimentaires du littoral. La compilation de ces différents éléments amène à considérer chaque accident pétrolier comme un nouveau type de pollution présentant un comportement et des caractéristiques différentes vis-à-vis du milieu marin. (Guy BODENNEC, et al, 1981). Le comportement des polluants déversés en mer en macro quantité dépend de leurs propriétés physico-chimiques. Les produits transportés par voie maritime sont classés en quatre groupes principaux, sachant que les substances déversés peuvent présenter également des comportements mixtes (flotter et s'évaporer, par exemple) (Marchand et Kantin, 1996).

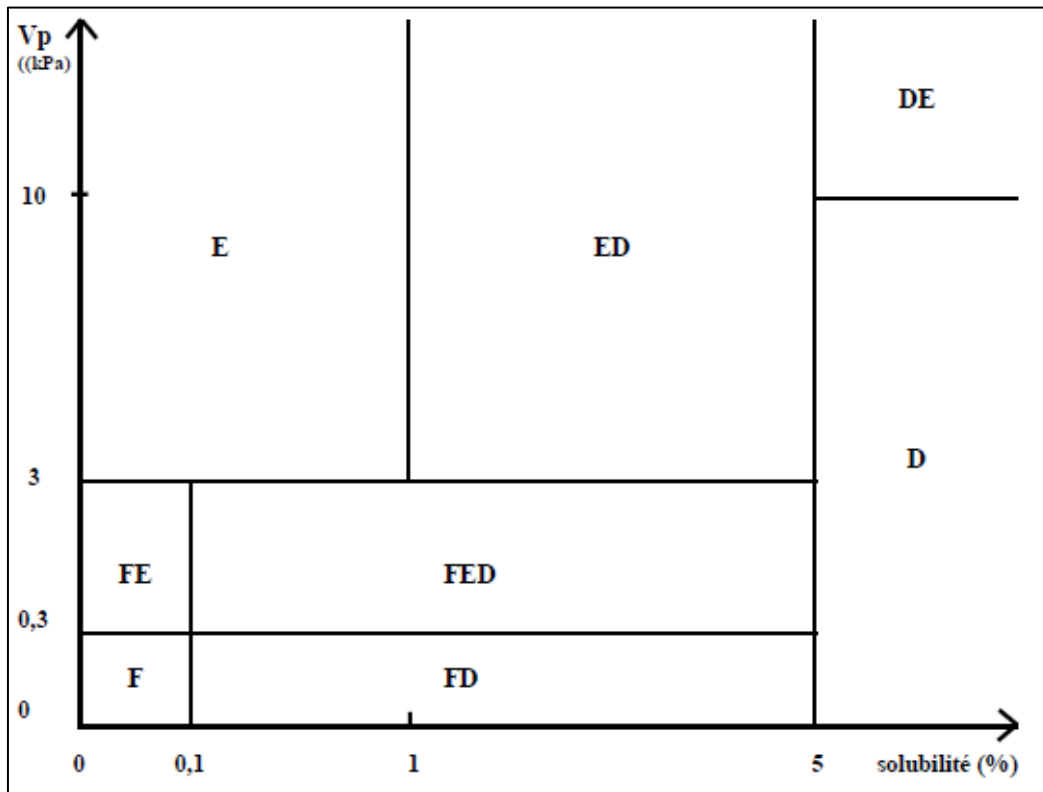
- les produits qui se dissolvent (D),
- les produits qui s'évaporent (E),
- les produits qui flottent (F),
- les produits qui coulent (S).

Les propriétés physiques utilisées pour définir ces catégories sont :

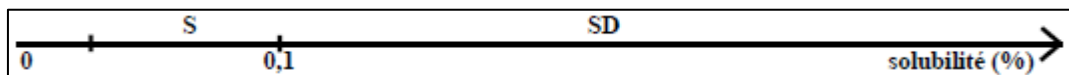
- l'état des substances à 20 °C (gaz, liquide ou solide),
- la densité, comparée à celle de l'eau de mer (1,03 à 20 °C),
- la pression de vapeur : on considère qu'une substance ne s'évapore pas si sa pression de vapeur est inférieure à 0,3 kPa et qu'elle s'évapore rapidement si celle-ci est supérieure à 3 kPa,
- la solubilité dans l'eau distillée. Les critères adoptés sont différents selon l'état de la substance. Les liquides ayant une solubilité inférieure à 0,1 % sont considérés comme insolubles. Avec une solubilité supérieure à 5 %, le processus de dissolution est prépondérant. Chez les solides, les critères adoptés pour négliger ou, au contraire, accorder la principale importance au processus de dissolution sont respectivement 10 % et 100 % (Gwenaëlle Bucas, 2002).

Les liquides et les solides sont ainsi classés en quinze groupes, dont les limites sont représentées sur la figure suivante :

Liquide  $d < 1,03$



Liquide  $d > 1.03$



Solide :

$d < 1.03$

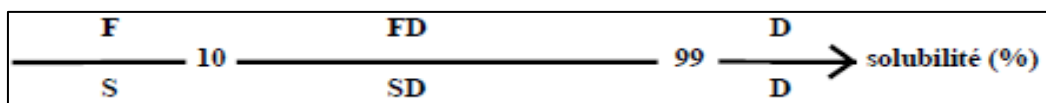


Figure II.3 : classement des liquides et solides en groupe de comportement (Gwenaëlle Bucas, 2002).

Enfin, le paramètre de viscosité détermine si un produit liquide flottant sera persistant ou non, selon Gwenaëlle Bucas. En effet, les produits ayant une viscosité plus élevée formeront une nappe cohérente, tandis que les produits flottants insolubles et peu visqueux auront tendance à s'étaler et à se disloquer spontanément à la surface de l'eau. La limite est fixée à la valeur de viscosité de 10 cSt.

Ce système de classification présente cependant plusieurs limites, car il est établi de façon théorique. Il convient de vérifier expérimentalement l'adéquation des valeurs choisies pour

limites avec le milieu marin afin de calculer pour chaque groupe des temps de résidence à la surface de l'eau. Cet élément est essentiel en cas de lutte contre un déversement.

Les sels dissous présentent en quantité importante dans l'eau de mer est en effet susceptible de modifier largement le comportement d'un produit par rapport à celui prévu dans l'eau douce. Sachant que les caractéristiques des polluants potentiels, telles que la solubilité, n'étant généralement connues que dans l'eau distillée. Pour cela il est primordial d'exploiter les données issues d'expérimentations ou d'observations d'accidents pour donner le comportement de différents produits en précisant leur réaction vis-à-vis des phénomènes d'émulsification et de dispersion. Or ces phénomènes ont des conséquences sur le temps de résidence à la surface de l'eau, sur le type de moyen de récupération à mettre en œuvre et sur le volume d'eau, donc la quantité de la faune et la flore touché (Gwenaëlle Bucas, 2002).

On note aussi que le temps de résidence du polluant dans l'eau est également influencé par sa vitesse de dégradation. Cette vitesse varie selon les processus mis en jeu, les produits impliqués et les conditions environnementales. Les différents mécanismes envisageables pour la dégradation des huiles végétales seront présentés plus loin.

Ainsi, les 638 produits qui constituent la "liste prioritaire" de l'OMI, étant donnée la fréquence de leur transport par voie maritime, sont en cours de classement. Ils contiennent 10 % de produits flottants, 5 % de flottants persistants et 11 % de coulants. Le reste des substances présente un comportement mixte (Le Devehat, 2000).

Le devenir de ces hydrocarbures est déterminé par différents facteurs, dont la quantité déversée, les caractéristiques physiques et chimiques de l'hydrocarbure, les conditions climatiques qui prévalent et l'état de la mer. Le fait que les hydrocarbures restent en mer ou viennent s'échouer sur la cote influence également son devenir. Comprendre les processus et les interactions qui entrent en jeu et altèrent la nature, la composition et le comportement de l'hydrocarbure avec le temps est fondamental pour tous les aspects de la lutte antipollution (ITOPF, 2012).

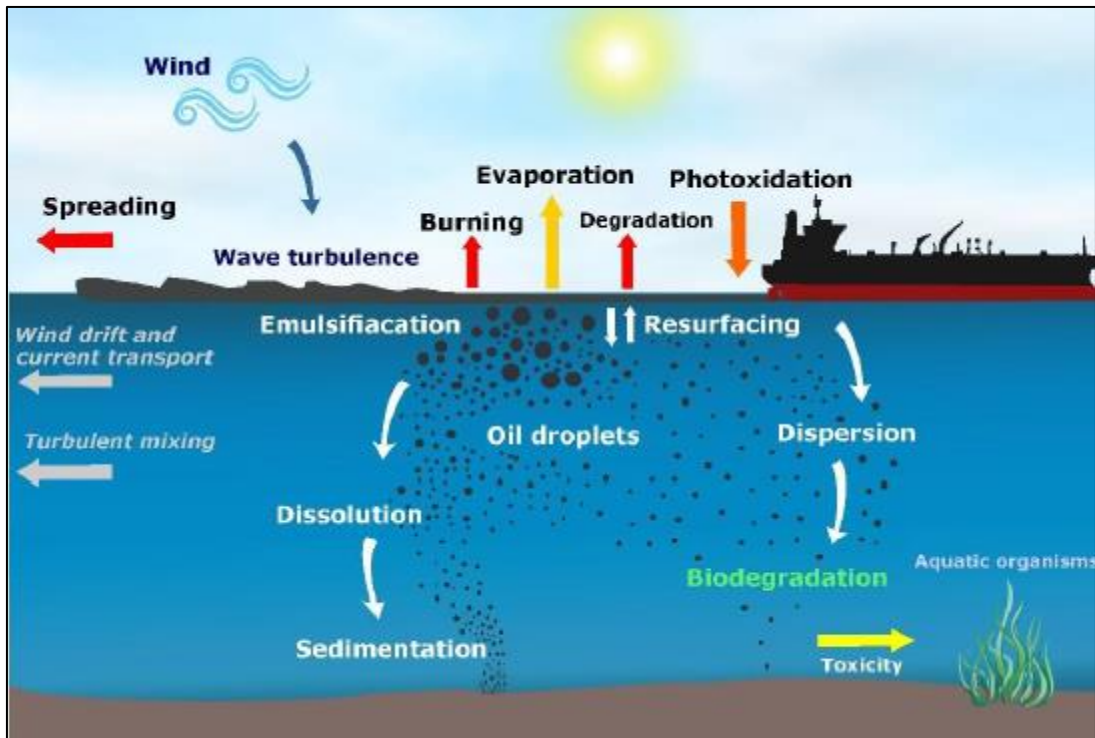


Figure II.4. Principaux processus de transport et d'altération affectant la marée noire.

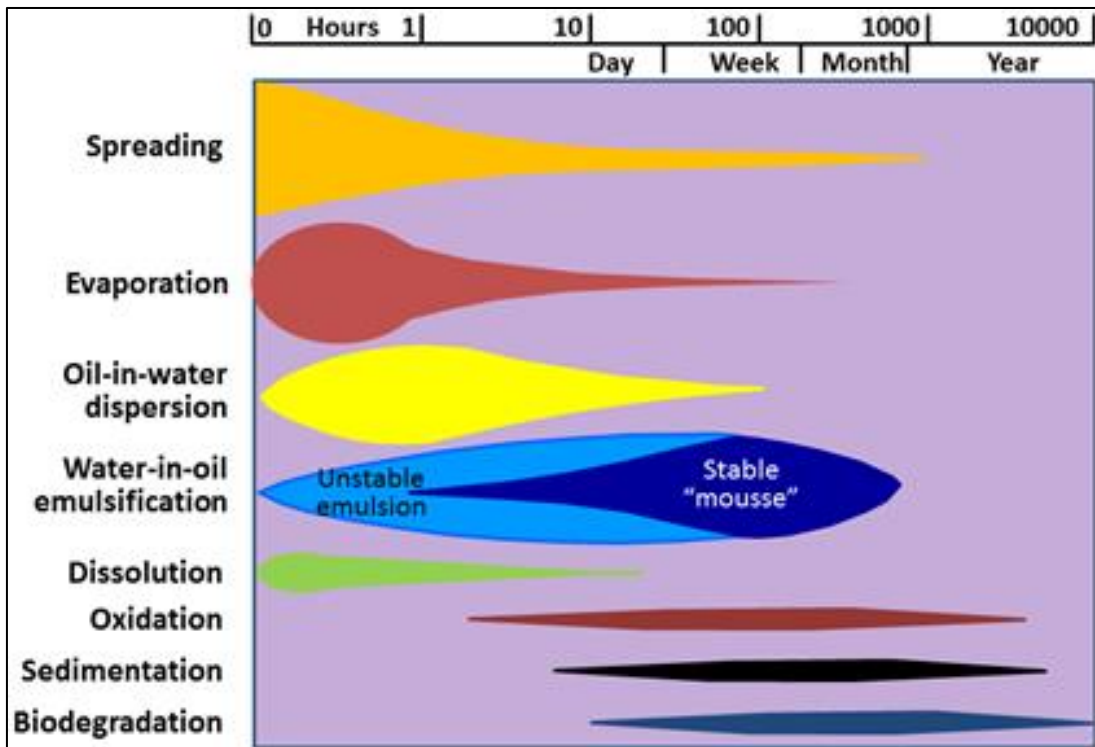


Figure II.5. Processus d'altération du pétrole.

### II.2.6.3.1 Phénomène de L'étalement

L'étalement est le mouvement horizontal de la quantité d'hydrocarbures déversés sur la surface de la mer, il commence à s'étaler dès qu'il est reversé. La vitesse à laquelle cela se produit dépend dans une grande mesure de la viscosité de l'hydrocarbure et du volume en question, il est aussi influencé par la force gravitationnelle, la force d'inertie et la force de tension de surface. L'étalement est une phase initiale, la surface d'hydrocarbure devienne grande par le temps, ce processus n'influence pas sur la composition physique et chimique de l'hydrocarbure, les hydrocarbures lourds et avec une viscosité grande s'étalent moins rapidement que les hydrocarbures légers, l'étalement est influencé aussi par les conditions météorologiques, les courants et le vent sont les principaux phénomènes qui transportent la quantité déversée, la vitesse de déplacement égale à 100% de la vitesse du courant et de 3.5% de la vitesse du vent. (API, 1999).

### II.2.6.3.2 Phénomène de L'évaporation

Les composants plus volatils d'un hydrocarbure s'évaporent dans l'atmosphère à un taux dépendant des températures ambiantes et de la vitesse du vent. En règle générale, les hydrocarbures dont le point d'ébullition est inférieur à 200°C s'évaporent dans les 24 heures par conditions modérées. Plus la proportion de composants à faible point d'ébullition est forte, plus l'évaporation est importante (ITOPF, 2012).

L'évaporation varie selon la nature de l'hydrocarbure : elle peut être totale dans le cas d'une essence ou d'un gasoil, de l'ordre de 40 à 50% dans le cas d'un pétrole brut léger et d'environ 10 à 15% dans le cas d'un fioul lourd (Cédric Goeur, 1999).

### II.2.6.3.3 Phénomène de dissolution

Généralement, on estime qu'une très faible partie de la masse d'hydrocarbure déversée va se dissoudre dans l'eau, ainsi peu de modèles prennent ce phénomène en compte. Cependant, les composés les plus solubles étant souvent les plus toxiques, la dissolution même en très faible quantité de ces substances peut avoir un très fort impact écologique. (Cédric Goeur, 1999).

La vitesse et le degré auxquels un hydrocarbure se dissout dépendent de sa composition, de son étalement, de la température de l'eau, des turbulences et du degré de dispersion (ITOPF, 2012).

### II.2.6.3.4 Phénomènes de Dispersion

Le taux de dispersion dépend largement de la nature de l'hydrocarbure et l'état de la mer. La dispersion en mer est provoquée par le déferlement des vagues qui fractionne la nappe en gouttelettes de tailles différentes. Ces gouttelettes sont alors soumises à des mouvements verticaux liées à leurs flottabilités et à la turbulence qui règne dans le milieu. Les gouttelettes de petite taille, à la flottabilité réduite, auront tendance à rester dans la colonne d'eau ou à couler, alors que les grosses gouttelettes referont surface à l'arrière de la nappe. En effet, la nappe en

surface se déplace sous l'effet du courant et du vent tandis que les gouttelettes au sein de la colonne d'eau ne sont soumises qu'à l'action du courant. Celle-ci se déplaçant alors moins rapidement que la nappe en surface, lorsqu'elles refont surface, elles se situent à l'arrière de la nappe (Cédric Goeury, 1999).

### II.2.6.3.5 Phénomènes d'Emulsification

#### *Qu'est-ce qu'une Emulsion ?*

Une émulsion est un système constitué par un liquide se trouvant dispersé sous la forme de fines gouttelettes dans un autre liquide, les deux liquides étant insolubles ou très peu solubles l'un dans l'autre (Hunter, 1993).

Si la phase dispersée est l'eau, l'émulsion est appelée "eau dans huile" ou "huileuse". Sinon, le milieu dispersant est l'eau et l'émulsion est nommée "huile dans eau" ou "aqueuse". Les deux formes d'émulsions ne sont pas le résultat du mode de préparation ou de la concentration plus ou moins grande de la phase dispersée dans la phase continue, mais dépendent de la nature de l'agent émulsifiant utilisé. Il est possible de passer d'un système à l'autre en ajoutant des sels solubles à l'eau, en diminuant la quantité d'eau ou en modifiant le pH du milieu par exemple. Cependant, une émulsion ne peut se former que si la tension interfaciale entre les deux liquides est faible.

D'autre part, une émulsion est un système instable qui finit toujours par se séparer en deux ou trois phases. Toutefois, l'augmentation de la viscosité de l'une des phases (par diminution de la température par exemple) augmente la durée de vie de l'émulsion en ralentissant la séparation des phases. Selon la taille des gouttelettes et l'aspect de la dispersion, l'émulsion possède diverses appellations :

**Tableau II.3** : classification des émulsions (Poré, 1993).

Aspect de la dispersion	Diamètre moyen des particules ( $\mu\text{m}$ )	Appellation
visible à l'œil	500	émulsion dispersion colloïdale micro-émulsion micro-émulsion solution
limite du visible	100	
opaque laiteux	10	
laiteux très blanc	1	
laiteux bleuté	0,1	
transparent bleuté	0,05	
opalescent	0,01	
transparent	0,002. 0,006	

### *Emulsification des pétroles*

Les hydrocarbures déversés en mer et forment rapidement des émulsions à cause de son agitation naturel, de type eau dans huile appelées "mousse au chocolat", ou les caractéristiques et les propriétés sont différentes de celles de l'état initial de l'huile. Ce qui rend son pompage ou la dispersion des nappes de polluant très difficile.

Les émulsions augmentent de deux à cinq fois le volume initiale car elles contiennent 50% à 80% de l'eau, ceux qui les rend très dense, sa viscosité peut être multipliée par mille par rapport à l'huile de départ.

### *Formation des émulsions*

Dans le milieu naturel, c'est l'agitation de surface de la mer qui transmet l'énergie nécessaire à l'émulsification des nappes de polluants.

### *Caractérisation des Emulsions*

- La viscosité est sans doute le paramètre le plus important pour caractériser les émulsions.
- La teneur en eau est le deuxième paramètre important.
- Des mesures de conductivité ont paru intéressantes pour caractériser les émulsions.
- Enfin, la taille des gouttes peut être mesurée par observation microscopique.

### *Stabilité des Emulsions*

- Les émulsions sont considérées comme stables si elles persistent pendant au moins cinq jours à 15 °C. Elles se différencient des émulsions mésostables ou instables par les caractéristiques suivantes (**Fingas *et al.*, 1995 et 1997**) :
- Leur couleur est différente (les émulsions de pétrole instables conservent la couleur de l'huile d'origine tandis que toutes les émulsions stables ont des reflets rouges),
- Les émulsions stables présentent une élasticité importante, alors que celle des deux autres classes d'émulsions est faible.
- Les émulsions stables ont une viscosité, au gradient de cisaillement de  $1 \text{ s}^{-1}$ , au moins 700 fois plus grande que celle de l'huile de départ. Les huiles qui forment des émulsions mésostables voient leur viscosité multipliée par 40 à 200, tandis que celle des émulsions instables est multipliée seulement par moins de 40. De plus, une grande partie des émulsions stables voit sa viscosité augmenter avec le temps.
- La teneur en eau n'est pas directement liée à la stabilité mais de très faibles (< 30 %) ou très grandes (> 90 %) teneurs en eau ne conduisent en général pas à des émulsions stables.
- Il pourrait y avoir un lien entre gouttes de petite taille (1 à 20  $\mu\text{m}$ ) et stabilité.
- Les émulsions instables se décomposent rapidement (en quelques heures) en huile et en eau.
- Les émulsions mésostables se décomposent en majorité en trois phases : huile, eau et émulsion stable, voire en deux phases (huile et eau).

### II.2.6.3.6 Phénomène de Photo-oxydation

La photo-oxydation est le processus par lequel des composants en hydrocarbure sont chimiquement transformés par une réaction photochimique (en présence de l'oxygène) pour produire les nouveaux composés qui tendent à être plus solubles et toxiques. Dans des conditions solaires fortes (basse latitude, peu de nuages), ce processus est capable de décomposer une nappe en quelques jours seulement. La photo-oxydation se produit seulement sur la surface et directement sur les composants qui ont physiquement séparés de la masse d'hydrocarbure entière (API, 1999).

### II.2.6.3.8 Phénomène de Biodégradation

De nombreuses bactéries sont présentes dans l'eau de mer, prêtes à se nourrir d'éléments organiques providentiellement issus d'une pollution accidentelle. Les analyses qui suivirent le déversement de blé, dû au naufrage du cargo *Fénès* en 1996, dans les eaux peu profondes des îles Lavezzi (France), révélèrent l'action de bactéries aérobies puis sulfatoréductrices anaérobies (Gwenaëlle Bucas, 2012).

Ce processus se produit quand les bactéries, les moisissures, levures, champignons, algues unicellulaires et protozoaires consomment le carbone et l'énergie du pétrole comme source de nourriture, transformant essentiellement les molécules existantes en sous-produits oxydés qui par la suite seront encore dégradés par l'oxydation en gaz carbonique et eau. C'est un processus lent qui commence à se produire après la désintoxication d'huile renversée par l'intermédiaire d'autres processus de désagrégation et après que la population résidente de microbes s'est développée et s'est multipliée, souvent prenant plusieurs semaines pour s'établir. Pour la plupart la biodégradation est limitée par disponibilité d'éléments nutritifs et d'oxygène, et les microbes fonctionnent bien dans des températures modérées (API, 1999).

### II.2.6.3.9 Phénomène de Sédimentation et échouement

La sédimentation d'hydrocarbure peut se produire essentiellement par trois manières : sorption sur des sédiments ; dépôt en tant que granules fécales après consommation par les organismes marins ; ou par la descente directe comme résultat d'une grande densité d'hydrocarbure après la désagrégation. Une fois sur le fond, l'hydrocarbure devient souvent enterré. Ce processus d'enterrement arrête effectivement tous les processus de désagrégation. La sédimentation peut commencer presque juste après le dégagement ; cependant, c'est souvent une fonction de l'endroit de la flaque ; les sédiments suspendus et la présence des organismes marins sont en général plus répandus dans l'environnement le plus près des côtes. L'échouement est l'accumulation du pétrole le long du bord de l'eau. Les courants, les vents et les vagues, et les cycles de marée sont des facteurs importants dans le transport d'hydrocarbure vers le rivage (API, 1999).

### II.2.6.3.8 Interaction avec le littoral

L'interaction des hydrocarbures échoués avec le littoral dépend des niveaux d'énergie auxquels le littoral est exposé, ainsi que de la nature et de la granulométrie du substrat dont il est constitué.

L'interaction avec les sédiments, cause de la tendance à couler des hydrocarbures, résulte généralement de l'échouage sur un littoral sableux. Sur les plages de sable exposées, les couches d'hydrocarbures peuvent être successivement enfouies et exposées sous l'effet des cycles saisonniers d'accumulation (accrétion) et d'érosion sédimentaires. Même sur les plages de sable moins exposées, les hydrocarbures échoués peuvent être recouverts de sable éolien. L'hydrocarbure mélange au sable coule s'il est entraîné dans les eaux littorales par les marées montantes et descendantes ou par les tempêtes. Un cycle répétitif se produit souvent, selon lequel le mélange d'hydrocarbure et de sable présent sur la plage est entraîné dans les eaux littorales, favorisant ainsi la libération des particules de sable plus grossières et l'hydrocarbure revient alors flotter à la surface. Ce même hydrocarbure s'échoue de nouveau, se mélange au sable, et le cycle se répète. Une irisation émanant d'une plage de sable peut indiquer que ce processus est en cours.

## II.4 La modélisation hydrodynamique

### II.4.1 Les différents modèles hydrodynamiques

Les premiers modèles utilisés pour prévoir la dérive de nappe de pétrole étaient des modèles 2D qui calculaient uniquement le courant intégré sur la verticale, forcé par la marée et les vents. Pour estimer la vitesse de dérive en surface de la nappe on rajoutait à la vitesse du courant calculée un pourcentage de la vitesse du vent en surface « wind factor » compris entre 1 % et 5 %. Pour des vents faibles à moyens, l'angle de déviation entre la trajectoire de la nappe et celle du vent, est inférieur à 10°. Dans le cas de forts vents, cette déviation est considérée comme nulle. Si ce type de modèle reste adapté au cas d'un traceur dissous dans une zone de prédominance des courants de marée et sans stratification verticale (ex : la Manche), son utilisation est inappropriée dans des régions fortement stratifiées, où la structure tridimensionnelle du courant est importante. L'impossibilité de pouvoir prédire les gradients de courants près de la surface constitue de plus un réel inconvénient pour simuler la dérive du pétrole dispersé. Ces modèles de base ont depuis évolué vers des modèles plus complexes dits 2,5 D. Dans ce cas le modèle 2D est couplé avec un modèle 1D vertical, permettant de reproduire la structure verticale des courants horizontaux, notamment près de la surface. Ce type de modèle est très utilisé encore aujourd'hui, en raison de son faible coût en temps de calcul par rapport à un modèle totalement 3D, et de sa fiabilité. Ces modèles calculent les courants horizontaux sur la verticale à partir d'un profil analytique de viscosité turbulente choisi. Pour traiter le cas des hydrocarbures, ces modèles peuvent avoir également recours à l'utilisation d'un « wind factor », pour simuler la dérive en surface. Ce facteur empirique ne peut être validé qu'à partir des premières observations. Bien que ce type de modèle 2D+1D ne soit pas

conservatif (les courants verticaux ne sont pas calculés), et ne puisse rendre compte des effets baroclines éventuels (entre autres de la densité), il prédit bien le comportement du pétrole dans la couche de surface. Ce type de modèle est d'ailleurs couramment utilisé pour des applications opérationnelles, c'est le cas du modèle MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'Hydrocarbures) de Météo-France. Ces dernières années des algorithmes complets décrivant le comportement des hydrocarbures en mer ont été développés. La majorité d'entre eux fonctionnent avec l'appui de modèles complètement 3D qui fournissent les données hydrodynamiques indispensables. C'est le cas du modèle de nappe OILMAP (Oil Spill model and response system) fonctionnant avec GEMS (global environmental modelling systems) et du modèle ADIOS (automated data inquiry for oil spills) de la NOAA (national oceanic and atmospheric administration) par exemple.

Ces modèles calculent la température et la salinité en 3 dimensions et sont capables de reproduire les éventuelles stratifications thermiques ou halines (Jouan. M. Lazure. P. Daniel P. Josse P, 2001).

En plus de la dimension, d'autres choix de modélisation restent à faire, en particulier celui d'une approche Eulérienne, Lagrangienne, ou hybride.

## II.4.2 Les différents types de modèles hydrodynamiques

Lors d'un déversement d'hydrocarbures dans le milieu aquatique, pour organiser la récupération du pétrole et pouvoir protéger les zones exposées au risque de pollution, la connaissance de la trajectoire des nappes de polluants est essentielle. Le développement de modèles de dérive de nappe d'hydrocarbures dans les eaux continentales et en mer est motivé par la fréquence des pollutions et l'impact néfaste de ces pollutions sur l'environnement. Les modèles numériques permettent d'étudier l'impact de divers scénarios possibles et ainsi d'estimer la sensibilité environnementale d'une zone maritime, côtière ou fluviale avant même que ce type d'accidents ne se produise. Le but et la capacité des modèles de dérive de nappe d'hydrocarbures vont du simple suivi de trajectoire aux modèles 2D ou 3D de transports capables de prédire les distributions d'hydrocarbures en surface, dans la colonne d'eau et sur les berges. Les modèles les plus complexes peuvent de plus quantifier les réponses biologiques et les impacts environnementaux (Cédric Goeury, 2012).

### a. L'approche Eulérienne

L'approche Eulérienne est une méthode utilisée en mécanique des fluides, consiste à calculer la vitesse de chaque particule dans un espace bien déterminé ( $x, y, z$ ) et dans un temps ( $t$ ).

Dans notre cas (dérive des hydrocarbures), cette méthode utilise les équations d'advection-diffusion pour la partie hydrodynamique et des équations d'évolution (évaporation, dissolution, durée de vie...), en fonction des conditions environnementales. Le bilan des flux de polluant est alors calculé dans chaque maille (Jouan .M. et al 2001).

Dans le cas d'une nappe d'hydrocarbure, cette démarche n'est pas appropriée, car le pétrole subit un grand nombre de transformations. Il se trouve alors sous plusieurs formes : émulsions, petites nappes, gouttes dispersées<sup>24</sup>. Si on traite seulement une partie de la quantité totale des hydrocarbures déversés, le résultat n'est pas le même pour toute la quantité.

En effet, avec la méthode Eulérienne, on ne s'intéresse pas au suivi de particules fluides dans leurs mouvements mais aux valeurs des grandeurs physiques en un point fixe. La méthode eulérienne est susceptible d'être plus fréquemment utilisée dans le futur à cause de la nécessité de coupler les équations de transport et de cinétique chimique avec les modèles hydrodynamiques (Jouan .M. et al 2001).

### **b. L'approche Lagrangienne**

L'utilisation de particules lagrangiennes pour représenter la distribution de pétrole est utile et numériquement stable. Cette approche donne en sortie la représentation de la distribution de pétrole comme un essaim d'abeilles. Dans ce mode opératoire, la distribution des particules lagrangiennes de pétrole représente la densité de pétrole et le nombre de particules par unité de surface donne une mesure locale de la concentration.

Un autre type de modèles de trajectoire utilise une distribution statistique pour les forçages géophysiques et pour les paramètres d'entrées. Dans ce cas, chaque particule lagrangienne va être soumise à un mouvement stochastique ajouté au forçage. La distribution n'est alors pas liée à la concentration de l'hydrocarbure mais a la probabilité d'une nappe de provoquer un mouvement de pétrole vers une surface unité. Une autre possibilité est d'utiliser des données environnementales prédites avec des variations statistiques représentant les incertitudes dans les prévisions ou les processus des modèles. Dans cette configuration, le modèle va donner une représentation statistique des incertitudes du résultat ou une erreur supposée liée à la prévision, ce qui peut être perçu comme une approche de Monte Carlo. L'inconvénient majeur de cette approche est le temps de calcul qui est en corrélation avec le nombre de particules considérées lors de la simulation. De plus, un autre inconvénient de la méthode Lagrangienne apparaît lors de l'impact du pétrole sur les côtes, la concentration de pétrole échoué n'est pas directement disponible comme avec une description Eulérienne.

Pour remédier à cet inconvénient, il y a deux méthodes pour passer d'une distribution de point lagrangienne à une distribution de densité eulérienne. La plus simple consiste à diviser le domaine en cellules et à compter le nombre de particules dans chaque cellule, l'autre utilise les polygones afin d'obtenir la valeur de la densité eulérienne. (Cédric Goeury, 2012).

### **c. L'approche hybride (Eulérienne/Lagrangienne)**

Deux types d'approches pour modéliser la dérive d'une nappe d'hydrocarbures sont donc couramment utilisés. L'approche Eulérienne facilite le couplage entre le modèle hydrodynamique et le module d'évolution des nappes d'hydrocarbures. Cependant, le défaut majeur de cette méthode est la diffusion numérique, notamment pour de faibles sources de pollution. L'approche Lagrangienne apparaît alors comme une solution possible à ce type de

problème, mais elle est contrainte par le temps de calcul qui augmente de manière significative avec le nombre de particules employées dans ce type de modélisation. Ainsi, de nouvelles méthodes couplant les deux approches sont récemment apparues afin de tirer avantage de chacune d'elles. Une méthode hybride, c'est-à-dire couplant à la fois une approche Eulérienne à une approche Lagrangienne pour prédire la dispersion de contaminant dans l'environnement aquatique. En effet, une approche Lagrangienne est utilisée pour minimiser les erreurs numériques au niveau de la source de pollution, et une approche Eulérienne est adoptée plus loin de la source afin d'éviter de trop longs temps de calcul. Cette approche a ensuite été adaptée aux pollutions par les hydrocarbures. Ces auteurs ont développé une méthode hybride qui combine le suivi de particules avec une approche Eulérienne. L'approche Lagrangienne est utilisée pour décrire les zones où l'épaisseur de la nappe est importante. En dessous d'une certaine épaisseur critique, un modèle Eulérien est utilisé. Un second type de modèle hybride utilise une description Lagrangienne pour les processus de transport de la nappe d'hydrocarbures, et ensuite le nombre de particules est converti en une concentration eulérienne. (Cédric Goeury, 2012).

## **Matériels et méthode**



## Chapitre III : Matériels et Méthodes

Pour caractériser l'état ou la qualité de l'eau de mer deux séries de données sont utilisées pour la réalisation de cette recherche : des données compagnes en mer et des données optiques. Des compagnes en mer sont organisées en vue de prélever un certain nombre d'échantillonnages, des mesures in situ et des analyses au laboratoire des différents paramètres indicateurs de pollution sont effectués. Le positionnement des points de prélèvements est possible grâce à l'utilisation du GPS. Les données multi-sources satellites ont été utilisées pour la caractérisation de notre zone d'étude. Nous avons aussi développé des programmes d'observation en utilisant la modélisation innovante (Chabi N, Bacharai Houma F, Bachari N.I, Bouda A 2023), le but est d'aboutir à la mise en place des simulations capables d'analyser et de prévoir les trajectoires des nappes d'hydrocarbures face à l'augmentation des accidents pétroliers et la pollution des eaux côtières par les hydrocarbures.

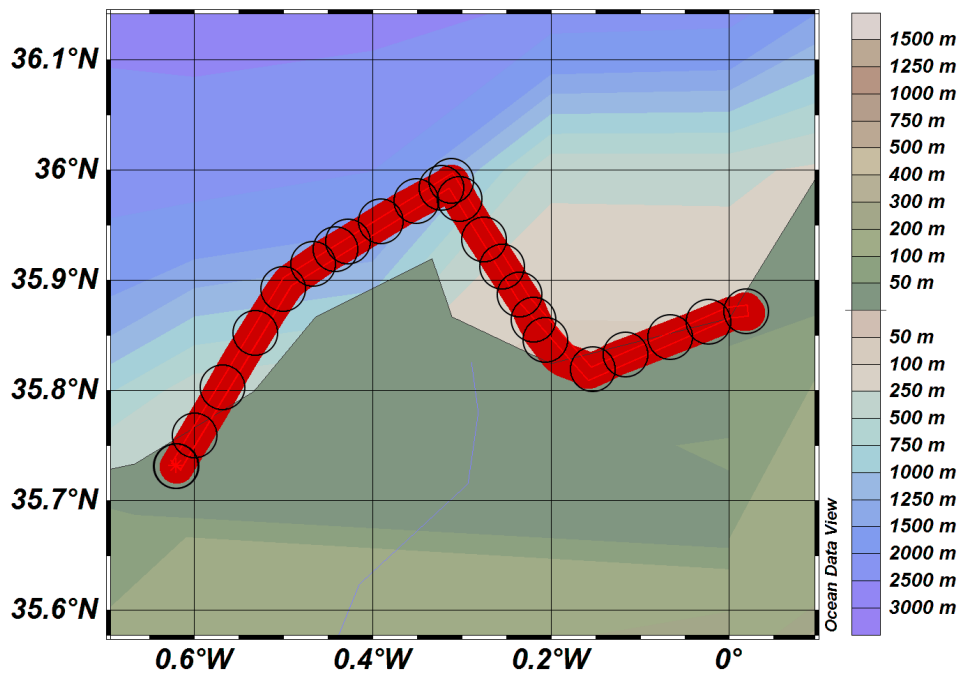
Les statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques, les représentations graphiques des variations de chaque paramètre et leurs distributions spatiales créées avec le logiciel de cartographe ArcGis c'est un logiciel de SIG (Systèmes d'informations géographiques) fonctionnant sur quasiment tous les systèmes d'exploitation, Il a l'avantage de pouvoir manipuler de nombreux formats de fichiers vecteurs et rasters (.tab, .gpx, .shp, .tif, .ecw...) grâce à l'utilisation de la bibliothèque Gdal et une excellente possibilité d'interaction avec d'autres logiciels (SAGA, GRASS...). Il offre de nombreuses fonctions de manipulation des informations géographiques comme la création, édition, analyse et personnalisation de cartes.

### III.1 Stratégie d'échantillonnage

Afin de répondre à l'objectif primordial de cette étude qui est la caractérisation de la qualité des eaux marines côtières de la baie d'Oran/Arzew, nous avons établi une stratégie de prélèvements.

Il est important de rappeler que les milieux côtiers, pour des raisons physiques, chimiques et biologiques, sont des milieux marins extrêmement changeants. De ce fait, la méthodologie adoptée implique une organisation des prélèvements qui tient compte des conditions météorologiques : elles doivent être favorables au bon déroulement de la sortie et des prélèvements, immersions de prélèvement : elles se doivent d'éviter la couche de mélange atmosphère-océan qui risquerait de fausser nos résultats. Notre étude concerne la répartition horizontale des paramètres de pollution, pour cela une profondeur de 1m a été choisie et le choix des sites potentiellement pollués : ils doivent être représentatifs du milieu étudié. Les sites sont choisis en fonction de leur proximité par rapport à des usines, des établissements agroalimentaires, des embouchures d'oued ou d'eaux usées domestiques.

Nous avons effectuées plusieurs campagnes en mer dans le cadre de ce mémoire a concerné la baie d'Oran et le golf d'Arzew (Fig.III.1) . Cette carte comporte la répartition des stations au niveau desquelles les prélèvements ainsi que les mesures in-situ ont été réalisées. Le choix des stations a été fait d'une façon à couvrir l'ensemble de la bande côtière de la zone d'étude.



**Figure III.1** : Distribution spatiale des points de prélèvement le long de la baie d'Oran et d'Arzew.

### III.1.1 Sortie en mer

Nous avons réalisés plusieurs sorties en mer, le 05-03-2017, le 07-03-2017 et le 08 mars 2017 à l'aide de l'embarcation scientifique ALPEL, dont plus de 6000 points de prélèvements ont été effectués (Annexe1) et le 08-02-2020, le 09-02-2020, et le 10 février 2020 à bord de l'embarcation pilote de l'armée de mer (Fig.III.2). Le nombre de stations étudiées est de 23. Les campagnes se sont déroulées dans des conditions météorologiques favorables, avec une mer calme, un ciel clair et un vent faible. Les objectifs de cette sortie étaient d'appliquer une stratégie de prélèvement d'échantillons au niveau de stations prédéfinies. Ces échantillons d'eau sont recueillis afin de mesurer en laboratoire certains paramètres d'intérêt pour notre étude tels que les concentrations en chlorophylle a, MES et les sels nutritifs, en plus des paramètres physico-chimiques caractéristiques des eaux échantillonnées et qui ont été mesurés in-situ. Pour identifier les échantillons, nous avons établi un relevé, en notant la position géographique en degré minutes de latitude et de longitude, la date et l'heure du prélèvement. Une étiquette est fixée à chaque échantillon, contenant le numéro de la station, le lieu, date et l'heure du prélèvement.



Figure III.3 : Embarcation PILOTE de l'armé de mer.

### III.1.2 Préparation du matériel et prétraitement

Des flacons en plastique (Fig.III.4) de volume de 250ml, 300ml, et 115 ont été préparés respectivement pour l'échantillonnage des MES, des sels nutritifs et de la chlorophylle. Les flacons de la chlorophylle sont opaques pour éviter la pénétration de la lumière.

Tous ces flacons ont été d'abord lavés à l'eau distillée, le séchage des flacons s'est effectué à l'étuve et ils ont été aussitôt rebouchés. Ensuite, des étiquettes ont été collées sur ces flacons, elles comportaient des renseignements quant au nom du paramètre, date du prélèvement et localisation et cela pour faciliter le travail en mer.



Figure III.4 : Flacons de prélèvement

### III.2.3 L'échantillonnage d'eau de mer

L'échantillonnage de l'eau de mer a été effectué par une bouteille de prélèvement de type NISKIN de 5 litres. Ces échantillons ont été prélevés pour déterminer les paramètres physicochimiques (chlorophylle-a, MES, pH et les sels nutritifs). Deux sortes de filtres ont été utilisées :

- Des filtres de type Whatmann GFC de 0,7 $\mu$ m destinés à l'analyse de MES.
- Des filtres de type Whatmann GFF de 0,45 $\mu$ m plus adaptés à l'analyse de la chlorophylle.

Ces deux types de filtres en fibre de verre sont prétraités par trempage dans de l'eau acidulée (HCL 0,1N) pendant 24h puis rincés abondamment avec de l'eau bi distillée. La phase de séchage s'effectue à l'étuve pendant une heure et à une température de 105 degrés.

Les filtres prétraités sont ensuite rangés dans des portes filtres, rincés et préalablement séchés, conditionnés et numérotés puis placés dans le dessiccateur.

### III.2.4 Mesure *in-situ* des paramètres physico-chimiques

Les valises multi-paramètres permettent de mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau *in-situ*. L'intérêt des sondes *in situ* consiste à fournir des valeurs instantanées. Pour des raisons de facilité et de coût d'analyse, elles ont tendance à se substituer à l'échantillonnage classique et à la mesure en laboratoire, notamment en ce qui concerne les paramètres de salinité, température, d'oxygène dissous et potentiel d'hydrogène. Il est toutefois important de prendre en compte les considérations suivantes : Les sondes de terrain doivent faire l'objet d'un suivi métrologique poussé, pour ce faire, les instruments ont d'abord été étalonnés.

Nous avons utilisé l'oxymètre de type OXI 330I/SET (WTW) pour mesurer l'oxygène dissous et la température. Cet appareil est muni d'une sonde électrolytique qui est plongée dans l'eau de mer prélevée et remontée ; les valeurs de l'oxygène dissous et de la température s'affichent par une unité de mg/l et °C avec une précision de  $\pm 0,5$  % de lecture.

La mesure du pH, le potentiel a été mesuré à l'aide d'un pH mètre de terrain de type 315/SET (WTW) d'une précision de  $\pm 0,01$ U muni d'une électrode de verre à compensation de température. Les résultats sont exprimés en unités de pH.

Les mesures de salinité ont été réalisées par la méthode conductimétrie grâce à un salinomètre à induction portable de type Beck manindustrial d'une précision de 0,5%. L'étalonnage préalable de l'outil est réalisé à l'aide d'un thermomètre indiquant la température d'une eau normale à 35 PSU.

### III.2.5 Technique analytique

#### III.2.5.1 Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyser San Plus) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR (SKALAR, 1996).

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant de l'énergie lumineuse qui dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus important que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert (Eq.6) qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O. = \log (I_0/I) = \epsilon.l.C$$

Avec :

$I_0$  et  $I$  : les intensités lumineuses incidente et émergente du milieu absorbant

$\epsilon$  : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde

$l$  : la longueur du milieu traversé exprimé (cm)

$C$  : concentration de la solution absorbante exprimée (mole/l)

$A$  : absorbance de la solution

D.O : densité optique de la solution

#### *Dosage des nitrites*

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide  $\text{pH} < 2$ . Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Bachouche S 2010**).

#### *Dosage des nitrates*

La méthode est basée sur la réduction des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (**Wood et al., 1967**). Les nitrites (en réalité  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al., 1996**).

***Dosage des orthophosphates***

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40 °C (bain-marie), les ions orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy and Riley, 1962). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

***Dosage du silicium dissous***

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) (Aminot and Chaussepied, 1983). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

***Etalonnage***

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser. Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

**III.1.5.2 L'analyse de la chlorophylle**

D'une manière générale, la mesure des pigments phytoplanctoniques est basée sur leurs propriétés optiques : absorption de la lumière (spectrométrie) ou fluorescence (fluorimétrie). La chlorophylle-a est un constituant intracellulaire, sa mesure nécessite la récupération des cellules en suspension dans le milieu par filtration. Le matériel cellulaire récolté sur le filtre subi une extraction par solvant. Les pigments chlorophylliens sont très sensibles à la lumière et au pH. En milieu acide, la dégradation de la chlorophylle produit de la phéophytine-a (Rodier, 2009)

Pour nos échantillons, nous avons utilisé la méthode spectrophotométrie de type UV-1800.

***Matériel et réactifs***

Dispositif de filtration, Filtres en fibre de verre porosité de 0,45  $\mu\text{m}$  (GF/F \_ 47 mm), Tubes à centrifuge en verre et centrifugeuse, Spectrophotomètre de type UV-1800 (CHIMQDZU) équipé d'un double faisceau, Cuves en quartz, Acétone à 90 % , Eau déionisée, Acide chlorhydrique concentré (0.3 mol/l), Suspension de carbonate de magnésium ( $\text{mgCO}_3$ ).

***Méthode***

L'échantillon homogénéisé est filtré puis le filtre est récupéré, plié et placé sur du papier aluminium. Afin d'assurer une bonne conservation, on procède à l'ajout de quelques gouttes de carbonate de magnésium qui prévient la dégradation de la chlorophylle et on stocke au congélateur. Pour l'extraction, les filtres sont récupérés, mis dans des tubes à centrifuge puis traités avec le solvant (l'acétone 90%) pendant 24h dans un réfrigérateur. L'extraction menée à son terme, on procède à une centrifugation à 4000tr/min. Cette séparation nous permet d'obtenir

un surnageant prêt à la mesure spectrophotométrique aux longueurs d'ondes 665 et 750 nm avant et après acidification par la solution chlorhydrique.

**Expression des résultats**

Le calcul des concentrations en chlorophylle-a et pheopigments-a se fait selon les équations suivantes (Eq.2 et Eq.3) :

$$(\text{Chlorophylle a}) (\text{ug.l}^{-1}) = (26.7 (A^{na}_{665} - A^{a}_{665}) * v) / (V * l) \dots \dots \dots (2)$$

$$(\text{Phéopigments}) (\text{ug.l}^{-1}) = (26.7 (1.7 A^{a}_{665} - A^{na}_{665}) * v) / (V * l) \dots \dots \dots (3)$$

Avec :

Avant acidification

$$A^{na}_{665} = (Ab^{na}_{665} - bc_{665}) - (Ab^{na}_{750} - bc_{750})$$

Après acidification

$$A^{a}_{665} = (Ab^{a}_{665} - bc_{665}) - (Ab^{a}_{750} - bc_{750}).$$

V : Volume d'eau filtrée (litres)

v : Volume de solvant d'extraction (millilitres)

l : Longueur du trajet optique de la cuve de mesure (centimètres).

**III.1.5.3 L'analyse des Matières En Suspension**

La mesure de MES se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre en fibre de verre de 0,7 µm. Le poids de la matière retenue par le filtre est déterminé par la différence de pesée avant et après filtration.

Matériel : Dispositif de filtration Millipore® ; Balance de précision 10<sup>-4</sup>g ; Capsules ; Filtres en fibre de verre porosité de 0,7 µm ; Etuve ; Eprouvettes graduées de 250ml ; des pinces.

Méthode : La méthode utilisée consiste à peser le filtre sec avec la balance et estimer le volume de l'échantillon à l'aide d'une éprouvette. Ce dernier est filtré puis le filtre est récupéré, séché, refroidi pour être, à nouveau, pesé.

Expression des résultats :

La concentration de la matière en suspension en mg/l dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante (Eq.4):

$$[\text{MES}] = ((P2 - P1)/V) \dots \dots \dots (4)$$

P1 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg) ;

P2 : Poids du filtre sec après filtration (en mg) ;

P2 - P1: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;

V : Volume de la prise d'eau (en ml).

### III.1.5.4 L'analyse de la Matière Organique Particulaire

Une mesure directe de la MOP par pesée peut se faire après passage au four (450 °C) des filtres de MES afin de brûler toute la matière organique. La « perte au four » est alors assimilée à la charge organique (Aminot et Kerouel, 2004).

#### 1. Méthode :

Les filtres issus de l'analyse de MES sont mis dans des creusets numérotés, le tout est pesé puis ils sont placés au four à moufle à 450°C pendant deux heures. Une fois refroidis, ils sont pesés une deuxième fois.

#### 2. Expression des résultats :

La concentration de la matière organique particulaire en mg/l dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation (Eq.5) suivante :

$$\text{MOP (mg/l)} = \text{M1-M2}/ \text{V} \dots\dots\dots(5)$$

Avec :

M1: Poids du creuset et du filtre avant séchage en (mg)

M2: Poids du creuset et du filtre après séchage en (mg)

V : volume d'eau filtré (l)

### III.1.5.5 La turbidité

Pour la turbidité, des appareils ont été mis au point, opérant en lumière mono ou polychromatique et détectant, soit la lumière transmise en ligne droite par rapport à la lumière incidente, soit la lumière diffusée par les particules. La diffusion de la lumière (effet Tyndall) a lieu dans toutes les directions mais, selon le type d'appareil, elle est mesurée sous différents angles. On parle de néphélogéométrie lorsque l'on mesure la lumière diffusée, technique considérée, dans la plupart des cas, comme plus satisfaisante que la mesure d'absorbance. (WRC, 1979).

#### 3. Matériel :

Turbidimètre HANNA® de type HI88703

#### 4. Méthode :

Les échantillons destinés à la mesure de la turbidité doivent d'abord être homogénéisés en les agitant intensément. Ils sont transvasés par la suite dans la cuve de mesure du turbidimètre pour

effectuer rapidement la lecture dès que le signal est stabilisé. Il est nécessaire de s'assurer de la propreté de toutes les faces optiques de la cuve de mesure ainsi que de l'absence d'humidité.

## **II.2 Utilisation des données satellites et la mise en place des systèmes d'informations géographiques**

### **II.2.1 Analyse géospatiale**

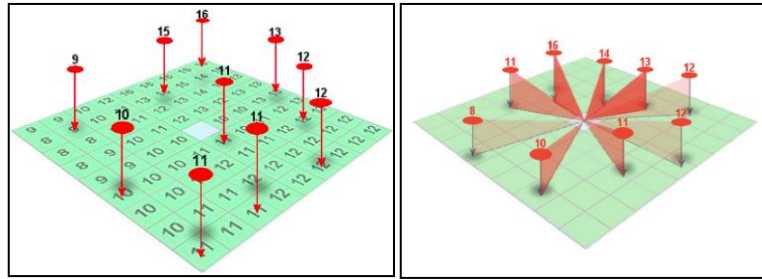
L'analyse géospatiale est le rassemblement, l'affichage et la manipulation de l'imagerie, GPS, photographie par satellite et des données historiques, L'analyse géospatiale est une approche de l'analyse statistique des données (Buccolieri et al., 2006), qui a un aspect géospatiale. En outre, les résultats d'analyse ont été élaborés à l'aide du logiciel ArcGis version 10.2 dédié au système d'information géographique (SIG). La technique utilisée est la pondération de la distance inverse (IDW) méthode pour montrer la distribution des paramètres mesurés, afin d'évaluer les influences spatiales des activités humaines dans la Baie d'Oran et Arzew. Cette méthode est l'un des outils courants qui ont été largement utilisé pour décrire la distribution spatiale des polluants (Facchinelli et al., 2001; Idris et al., 2015; Luo et al., 2007; Zhou et al., 2007b).

### **II.2.2 Analyse Spatiale (Interpolation)**

L'analyse spatiale est le processus de manipulation de l'information spatiale pour extraire une nouvelle information et la signification des données originales. Dans notre travail, l'analyse spatiale est réalisée avec le logiciel ArcGis version 10.2. Ce logiciel fournit généralement des outils d'analyses spatiales pour le calcul des entités statistiques et la réalisation des activités de géotraitement comme interpolation des données. L'interpolation spatiale est le processus d'utilisation des points avec des valeurs connues pour des valeurs estimées à d'autres points inconnus. Ce type de surface d'interpolation est souvent appelé surface statistique. Les données sont d'autres types de données qui peuvent être calculées par interpolation.

#### **II.2.2.1 Interpolation par l'Inverse de la Distance (IDW)**

L'interpolation est une procédure consistant à estimer les valeurs des propriétés continues (plutôt que discrètes) sur des sites non échantillonnés le long d'une ligne ou d'une région. L'interpolation des points d'échantillonnages crée une surface ou une grille (grid) où la valeur du point inconnu sera estimée sur la base des points connus aux alentours (Fig.III.5). Elle doit être basée sur des données d'observation de points existants au sein de la zone, qui elles-mêmes sont dérivées en utilisant des techniques de mesure et d'échantillonnage valides (Meade et Do Chi, 1996). Le principe de l'interpolation spatiale est la première loi de la géographie formulée par Waldo Tobler, selon laquelle « Tout interagit avec tout, mais deux objets proches ont plus de chances de le faire que deux objets éloignés. » (Tobler, 1970).



**Figure III.5 :** Grid d'interpolation (Richard, 2014).

L'interpolation par « Distance Weighted Inverse (IDW) » ou la « Pondération par l'inverse de la distance » est la méthode d'interpolation la plus utilisée (Waters), elle intègre le concept de l'autocorrélation spatiale littéralement en prenant en compte les valeurs des points d'échantillonnage et la distance les séparant de la cellule à estimer de telle sorte que les points échantillonnés soit pondérés et que l'influence d'un point par rapport à l'autre diminue avec sa distance du point inconnu que l'on veut créer. L'influence relative de chaque échantillon peut cependant être contrôlée en déterminant le nombre de points inclus dans le calcul ou le rayon de recherche.

### III.2.2.2 Définition d'un SIG

« Système d'information géographique est un système conçu pour être utilisé avec des données référencées par des coordonnées spatiales ou géographiques. En d'autres termes, le SIG est un système informatisé comprenant plusieurs bases de données géographiques et un logiciel de gestion et d'accès aux informations dont le but est de centraliser, d'organiser, de gérer, et d'analyser les données et leur mise à jour. »

De nombreuses définitions d'un SIG ont été proposées au cours du temps qui correspondent souvent à l'ampleur du point de vue que l'on adopte. Un consensus est maintenant apparu pour mettre au centre la notion de système d'information. Un SIG n'est donc pas un outil logiciel mais un système d'information mis en place par une organisation pour décrire les objets, phénomènes et processus spatiaux qui sont nécessaires à son action.

Comme tout système d'Information, il combine et articule des données, du matériel, des logiciels, des structures organisationnelles et des méthodes pour représenter les objets géographiques nécessaires à un projet d'action et de connaissance de l'organisation. Celui-ci peut concerner un territoire quand il s'agit d'une collectivité locale ou territoriale ou un champ d'activité pour une entreprise.

### III.2.2.3 Fonctionnalités des SIG

A quoi sert un SIG ? Essentiellement à prendre en charge la gestion des données géographiques, c'est-à-dire à organiser l'information géographique, à en faire l'analyse et à la communiquer. On distingue habituellement 5 grandes fonctions dans un SIG :

- **la modélisation ou abstraction des données** qui consiste à élaborer les modèles de données et de traitement adaptés au problème posé,
- **l'intégration des données**, c'est à dire la constitution de la base de données elle-même par collecte de données nouvelles ou acquisition auprès de différentes sources,
- **l'interrogation des données** présentes dans la base sous forme de requêtes portant sur les caractéristiques spatiales et attributaires des données,
- **la transformation des données** pour les faire correspondre aux besoins de l'utilisateur changement de format, création de nouvelles données dérivées, agrégation ...
- **la visualisation des données** sous différentes formes : tableaux, cartes, graphiques, vues tridimensionnelles.
- **l'automatisation des traitements** au moyen d'un langage de programmation permet de faire effectuer de manière autonome des tâches complexes ou répétitives.

La mise en place d'une base de données est la tâche la plus importante dans le processus de réalisation d'un système d'information géographique (SIG) au sein d'une organisation. Deux bases de données vont être intégrées dans un SIG, une base de données qui inclut tous les résultats des analyses chimiques (sels nutritifs, chlorophylle-a....) et une deuxième qui comprend les informations sur la zone (trait de côte, sources pollution, les oueds, les ports....etc.).

### III.2.3 Traitement des données de modélisation

Le traitement des données pour la partie modélisation, a été fait sur la base des logiciels tels que « The Integrated Data Viewer (IDV) » version 5.3, le logiciel ArcGis version 10.8, logiciel ENVI (Environment for Visualizing Images), le logiciel google earth engine (GEE), et le logiciel GNOME-NOAA, ADIOS-NOAA et WebGNOME. Ci-dessous la configuration des logiciels utilisés.

#### III.2.3.1 Le logiciel de SIG ArcGis

Est un programme avec une interface graphique pouvant être manipulée avec une souris et un clavier. L'application fournit des menus en haut de la fenêtre (Fichier, Edition etc.) qui, lorsque sélectionnés avec la souris, déroulent des panneaux d'actions. Ces actions vous fournissent un moyen de communiquer à l'Application SIG ce que nous voulons faire.

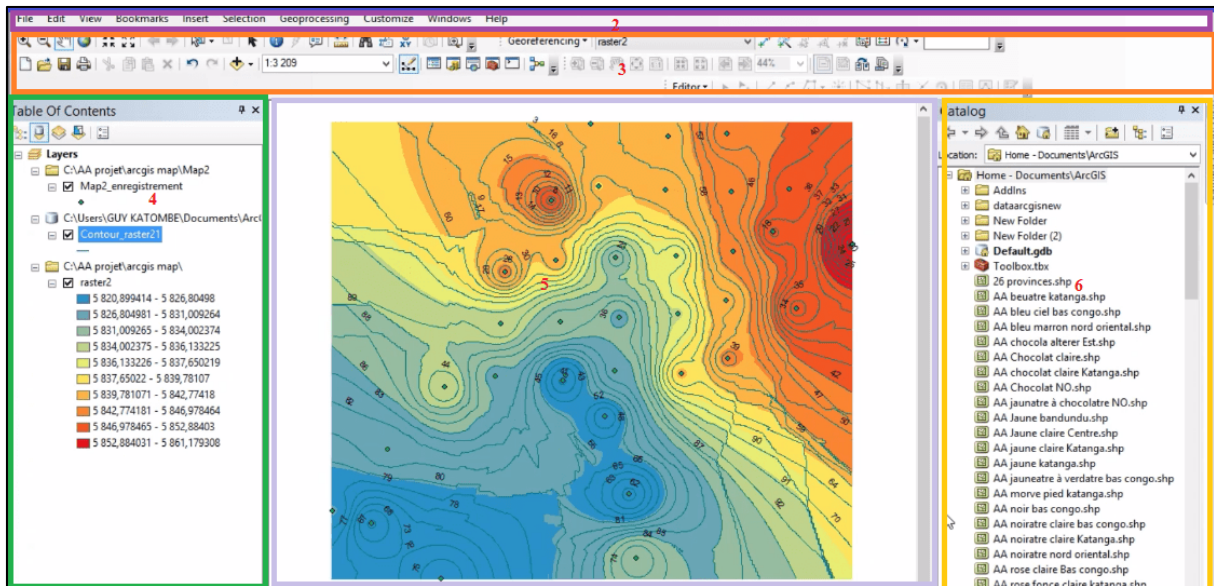


Figure III. 6: interface de logiciel ArcGis.

### III.2.3.2 Logiciel IDV (Integrated Data Viewer)

L'Integrated Data Viewer (IDV) d'Unidata est un outil de visualisation et d'analyse géoscientifique 3D disponible gratuitement qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser un riche ensemble de données géoscientifiques de manière intégrée. L'IDV permet d'afficher et d'analyser l'imagerie satellite, les données maillées (telles que les résultats des modèles de prévision météorologique numérique), les observations de surface (METAR), les sondages en altitude, les données RADAR de niveau II et III du NWS NEXRAD et les données SIG, le tout au sein d'une interface unifiée. L'IDV s'intègre étroitement aux serveurs de données scientifiques courants (y compris le TDS d'Unidata) pour faciliter l'accès à de nombreux ensembles de données en temps réel et d'archives. Il offre également des fonctions de collaboration qui permettent aux utilisateurs de partager facilement leurs propres données et produits d'analyse avec d'autres.

Le traitement des données pour la partie modélisation, a été fait sur la base du logiciel open source « The Integrated Data Viewer (IDV) » version 5.3. Ci-dessous la configuration du logiciel utilisé (Figure III.7).

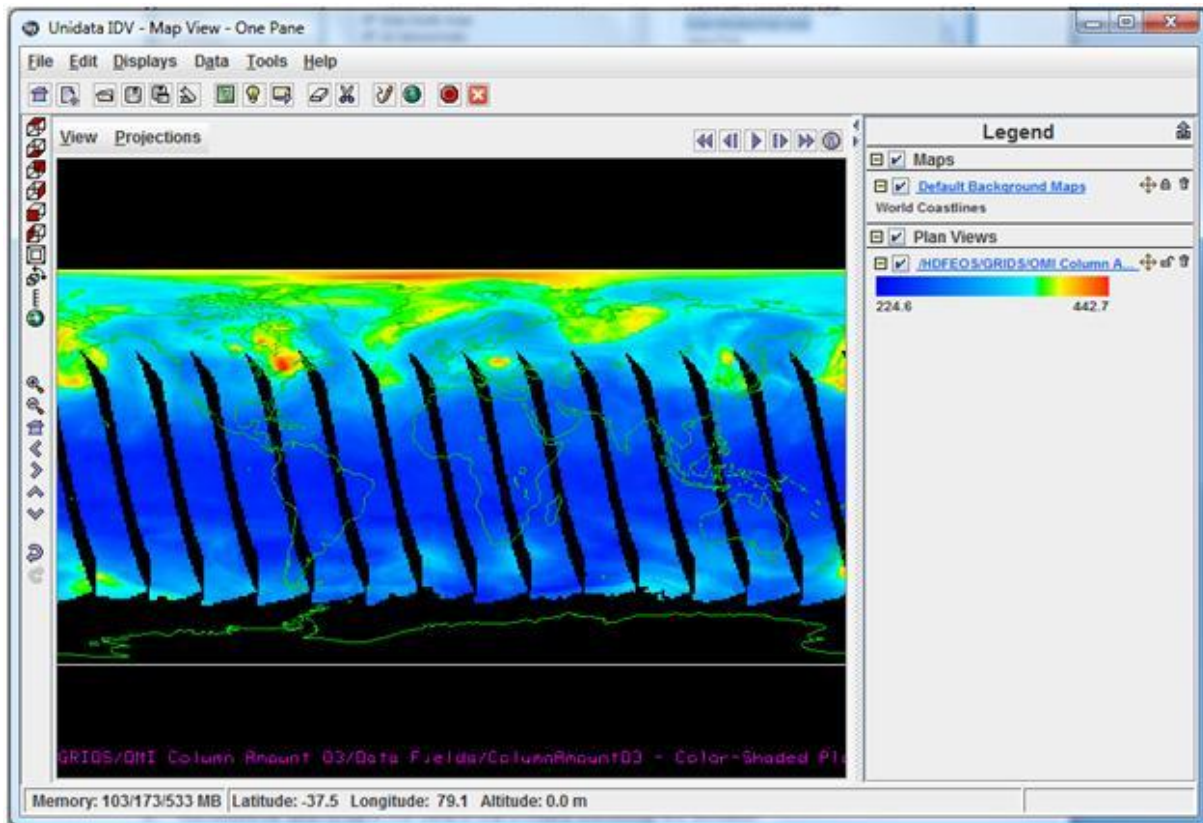


Figure III.7 : Interface de logiciel IDV.

### III.2.3.3 Logiciel ENVI

ENVI est un logiciel utilisé dans l'analyse et le traitement de l'imagerie géospatiale utilisés par les scientifiques, les chercheurs et les professionnels du SIG dans le monde entier. ENVI utilise la dernière technologie d'analyse de traitement et de l'image image spectrale. Envi (Environment for Visualizing Images) est un logiciel spécialement conçu pour le traitement des images. Il permet ainsi de visualiser toutes sortes d'images satellitaires, radar ou autre, malgré la grande diversité de formats utilisés et d'appliquer différents traitements (Géoréférencement, Comparaison, Superposition, Classification...). Toutes ces fonctions sont accessibles à partir du menu principal d'Envi (figure III.8).

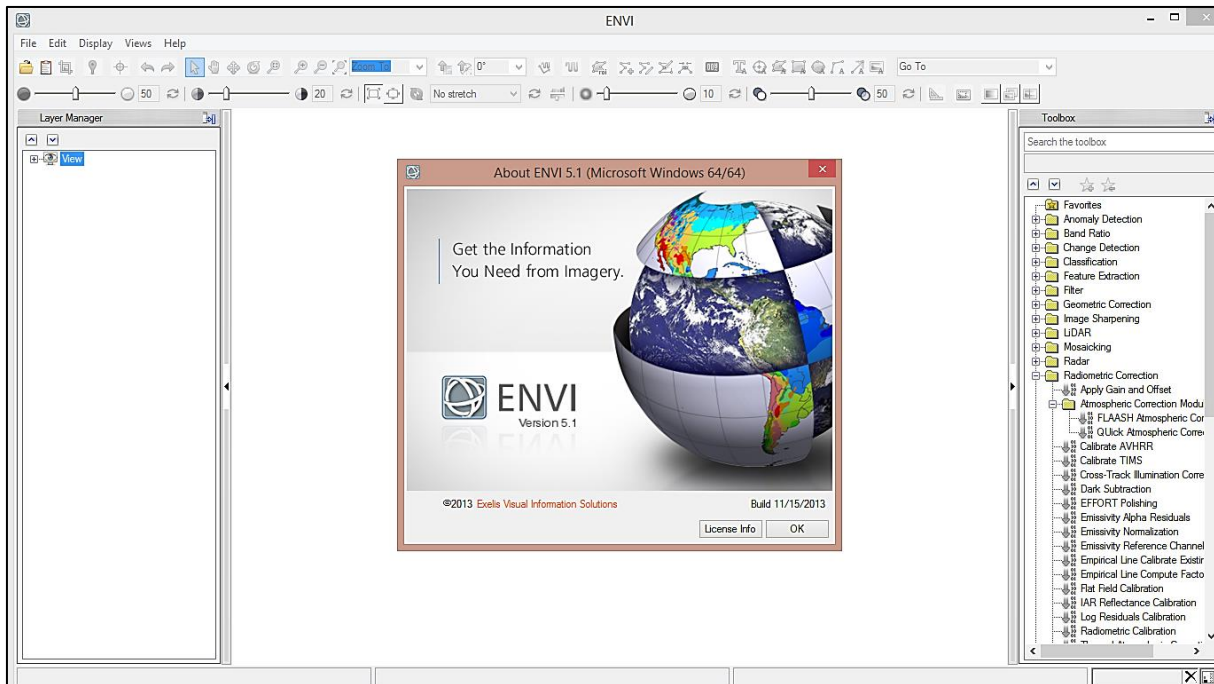


Figure III.8 : Interface de logiciel ENVI.

### III.2.3.3.1 Caractéristique des images Landsat 8

En général, les données Landsat sont utilisées pour la classification. Les données Landsat comportent plusieurs bandes en fonction de leur longueur d'onde (bande bleue, bande verte, bande rouge, bande infrarouge, bande thermique, panchromatique). La bande panchromatique est utilisée pour augmenter la résolution des données. Les données Landsat 7 ont un total de 8 bandes tandis que les données Landsat 8 ont 11 bandes. Pour l'analyse de l'indice de végétation Normal Difference Vegetation Index (NDVI), Normal Difference Builtup (NDBI) et de l'indice de différence normale de l'eau (NDWI), seules quatre bandes sont utilisées (vert, rouge, NIR, SWIR).

### III.2.3.4 Système opérationnel de produits GCOM-W1 AMSR-2 de la NOAA

Le projet GCOM-W est une mission de 13 ans avec une série de trois satellites qui vise à mesurer les changements du cycle de l'eau à l'échelle mondiale sur une longue période. Le GCOM-W1 est le premier satellite de la série GCOM-W et a été lancé en mai 2012 par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA). AMSR2 à bord du satellite GCOM-W1 poursuivra les observations Aqua/AMSR-E de la vapeur d'eau, de l'eau liquide des nuages, des précipitations, de la température de surface de la mer, de la vitesse du vent à la surface de la mer, de la concentration de glace de mer, de l'épaisseur de la neige et de l'humidité du sol.

Le NOAA Operational GCOM-W1 AMSR-2 Products System (NOGAPS) est développé pour traiter les données GCOM et générer des produits opérationnels uniques à la NOAA pour les utilisateurs. Il ingère les RDRs GCOM-W1 AMSR-2 et génère des produits LIB avec le

logiciel fourni par JAXA et génère des produits L2 en utilisant le GCOM-W1 AMSR2 Algorithm Software Package (GAASP) fourni par NESDIS STAR. Les produits L1 et L2 sont distribués aux utilisateurs par l'intermédiaire du système ESPC NDE, tandis que les produits L1 ne sont accessibles qu'à des utilisateurs restreints approuvés par la JAXA. Les produits L2 uniques de la NOAA comprennent : les températures de brillance micro-ondes calibrées, le taux de précipitations, la température de surface de la mer, la vitesse du vent à la surface de la mer, l'eau précipitable totale, l'eau liquide des nuages, l'humidité du sol, le type de surface, la couverture neigeuse, l'épaisseur de la neige, l'équivalent en eau de la neige et la glace de mer. Les données et les produits du GCOM-W1 devraient être utilisés par les utilisateurs de la NOAA pour améliorer les prévisions météorologiques numériques, la localisation des précipitations et des cyclones tropicaux, l'analyse de l'intensité et la surveillance.

Pour assurer une observation globale, complète, à long terme et homogène, le GCOM comprendra deux types de satellites et trois générations consécutives avec un chevauchement d'un an, soit une période d'observation de plus de 13 ans. Les deux satellites sont GCOM-W (eau) et GCOM-C (climat). Le satellite GCOM-W transportera le radiomètre à balayage à micro-ondes avancé 2 (AMSR2) pour contribuer à la compréhension du cycle global de l'eau et de l'énergie. Le satellite GCOM-C sera équipé de l'imageur global de deuxième génération (SGLI) pour observer l'atmosphère et la surface de la Terre afin de contribuer à la compréhension du cycle du carbone et du bilan radiatif.

### III.2.3.5 Logiciel Google Earth Engine

Est une plate-forme d'analyse géospatiale basée sur le cloud, qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser les images satellite de notre planète. Les scientifiques et les organismes à but non lucratif utilisent Google Earth Engine pour la recherche en télédétection, la prédiction des épidémies, la gestion des ressources naturelles et d'autres activités.

Google Earth Engine regroupe plus de 40 ans d'images satellite anciennes et actuelles, ainsi que les outils et la puissance de calcul nécessaires pour analyser et exploiter cet immense entrepôt de données. Cette plate-forme à l'échelle planétaire est dédiée à l'analyse des données environnementales. Elle constitue un outil extrêmement précieux pour les étudiants qui souhaitent approfondir leurs connaissances sur les conséquences du changement climatique et sur bien d'autres sujets. Le projet Timelapse montre toute la puissance d'Earth Engine : il propose un outil de visualisation interactif qui révèle l'évolution de la surface terrestre depuis 32 ans, sans nuage pour une visibilité optimale.

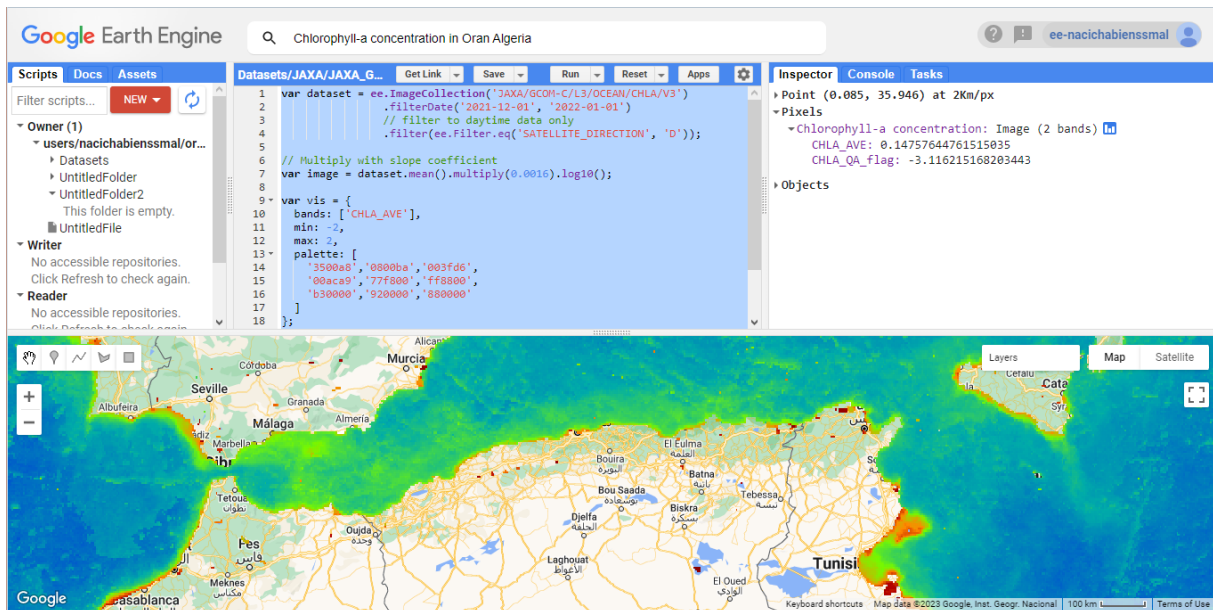


Figure III.9: Interface de logiciel Google Earth Engine.

### III.2.3.6 Le système de modélisation NOAA GNOME

NOAA GNOME (General NOAA Operational Modeling Environment), nous présenterons ce qu'est le service NOAA, qu'est-ce qu'un modèle GNOME ?, et les possibilités qu'offre ce modèle ? Et comment l'exploiter en cas d'un déversement d'hydrocarbure en mer ? Nous avons choisi ce modèle parmi tous les modèles existants, parce qu'il est disponible, gratuit, et il nous donne des résultats rapide. Nous allons voir aussi dans ce chapitre, les procédures expliquant comment établir un scénario de déversement d'hydrocarbure, et quelles sont les différentes sources qui vont contribuer pour créer une simulation.

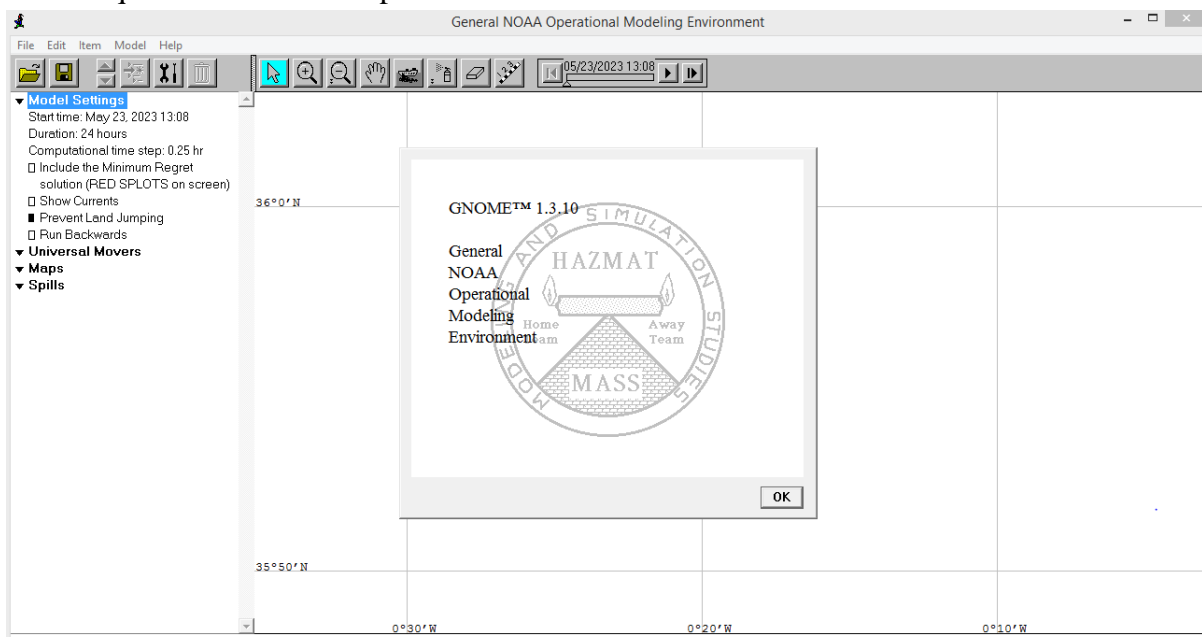


Figure III.10: Interface de logiciel GNOME-NOAA.

### III.2.3.6.1 Présentation du service NOAA

L'agence Américaine d'observation océanique et atmosphérique, est l'agence américaine responsable de l'étude de l'océan et de l'atmosphère. La NOAA est fondée le 3 Octobre 1970 à la suite d'une proposition du président Richard Nixon dans le but de créer un service national afin de mieux protéger la vie et la propriété des catastrophes naturelles, de mieux comprendre l'environnement, et pour l'exploration et le développement vers une utilisation intelligente des ressources marines.

### III.2.3.6.2 Bureau d'intervention et de restauration de la NOAA

Le Bureau d'intervention et de restauration (OR & R) de la NOAA est un centre d'expertise dans la préparation, l'évaluation et la réponse aux menaces pesant sur les environnements côtiers, notamment les marées noires et autres diversement chimiques, les rejets de sites de déchets dangereux et les débris marins.

Pour remplir sa mission de protection et de restauration des ressources de confiance de la NOAA, le Bureau de réponse et de restauration :

- Fournit un soutien scientifique et technique pour préparer et réagir aux rejets d'hydrocarbures et de produits chimiques.
  - Détermine les dommages causés aux ressources naturelles par ces rejets.
  - Protège et restaure les écosystèmes marins et côtiers, y compris les récifs coralliens.
  - Travaille avec les communautés pour faire face aux défis côtiers critiques locaux et régionaux.
- OR & R est composé de trois divisions : intervention d'urgence, évaluation et restauration des débris marins. Le Bureau de l'intervention et de la restauration fournit des solutions complètes aux risques environnementaux causés par les hydrocarbures, les produits chimiques et les débris marins.

La vision stratégique de la NOAA est d'informer le public du rôle et du fonctionnement des océans et de l'atmosphère afin de faire des choix éclairés dans leurs interactions avec ceux-ci. Sa mission est donc de comprendre et prévoir les changements à l'environnement, d'administrer les ressources marines et côtières et de rencontrer les besoins économiques, sociaux et environnementaux.

### III.2.3.6.3 Organisation

Pour atteindre ces buts, la NOAA regroupe des services d'assimilation des données météorologiques, océaniques et sur les écosystèmes, de distribution d'informations dans ces domaines, ainsi que de recherche scientifique. Ci-dessous une rapide description des principaux services qui composent la NOAA.

***National Weather Service***

Le National Weather Service a pour mandat de noter les données météorologiques, hydrologiques et climatiques. Il a également le mandat de prévoir l'évolution du temps pour le bien-être économique et d'émettre les avertissements nécessaires à la protection de la vie et de la propriété des citoyens.

***National Ocean Service***

Le National Ocean Service est né de l'United States Coast and Geodetic Survey. Son rôle est de protéger les parcs nationaux marins et de veiller à la santé des côtes et océans autour des Etats-Unis. Sa division produit des cartes marines pour les utilisateurs privés ou commerciaux afin de garantir la sécurité en mer.

***National Environmental Satellite, Data, and Information Service***

Le National Environmental Satellite, Data, and Information Service a été créé par la NOAA pour recevoir, lancer et utiliser des satellites pour l'étude de l'environnement. Le NESDIS (national environmental satellite data and information service) archive également les données météorologiques et océanographiques venant du NWS (National Weather Service) et d'autres agences. Ces données et celles provenant de services météorologiques à travers le monde sont archivées au National Climatic Data Center.

**III.2.3.7 Présentation du modèle GNOME**

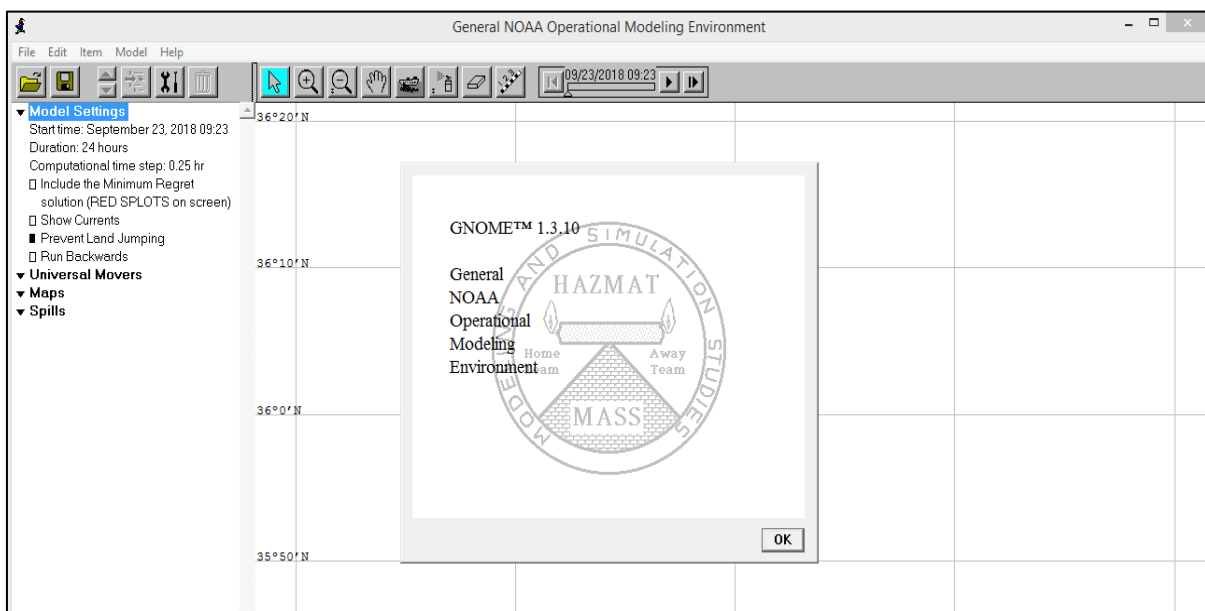
Les incidents dramatiques de la pollution marine, telles que l'explosion de la plateforme de pétrole Deepwater Horizon le 20 avril 2010 et le naufrage de pétrolier Exxon Valdez le 24 mars 1989 ont mis en valeur le potentiel pour les dommages environnementaux causés par les hydrocarbures. En essayant d'éviter d'endommager les ressources naturelles par la pollution marine, des recherches ont été entreprises par la communauté scientifique pour étudier les processus affectant le destin et la destination de la pollution marine, et particulièrement modéliser et simuler ces processus. Les modèles de trajectoire essaient de prévoir le mouvement actuel ou hypothétique de la pollution. Inutile de dire, tous les modèles automatisés de trajectoire existants ont leurs vertus et leurs défauts. Il n'est probablement pas possible de concevoir un modèle qui peut satisfaire tous les utilisateurs. Dans le développement du GNOME, ils ont essayé d'équilibrer la notion contradictoire d'un modèle complet qui est facile à utiliser et qui produit rapidement des résultats utiles et précis. C'est particulièrement important puisque le GNOME est principalement un outil de prévisions.

Le GNOME, la version 1.3.5, est un système de simulation environnemental interactif conçu pour la modélisation rapide de la trajectoire de polluant dans l'environnement marin. Sa conception globale est une conception modulaire et intégré. Les entrées au GNOME incluent :

- Cartes ;
- Bathymétrie ;

- Modèles numériques de circulation ;
- Lieu et type de la substance déversée ;
- Observations océanographiques et météorologiques.

Les sorties du modèle sont des graphes, des vidéos, et des fichiers pour le traitement des informations géographiques. Le GNOME est écrit en C++ avec une attention particulière pour exploiter son langage, ceci rend le modèle facile à mettre à jour et à s'améliorer. Le modèle contient des interfaces graphiques d'utilisation examinées pour être facile à l'utilisation. Le GNOME peut être employé avec diverses sources. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de déterminer l'exactitude et l'adéquation de n'importe quel ensemble de données proposé qui pourrait être employées. Le GNOME peut manipuler beaucoup d'ensembles de données, il permet à l'utilisateur de comparer les différents ensembles des données avec les différents résultats dans le même format. Les composants de données de base sont des cartes, des courants, le vent, et la quantité polluante. Les résultats, cependant, sont seulement aussi bons que les entrées.



**Figure III.11:** Interface du logiciel GNOME NOAA.

Nous avons utilisé l'outil de prévision GNOME pour étudier le processus de dérive des nappes de pétrole. Ce modèle est basé sur un élément discret langrangien (Qiao et al. 2019b ; Balogun et al. 2021) qui permet de simuler le comportement des marées noires (Balogun et al. 2021). La structure générale du modèle de dérive des nappes de pétrole (GNOME et ADIOS-2) utilisé dans cette étude est présentée dans la figure suivante Figure III.13 :

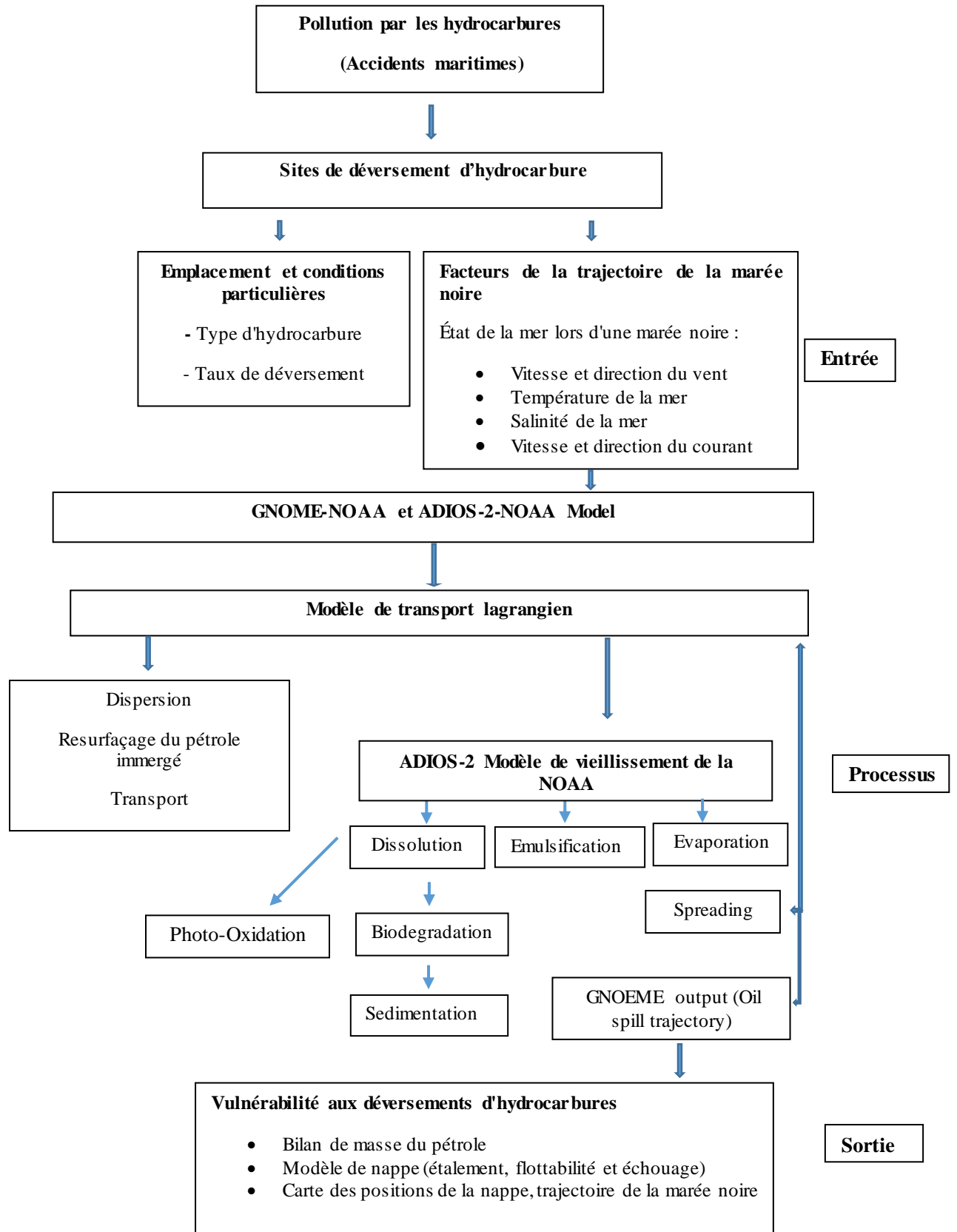


Figure III.13 : Diagramme des modèles de dérive des nappes de pétrole GNOME et ADIOS-2.

### III.2.3.7 Les possibilités offertes par le modèle GNOME

GNOME est un modèle de trajectoire qui peut :

- Estimer la trajectoire des nappes d'hydrocarbures par les informations de traitement que vous fournissez (courants, vents, nature d'hydrocarbure, cartes), dans un temps bien déterminé.
- Utiliser des algorithmes météorologiques pour faire des prévisions simples au sujet des changements que va subir une nappe d'hydrocarbure dans l'environnement marin.
- Faciliter l'interprétation, l'enregistrement et la mise à jour des informations

#### III.2.3.7.4 Les polluants

Les substances déversées (polluant) sont modélisées sous forme de masses ponctuelles, appelées LE (éléments lagrangiens) ou «spots» (des points de déversement ou de nappe). Les polluants ne sont pas traités comme des gouttes ou nappes d'hydrocarbures avec des volumes et d'épaisseurs variables. Les paramètres attribués à chaque masse ponctuelle comprennent l'emplacement (latitude / longitude), l'heure de libération ou de déversement, l'âge, le type de pollution et l'état - flottant, échoué, évaporé... (tableau IV.5). Le tableau suivant montre le types de polluants et les informations de chaque 'LE' ([General NOAA 2012](#)).

**Tableau III.1** : Informations portées par chaque LE

Parameter	Description
Lekey	Indexed LE identity
leCustomData	Space for custom LE data ; currently = 0
Positon	Latitude, longitude position (decimal degrees)
z	Depth ( meters)
releaseTime	Time of release in spill
age	Time since release (seconds)
Clockref	Time offset (seconds)
pollutantType	LE pollutant type for weathering (tab : 09)
Mass	Amount of pollutant in LE (g)
density	Pollutant density
StatusCode	Code to indicate whether or not LE is released, floating, beached, etc
bVisible	Flag to indicate whether or not LE is drawn
lastWaterpt	Last on-water location of LE before beaching
beachTime	Time when LE was beached

**Tableau III.2:** les types des polluants, leurs compositions et leurs demis de vie.

Polluant type	Percent Each constituent	Half-life each constituent (hours)	Observational Threshold Time (hours)
Gasoline	50.0	0.12	18.55
	50.0	5.3	18.55
	0.0	1.0x10 <sup>9</sup>	18.55
Kerosene et Jet Fuel	35.0	5.3	50.44
	50.0	14.4	50.44
	15.0	69.2	50.44
Disel	30.0	14.4	170.1
	34.0	48.6	170.1
	35.0	243.0	170.1
Fuel Oil #4	24.0	14.4	170.1
	37.0	48.6	170.1
	39.0	1.0x10 <sup>9</sup>	170.1
Medium Crude	22.0	14.4	170.1
	26.0	48.6	170.1
	52.0	1.0x10 <sup>9</sup>	170.1
Fuel Oil #6	20.0	14.4	170.1
	15.0	48.6	170.1
	65.0	1.0x10 <sup>9</sup>	170.1
User Definable	100.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>
	0.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>
	0.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>
Coservative	100.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>
	0.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>
	0.0	1.0x10 <sup>9</sup>	3.5x10 <sup>9</sup>

### III.2.3.7.5 La trajectoire

Une fois la carte, les dériveurs et le polluant sont intégrés, le modèle est mis en marche et la solution est produite sous forme d'une trajectoire. Cette dernière aide les autorités de prendre les mesures nécessaires pour faire face à la propagation de la nappe dans l'environnement. La trajectoire dépend des dériveurs. Tant que le vent et les courants ont une estimation presque correcte, la trajectoire est correcte. Sans oublier que chaque source a un pourcentage d'incertitude. La trajectoire «meilleure estimation» est représentée par des «taches» noires ; la trajectoire du «minimum de regret» est représentée par des «taches» rouges ([General NOAA, 2012](#)).

### III.2.3.7.6 Les équations utilisées

Chaque élément intégré dans le GNOME, à savoir, le vent, les courants, le polluant, sa dérive et son évaporation, est traité à l'aide des équations mathématiques spécifiques.

**Les dériveurs**

Pour obtenir le mouvement global, les composantes de vitesse  $u$  (est-ouest) et  $v$  (nord-sud) provenant des courants, du vent, de la diffusion et de tout autre facteur de déplacement sont additionnées à chaque pas de temps,  $i$ , à l'aide d'un schéma d'Euler avant (aka, une Méthode Runge-Kutta du 1er ordre). Les déplacements se voient attribuer un point  $(x, y, z, t)$  et retournent un déplacement  $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$  en  $t$  (équation 1).

Le vent et les courants sont traités à l'aide de l'équation suivante :

$$\Delta x = \left( \frac{u}{\frac{111,1200024}{\cos(y)} \times \Delta t} \right) \times \Delta t; \Delta y = \left( \frac{v}{111,1200024} \right) \times \Delta t; \Delta z = 0 \quad (1)$$

**Équation 1.** Calcul du déplacement zonal, méridional et vertical par les polluants qui se déplacent.

Avec :

$U$  : la vitesse des courants et des vents (Est-ouest) ;

$V$  : la vitesse des courants et des vents (nord-sud) ;

$Y$  : la latitude en radians ;

$\Delta y, \Delta x$  : le mouvement bidimensionnel en latitude et longitude des courants et des vents ;

$\Delta t = t - t_1$  le temps entre deux étapes ;

$\Delta z$  : le mouvement vertical (en profondeur) ;

111,120.00024 : le nombre des mètres par un (01) degré de latitude, 1 mille marin=1 degré partout.

**La distribution de la nappe**

La propagation aléatoire des nappes se fait par une marche aléatoire avec une probabilité d'une carrée d'unité, la marche aléatoire est basé sur la valeur de diffusion  $D$ , qui représente la distribution horizontale des nappes dans l'eau. Définie dans le modèle, qui représente la diffusivité des tourbillons horizontaux dans l'eau. Une valeur basse serait 1 000 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> et une valeur haute serait comprise entre 100 000 et 1 000 000 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. La valeur par défaut du modèle est 100 000 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Lors d'un déversement, la valeur est calibrée en fonction des données de survol.

Dans le GNOME la diffusion et la propagation sont traitées en tant que processus stochastiques. Les effets gravitationnels et de tension superficielle sont ignorés car ils ne sont importants que pendant les premiers instants d'un déversement. La représentation complexe des effets de diffusion et de propagation des sous-réseaux est ignorée. GNOME utilise la diffusion classique comme indiqué dans l'équation 2 et l'équation 3.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \nabla^2 C \quad (2)$$

**Équation 2 :** Equation classique pour la distribution des nappes.

Avec :

C : la concentration de la quantité déversée ;

D : le coefficient de la distribution mentionné ci-dessous.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = Dx \times \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + Dy \times \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \quad (3)$$

**Équation 3 :** Equation pour la dérive des nappes en coordonnées cartésiens.

Avec :

$D_x, D_y$  : sont des coefficients de diffusion scalaires dans les directions x et y.

T : le temps.

Le coefficient de diffusion, étant la moitié de la variance de la distribution de chaque pas divisé par le pas de temps :

$$Dx = \frac{1}{2} \times \frac{\delta^2 x}{\Delta t} \quad (4)$$

**Équation 4 :** Equation du coefficient de diffusion.

La variance de cette distribution est donnée par les équations suivantes :

$$\delta^2 x = \int_{-\Delta x}^{\Delta x} \frac{x^2}{2 \times \Delta x} dx = \frac{\Delta x^2}{3}$$

**Équation 5 :** Equation de la variance de la distribution

$$\Delta x = \frac{dx \times \sqrt{6 \times \frac{D}{10\,000} \times \Delta t}}{111,120.00024 \cos(y)} ; \Delta y = dy \times \frac{\sqrt{6 \times \frac{D}{10\,000} \times \Delta t}}{111,120.00024}$$

**Équation 6 :** Equation pour le calcul du déplacement zonal et méridional de la diffusion.

Avec :

$\Delta t$  : t-t1 est le temps entre deux étapes ;

Y : la latitude en radians ;

111,120.00024 : le nombre des mètres par un (01) degré de latitude, (1 latitude =1 mille marin partout).

$\Delta y, \Delta x$  : le mouvement bidimensionnel en latitude et longitude des courants et des vents ; Pour le mouvement vertical de la nappe,

GNOME dispose également d'un algorithme de diffusion dépendant de la profondeur (z), l'équation 7, mais il n'est disponible pour le moment que pour les fichiers de localisation ou les scénarios basés sur la ligne de commande. Il Utilise l'équation suivante :

$$D = 10^{1+e^{(1-\frac{10}{z})}}$$

**Équation 7 : Equation pour le calcul de la distribution de la nappe en profondeur.**

Avec :

D : la distribution ;

Z : la profondeur, (initialisé par zéro).

### ***L'évaporation***

L'évaporation dans le GNOME n'est pas traitée par les théories les plus complètes disponibles, le GNOME emploie un algorithme d'évaporation triphasé, où le polluant est traité comme substance de trois composants avec des demi-vies indépendantes.

$$X_{prob} = \frac{P_1 \times \left( \frac{-t_i}{2H_1} - 2^{-\frac{t_{i+1}-2+t_i}{H_1}} \right) + P_2 \times \left( \frac{-t_i}{2H_2} - 2^{-\frac{t_{i+1}-2+t_i}{H_2}} \right) + P_3 \times \left( \frac{-t_i}{2H_3} - 2^{-\frac{t_{i+1}-2+t_i}{H_3}} \right)}{P_1 \times 2^{-\frac{t_i}{H_1}} + P_2 \times 2^{-\frac{t_i}{H_2}} + P_3 \times 2^{-\frac{t_i}{H_3}}}$$

**Equation 8 : Algorithme triphasé pour le calcul du taux d'évaporation.**

Avec :

T : temps par heure ;

H1, H2, H3 : les demi-vies de chaque composant (en heures), Tab. 09 ;

P1, P2, P3 : le pourcentage de chaque composant Tab. 09.

### ***Vents***

Le pétrole a tendance à se disperser dans la direction du vent sur la base d'une dérivation analytique et une observation empirique. Le mouvement du pétrole correspond généralement à environ 3% de la vitesse du vent.

L'expérience et l'observation nous ont amenés à utiliser un facteur compris entre 1% et 4%, ajusté en fonction des comptes rendus de survol. Cette plage est utilisée par défaut dans GNOME avec une distribution uniforme. Une gouttelette d'huile se déplace différemment en fonction de la proximité des effets du vent à la surface.

Nous disposons maintenant d'une vue générale du modèle NOAA GNOME avec ses fonctions. Le modèle facilite l'intégration des données et l'extraction des résultats très facilement. Le résultat est sous forme d'une trajectoire et cette dernière est produite sous l'effet du vent est des courants. La trajectoire est correcte tant que les données intégrées sont correctes et la source des données est fiable. Pendant l'utilisation du modèle en cas d'un déversement réel, il est important de mettre en tête que chaque simulateur et chaque logiciel a ses propres limites. Il est nécessaire donc pour l'utilisateur de prendre toutes les mesures nécessaires.

La suite GNOME s'appuie sur une collection d'outils logiciels libres développés par la Division de réponse aux urgences (ERD) de la NOAA OR&R, le WebGNOME. Ces outils peuvent être utilisés seuls par des utilisateurs expérimentés pour résoudre divers problèmes liés au pétrole, aux produits chimiques et à d'autres objets dérivant dans l'océan.

### III.2.3.8 Logiciel ADIOS2 (Automated Data Inquiry for Oil Spills)

Est un modèle d'altération du pétrole qui intègre une base de données contenant plus d'un millier de pétroles bruts et de produits raffinés, et qui fournit des estimations rapides des caractéristiques et du comportement attendus du pétrole déversé dans l'environnement marin. Les prévisions qu'il fait, présenté sous forme de graphiques et de textes, sont conçues pour aider à répondre aux questions qui se posent généralement lors de l'intervention et du nettoyage en cas de déversement. ADIOS2 comprend de nouveaux modèles pour estimer les effets des techniques de nettoyage courantes, telles que la dispersion chimique, l'écémage ou l'incinération des hydrocarbures, et tient compte de processus environnementaux non inclus dans la version précédente, tels que la sédimentation. Il comprend également une aide en ligne élargie et un manuel électronique.

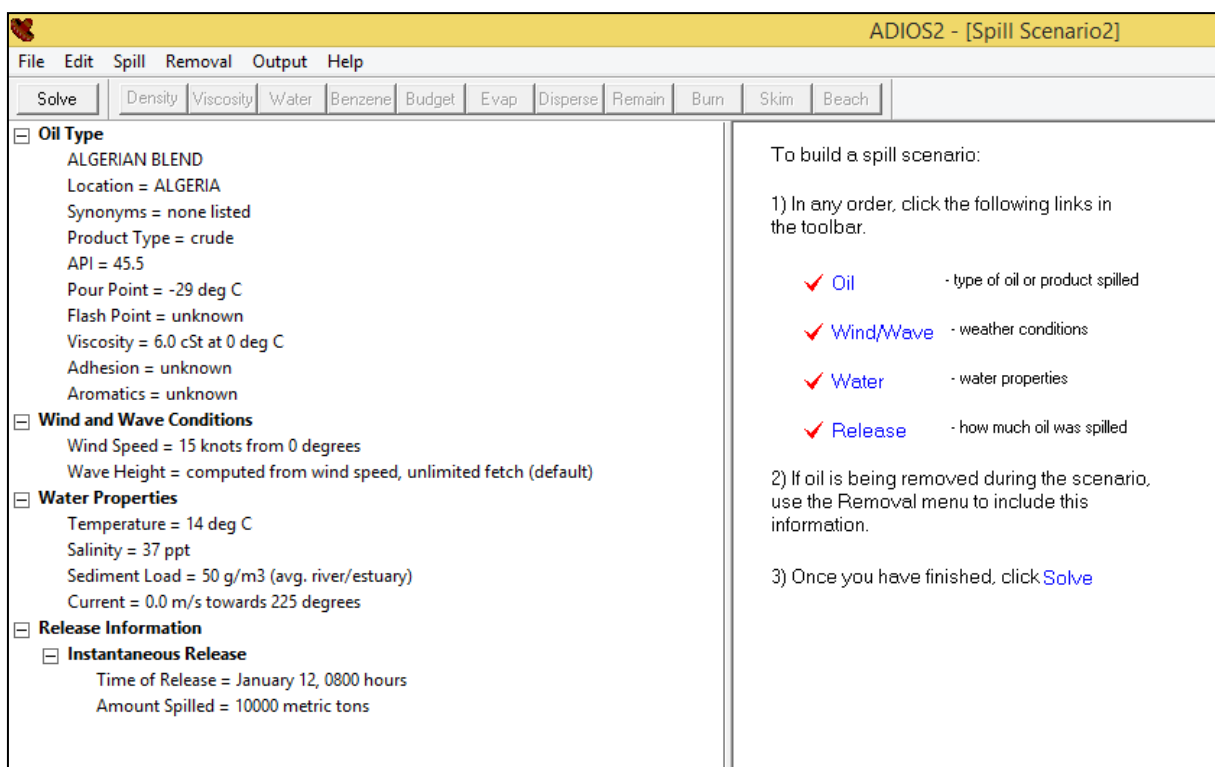
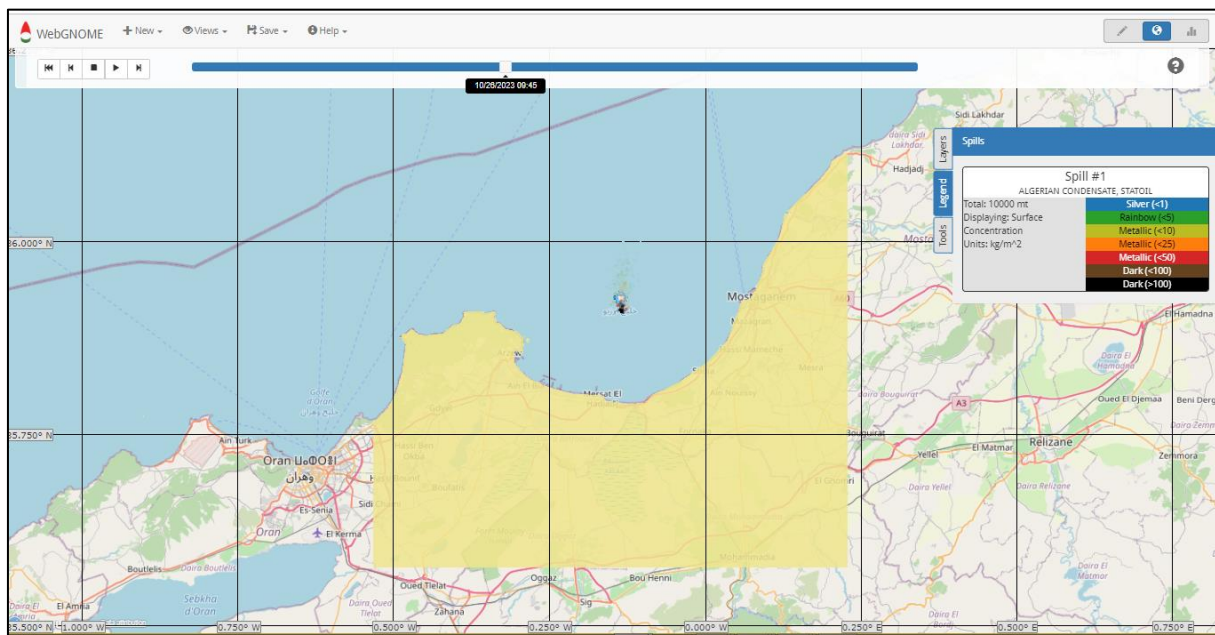


Figure III.22 : Interface de logiciel ADIOS2.

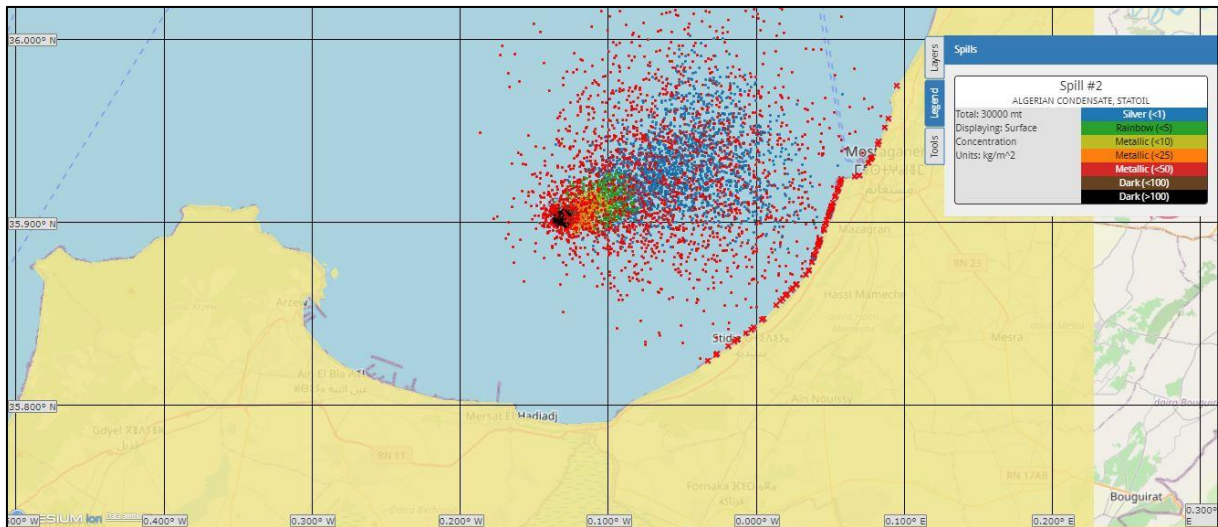
### III.2.3.9 Logiciel WebGNOME

WebGNOME est une application Web accessible au public qui fournit une interface conviviale pour la modélisation de scénarios de marée noire. WebGNOME permet aux utilisateurs de définir facilement un scénario de déversement personnalisé, d'exécuter le modèle et de visualiser les résultats. Lorsqu'on lui fournit des données sur les hydrocarbures, une analyse complète de l'altération des hydrocarbures est également fournie. WebGNOME peut également être utilisé pour des scénarios non pétroliers, par exemple pour prédire la dérive des navires.

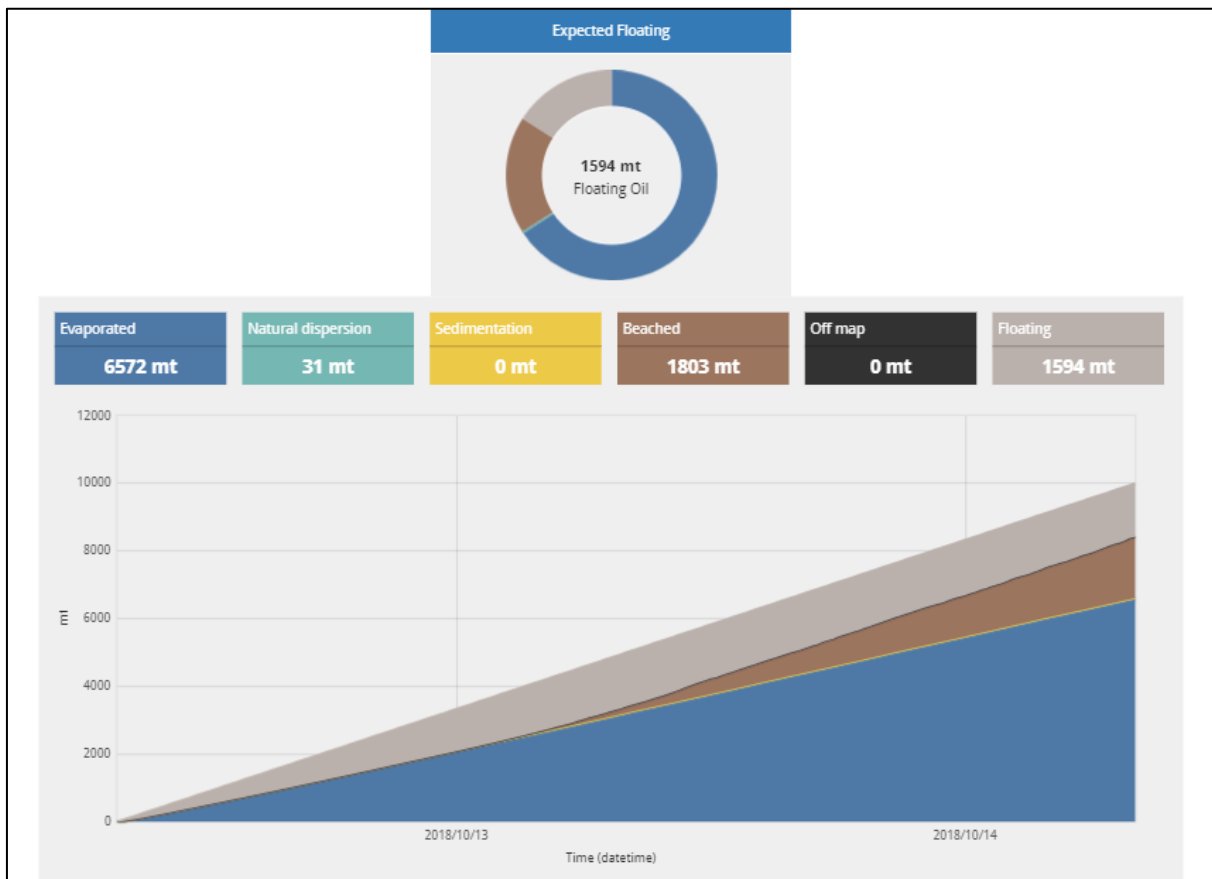
WebGNOME est un modèle public de trajectoire et de devenir des déversements d'hydrocarbures qui simule le mouvement et l'altération des hydrocarbures sous l'effet des vents et des courants. WebGNOME a été développé par le NOAA Office of Response and Restoration (OR&R) Emergency Response Division pour être utilisé dans le cadre de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures. Pour utiliser WebGNOME, vous devez décrire un scénario de déversement en entrant des informations dans le programme et en téléchargeant éventuellement des fichiers contenant des courants océaniques, des prévisions de vent et des informations sur le littoral. Pour étudier le devenir du pétrole déversé, il est possible de sélectionner un pétrole spécifique dans une base de données contenant des centaines de pétroles bruts et de produits raffinés différents.



**Figure III.23 :** Vue cartographique de WebGNOME, montrant les courants qui déplacent le pétrole dans une simulation de déversement.



**Figure III.24** : Résultat de simulation WebGNOME de la dérive de la nappe d'hydrocarbure dans la baie d'Arzew.



**Figure III.25** : Vue du devenir du pétrole (altération) à partir de WebGNOME, montrant le bilan pétrolier d'un déversement simulé.

### III.2.3.9.1 Utilisations typiques de WebGNOME

- Examiner la façon dont un pétrole peut s'altérer et changer lorsqu'il est déversé (en utilisant le mode Altération seulement, similaire au modèle ADIOS de bureau).
- Examiner comment le pétrole peut être transporté dans un lieu préconfiguré (en utilisant des fichiers de localisation spécifiques). WebGNOME est livré avec une trentaine de fichiers de localisation préconfigurés, principalement aux États-Unis. Ils sont configurés de manière à refléter la climatologie générale d'une région et, avec quelques données supplémentaires, peuvent fournir des simulations réalistes adaptées à la formation d'une intuition et aux exercices.
- Examinez comment le pétrole peut être transporté dans une région qui vous intéresse. Si votre site n'est pas l'un des sites préconfigurés, le modèle peut être entièrement personnalisé pour votre site (à l'aide de la configuration manuelle). Dans ce cas, vous devez fournir une carte terre-eau, ainsi que les vents et les courants pour l'heure et le lieu qui vous intéressent. Examinez comment le pétrole déversé peut être transporté et altéré. L'altération et le transport du pétrole peuvent être calculés en même temps en incluant des informations sur le pétrole. Ceci peut être fait en utilisant l'un des fichiers de localisation préconfigurés ou avec votre propre configuration.

Le champ d'application de cet effort consiste à :

Développer des fonctionnalités dans WebGNOME qui permettent à l'utilisateur de visualiser les trajectoires résultantes pour :

- La plus forte concentration de pétrole susceptible d'être trouvée ; où le pétrole dispersible est susceptible d'être trouvé ;
- L'endroit où le pétrole est le plus susceptible d'être émulsifié ; et
- Comment les propriétés du pétrole seraient réparties.
- Développer des visualisations pour améliorer la capacité de l'utilisateur à comprendre les résultats en :
  - Visualisant la concentration globale du pétrole sur l'eau ;
  - Faisant correspondre les couleurs aux propriétés physiques des éléments (par exemple, huile émulsifiée, huile fraîche, viscosité, épaisseur) ; et
  - Afficher uniquement l'huile qui répond à certaines propriétés (par exemple, uniquement l'huile émulsionnée ou seulement l'huile fraîche).
- Développer des algorithmes pour intégrer ces fonctionnalités et visualisations dans le système opérationnel WebGNOME opérationnel.

### III.2.3.9.2 Limites de WebGNOME

WebGNOME est conçu principalement pour la modélisation du devenir et du transport de surface. Certaines fonctionnalités du paquet PyGNOME (le noyau informatique de la suite

GNOME. Il est écrit dans les langages de programmation Python et C++. PyGNOME effectue tous les calculs de la version Web de GNOME et peut être utilisé pour l'automatisation et l'écriture de scripts, pour des scénarios plus complexes, ainsi que pour la personnalisation et l'extension de GNOME.) ne sont pas encore disponibles via l'interface WebGNOME. Pour certains besoins de modélisation complexes, le paquet PyGNOME peut être plus approprié.

Voici quelques exemples de fonctionnalités qui ne sont pas encore disponibles dans WebGNOME :

- Simulations tridimensionnelles
- Interactions entre le pétrole et la glace
- Les algorithmes sous-jacents existent dans le paquet PyGNOME, mais une interface pour initialiser et visualiser ces scénarios est encore en cours de développement.

Certaines simulations coûteuses en termes de calcul ne sont pas adaptées à une application Web fonctionnant sur un serveur distant. Il s'agit notamment de

Les simulations à très grande échelle (dans l'espace ou dans le temps). Par exemple, plusieurs mois de résultats d'un modèle océanographique 3D sont tout simplement trop volumineux pour être chargés et téléchargés sur un serveur distant au moment de l'exécution. Pour répondre à ce cas d'utilisation, la pile WebGNOME peut être installée et exploitée sur un seul ordinateur portable ou poste de travail. Dans ce cas, les fichiers de données peuvent être préchargés et accessibles directement par le serveur sans qu'il soit nécessaire de charger et de télécharger des données au moment de l'exécution. Un installateur simple pour cela fait partie des futurs plans de développement de la NOAA.

L'exécution de nombreuses simulations pour des applications de modélisation stochastique (probabiliste) ou en tant que processus automatisé. PyGNOME peut être utilisé directement et piloté par des scripts écrits en langage de programmation Python. Vous disposez ainsi d'une souplesse et d'une puissance totale pour contrôler chaque détail de la configuration du modèle et interagir avec des sources de données externes et des services Web.

## **Résultats et Discussions**

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

### IV.1 Hydrologie

#### IV.1.1. Caractérisation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux côtières

##### IV.1.1.1 Paramètres mesurés et analysés

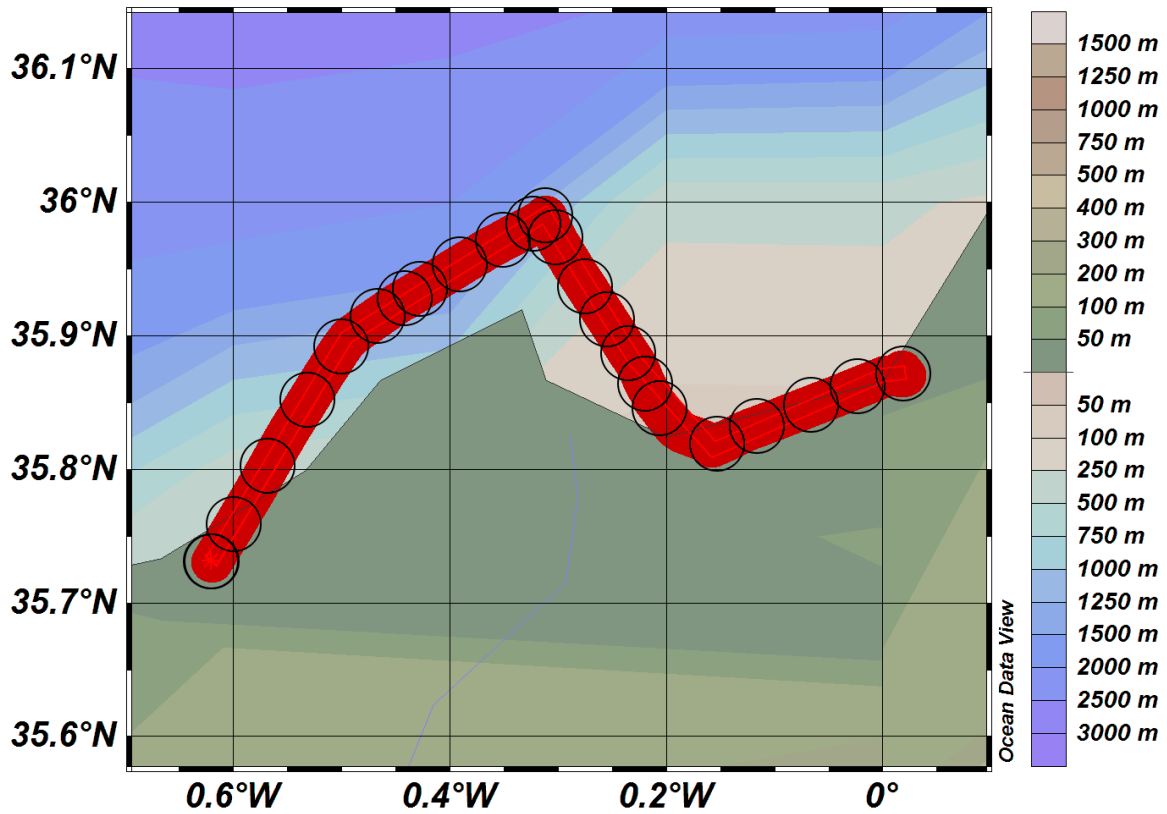
Sur la zones côtières d'Oran dans la baie d'Oran et le golf d'Arzew, le prélèvement a été effectué durant la période du 5-8-9 du mois de mars 2017 pour la baie d'Oran et d'Arzew (données d'ALPEL ; ALgerian PELagique, Campagne d'évaluation des ressources pélagique du CNRDPA 2017) dont plus de 5000 point de prélèvements ont été effectués et le mois de Février 2020 pour le golfe d'Arzew, dont 23 point de prélèvements ont été effectuées avec l'embarcation pilote de l'armé de mer. Le choix de prélèvement a était effectué d'une manière à couvrir toute la zone côtière ouest de l'Algérie, les deux zones les plus pollués sont la capitale Alger suivie par willaya d'Oran qui est la plus importante ville côtière de l'ouest algérien. Les paramètres mesurés in situ sont la température **T**, la salinité **S**, le potentiel d'hydrogène **pH**, le taux d'oxygène dissous **DO** et la turbidité **Tu**. Au laboratoire les paramètres analysés et mesurés sont la matière en suspension **MES**, la matière organique particulière **MOP** et la concentration de la chlorophylle-a **Chl-a**. Les sels nutritifs **SN**, ont été aussi l'objet de notre étude tel que les Nitrites **NO2**, Nitrates **NO3**, Phosphates **PO4**. Silicates **SIO3** (annexe).

Les zones côtières sont le lieu d'activités nécessitant des eaux de bonne qualité physicochimique : usages récréatifs, aquaculture et pêche. Ces zones sont sous l'influence directe des eaux d'oueds et des eaux usées, par où transitent les apports des bassins versants, rejets urbains et industriels. Ces rejets entraînent, lorsque le renouvellement des masses d'eau est faible par rapport aux quantités rejetées, des dégradations notables de la qualité des eaux côtières et des écosystèmes marins. La présente étude porte sur une évaluation qualitative des eaux côtières de deux pôles urbains du littoral oranais (Oran et Arzew), dans l'objectif l'évaluation de la qualité physicochimique et biologique des eaux marines pour déterminer l'impact potentiel de la pollution des eaux côtières sur la côte ouest algérienne.

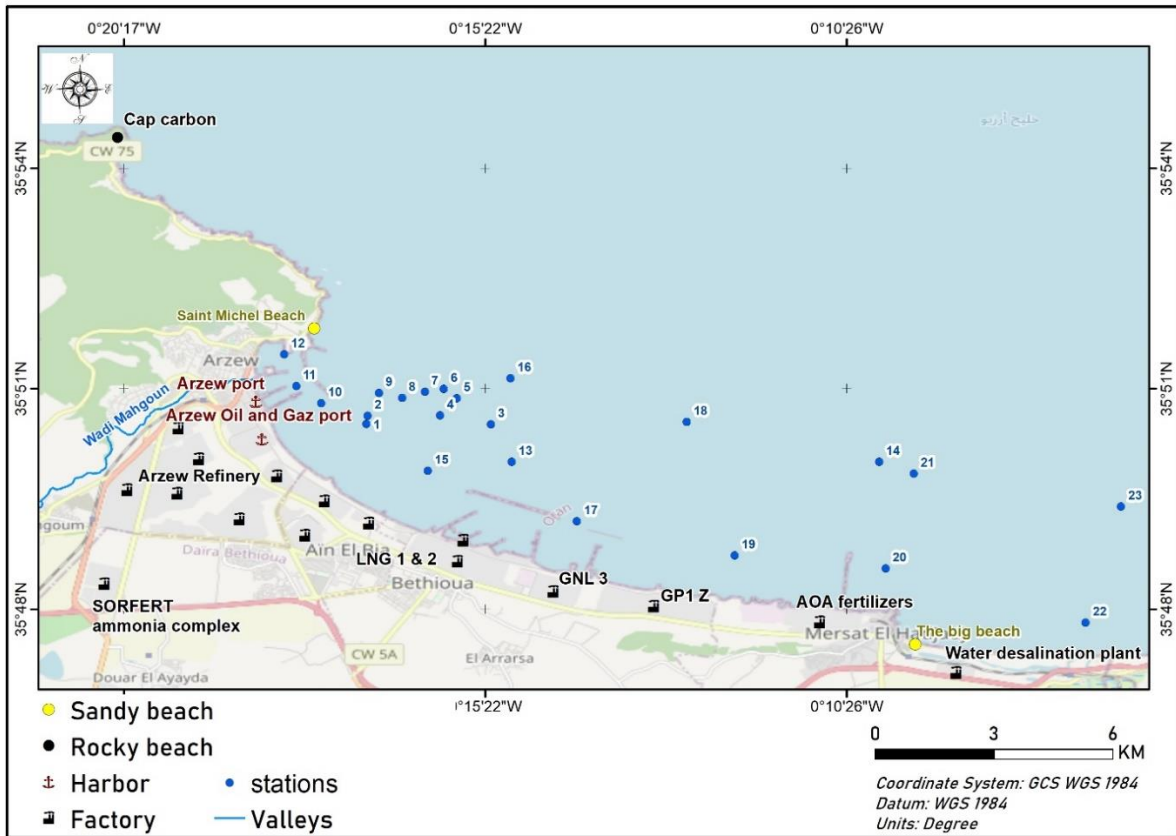
Une évaluation de la qualité physico-chimique et biologique des échantillons d'eau de mer a été effectuée au niveau de l'analyse de la qualité des eaux côtières (Mars 2017 et février 2020), pour mettre en évidence l'altération de la qualité de ces eaux côtières.

L'objectif de ces analyses est la caractérisation de la qualité des eaux côtières dans la baie d'Oran et la baie d'Arzew par les paramètres de pollution pouvant être associées aux activités anthropiques dans cette zone pour laquelle nous avons utilisé le logiciel SIG, et le logiciel IDV pour réaliser des cartes thématiques et effectuer des analyses spatiales.

Pour démontrer la signification des différentes analyses physiques chimiques et biologiques, il est nécessaire d'utiliser des cartes et des graphiques qui vont nous démontrent la vue synoptique de la distribution spatiale des paramètres indicateurs de pollution caractérisant la qualité des eaux côtières de notre zone d'étude.



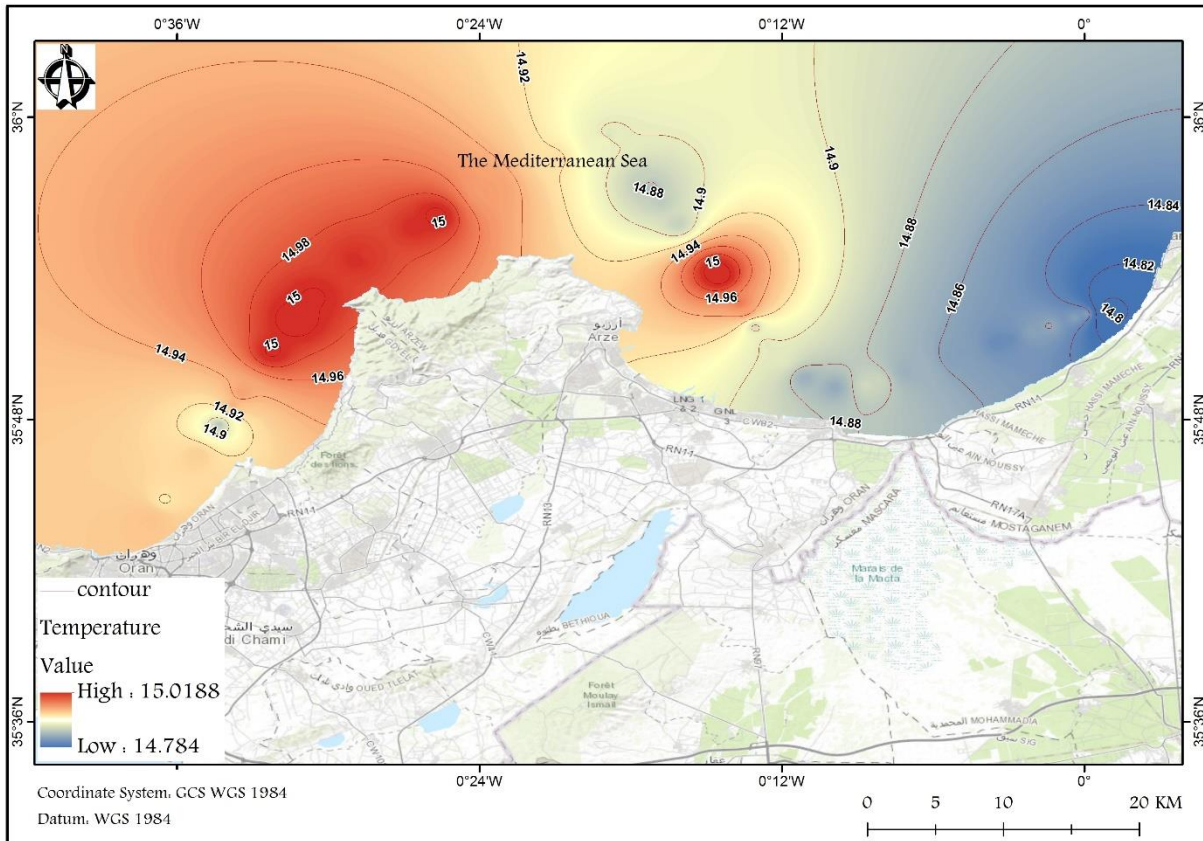
**Figure IV.1** : Distribution spatiale des points de prélèvement le long de la baie d'Oran et d'Arzew 2017 (Chabi N, 2023).



**Figure IV.2 :** Distribution spatiale des points de prélèvement le long de la baie d’Arzew 2020 (Chabi N, 2023).

#### IV.1.1.1 Température des eaux de mer

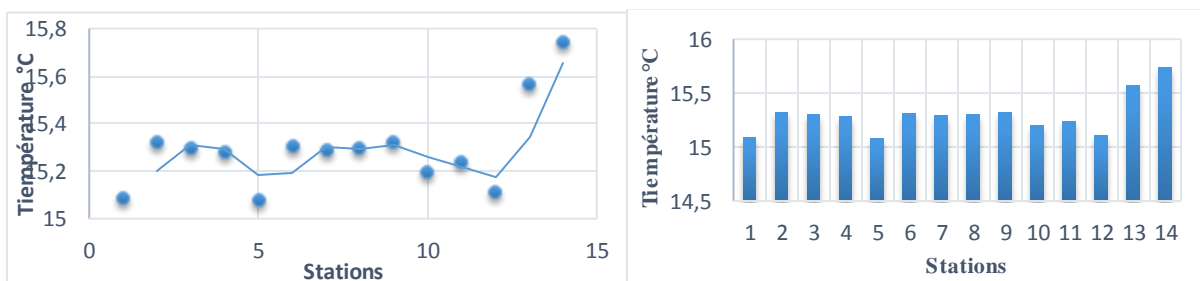
La (Figure IV.3) montrent la distribution de température de surface de la mer dans la zone côtière d’Oran.



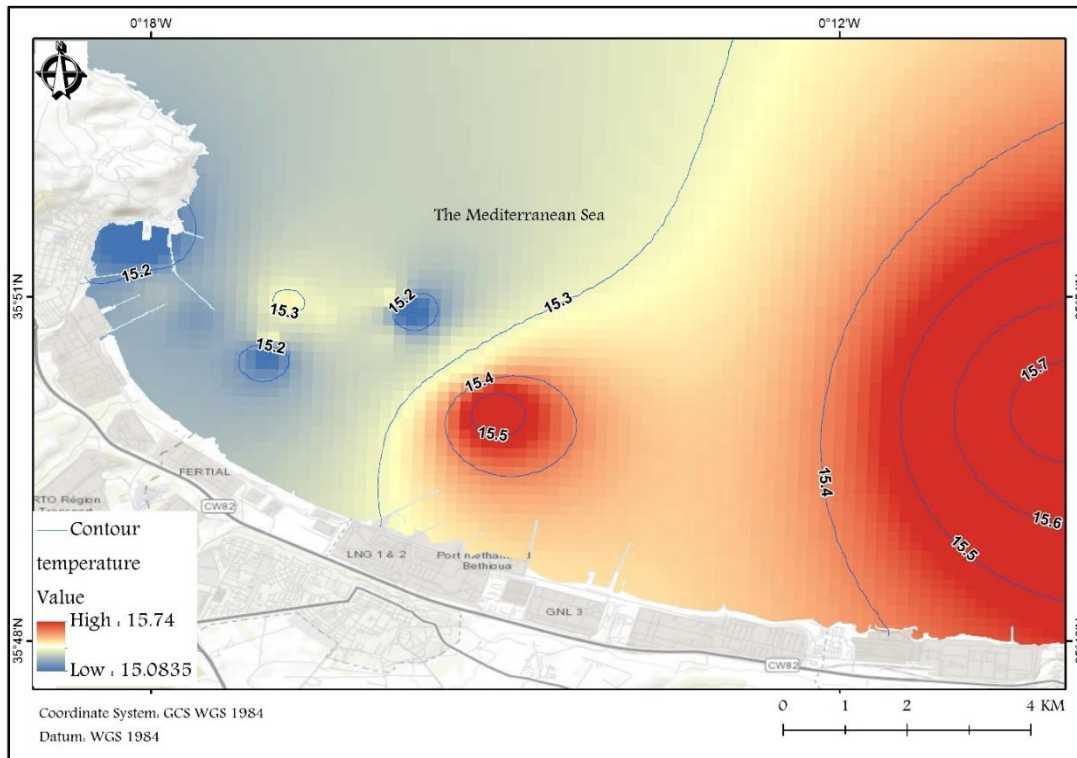
**Figure IV.3 :** Distribution spatiale de la température de surface de la mer (C°) dans la baie Oran 2017.

Pour les résultats de la baie d’Oran effectuée en mois de Mars 2017 sur les 5545 points de prélèvements, les valeurs de la température des eaux sont comprises entre un minimum de 14.7832 °C et un maximum de 15.030°C avec une moyenne de 14.916. On remarque immédiatement le caractère saisonnier bien marqué dans la zone côtière d’Oran. En hiver, la couche de surface est froide, atteignant un minimum de 14°C en février/mars.

**Figure IV.4 :** Distribution spatiale de la TSM (C°) dans le golfe d’Arzew en 2020.



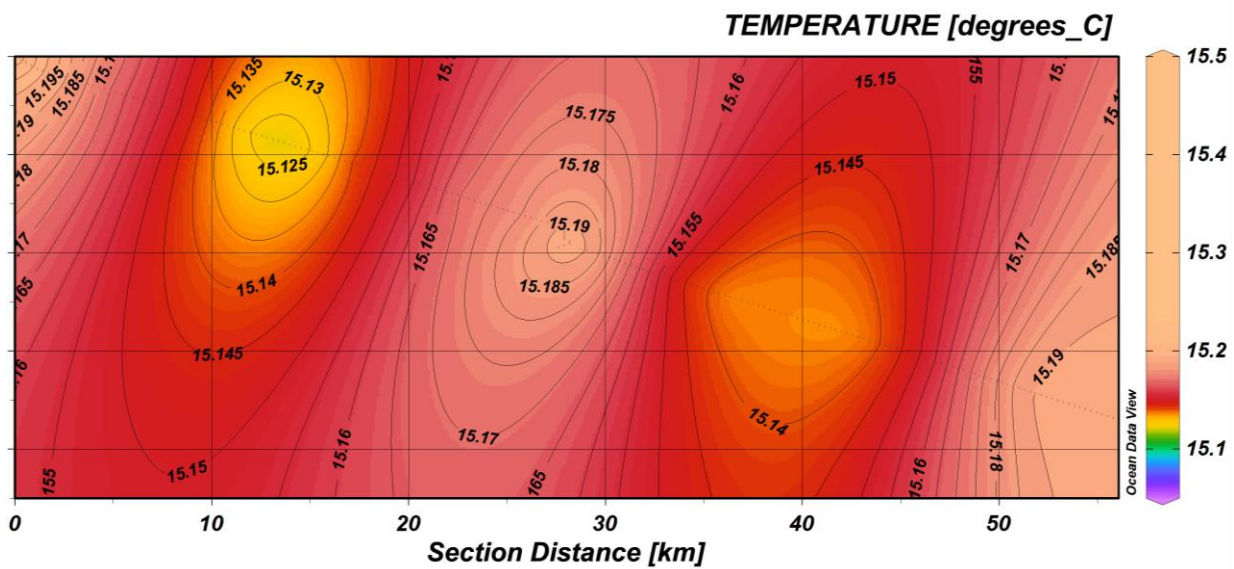
**Figure IV.5 :** Courbe et Histogramme de distribution spatiale de la température (°C) en surface de l'eau de mer dans



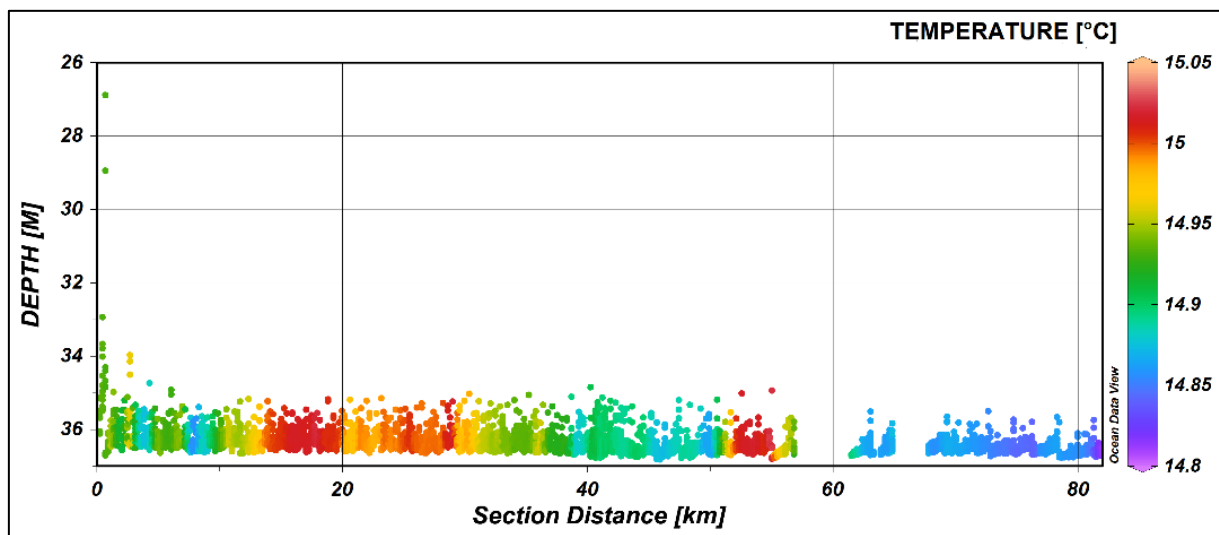
la baie d'Arzew en 2020.

Les valeurs de la température de surface des eaux effectuée en février 2020 sont comprises entre un minimum de 15,08°C et un maximum de 15,74°C pour les prélèvements qui ont été effectuées le mois février 2020, avec une moyenne de 15.29 °C et un écart type de 0,112.

D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage avec les conditions météorologique qui ont caractérisé la période de mesure. En surface, la température suit les variations climatiques. En effet, les eaux superficielles sont directement influencées par les conditions météorologiques et sont en contact direct avec l'atmosphère, ceci est particulièrement visible dans la carte des variations de la TSM au niveau de la baie d'Oran et d'Arzew (Fig IV.6 et IV.7). Nous avons remarqué un changement de la TSM proportionnel à l'élévation de la température atmosphérique (Chabi N 2017) aux différentes périodes de la journée de l'est vers l'ouest pour les prélèvements dans la baie d'Oran et l'ouest vers l'est pour les prélèvements dans la baie d'Arzew. Des cas particuliers concernent des noyaux d'eau particulièrement chaude enregistrée au niveau de quelque Station. Ceci peut être dû au mélange avec les eaux continentales notamment les rejets d'eaux usées industrielles et de l'embouchure de l'oued Cheliff et oued Mahgoun dans la baie d'Arzew.



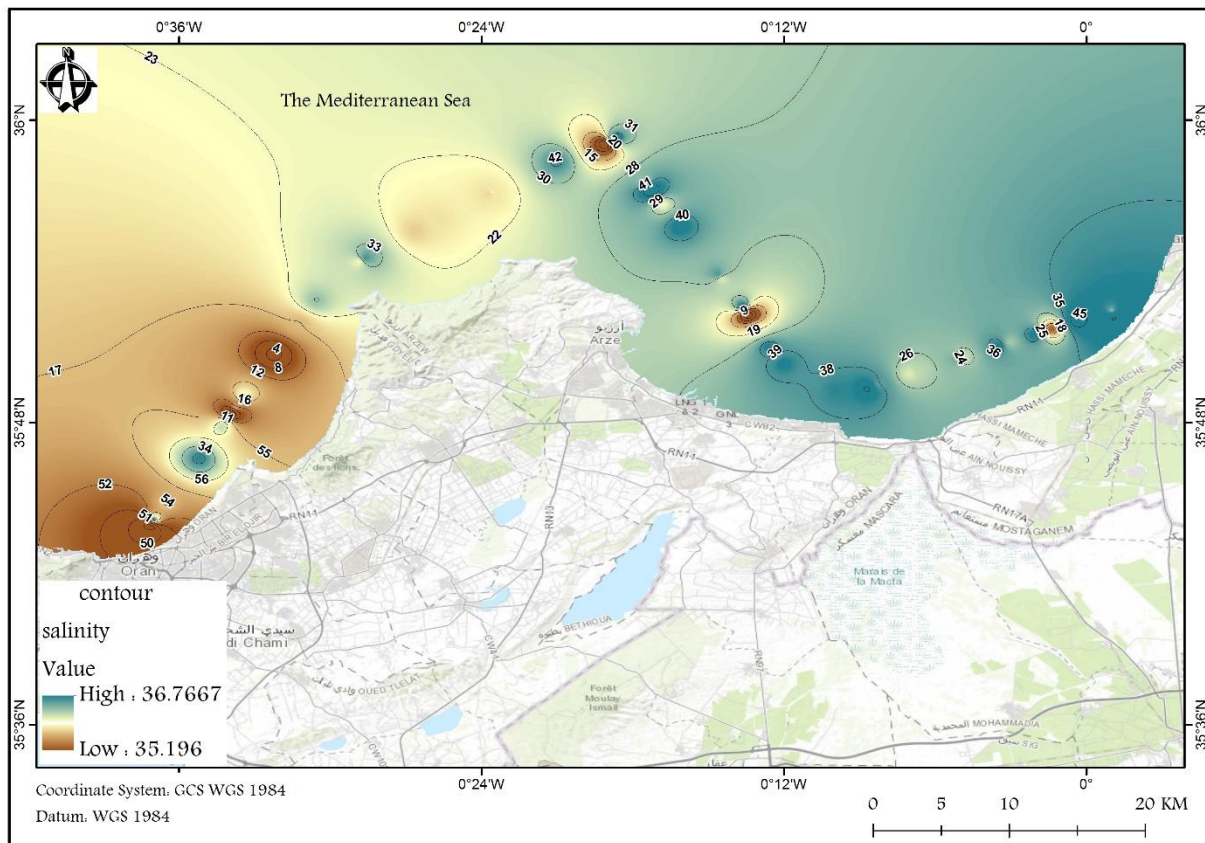
**Figure IV.6 :** Profil horizontal de la distribution spatiale de la température en fonction de l'éloignement de la cote vers le large dans la baie d'Oran en 2017.



**Figure IV.7 :** Profil vertical de la distribution spatiale de la température en fonction l'éloignement de la cote vers le large dans la baie d'Oran. 05/03/2017.

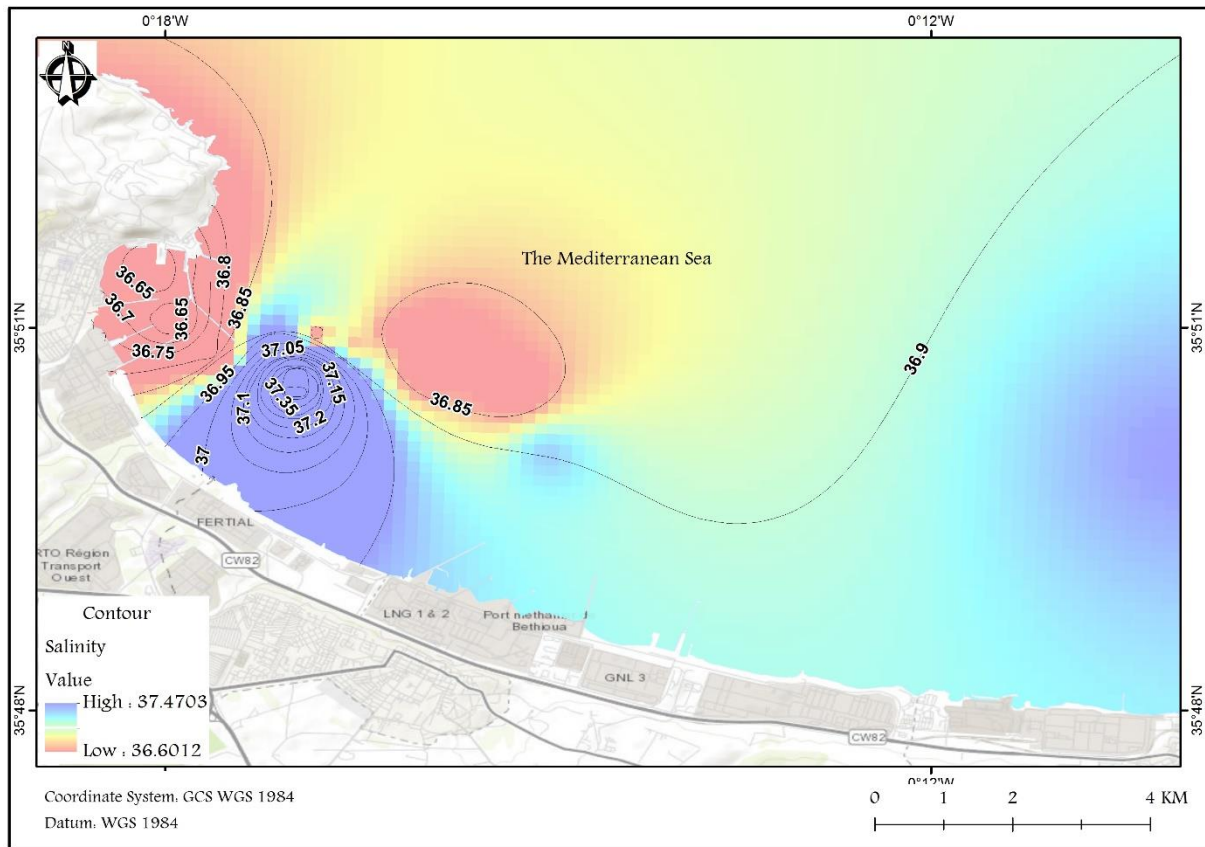
Notons que les valeurs de température sont presque homogènes à l'exception du large de la baie d'Oran on retrouve des températures froides en surface, qui sont dues probablement à une remonte d'eau, un upwelling.

IV.1.1.1.2 Salinité des eaux de mer



**Figure IV.8** : Distribution spatiale de la SSM (PSU) dans la baie d’Oran en 2017.

Les valeurs de la salinité de surface des eaux dans la baie d’Oran (Fig. IV.8) sont comprises entre une valeur minimum de 35.196 PSU et une valeur maximum de 36,76 PSU au niveau de plusieurs stations, avec une moyenne de 36,240PSU et un écart type de 0,267.



**Figure IV.9** : Distribution spatiale de la SSM (PSU) dans le golfe d’Arzew Oran.

Les valeurs de la salinité de surface des eaux (Fig.IV.9) sont comprises entre une valeur minimum de 36,60 PSU enregistrée dans la station 13 et une valeur maximum de 37,5 PSU au niveau de la station 1 avec une moyenne de 36,41 PSU et un écart type de 0,14.

La salinité des eaux méditerranéennes est comprise entre 37.80 et 39.39PSU (Bachouche S 2010) et elle se situe dans l’intervalle de 36,79-37PSU dans les eaux superficielles sur les côtes algériennes (Guibout, 1987). L’apport des eaux continentales douces (eaux pluviales, rejets urbains et industriels) a une grande emprise sur la baisse de la salinité de l’eau de mer. En effet, les valeurs moyennes de SSM au niveau de notre zone d’étude sont assez faibles (maximum de 36.76 PSU dans la zone côtière d’Oran et 37.5 PSU dans la baie d’Arzew) et ceci peut être expliqué par le nombre important de rejets dans cette zone côtière en plus des embouchures d’oueds et des ruissellements qui déversent de l’eau douce. Plus précisément, la distribution de la SSM montre une tendance générale en augmentation de l’Ouest vers l’Est dans les eaux de surface de la zone côtière d’Oran (Fig.IV.9) avec des eaux très adoucies au niveau de l’embouchure de l’oued Rahi, Mahgoun, Cheliff, zone aussi caractérisée par une concentration très importante de rejets à proximité du port de Bethioua et le port d’. Nous avons remarqué aussi un noyau d’eau très adoucie au niveau de la station 11, située en face du port d’Arzew et qui peut être due à une remontée d’eau profonde et l’apport d’oued Mahgoun.

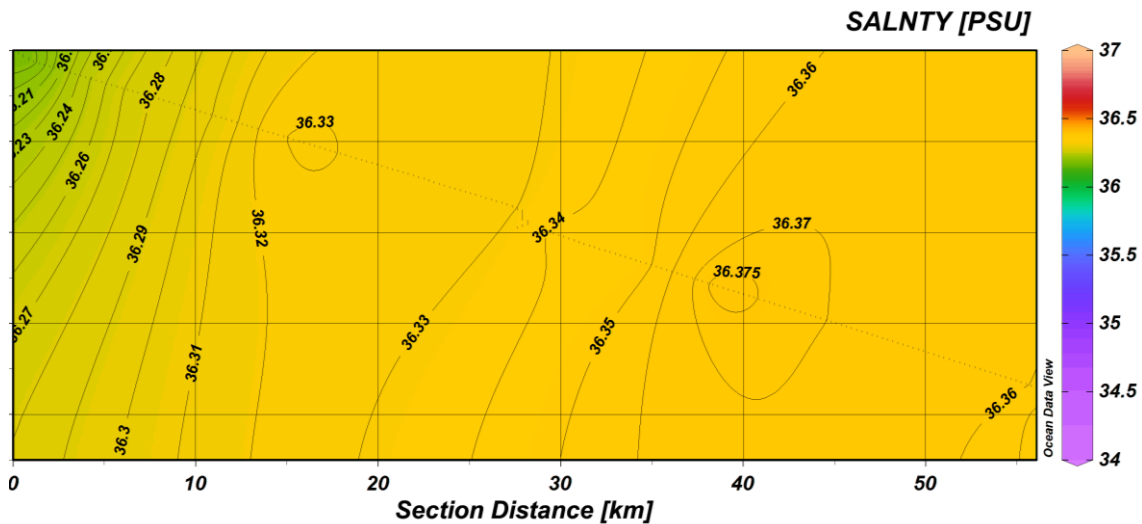


Figure IV.10: Distribution spatiale de la Salinité (PSU) le long de la baie d’Oran et Arzew.

On remarque que les valeurs de la salinité augmentent de la côte vers le large, allant de 36.04 PSU à 36.43 PSU dans la zone côtière d’Oran selon les résultats trouvés en 05/03/2017.

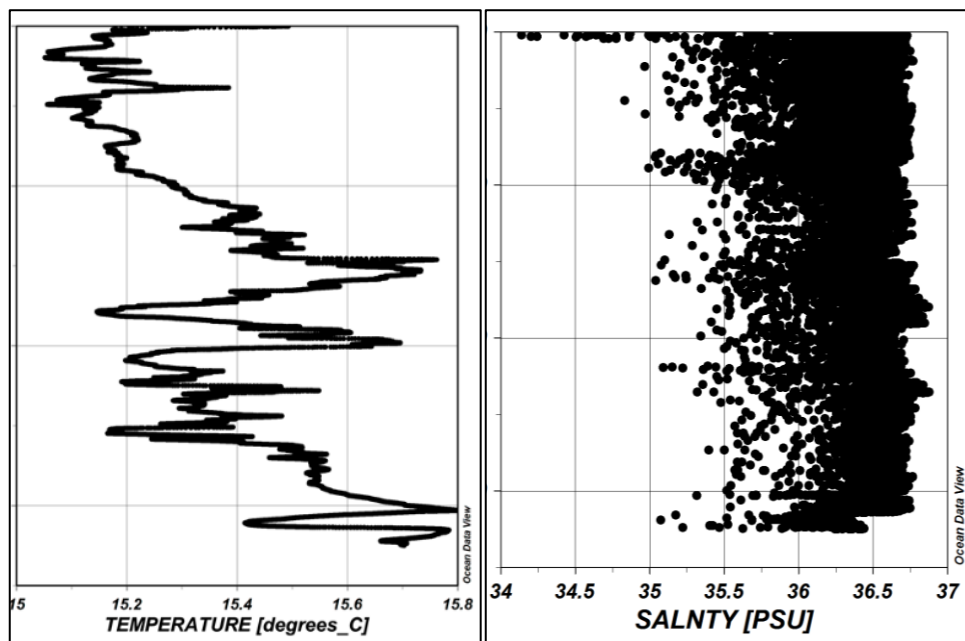
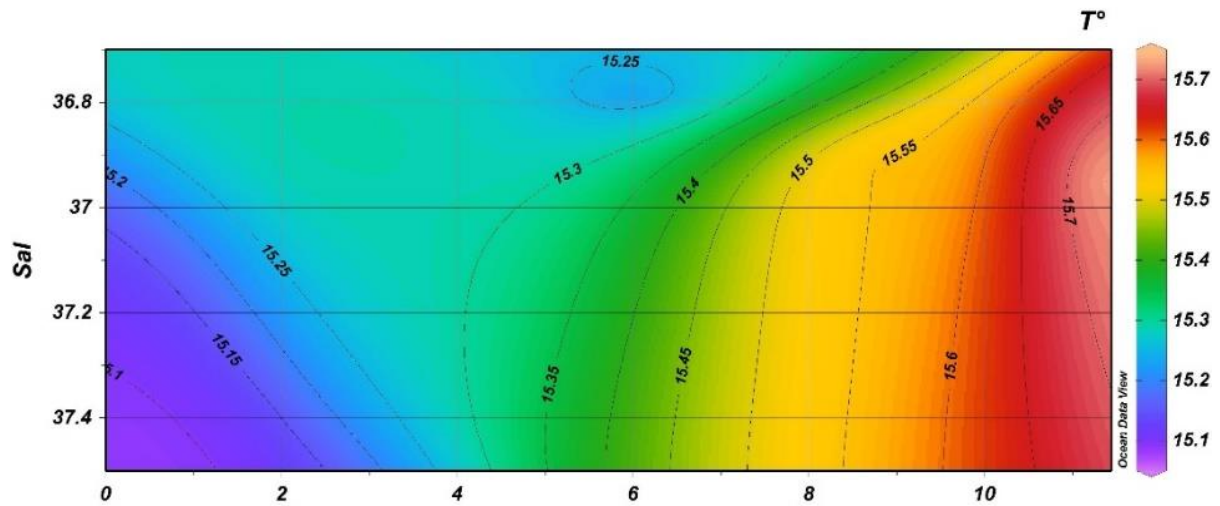


Figure IV.11 : Profil de la température et la salinité d’ouest en est dans la baie d’Oran. 08/02/2017.

Les profils de température et la salinité (Figure IV.11) s’étend d’Ouest en Est de la Baie d’Oran. Notant la faible salinité des eaux de surface, inférieure à 34.5 PSU. Près de la côte, l’eau de surface atteint une température de 15.5 °C. Les valeurs de salinité augmentent pour atteindre 36.8 PSU.



**Figure IV.12** : la distribution de la température en fonction de la salinité en surface de la mer dans la baie d'Oran et Arzew.

Nous constatons l'influence des grands oueds sur les propriétés physique et chimique des eaux côtières. On peut bien distinguer une succession de cellules d'eau plus chaude avec salinité faibles, mais aussi des masses d'eaux froides avec des salinités élevées au niveau côtier qui sont du probablement à un phénomène d'upwelling. Cependant, les régions côtières sont influencées par les pluies et les apports d'eaux douces qui peuvent localement baisser la salinité.

D'après la figure de la température en fonction de la salinité (Fig.IV.12), nous pouvons distinguer plusieurs groupes de points : Parmi ceux-ci, des points ayant des faibles salinités comprises entre 36.6 PSU, 36.8 PSU représentant l'eau de mer froide (température inférieure à 15.2°C) et adoucie par l'eau continentale. Le deuxième nuage de points est constitué d'eaux plus chaudes atteignant les 15.7°C et qui présentent également des salinités plus élevées entre 37.2 et 37.6 PSU.

#### IV.1.1.1.3 La Chlorophylle-a des eaux de mer

Les valeurs de la chlorophylle-a dans la baie d'Oran et Arzew sont comprises entre une valeur minimum de 0,254  $\mu\text{g/l}$  rencontrée dans de nombreuses stations (Fig.IV.13) et une valeur maximum de 0.339  $\mu\text{g/l}$  au niveau de la station 51, avec une moyenne de 0,2995  $\mu\text{g/l}$  et un écart type de 0,0304.

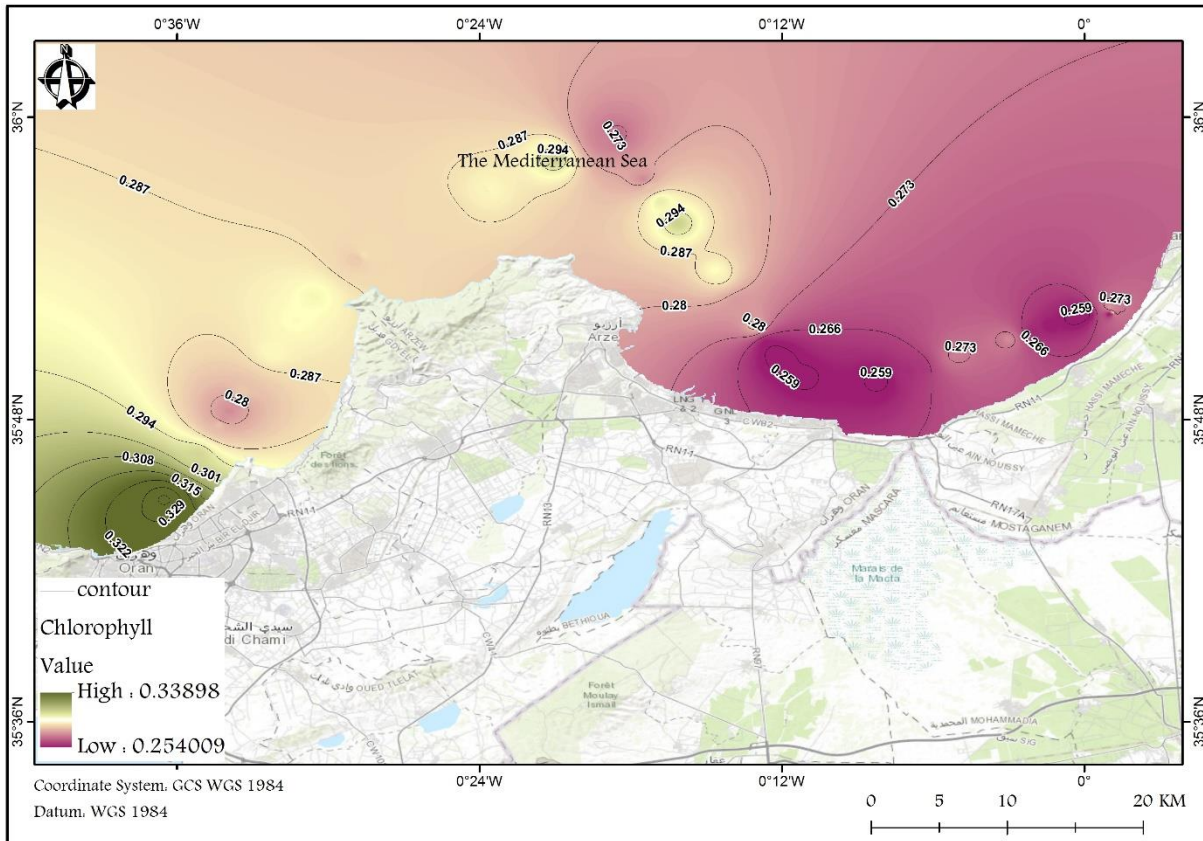


Figure IV.13 : Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans la baie d'Oran.

### Chlorophylle-a [ $\mu\text{g/l}$ ]

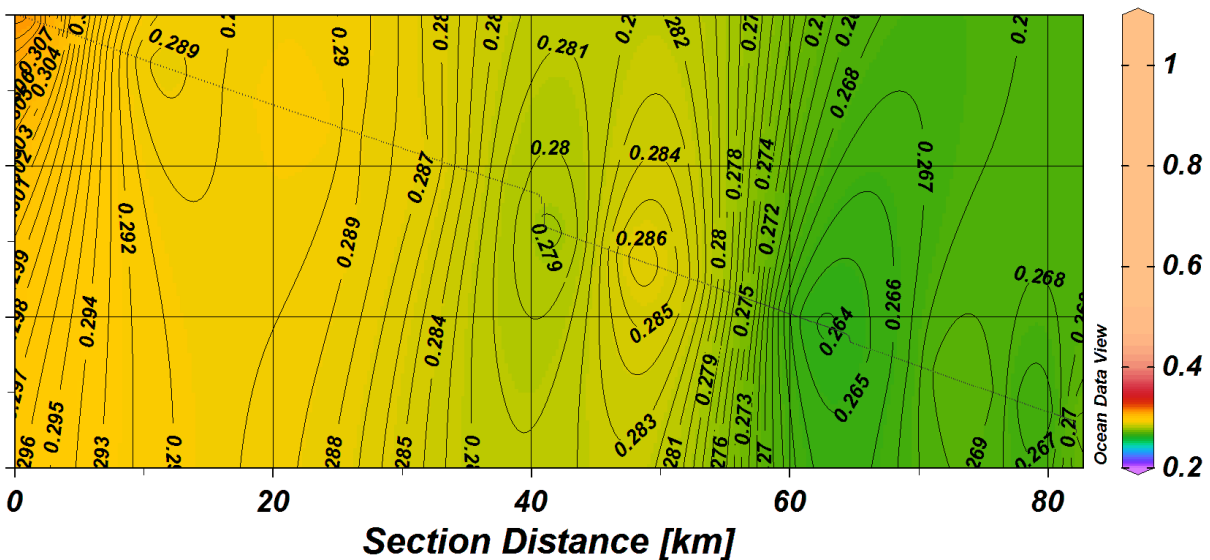
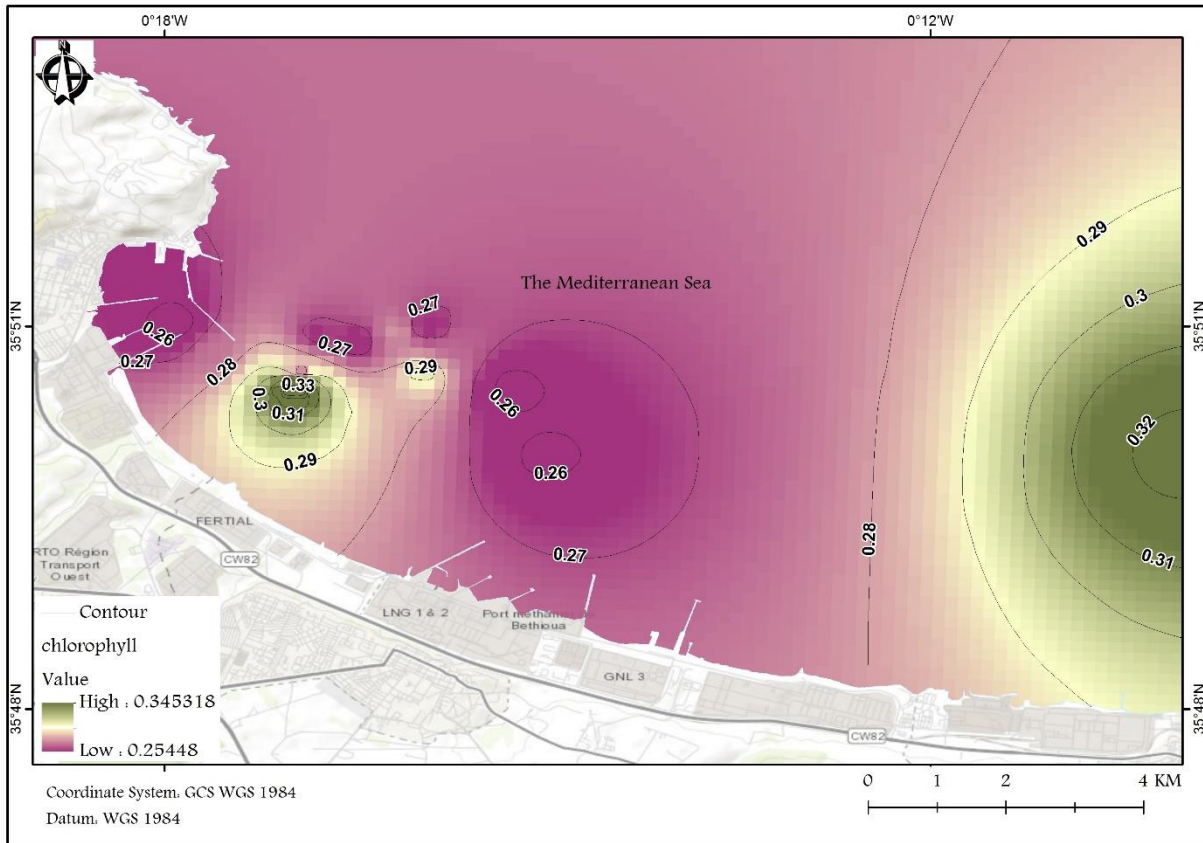


Figure IV.14 : Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans la baie d'Oran.

Les valeurs de la chlorophylle-a pour la baie d'Arzew sont comprises entre une valeur minimum de  $0,254 \mu\text{g/l}$  (Fig. IV.14) et une valeur maximum de  $0,356 \mu\text{g/l}$  au niveau de la station 1, avec une moyenne de  $0,312 \mu\text{mol/l}$  et un écart type de  $0,062$ .



**Figure IV.15** : Distribution spatiale de la chlorophylle-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dans le golfe d'Arzew à Oran.

La chlorophylle-a est un paramètre clé en hydrologie car il existe de nombreux liens entre son développement dans les cellules phytoplanctoniques et les variations de paramètres tels que l'intensité lumineuse, la turbidité, les nutriments et l'oxygène dissous. La biomasse phytoplanctonique varie de manière saisonnière, elle atteint généralement des valeurs maximales au printemps et en été, mais la floraison printanière est fréquemment la plus importante (Barnabe, 1997). La période de prélèvement étant le printemps ceci peut expliquer les importantes concentrations de chlorophylle-a trouvées en plus de la situation géographique de certaines stations à proximité des rejets d'eaux usées.

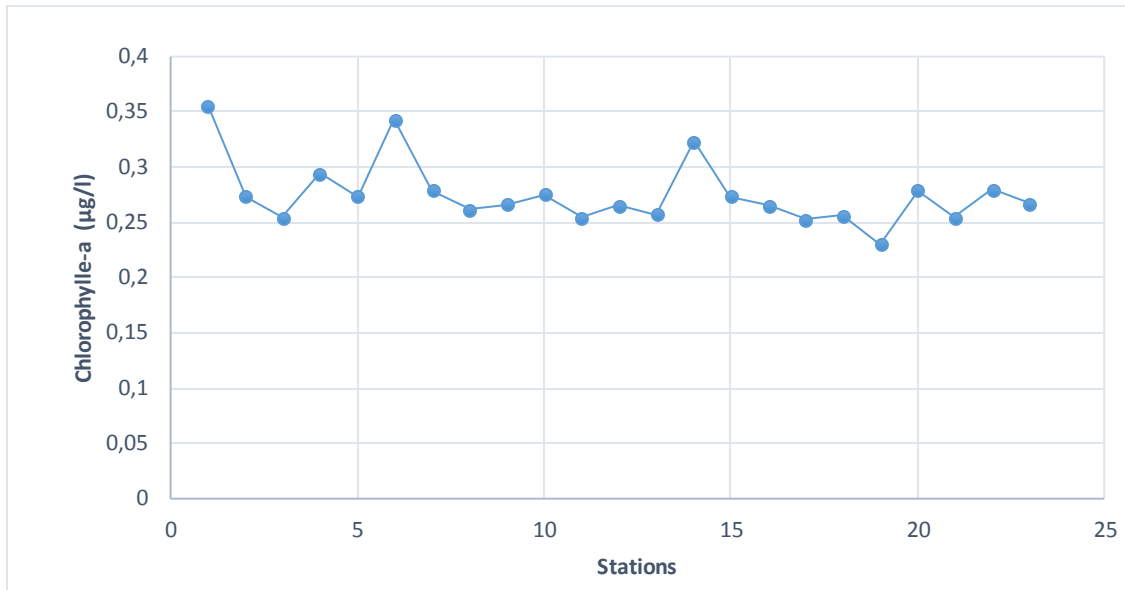


Figure IV.16 : Distribution spatiale de la chlorophylle ( $\mu\text{g/l}$ ) en surface dans la baie d'Arzew.

Nous avons remarqué que les fortes concentrations en chlorophylle-a correspondent à la zone de faible teneur en nitrites trouvés aux mêmes endroits tel que les stations 1, 6 et 14 (figure IV.16) pour la baie d'Arzew. Selon (Gaujous, 1995), les nitrites disparaissent vite en milieu naturel, la diminution de leur teneur est la conséquence de la consommation de ces nitrites par les micro-organismes lors de leur croissance. Les concentrations importantes de l'O.D confirment aussi l'importance de la productivité primaire dans ces stations.

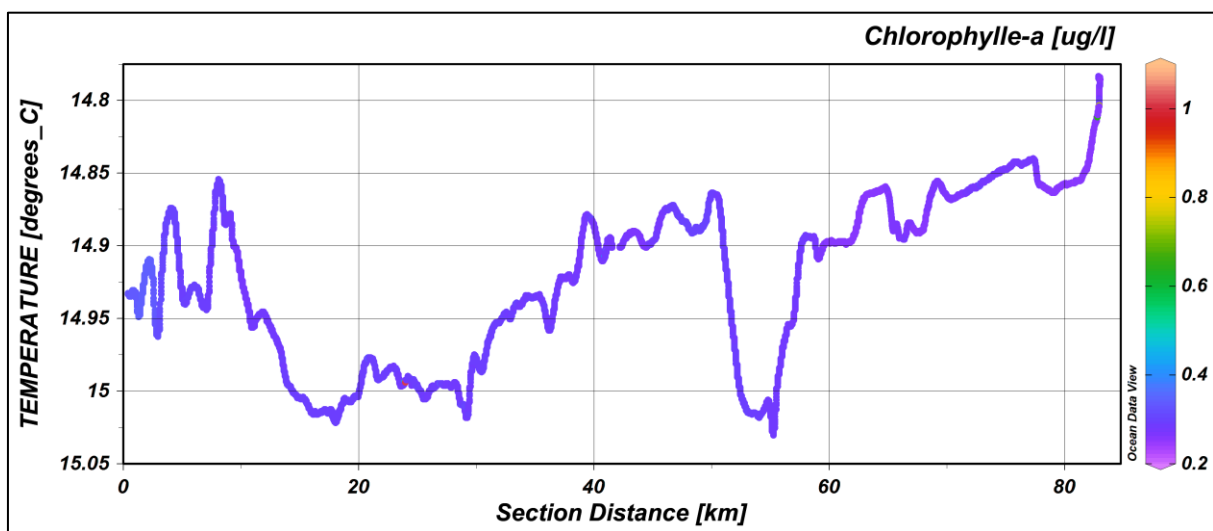


Figure IV.17 : La distribution spatiale de la chlorophylle-a en fonction de la température.

IV.1.1.1.4 L'oxygène dissous d'eau de mer

La teneur la plus basse des eaux en oxygène dissous est de 7.34 mg/l au niveau de la station 4 (Fig.IV.18) et la plus élevée est de 10.8 mg/l au niveau de la station 6 avec une valeur moyenne de 8.205 mg/l et un écart-type de 0,07.

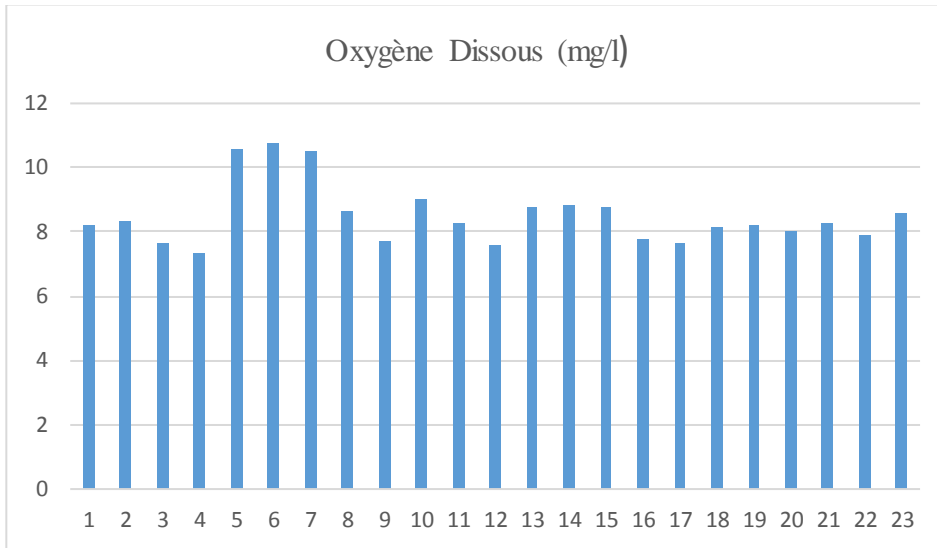


Figure IV.18 : Histogramme de la distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la baie d'Arzew.

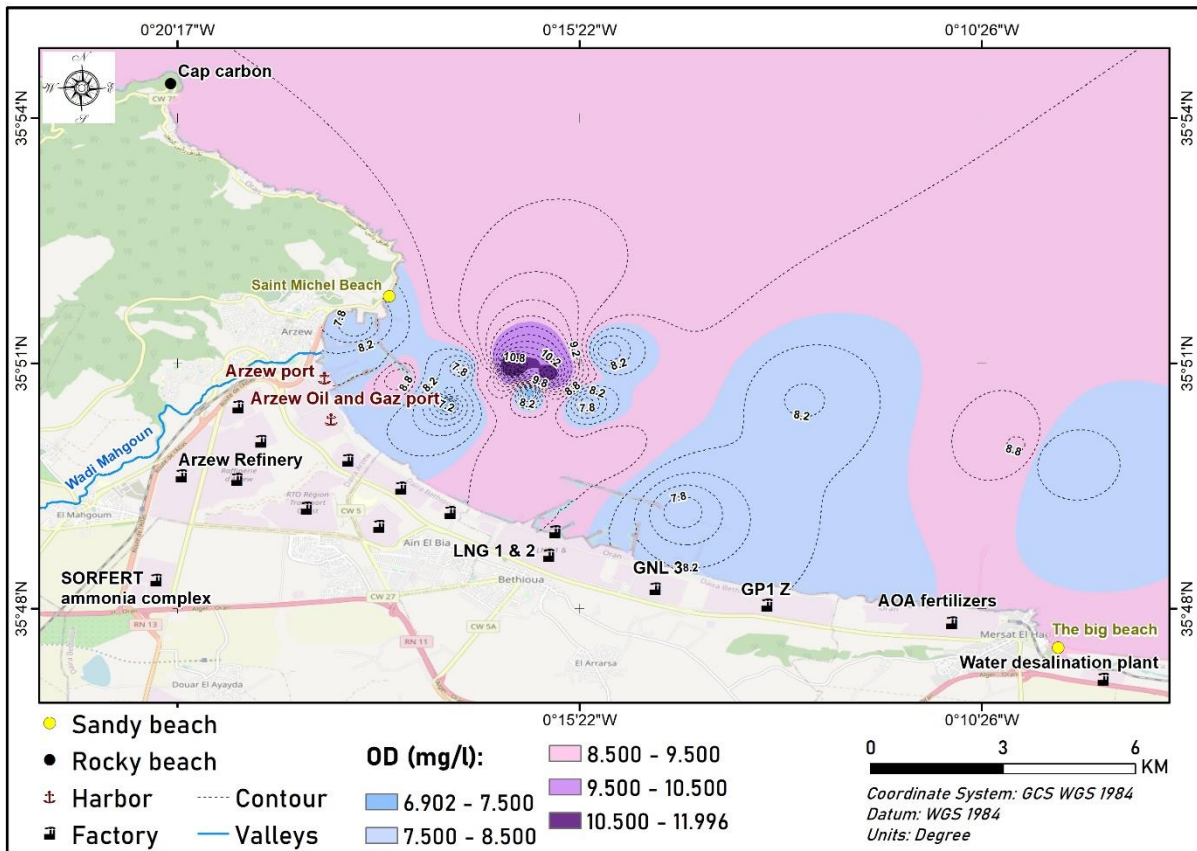


Figure IV.19 : Distribution spatiale de l'oxygène dissous (mg/l) dans les eaux côtières dans le golfe d'Arzew à Oran.

Les concentrations en oxygène dissous dans l'eau de mer dépendent de nombreux facteurs. En effet sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

Les teneurs en O.D sont aussi fonction de l'origine de l'eau, ainsi, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes (Barnabe, 1997). Selon (Rodier, 2009), la teneur en oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l. Dans notre cas, comme les prélèvements ne concernent que les eaux de surface sous influence de l'échange air-mer, les concentrations en O.D sont assez élevées.

Nous remarquons cependant des changements assez importants avec des eaux plus ou moins saturées (figure IV.19). Ces variations peuvent être dues aux phénomènes de photosynthèse, du brassage important de ces eaux durant la saison d'échantillonnage ou à la présence de MES. Par exemple les stations 5,6 et 7, présente une teneur relativement élevée en O.D alors que les stations de prélèvement proches des zones portuaires confinées : port d'Arzew, Bethioua ont une saturation faible en O.D. Par ailleurs, La discussion des résultats de distribution d'autres paramètres complètera l'interprétation des variations de l'O.D.

La diminution de la concentration en oxygène dissous au niveau des ports et du site du rejet industriel d'Arzew, est en relation avec le métabolisme bactérien, qui utilise cet élément pour dégrader la matière organique abondante au niveau de ces stations.

L'évolution remarquable de la teneur d'oxygène dissous avec la turbidité provoque l'eutrophisation des milieux et peut aller jusqu'à l'élimination de certaines espèces et la limitation de la vie aquatique en ces zones excessivement polluées. De plus, la turbidité est une grandeur elle-même dépendante de la matière en suspension et de la matière organique, les valeurs élevées de turbidité peuvent donc favoriser le développement de plusieurs micro-organismes tels que les Saprophytes qui se multiplient aux dépens de cette charge en matière organique (Bachari H et al 2004).

IV.1.1.1.5 Potentiel d'hydrogène d'eau de mer

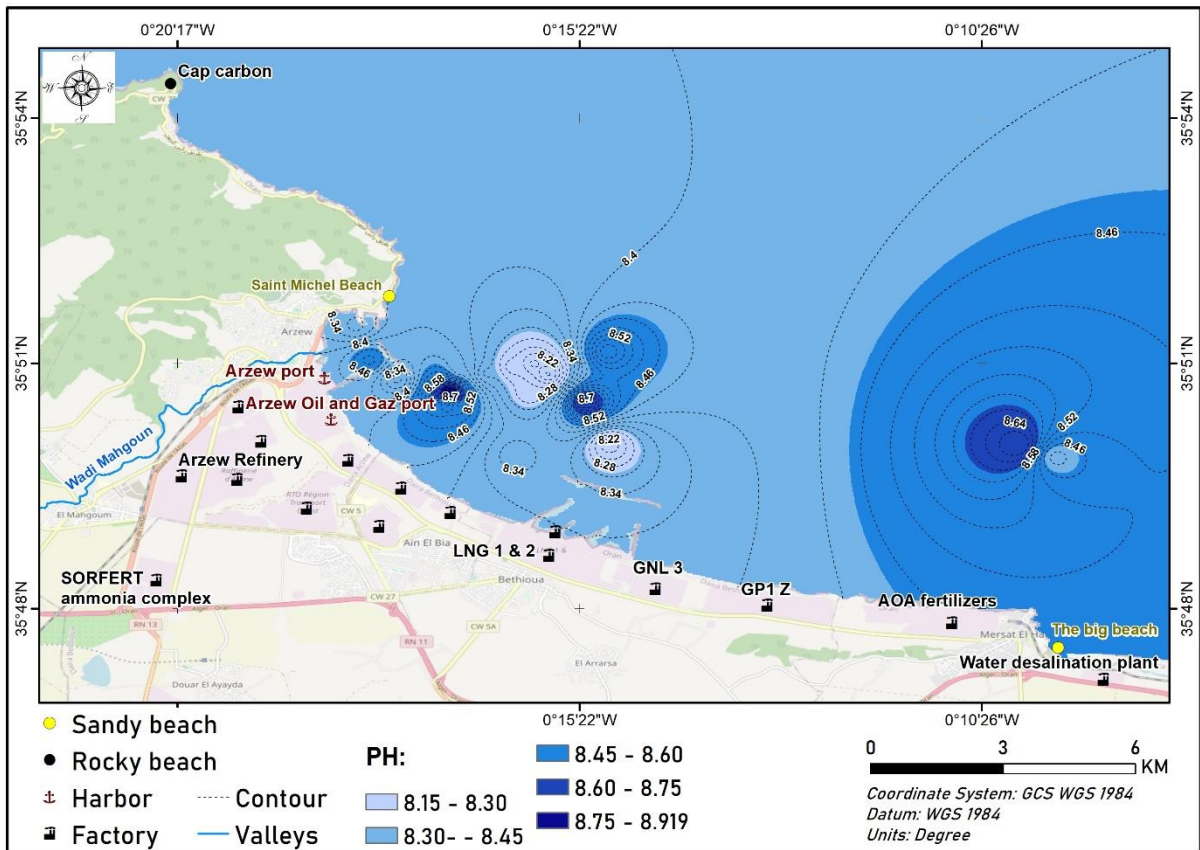


Figure IV.20 : Distribution spatiale de potentiel d'hydrogène le long des eaux côtières de la baie d'Arzew à Oran.

Les valeurs du pH sont comprises entre un minimum de 8,14 au niveau de la station 19 et un maximum de 8,92 au niveau de la station 2 avec une moyenne 8.37 de et un écart-type de 0,127 (Fig.IV.20).

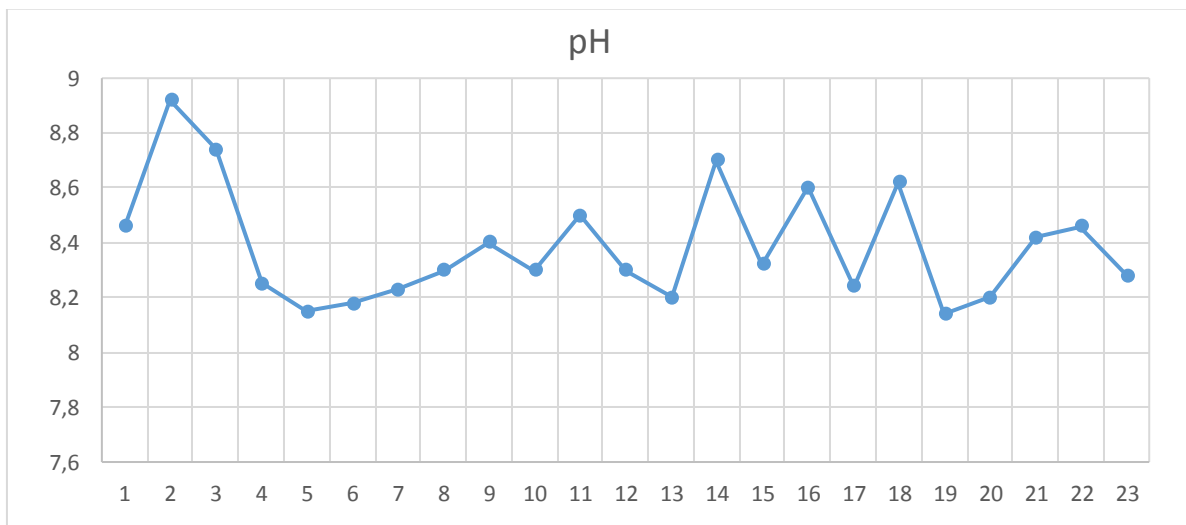


Figure IV.21 : Distribution de potentiel d'hydrogène dans les eaux côtières de golfe d'Arzew.

Le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 selon les zones (Barnabe, 1997). Les valeurs de pH sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations (Fig.IV.21). Cependant la plus faible valeur observée à proximité des ports d'Arzew (Fig IV.20), témoigne d'une légère acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique.

Les valeurs particulièrement élevées parfois mesurées à proximité des effluents industriels d'Arzew et d'unités de production de gaz pétrolier liquéfié (GPL), et les unités de gaz naturel liquéfié (GNL) résultent certainement de rejets d'eaux fortement basiques, (S. SLIMANE MOUSSA et al. 2007).

IV.1.1.1.6 La turbidité d'eau de mer

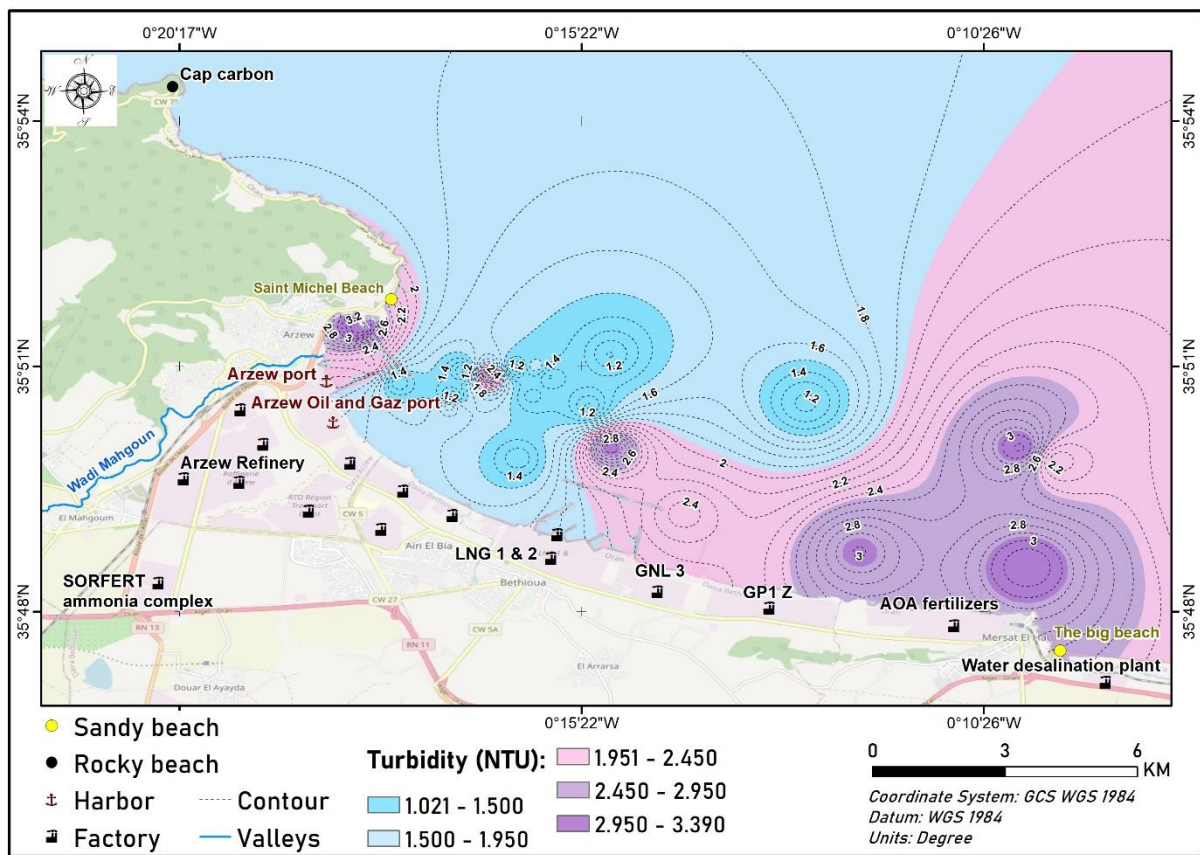
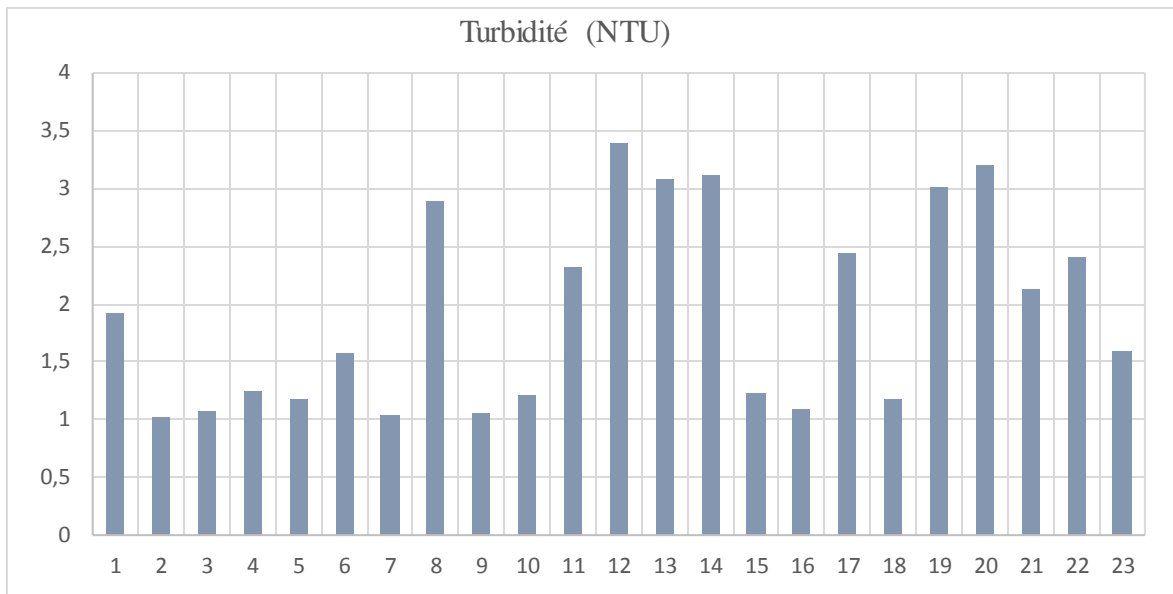


Figure IV.22 : Distribution spatiale de la turbidité en surface de la mer dans la baie d'Arzew.

La turbidité varie entre 1.02 NTU au niveau de la station 2 (Fig.95) et 3,12 NTU au niveau de la station 14 avec une moyenne de 2,16 NTU et un écart type de 0,226.



**Figure IV.23** : histogramme de distribution de turbidité en surface des eaux côtières dans la baie d'Arzew.

La valeur minimum de turbidité a été enregistrée, comme pour les MES dans les stations 2, 7, 9 ainsi qu'au niveau de la station 16 (Fig.IV.23). Alors que les eaux les plus turbides sont situées au niveau de l'embouchure de l'oued Mahgoun (stations 12) et près de la station de dessalement des eaux et le complexe de production d'Ammoniac et d'Urée implantée à Mers El-hadjaj-Daira de Bethioua (stations 19 et 20, 22), les apports importants de ceux-ci expliquent la faible transparence des eaux côtières à ces endroits.

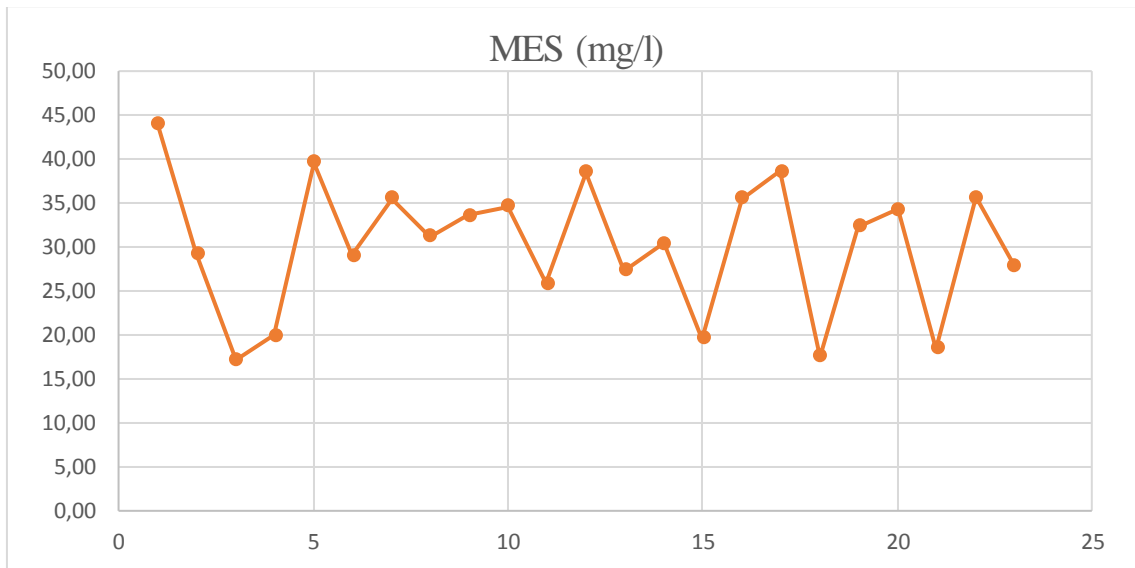
#### IV.1.1.1.7 Les Matières En Suspension (MES) d'eau de mer

Les teneurs en matières en suspension (Fig.IV.24) varient de 17.16 mg/l au niveau de la station 3 à 44,02 mg/l au niveau de la station 2 avec une valeur moyenne de 35.95 mg/l et un écart type de 11.42.

Les normes nationales (Décret exécutif 06-141 du 19 avril 2006 / JORADP / 23-04-2006) et internationales (OMS/PNUE, 1995) fixent comme valeur limite pour les MES, dans les effluents liquides (ménagers, industriels et agricoles), une concentration de 35 mg/l. Les concentrations mesurées dans les zones côtières d'Arzew qui sont influencés par les effluents urbains dépassent souvent la norme (moyenne de 35.95 mg/l, avec des valeurs comprises entre 17.16 mg/l, en 7-8-9 février 2017) (Fig. IV.25). La concentration moyenne trouvée pour la station 01 près de port d'Arzew (44.02 mg/l) est supérieure à la norme, d'autres mesures inférieure à la norme (valeur minimale de 17.16 mg/l conforme à la norme). Seules les stations 1, 5, 7, 12, 16, 17, et la station 22 qui dépasses la norme de 35 mg/l.

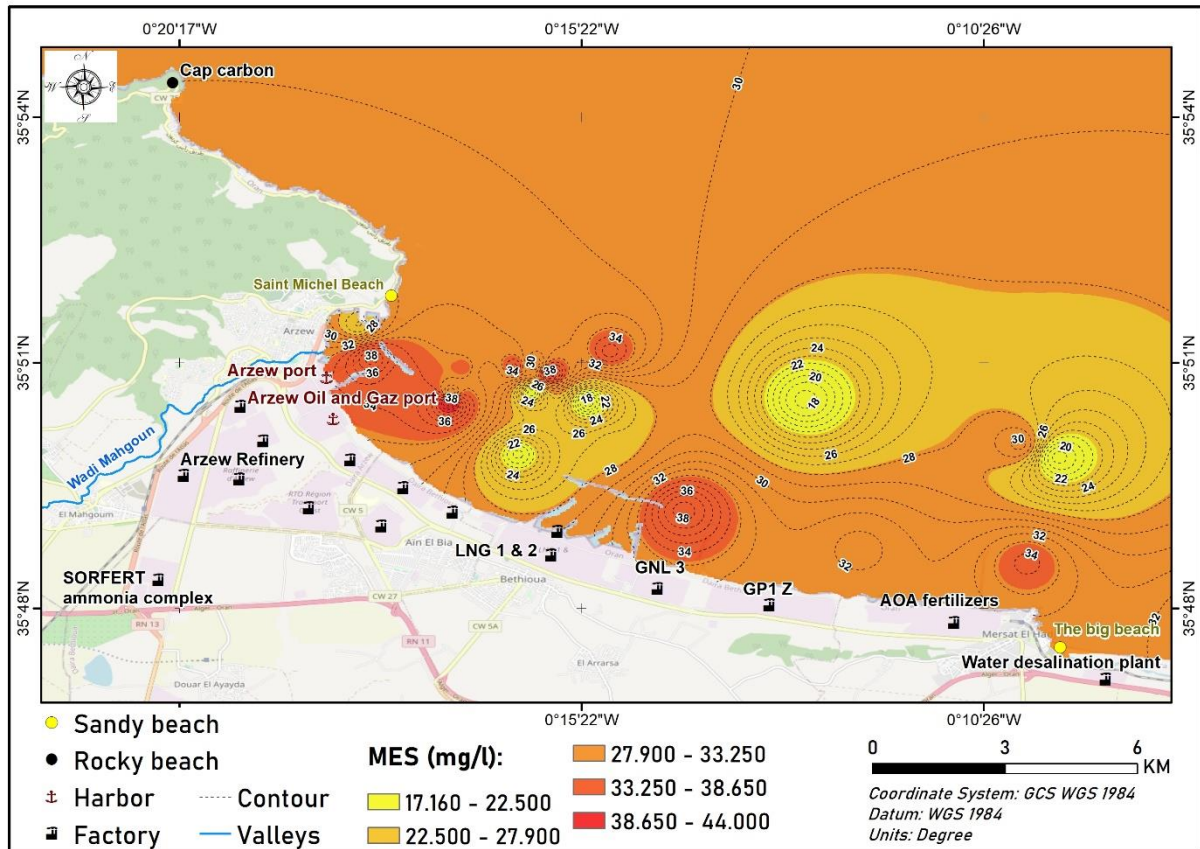
En effet, la comparaison de nos résultats avec d'autres travaux menés antérieurement sur le littoral oranais (F. HOUMA et al., 2011) met en évidence une diminution considérable des concentrations de MES. En effet, en juin 1998, les valeurs mesurées atteignaient 1885 mg/l au

niveau même du rejet et 1650 mg/l à 5 m vers le large. L'évolution observée est la conséquence des efforts effectués récemment par les pouvoirs publics en matière d'épuration des eaux de rejet.



**Figure IV.24 :** Distribution de la matière en suspension des eaux côtières dans la baie d'Arzew.

Les variations saisonnières, le plancton, les apports terrigènes et les tempêtes peuvent entraîner une modification sur la teneur de la matière en suspension (Aminot et Kérouel, 2004). Et notre sortie s'est déroulée dans des conditions de mer calme dans la baie d'Arzew le 7, 8, et le 9 février 2017. L'hydrodynamisme qui cause la remise en suspension du sédiment peut expliquer que les concentrations en matières en suspension enregistrées sur certaines stations soient supérieures à la norme, ceci a été constaté également par (Samari, 2008).



**Figure IV.25 :** Distribution spatiale de la matière en suspension (mg/l) en surface de la mer dans la baie d’Arzew.

Les variations importantes de la bathymétrie, au niveau de notre zone d’échantillonnage, jouent aussi un rôle important dans les fluctuations de la concentration en MES de ses eaux côtières. La plus forte teneur se localise au niveau de la station 1 (Fig.IV.25). Par ailleurs l’interpolation montre que toute cette zone est riche en MES, Ceci s’expliquerait par sa localisation à proximité de nombreux rejets urbains et industriels provenant de la zone d’Arzew ainsi que de la faible hauteur de la colonne d’eau dans ces stations. L’embouchure de l’oued Mahgoun semble également avoir une importante influence polluante sur les eaux côtières où il se déverse, ainsi que les rejets industriels près de FERTIAL (Fertial, Société des Fertilisants d’Algérie spécialisée dans la production et la commercialisation d’engrais et ammoniac, installé sur les sites industriels d’Arzew (Oran), avec une capacité annuelle d’un million de tonnes d’ammoniac). Et le rejet près de la station de dessalement (AOA fertilizers, complexe de production d’Ammoniac et d’Urée implantée à Mers El-hadjadj-Daira de Bethioua). Ces fortes concentrations de MES peuvent aussi expliquer la diminution de l’O.D rencontrée aux mêmes zones (Fig.IV.25) et qui indiqueraient sa consommation accrue lors du processus de reminéralisations.

IV.1.1.1.8 Les matières Organique Particulaire (MOP) d'eau de mer

Le taux de matière organique particulaire dans la baie d'Arzew varie entre 0.0015 mg/l au niveau, entre autre, de la station 1 à 0.0922 mg/l (Fig.IV.26) au niveau de la station 9 avec une moyenne de 0.002mg/l et un écart type de 0.0007. En général, nous avons remarqué que la distribution de la MOP est similaire à celle de MES et que les MES sont beaucoup plus chargées en matières minérales qu'organiques.

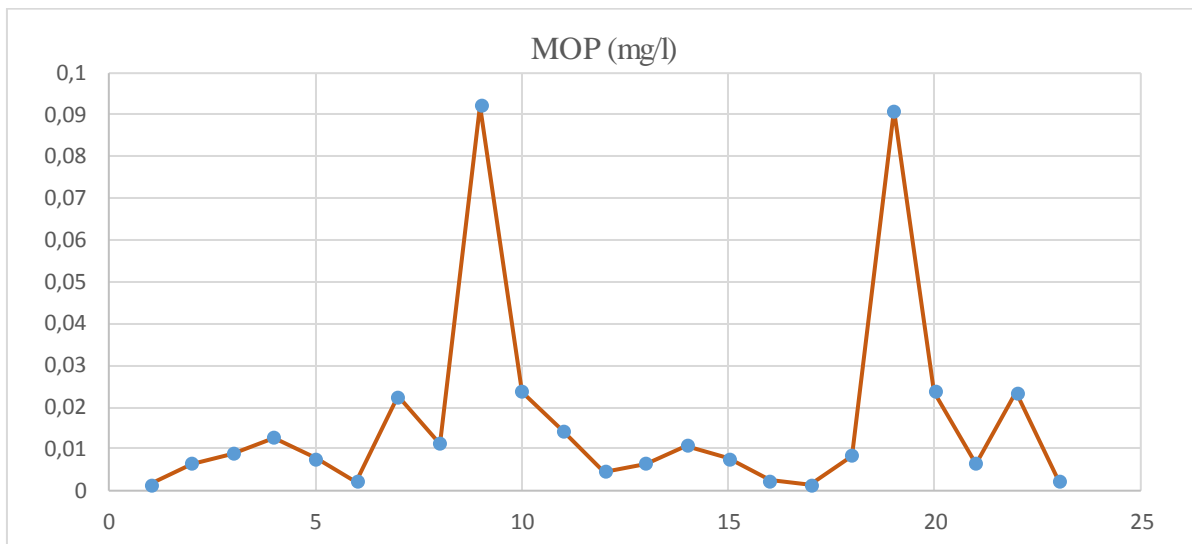
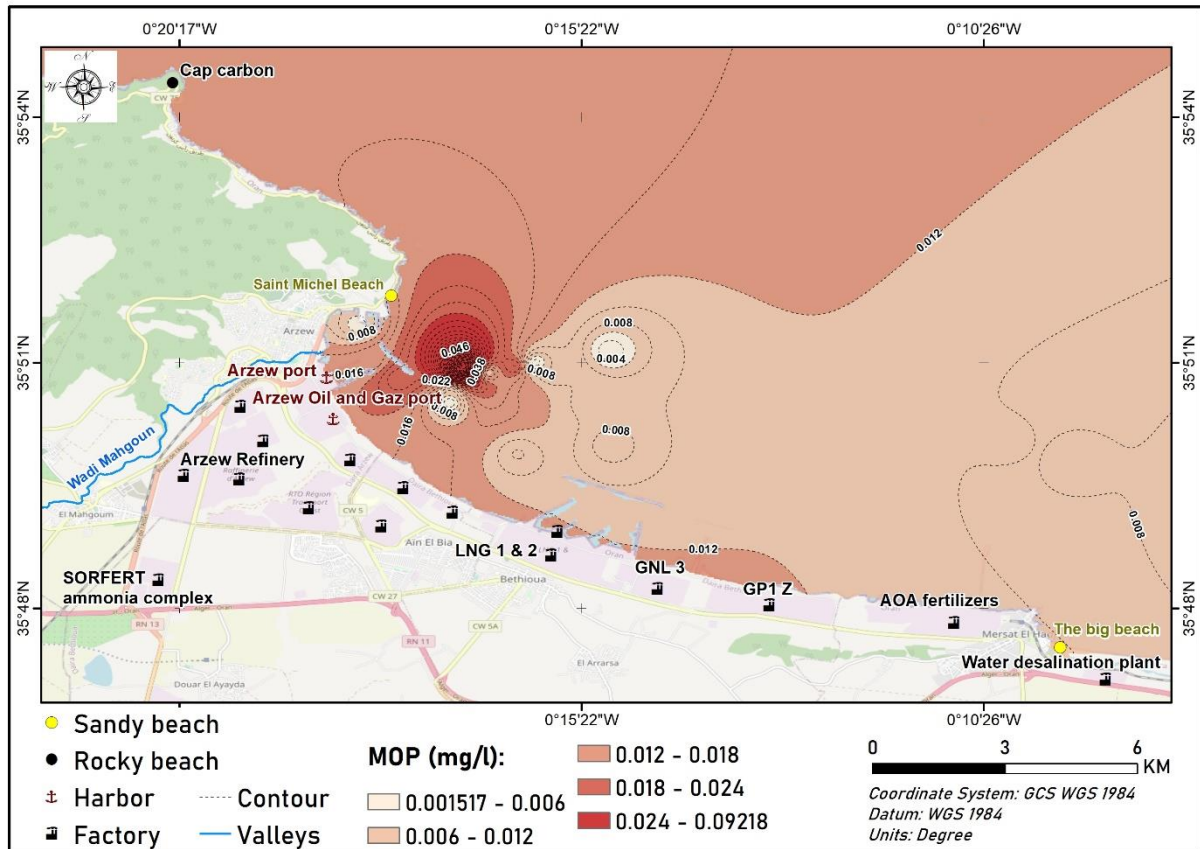


Figure IV.26 : Distribution spatiale de la matière organique particulaire (mg/l) en surface de la mer dans la baie d'Arzew.



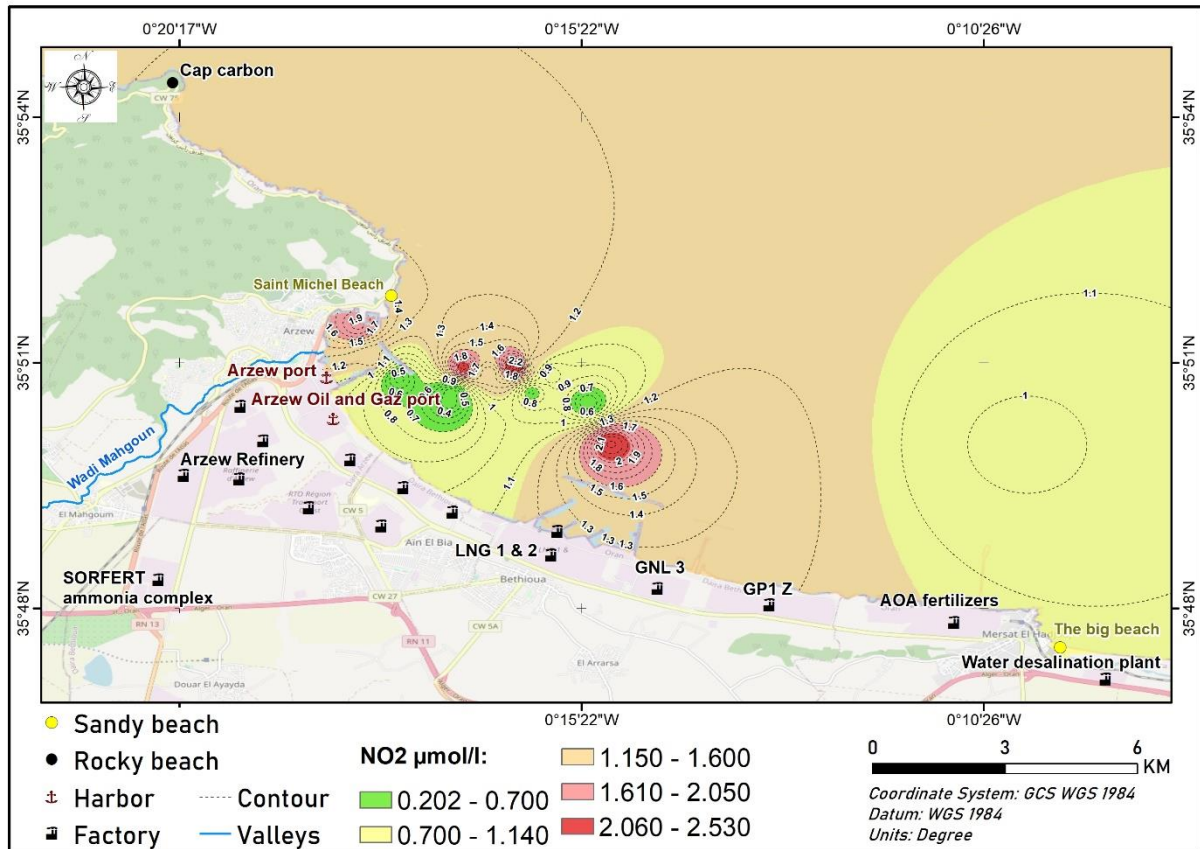
**Figure IV.27 :** Distribution spatiale de la matière organique particulaire (mg/l) en surface de la mer dans la baie d’Arzew.

L’augmentation de la fraction minérale par rapport à la fraction organique semble indiquer une baisse de la qualité trophique des eaux. Comme pour les MES, les valeurs maximales de MOP sont enregistrées dans la zone des embouchures d’oueds, alors que les faibles valeurs sont concentrées dans les zones où il y a peu de rejets (Fig.IV.27).

#### IV.1.1.1.9 Les sels nutritifs

La distribution des sels nutritifs, est gouverner par des principes généraux processus physiques et biologiques, la distribution de nitrites, nitrate, phosphate et silicate dans la baie d’Arzew à Oran est présentée et discutée (Fig.IV.28-IV.34). La distribution spatiale des sels (nitrite, nitrate, phosphate et silicate) traduit l’équilibre de consommation régénération, lié au métabolisme des organismes vivants.

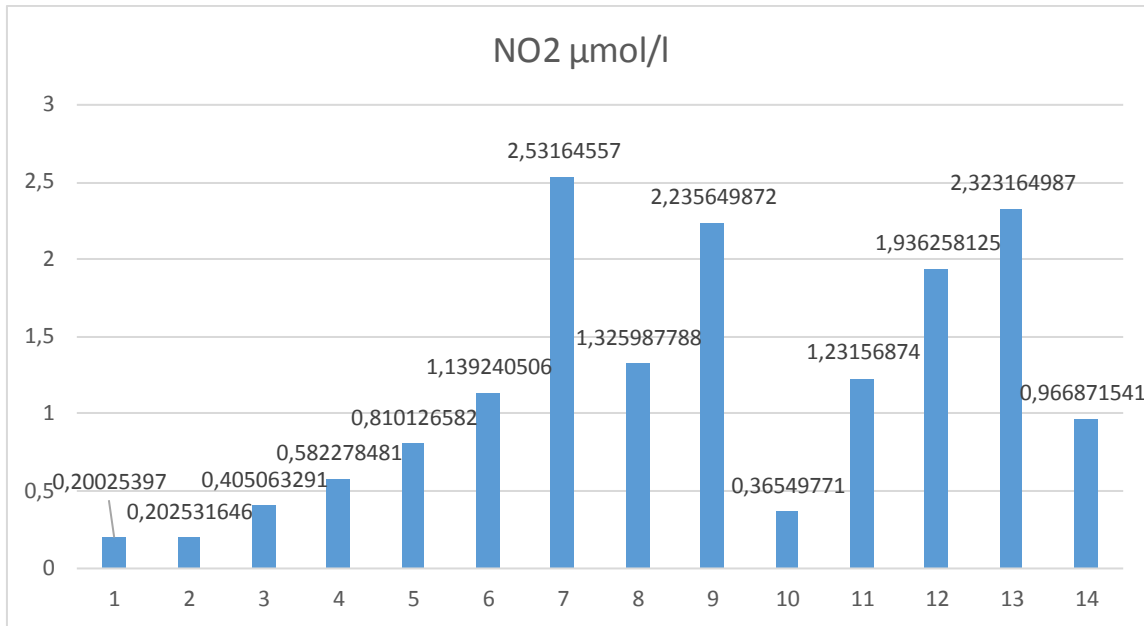
##### *Les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>*



**Figure IV.28** : Distribution spatiale des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (µmol/l) en surface de la mer dans la baie d’Arzew.

Les valeurs de nitrites sont comprises entre une valeur minimum de 0.200 µmol/l enregistrée dans la station 1 et une valeur maximum de 2.531 µmol/l au niveau de la station 7, avec une moyenne de 0,583 µmol/l et un écart type de 0,542 (Fig.IV.28).

Les nitrites proviennent soit d’une oxydation incomplète de l’ammoniaque, soit d’une réduction des nitrates sous l’influence d’une action dénitrifiant (Rodier, 2009). Leur concentration atteint des valeurs très faibles (< à 0.01µmol/l) suite au développement du phytoplancton (Aminot et Chaussepied, 1983). En effet, nous avons trouvé une concentration plutôt faible en nitrites dans la baie d’Arzew avec une moyenne de seulement 0,583 µmol/l.

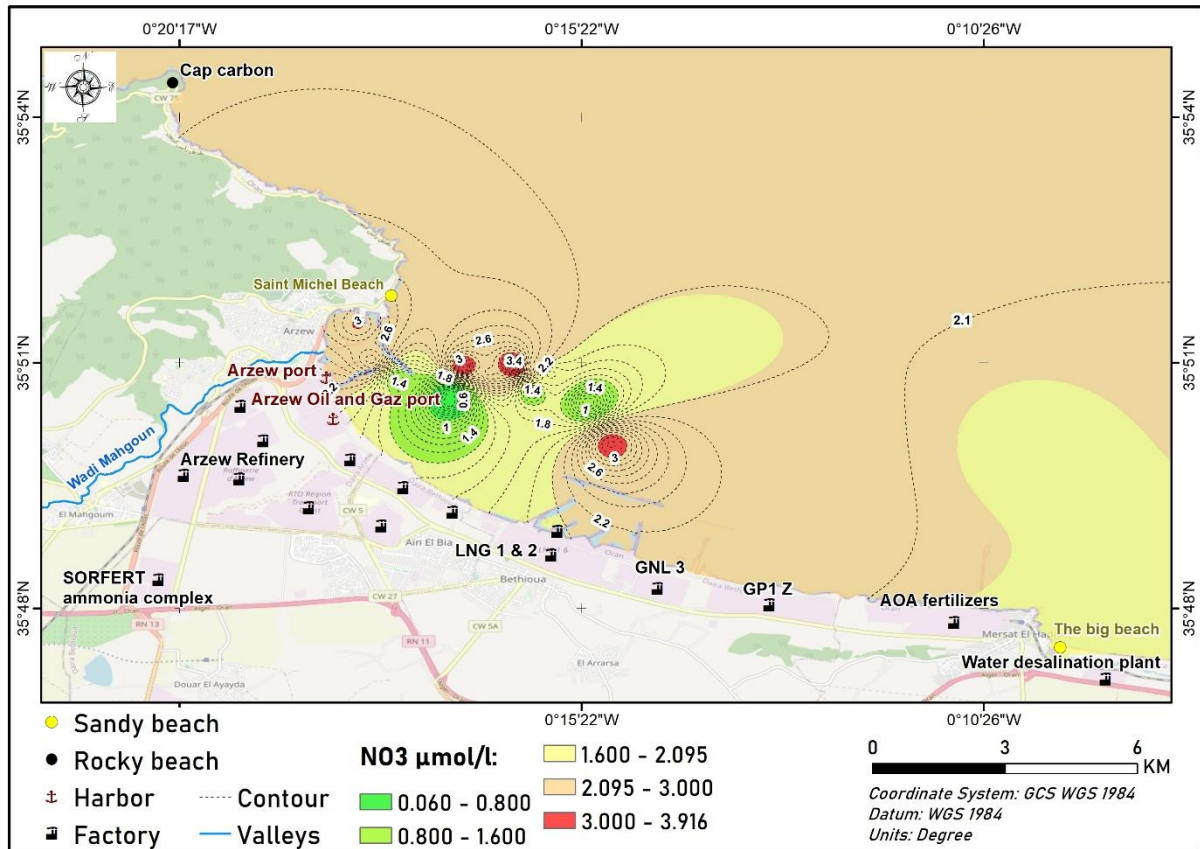


**Figure IV.29** : Histogramme de distribution des nitrates en surface de la mer dans la baie d'Arzew.

Les faibles valeurs de nitrates peuvent être dues au fait que cette forme d'azote soit transitoire entre la nitrosation et la nitrification. En présence d'oxygène dissous, les nitrates s'oxydent en nitrites, de même que dans le système en état d'oligotrophie, les nitrates sont consommés par le phytoplancton. Les variations locales de ces concentrations peuvent être expliquées par l'oxydation de la matière organique comme dans le cas de la station 09 près d'oued Mahgoun riche en MOP.

### *Les nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>*

Les valeurs de nitrates sont comprises entre une valeur minimum de 0.006 µmol/l enregistrée dans la station 2 et une valeur maximum de 3.917 µmol/l au niveau de la station 27, avec une moyenne de 0.270µmol/l et un écart type de 0.195 (Fig.IV.30).



**Figure IV.30 :** Distribution spatiale des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew.

La couche superficielle des mers est, en général, appauvrie en nitrates. Les teneurs pouvant être inférieures à  $1\mu\text{mol/l}$ . Aussi, d'après nos prélèvements en surface, les concentrations sont faibles pratiquement au niveau de toute la zone (Fig. IV.30). Par ailleurs, nos résultats sont proches de ceux trouvés par (Tarmoul, 2010) dans la baie d'Arzew.

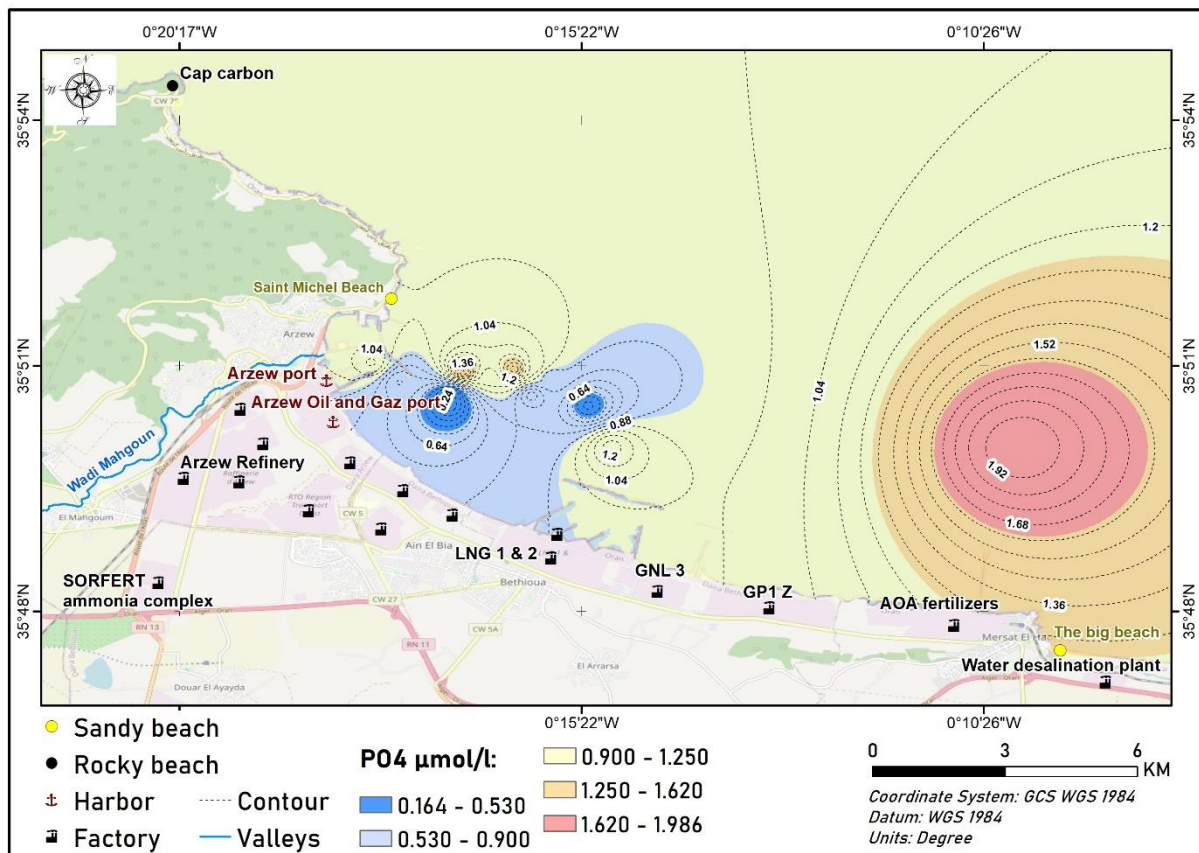
Les variations locales de nitrates dans la baie montrent certaines zones de concentrations plus ou moins élevées. Selon (Rodier, 2009), l'élévation de la teneur en nitrates des eaux superficielles est souvent liée au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, les fientes et fumiers divers. En effet, les stations 7,9 situées à proximité de nombreux rejets, ont des teneurs plus importantes en nitrates. En général, les faibles teneurs enregistrées peuvent être expliquées par le résultat du mélange des eaux et l'importance de l'activité photosynthétique (exemple station 1 et 2), les fortes valeurs de l'oxygène dissous aux mêmes endroits étayent cette hypothèse. L'enrichissement superficiel en nitrate, dues à des remontées d'eau riche en sels nutritifs sous l'effet de la divergence au niveau de la Baie d'Arzew. Cette divergence déjà citée par plusieurs auteurs (Bachari Houma F et al., 2004; Millot et al., 1997; Taupier-Letage and Millot, 1988; Taupier-Letage et al., 2003).

Cela suggérait fortement un rôle possible d'upwelling côtier, qui est parmi les processus physiques qui conduit au plus fort enrichissement de la couche superficielle en sel nutritifs. A cela, il ne faut pas oublier l'influence des eaux continentales à très le débit des principaux oueds dans cette région (Oued Mahgoun). Pour atteindre une concentration de nitrate dans l'eau de

surface, on est bien obligé d'admettre qu'il y a apport terrigène de nitrate, d'ailleurs la concentration en nitrate augmente au fur et à mesure que la salinité diminue.

**Les phosphates  $PO_4^{3-}$**

Les valeurs de phosphates sont comprises entre une valeur minimum de  $0.164 \mu\text{mol/l}$  enregistrée dans la station 1 (Fig.IV.31) et une valeur maximum de  $1.986 \mu\text{mol/l}$  au niveau de la station 14, avec une moyenne de  $1.075 \mu\text{mol/l}$  et un écart type de 1.288.

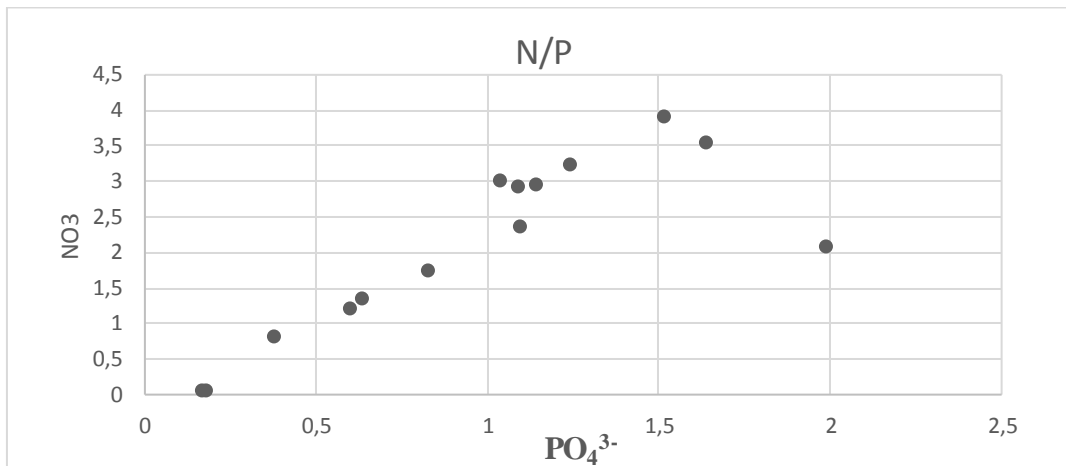


**Figure IV.31 :** Distribution spatiale des phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) en surface de la mer dans la baie d'Arzew.

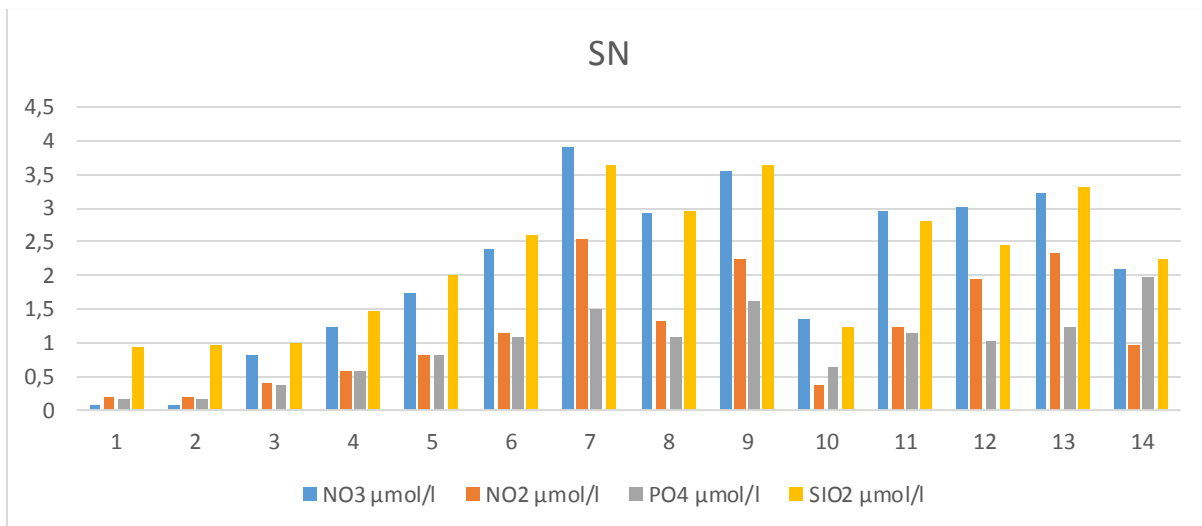
Le phosphore minéral est rapidement assimilé, cela ne signifie pas qu'il n'existe pas de phosphore minéral mais qu'il est rapidement recyclé. Bien que nos prélèvements montrent des valeurs de phosphates assez proches, nous avons remarqué néanmoins certaines élévations significatives de ces teneurs. Une zone de forte concentration en phosphates apparaît sur la carte d'interpolation (Fig.IV.31), elle est située entre les stations 19 et 23. C'est une zone soumise à de nombreuses pressions anthropiques, les nombreux rejets d'eaux usées provenant de la station de dessalement. Par contre, les concentrations en nitrates, dans ces mêmes endroits, ne sont pas

significativement élevées. La relation entre les résultats obtenus pour les phosphates et les nitrates nous apporteront plus d'indications pour l'interprétation.

Selon (Rodier, 2009), les phosphates peuvent provenir de diverses sources dont les traitements des eaux industrielles contre la corrosion et l'entartrage ou des adjuvants actifs ajoutés aux détergents. Dans les eaux usées, 50 à 70 % du phosphore total provient des produits de nettoyage. En effet, nous avons remarqué que la zone de concentrations importantes en phosphates correspond aux rejets d'eaux usées de nombreuses industries implantées sur le littoral au niveau d'Arzew. Ceci peut indiquer que la source de pollution est probablement industrielle.



**Figure IV.32** : Variations des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) (µmol/l) en fonction de la variation des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (µmol/l) en surface dans la baie d'Arzew.



**Figure IV.33** : Distribution des sels nutritifs des eaux côtières dans la baie d'Arzew.

Les sels nutritifs sont de par leur fonction des constituants dissous de l'eau de mer, impliqués dans le métabolisme des organismes vivants. Il est donc logique que la distribution des sels nutritifs soit affectée par l'action des organismes vivants. L'échange des éléments nutritifs entre l'eau de mer et les organismes vivants est un processus cyclique, composé de deux phases : la

photosynthèse et la régénération. Ces sels nutritifs sont prélevés dans la couche euphotique durant la phase photosynthétique par les producteurs primaires (Boulaïhid and Minster, 1989). Ils sont redistribués dans la colonne d'eau de pendant la phase de régénération comme produits d'excrétion des producteurs primaires et secondaire (Spencer, 1975) ou de la décomposition des déchets organiques sous l'action des micro-organismes (Oudot, 1983). Les sels nutritifs au même titre que les autres constituants dissous dans l'eau de mer sont transportés par le biais des phénomènes physique comme l'advection horizontale ou verticale, ou échanges entre différentes masses d'eau par une diffusion turbulente (Oudot, 1983).

Les processus géochimiques contrôlent l'addition de ces éléments dans la mer, leur dispersion et leur enlèvement. Les produits d'altération des roches et des matériaux organiques, notamment les rejets de déchets, sont les principales sources d'éléments nutritifs dans le milieu marin, où ils arrivent par les eaux de ruissellement. A ces processus physiques viennent s'ajouter des mécanismes biologiques internes au milieu marin, ce sont l'incorporation d'azote, phosphore et silicium par les algues unicellulaires, l'excrétion par les herbivores et la régénération des éléments sous leur forme minérale par l'action des bactéries.

La consommation de l'azote et de phosphore minéral combiné, dans les couches supérieures de la mer, avec la croissance du phytoplancton est un phénomène bien connu (Fasham et al., 1990; Fasham et al., 2006; Goffart, 2014; Koné et al., 2005; Sanchez-Perez et al., 2013; Spencer, 1975; Thingstad et al., 2007; Vanhoutte-Brunier et al., 2008). Si les populations phytoplanctoniques comptent des diatomées et des Silicoflagellés, il y aura consommation de silicate également (Schrader and Gersonde, 1978). La quantité et la vitesse de consommation dépendent des facteurs qui régulent la croissance du phytoplancton, notamment la thermocline.

On remarque que plus on s'éloigne de la côte et plus le degré de pollution devient moins important. Une conclusion qui est vérifiée par les résultats des différents paramètres caractérisant la qualité de l'eau de la zone côtière Oranaise.

## IV.2 Caractérisation de la zone côtière d'Oran par l'utilisation des données multi-sources satellites et les systèmes d'information géographique

Le littoral algérien riche et diversifié, où alternent les rivages rocheux, plages de sable et zones humides, se caractérise par une concentration de population et d'activités due à d'importants investissements industriels, ce qui rend cette zone encore plus attractive. La ville côtière d'Oran située sur la côte ouest algérienne, d'un potentiel forestier conséquent riche en terres arables, et qui représente un intérêt considérable pour l'agriculture et le développement durable et le tourisme balnéaire. Cette localité connaît une démographie croissante, ce qui génère d'importants rejets d'eaux usées urbaines et industrielles, sans aucun traitement préalable. Les eaux usées sont à l'origine d'une contamination des eaux côtières, causant des dommages à l'environnement côtier, au paysage et à la santé publique. Une évaluation de la qualité physico-chimique des échantillons d'eau côtière a été effectuée au niveau de l'analyse de la qualité des eaux côtières (Mars 2017 et février 2022), pour mettre en évidence l'altération de la qualité de ces eaux côtières.

La reconnaissance de la couverture des sols à partir de classifications automatiques est l'une des recherches méthodologiques importantes en télédétection. Dans cette étude, la caractérisation de notre zone d'étude a été observée sur deux plateformes différentes (ArcGIS Pro et Google Earth Engine) en utilisant différents jeux de données, Landsat 8, Landsat 5, et les images GCOM-JAXA.

### IV.2.1 Cartographie des sources de pollution des eaux à partir des images satellitaires

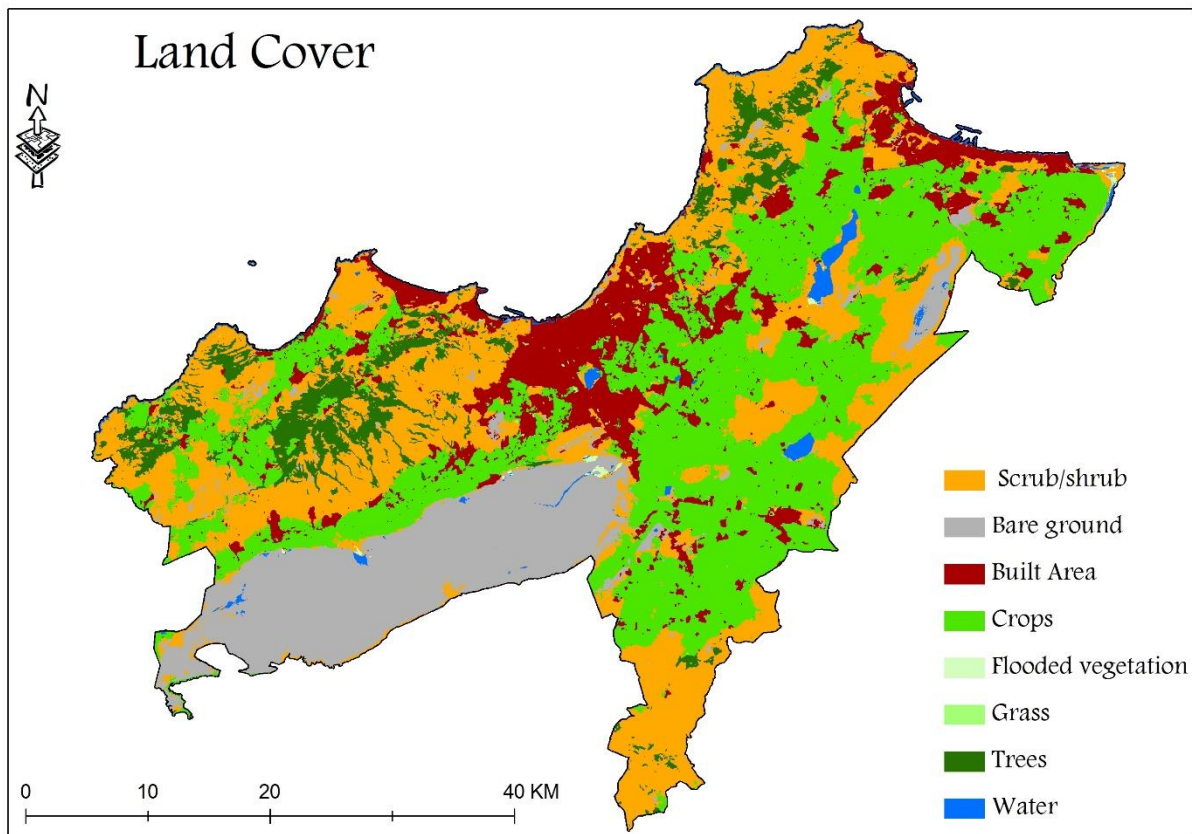
L'évaluation et la protection des ressources en eaux contre la pollution constituent un aspect prioritaire de cette étude. Avec l'apparition des outils de télédétection et les images à haute résolution, il est devenu facile de détecter les sources agricoles, urbaines et industrielles de la pollution. Pour ce faire, nous avons utilisé des données satellitaires Landsat 8, qui par leur haute résolution, fournissent les détails nécessaires pour la cartographie des sources de pollution.

#### IV.2.1.1 Cartographie de l'occupation du sol

Les analyses classiques des caractéristiques du sol sont longues et coûteuses. La télédétection hyperspectrale est devenue un outil utile pour l'analyse quantitative des propriétés des sols, en particulier dans le bassin méditerranéen où les surfaces de sol nu peuvent couvrir, à certaines périodes, une large proportion des zones d'étude. Bien que certaines méthodes statistiques multivariées aient fait leurs preuves en spectrométrie des sols, celles-ci semblent avoir quelques limites. L'objectif de cette étude est l'identification des propriétés des zones costières à travers l'utilisation d'une méthode de classification supervisée.

La végétation est la résultante des facteurs physico-géographiques (relief, lithologie et climat) à laquelle s'ajoute le facteur anthropique via le défrichement et la mise en culture ainsi que le reboisement. Son influence sur l'écoulement de surface qui draine ensuite vers la mer peut être

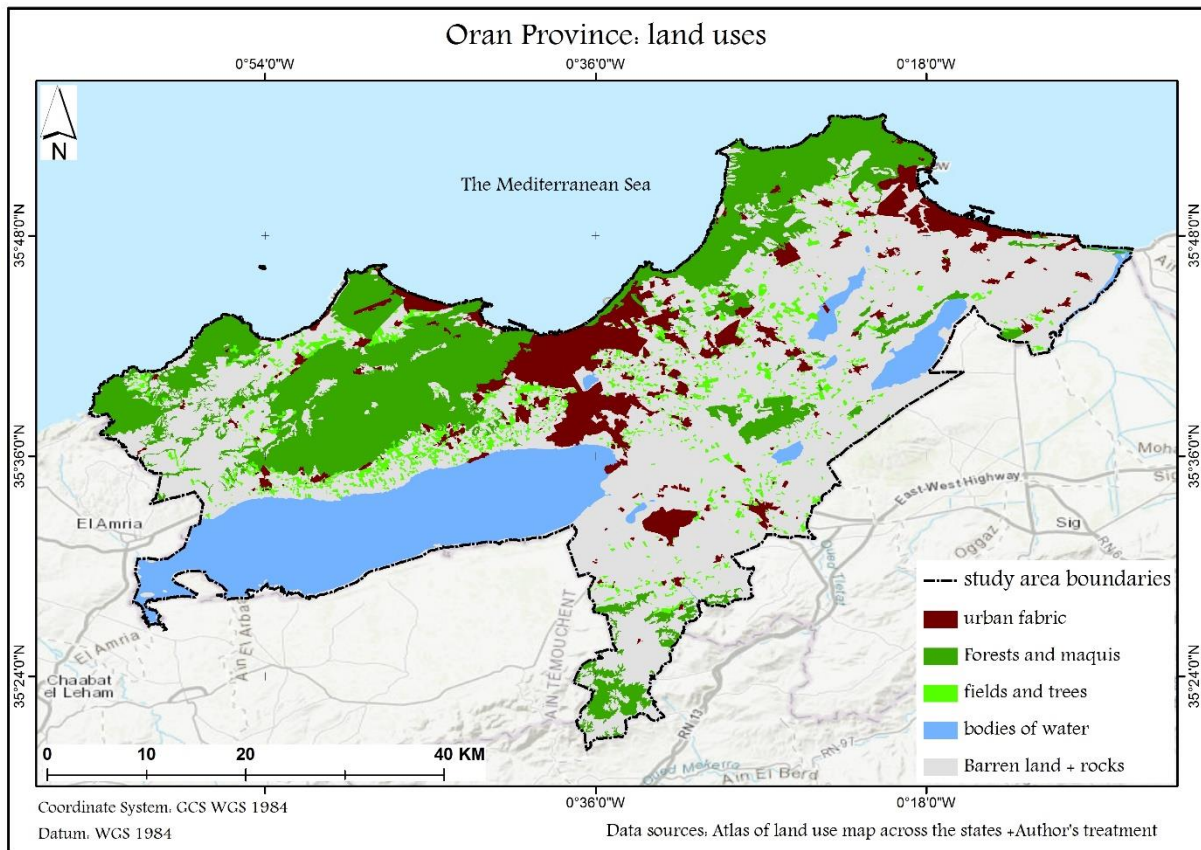
négligée, d'une part en diminuant la force vive des eaux pluviales, et d'autre part en favorisant l'infiltration (BOULGHORBA, 2006). Du point de vue hydrologique, la végétation n'est pas considérée sous son aspect botanique ou phytogéographique, c'est l'aspect de la couverture du sol qui compte le plus, ce qui correspond à l'irrigation intensive et à l'arboriculture. Des produits fertilisants sont épandus sur ces terrains. C'est un type de pollution diffuse des eaux côtières. Généralement, ces terrains présentent un risque moyen de contamination des eaux de ruissellement vers les eaux de mer, mais avec l'utilisation excessive des fertilisants, le risque de pollution des eaux côtières est important. En fait, c'est la densité de l'occupation du sol (figure IV.34) qui intervient comme élément de différenciation tant sur le plan de l'écoulement que de leurs apport direct ou indirect vers les eaux côtières. Dans ce contexte, la connaissance de l'occupation du sol dans la wilaya d'Oran est très importante, car elle peut identifier les zones de ruissellement et donc les zones de contamination pour les eaux côtières en cas de sources de pollution.



**Figure IV.34 :** Carte d'occupation du sol de wilaya d'ORAN (source : Esri land cover).

Nous avons réalisé une carte de l'occupation du sol de la zone côtière d'Oran à partir de la méthode de classification supervisée des images esri landcover level 2 (Sentinel2- 2021) sous ArcGis 10.8, en utilisant l'algorithme maximum de vraisemblance (fig.IV.34), puis nous avons établi une carte d'occupation du sol plus détaillée pour les communes littorales de notre zone d'étude à l'aide des images satellites Landsat 5 et 8 (Figure IV.35 et IV.36). Ces cartes

d'occupation permettent de constater la répartition spatiale de la couverture végétale, tissu urbain, champs et arbres, forêt et maquis, les plans d'eau, les terres arides et les rochers.



**Figure IV.35:** Carte d'occupation du sol de la zone côtière Oranaise, après traitement des données Esri land cover sous Arcgis (Sentinel2, 2021).

Les résultats de la carte d'occupation du sol, montre que la zone côtière d'Oran se caractérise par deux zones urbaines très importantes, la première situé à l'est dans la baie d'Arzew, est la deuxième situé à l'ouest dans la baie d'Oran. Une couverture végétale très marqué le long du littoral Oranaise entre Arzew, Cap Carbon et Kristel et l'ouest de la wilaya d'Oran. Une superficie importantes de terres arides et une couverture d'eau qui se caractérise par la grande Sabkha d'Oran.

Puis nous avons étudié l'identification des propriétés des zones costières à travers l'utilisation d'une méthode de classification supervisée, la méthode de Machines à Vecteurs de Support (SVM) appliquée à des données de télédétection, les images Landsat 5 et Landsat 8 d'une résolution spatial de 30 mètres, sous ArcGis 10.8. La démarche envisagée consiste ; i) à sélectionner des spectres de sol, appliqué à l'image hyperspectrale Hyperion la méthode SVM afin de classer chaque pixel. L'indice de Kappa est de 0.92. En conséquence, ce travail a permis de mettre en évidence le potentiel de la méthode SVM pour la classification de propriétés de

sol, ce qui nous permet de caractériser notre zone d'étude et voir les changements entre l'année 2000 et 2023.

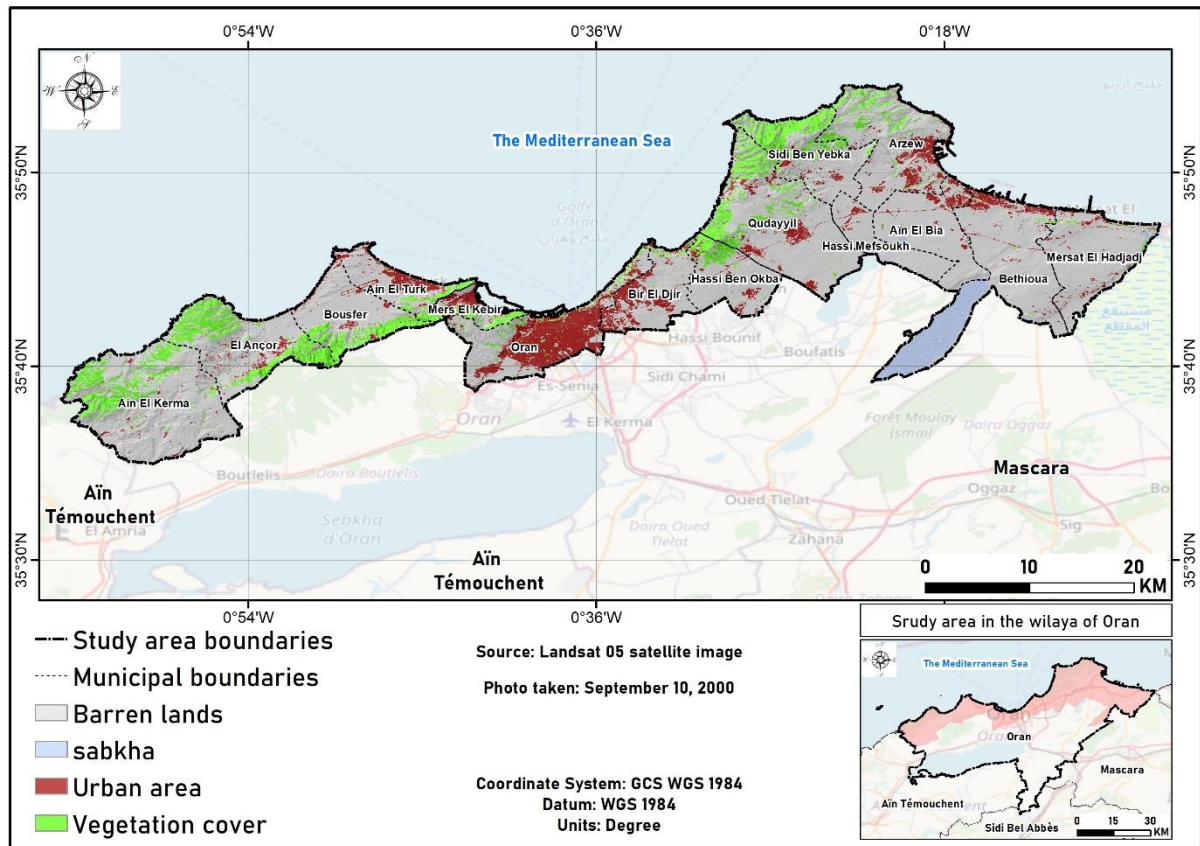


Figure IV.36 : carte d'occupation du sol des communes littorales de la zone côtière d'Oran pour l'année 2000.

Tableau IV.1 : Matrice de confusion relative à la carte d'occupation du sol des zones côtières d'Oran de 2000.

Class	Urban area	Vegetation cover	Barren lands	sabkha	Total	U_Accuracy	Kappa
Urban area	151	1	5	0	157	0,961783	0
Vegetation cover	0	152	0	0	152	1	0
Barren lands	9	7	154	4	174	0,885057	0
sabkha	0	0	1	46	47	0,978723	0
Total	160	160	160	50	530	0	0
P_Accuracy	0,94375	0,95	0,9625	0,92	0	0,949057	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0,928901

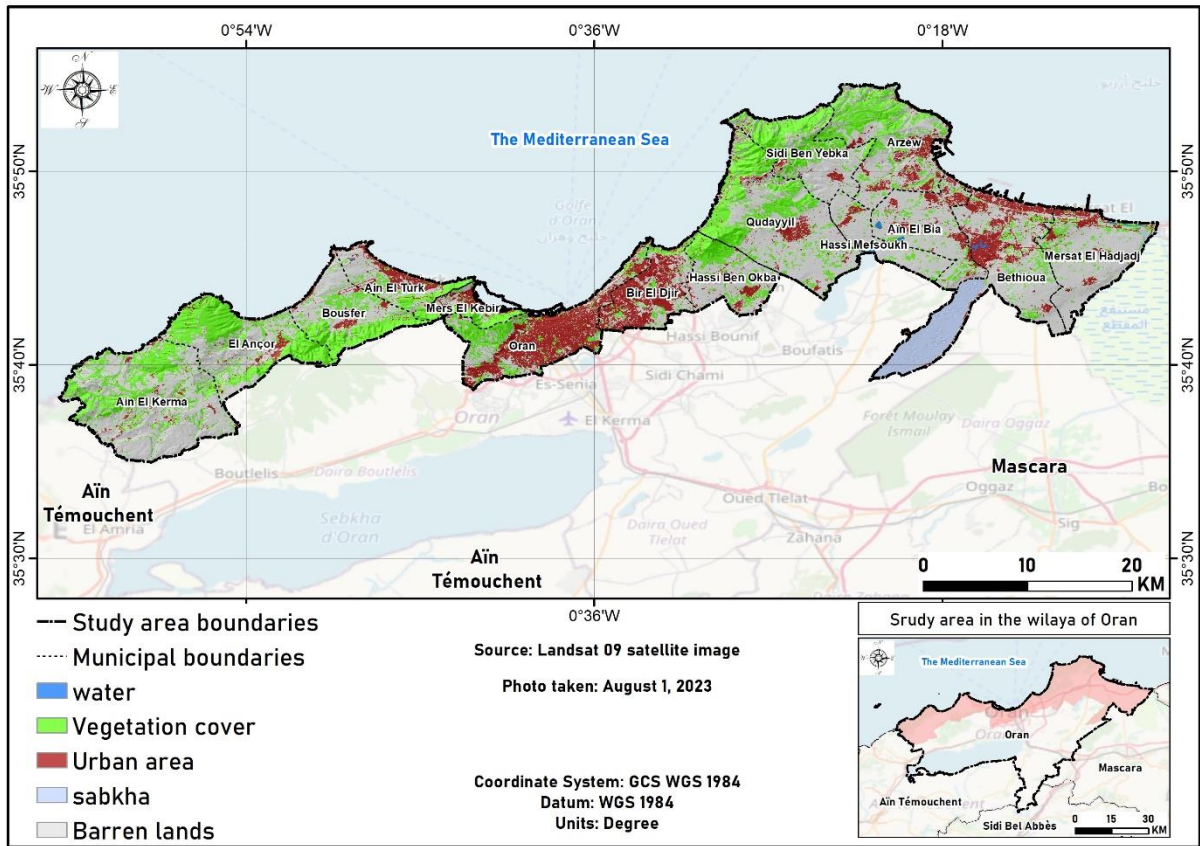


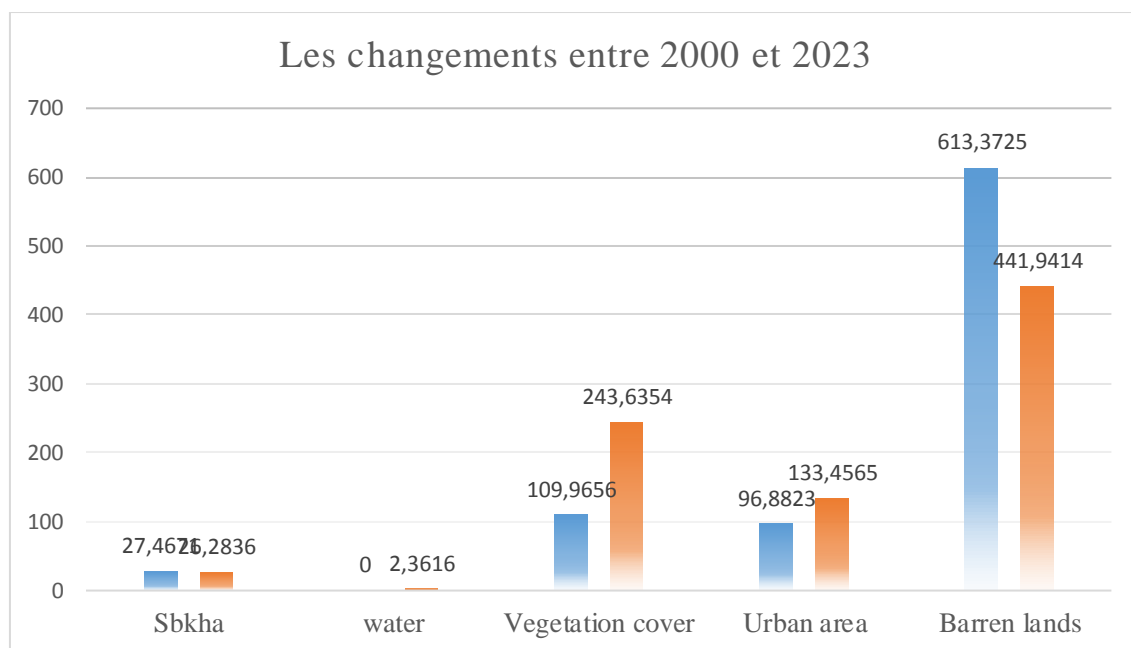
Figure IV.37 : carte d’occupation du sol des communes littorales de la zone côtière d’Oran pour l’année 2023.

Tableau IV.2 : Matrice de confusion relative à la carte d’occupation du sol des zones côtières d’Oran de l’année 2000.

Class	Sabkha	Barren lands	Urban area	Vegetation cover	water	Total	U_Accuracy	Kappa
sabkha	65	3	0	0	0	68	0,955882	0
Barren lands	3	129	13	1	0	146	0,883562	0
Urban area	2	4	137	0	1	144	0,951389	0
Vegetation cover	0	14	0	149	0	163	0,91411	0
water	0	0	0	0	39	39	1	0
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>40</b>	<b>560</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>P_Accuracy</b>	0,928571	0,86	0,913333	0,993333	0,975	0	0,926786	0
<b>Kappa</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,904066

**Tableau IV.3** : La différence d'occupation du sol des zones littorales d'Oran entre 2000 et 2023.

Class	A2000	A2023
Sabkha	27,4671	26,2836
water	0	2,3616
Vegetation cover	109,9656	243,6354
Urban area	96,8823	133,4565
Barren lands	613,3725	441,9414
Total	847,6875	847,6785



**Figure IV.38** : Histogramme montrant les changements dans l'occupation du sol des zones côtières d'Oran entre 2000 et 2023.

Les résultats de la classification supervisée svm (Vector Machine Classifier) à l'aide de logiciel ArcGis 10.8 avec l'utilisation des images satellites Landsat 5 et Landsat 8 entre l'année 2000 et l'année 2023, montrent que la surface de la végétation a augmenté d'une manière significative en 2023, et que les zones arides ont diminué ce qui est justifié peut être par l'arborisation de terres arides ou l'agriculture. On remarque aussi l'augmentation de la superficie des zones urbaines due à la littoralisation excessive des communes côtières ou la forte densité de population comportant une infrastructure d'environnement bâti, ce qui résulte des pressions anthropiques plus en plus forte contribuant à la pollution des zones côtières. Les actions humaines contrarient souvent l'équilibre de l'écosystème marin : grands travaux portuaires, ouvrages de protection contre la mer, édification des barrages, urbanisation en front de mer avec ses remblais, ses digues, ses ports.

Toutes ces perturbations induites à l'augmentation des rejets des eaux usées urbaines, agricoles et industriels qui se diverse directement en mer sans aucun traitement au préalable perturbant la qualité des eaux côtières.

Les résultats obtenus par la classification des images Landsat5 et 8 nous apparaissent très satisfaisants (valeurs élevées obtenues pour les précisions de classification ;  $kappa = 0.92$  pour l'année 2000 et égale à  $0.90$  pour l'année 2023). Ces résultats confirment que la zone côtière d'Oran a connu des changements notables en termes d'occupation du sol sur cette période de 23 ans (entre 2000 et 2023). Ces changements concernent un étalement urbain important de 96,8823 km en 2000 en 133,4565 km en 2023, une extension des couvertes végétales de 109,9656 km en 2000 en 243,6354 km en 2023. La zone aride a subi des changement en partant d'une surface initiale de 613,3725 km en 2000 qui s'est réduit jusqu'à 441,9414 km en 2023. Ces cartes d'occupation du sol constituent une base pour mener des travaux qui visent à la gestion de l'eau et des terres à l'échelle de la baie d'Oran et d'Arzew. Les résultats obtenus permettront par la suite d'évaluer les composants du bilan hydrologique dans le système côtier. Ils seront aussi utilisés dans l'évaluation des besoins en eau potable et en eau pour l'agriculture. Notre programme de recherche est d'étudier d'éventuelles corrélations entre l'évolution de l'occupation du sol (pression anthropique) sur l'écosystème marin en particulier sur les eaux côtières.

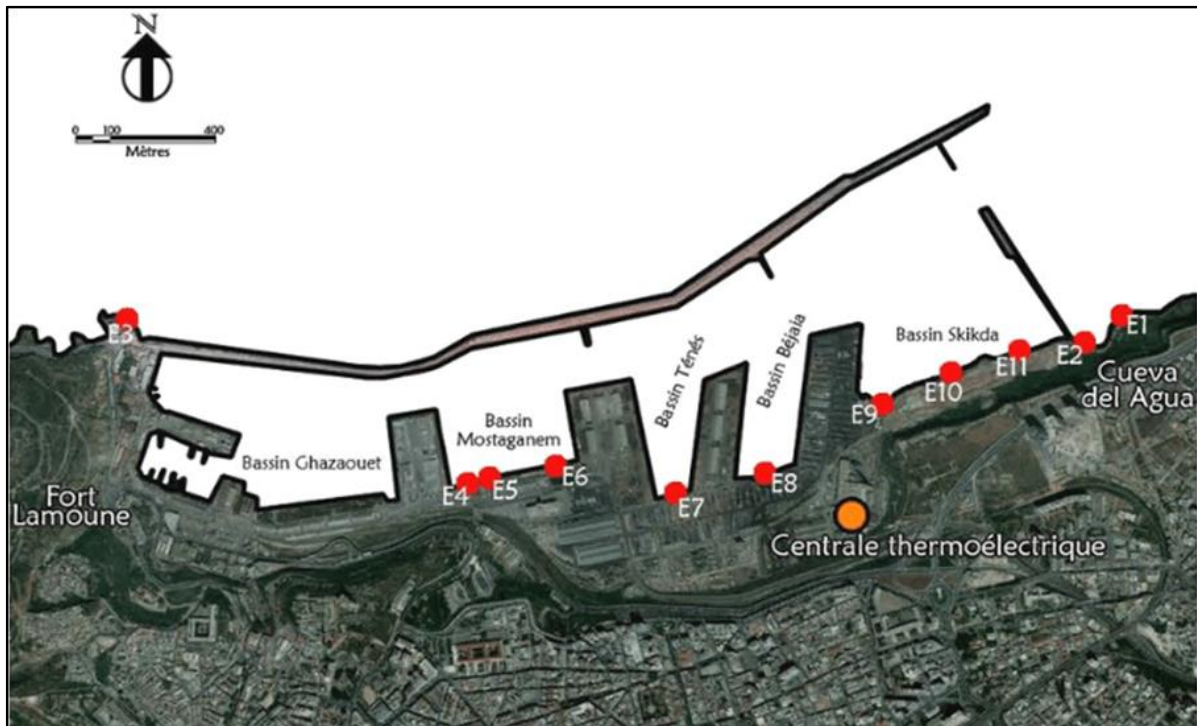
Ces résultats viennent de justifier nos résultats d'analyses physiques chimiques et biologiques des eaux côtières, par l'extension des zones urbaines, agricoles et des zones industriels, ces sources importantes des eaux usées qui altère la qualité des eaux côtières de notre zone d'étude.

On sait que pour lutter efficacement contre les risques il faut d'abord comprendre, pour pouvoir ensuite anticiper. C'est pourquoi l'approche intégrée est une bonne méthode pour lutter contre les risques urbains, à condition, pour être efficace d'inverser les tendances actuelles, c'est-à-dire partir des dynamiques sociales et d'établir parallèlement une état des lieux de la biodiversité marine et terrestre littorale, répertorier les phénomènes naturels et étudier les activités économiques liées à la mer nécessaires au développement.

#### **IV.2.1.1.1. Identification des sources de la pollution par les eaux usées urbaines**

La zone côtière d'Oran possède différents oueds et rejets déversant dans les eaux côtières oranaise sans aucun traitement préalable, comme le oued Cheliff ; oued Mahgoun ; rejets des eaux usées urbaines de la ville d'Arzew, rejets de Bethioua et de Mostaganem, rejet de l'industrie du chlore. On dénombre onze émissaires urbains (Fig.IV.39). Huit se déversent dans le port même, mais sont de faible importance. Les trois principaux débouchent à l'extérieur du port. Il s'agit, à l'ouest, de l'émissaire de Fort Lamoune (E3) et, à l'est, de l'émissaire de la Cheminée du Petit Lac (E2) et du collecteur de ceinture du centre-ville et d'Oran-est (E1). À lui seul (E1), en effet, il évacuerait 80 % environ des rejets oranais (selon une communication orale des services d'assainissement de la Direction d'hydraulique d'Oran). Ainsi le principal émissaire d'eaux usées de la ville d'Oran appelée "Cueva del Agua", se trouve à proximité de la passe du

port d'Oran. L'évacuation des eaux usées non traitées présente un risque majeur de pollution des eaux côtières.



**Figure IV.40** : Localisation des sites de rejets urbains de la ville d'Oran. (Source : image Google Earth, modifiée).

Ajoutant à cela la littoralisation de l'Oranie est le moteur d'une urbanisation galopante et est à l'origine de l'artificialisation soutenue du littoral. Relativement ancienne, elle prend, depuis le milieu des années 1970, de l'ampleur en opposant à des espaces intérieurs, steppiques et sahariens, moins développés, voire déshérités, des espaces côtiers qui concentrent la richesse économique du pays. Cette littoralisation est passée par plusieurs phases. Elle est l'élément explicatif de la dégradation de l'environnement marin côtier, la pression sur les ressources naturelles et l'urbanisation de la côte.

La littoralisation est le concept qui signifie selon [F. Moriconi et F. Dinard \(2000\)](#) l'urbanisation totale et linéaire de la bande littorale qui s'oppose à des espaces intérieurs qui se vident de leur substance et de leurs habitants. Elle représente pour [J. Klein et S. Tabarly \[2003\]](#) le processus fréquemment observé de concentration des populations et des activités humaines le long ou à proximité des littoraux. En Algérie, les études sur le phénomène de la littoralisation sont multiples. Cependant, l'analyse de son impact sur l'environnement marin et la gestion spatiale, est faiblement abordée. La contribution par l'examen des interactions, littoralisation-homme-écosystème marin dans le littoral ouest vise à nourrir cette littérature sur l'espace littoral algérien.

A Oran, les territoires urbanisés couvrent une superficie plus importante des terres situées à moins de 250 mètres des côtes et l'urbanisation continue à croître en bord de mer de manière

exponentielle. Les villes côtières sont des lieux de concentration de population, c'est pourquoi les phénomènes d'érosion ou d'augmentation du niveau de la mer y représentent un risque majeur. Mais l'agglomération de population et d'activités humaines font aussi des villes côtières des lieux de concentration de la pollution qui porte atteinte à la qualité des eaux côtières, la santé des hommes et détruit la biodiversité.

**IV.2.1.1.2. Identification des sources de la pollution par les eaux usées industrielles : problème majeur de dégradation des eaux usées urbaines traitées**

La zone côtière d'Arzew dispose d'une zone industrielle située à l'est de la wilaya d'Oran. Elle est considérée comme le premier pôle industriel de la région ouest de l'Algérie. La zone industrielle utilise un volume considérable d'eau évacuée dans le réseau domestique à plus de 80 %. Ces eaux usées industrielles riches en matière organique et métaux lourds sont évacuées vers les oueds qui se diverse directement en mer sans aucun traitement préalable. Donc l'oued est devenu le déversoir de toutes les unités industrielles. La majorité de ces unités n'étant pas équipées de dispositif de traitement des eaux, les résidus industriels s'accumulent dans l'oued. Ceci contribue de façon significative à la pollution des eaux côtières par l'évacuation d'un volume important des eaux industrielles non traitées.

Face à tous ces risques de dégradation des eaux côtières par les sources de pollution ponctuelle et diffuse dans la zone d'Oran, il est nécessaire de réaliser une étape du travail sur la préservation et la protection des ressources en eaux côtières, et ce, par la cartographie de la vulnérabilité des eaux et des zones côtières à la pollution.



**Figure IV.41** : Localisation de la zone industrielle d'Arzew.

Les températures élevées calculées pendant une partie de l'année pour la zone côtière d'Oran, peuvent avoir un impact sur la santé et le confort des personnes. Alors que le réchauffement climatique est un phénomène universel, la verdure urbaine devrait être augmentée pour atténuer la contribution des métropoles à la température en termes d'effet d'îlots de chaleur urbains. Les arbres éliminent également d'importantes quantités de polluants atmosphériques et pourraient donc améliorer la qualité de vie à Oran. Les résultats de cette étude peuvent être utilisés pour informer et guider les urbanistes et les dirigeants à apprécier l'importance des espaces verts urbains. L'étude peut être instructive pour les parties prenantes d'Oran sur l'influence de l'utilisation et de l'occupation des sols sur la surface des terres urbaines.

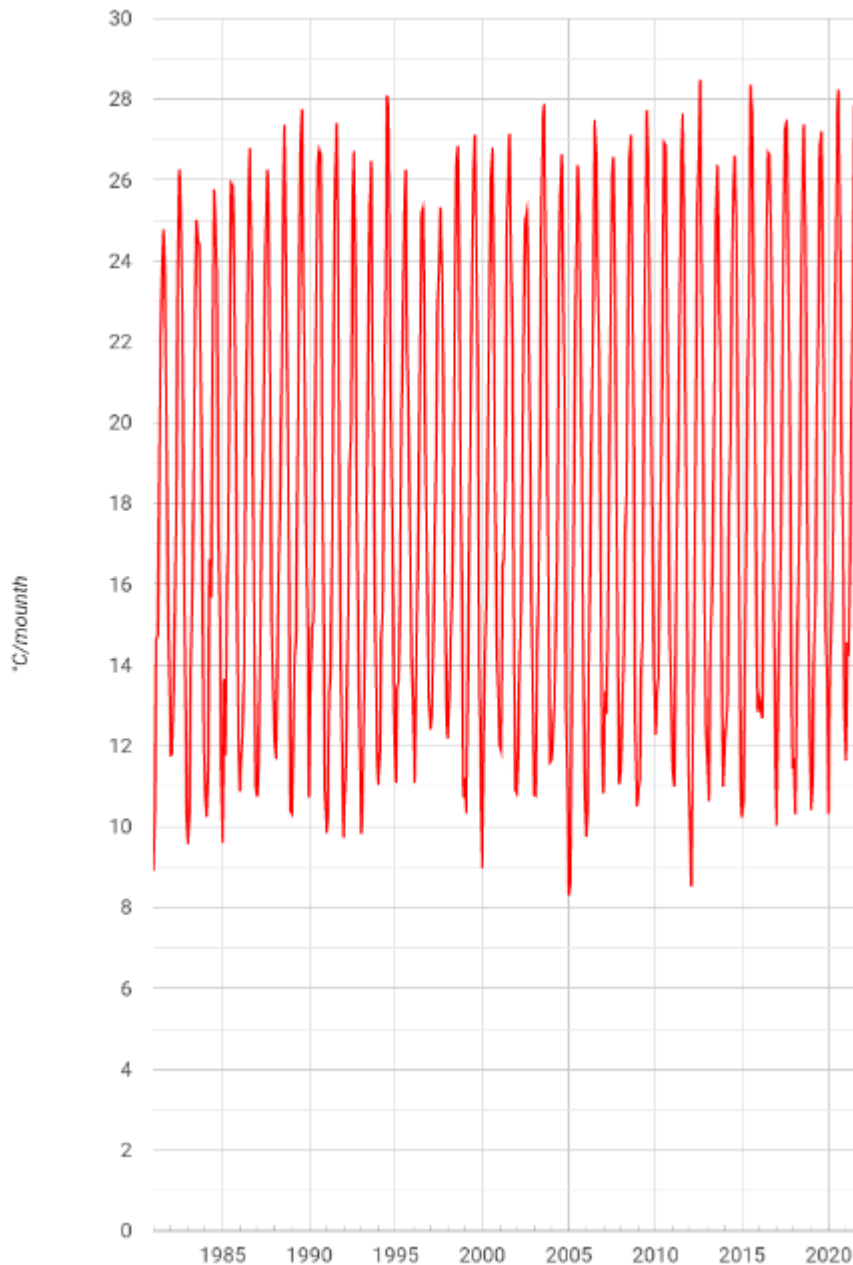
Aujourd'hui, à ce problème de température relativement progressif, s'ajoute leurs effets sur le réchauffement climatique. Les scientifiques s'accordent pour prévoir une augmentation du niveau de la mer (sans s'accorder sur la hauteur prévisible), une multiplication des événements météo marins extrêmes et un accroissement de la magnitude des marées hautes au cours de ces événements. Dans ces conditions, la montée du niveau de la mer conjuguée avec des phénomènes météo marin ou pluviométriques extrêmes accentuera l'ensemble des effets : augmentation des érosions, inondations et intrusions salines, remise en cause d'ouvrages de défense qu'il s'agisse des digues, des polders ou des ports.

Nous assistons déjà à ces manifestations naturelles qui menacent les hommes et les biens.

L'activité humaine tellurique ou marine, n'étant pas planifiée globalement pour répondre à un objectif de protection de la mer, fait peser des menaces sur la biodiversité et les écosystèmes marins et par conséquent sur la santé et la vie humaine. Nous avons affaire à des catastrophes ou exceptionnelles comme les marées noires ou quotidiennes lorsqu'elles résultent du rejet dans les rivières puis dans la mer, ou des accidents des navires pétroliers directement en mer de toutes les pollutions d'origine terrestre : nitrates issus de l'agriculture, PCB dus aux industries, métaux lourds accumulés dans la boue des ports, eaux usées non traitées des villes et autres urbanisations touristiques littorales.

De plus, par manque de connaissance globale des écosystèmes marins dont l'étude n'est pas la priorité de la commande publique, nous assistons à la disparition de certains d'entre eux au gré d'installations anarchiques d'activités sur le littoral ou au large des côtes. Ainsi, la construction de ports de plaisance sur des massifs dunaires remarquables, la multiplication des autorisations d'extraction de granulats ou de clapage des boues en mer échappent à l'approche globale de gestion intégrée du littoral pour favoriser la rentabilité à court terme des entreprises plutôt que la sauvegarde a priori d'un environnement sain.

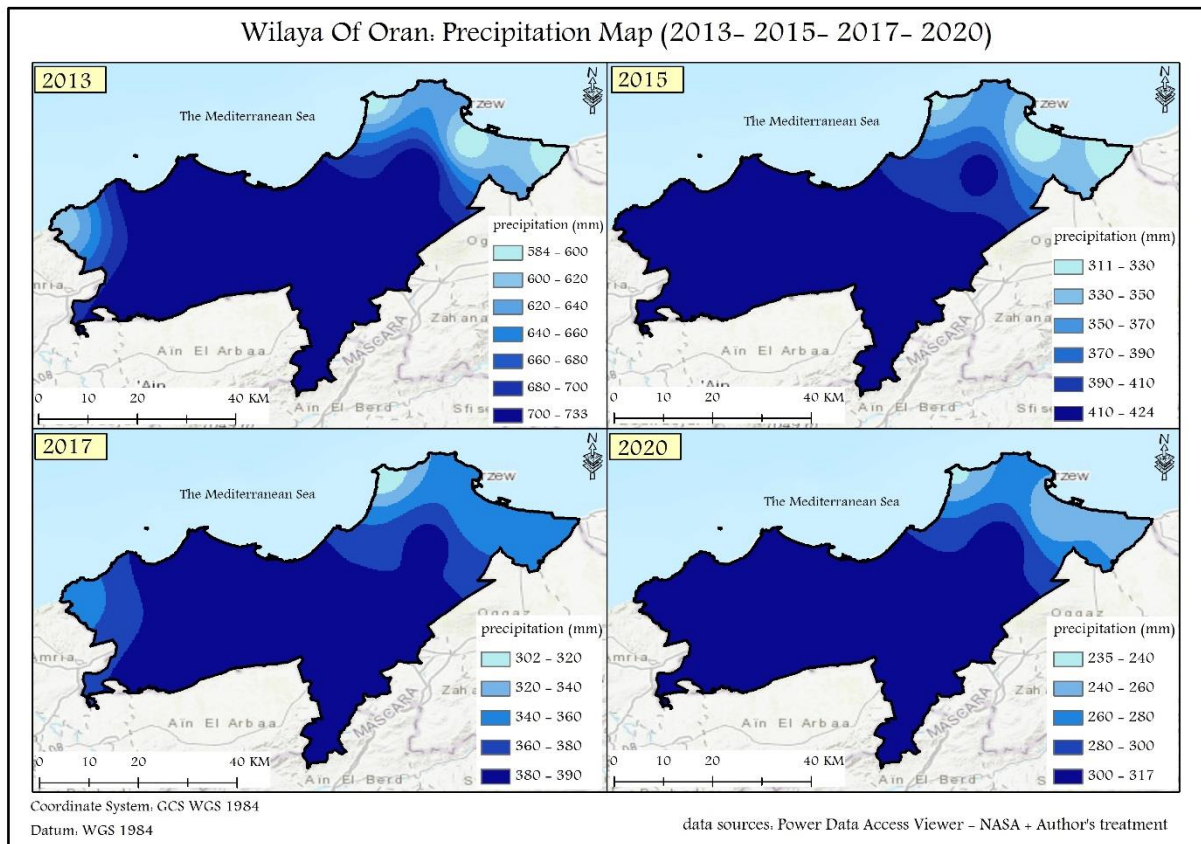
Dans ces conditions, si on n'interdit pas les activités humaines polluantes de proximité, peut-on garantir que ces pollutions s'arrêteront à l'extérieur du périmètre des « aires marines protégées » ou des parcs marins créés entre autres, pour protéger la biodiversité marine.



**Figure IV.47** : Température des zones côtières d’Oran 2014-2020 (images satellite GCOM, Google earth engin).

Les océans ont absorbé entre 1971 et 2010 90 % de l’augmentation de l’énergie stockée dans le système climatique terrestre. Ce gigantesque réservoir d’énergie voit donc sa température augmenter sous l’influence du réchauffement global. Selon le rapport du Giec, le réchauffement de l’océan superficiel est en moyenne de 0,11 °C par décennie entre 1971 et 2010, et que la température moyenne pour la période de dix ans de 2013 à 2022 est supérieure de 1,14 °C aux valeurs de référence de l’époque préindustrielle comprise entre 1850 et 1900. Les océans ont également un pouvoir régulateur vis-à-vis du carbone, en absorbant une partie du dioxyde de carbone émis par les activités anthropiques. Les chercheurs ont longtemps pensé que cette absorption du CO<sub>2</sub> était sans conséquence importante pour les océans et pour les organismes

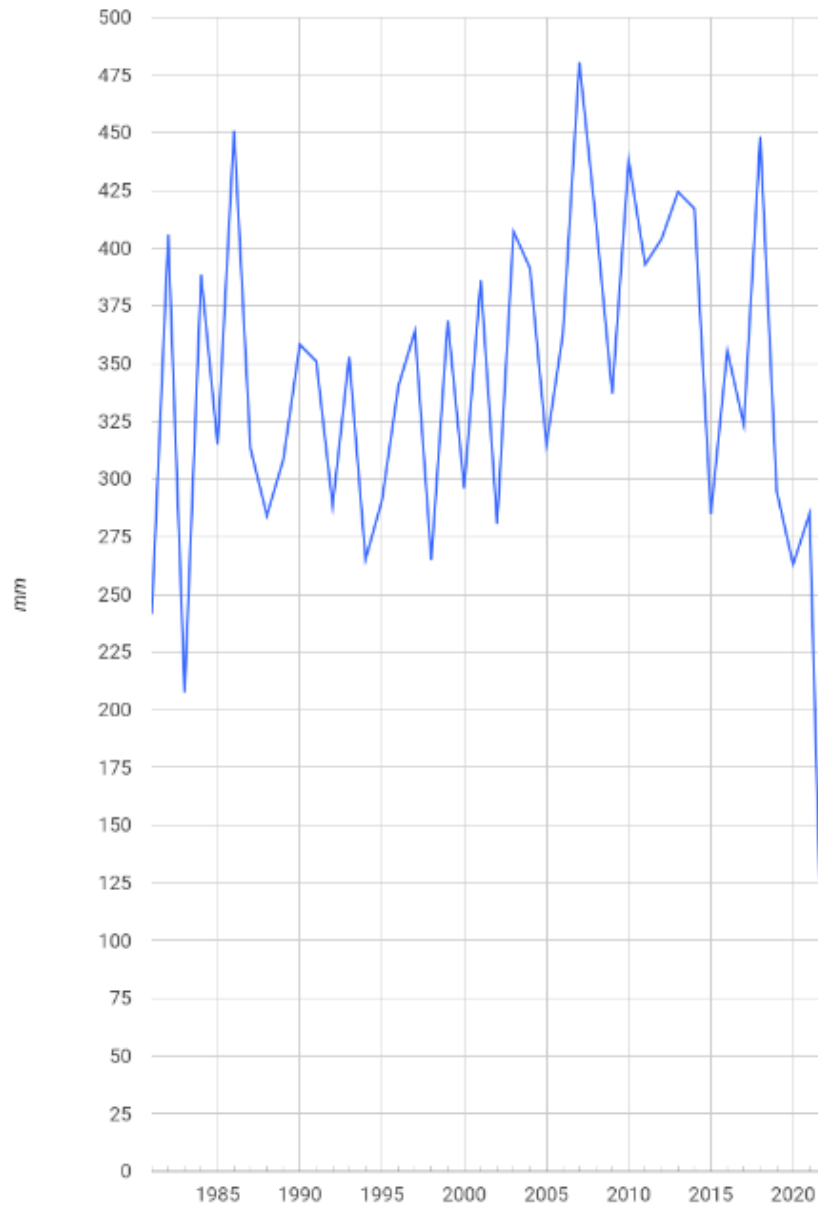
qui y vivent. Mais ils se sont rendu compte, il y a une quinzaine d'années, que la dissolution du CO2 dans l'eau de mer entraîne son acidification.



**Figure IV.48 :** Précipitation (mm) dans la zone côtière d’Oran de l’année 2013, 2015, 2017 et 2020.

Les résultats d’études menés sur les images satellites Landsat 8 sous le logiciel ArcGis 10.8 après les corrections radiométriques avec le logiciel EVNI 5.3, montre que le taux des précipitations dans la wilaya d’Oran à diminuer d’une manière très importante. Nous avons noté des précipitations allant de 384mm à 733mm pour l’année 2013, puis des taux allant de 311mm-424mm pour l’année 2015 soit une diminution d’une moitié par rapport à l’année 2013. Pour l’année 2017 on note des précipitations allant de 302mm à 390mm, et pour l’année 2020 des précipitations entre 233mm à 317mm.

La diminution de ces taux de précipitation dans la wilaya d’Oran ont été confirmé par les résultats trouvés par le traitement des images satellites de mission d’observation du changement global (GCOM-Jaxxa) japonais sous le logiciel Google earth engine (GEE) depuis l’année 1985 jusqu’à l’année 2020 voir le graphe qui suit (fig.IV.49).



**Figure IV.49** : Précipitation des zones côtières d’Oran 1985-2020 (images satellite GCOM, Google earth engin).

Au plan climatique, on notera une grande variabilité annuelle et mensuelle caractéristique des zones semi arides. L’observation des moyennes pluviométriques annuelles relevées entre 1985 et 2020 met en évidence une alternance de périodes pluviométriques humides et sèches (figure IV.49) : une période relativement sèche entre 1985 et 2005 suivie d’une période relativement humide entre 2005 et 2015 à laquelle succède une période nettement sèche entre 2015 et 2020. Cette période qui nous intéresse s’avère nettement plus sèche et donne une tendance déficitaire des précipitations lors des dernières années où les valeurs annuelles se trouvent en dessous de la moyenne au de la 2020. C'est là, en effet, que l'on repère l'année la plus sèche sur les 65 années : 1985/2020.

### IV.2.3. Conclusion

Les résultats obtenus lors de ce travail confirment que la télédétection par l'utilisation des images à haute et moyenne résolution et les SIG constituent des outils puissants d'analyse spatiale, permettant d'apporter une aide précieuse à l'analyse des problèmes de pollution des eaux côtières. Le traitement des images Landsat 8 sont performants pour :

- La réalisation des cartes d'occupation du sol, facteur de ruissellement des polluants vers la mer.
- La cartographie des zones de sources de pollution urbaines, agricoles et industrielles.
- L'identification du cheminement des rejets des eaux usées dans les eaux côtières ainsi que l'évaluation de ses impacts.

L'industrie, les eaux usées urbaines, les décharges et la pollution agricole dans la zone côtière d'Oran sont les sources principales de dégradation de la qualité des eaux côtières, car elles engendrent tous types de pollution (huiles, produits chimiques, métaux lourds, détergents, matières organiques, bactéries). Malgré tous les efforts entrepris par les autorités concernées, le problème de pollution persiste toujours, d'où la nécessité de surveillance continue et des mesures sévères et inaltérables qui doivent être prises envers les pollueurs. La pollution des eaux côtières dans la zone d'Oran constitue alors une problématique cruciale. L'important volume des eaux usées rejeté sans traitement dans l'oueds et ver la mer conduit à une forte dégradation de la qualité des eaux côtières. Pour une meilleure surveillance de la pollution des eaux côtières, il convient de cartographier la vulnérabilité des zones côtières oranaise. La carte de vulnérabilité réalisée sont présentés dans la partie suivantes, donne un écart de variation qui permet de classer la vulnérabilité en trois classes : faible, moyenne et élevée, vu la présence de plusieurs sources de pollution dans la région d'Oran. La vulnérabilité de ces classes peut évoluer par les effets conjugués de l'homme.

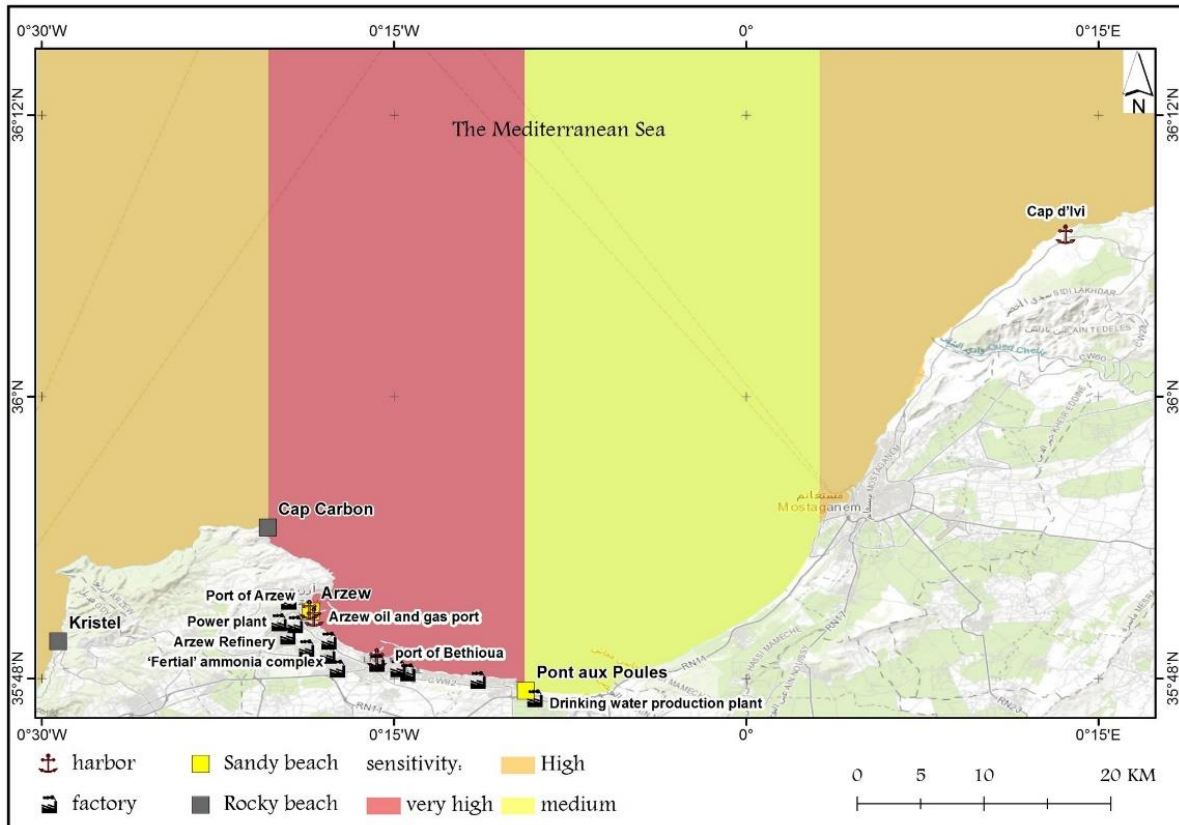
Les résultats obtenus par la classification des images Landsat5 et 8 nous apparaissent très satisfaisants (valeurs élevées obtenues pour les précisions de classification). Ces résultats confirment que les communes littorales de la zone côtière d'Oran ont connu des changements notables en termes d'occupation du sol sur cette période de 23 ans (entre 2000 et 2023). Ces changements concernent un étalement urbain important de 96,8823 km en 2000 en 133,4565 km en 2023, une extension des couvertes végétales de 109,9656 km en 2000 en 243,6354 km en 2023. La zone aride a subi un faible changement en partant d'une surface initiale de 613,3725 km en 2000 qui s'est réduit jusqu'à 441,9414 km en 2023. Ces cartes d'occupation du sol constituent une base pour mener des travaux qui visent à la gestion de l'eau et des terres à l'échelle de la baie d'Oran et d'Arzew. Les résultats obtenus permettront par la suite d'évaluer les composants du bilan hydrologique dans le système côtier. Ils seront aussi utilisés dans l'évaluation des besoins en eau potable et en eau pour l'agriculture. Notre programme de recherche est d'étudier d'éventuelles corrélations entre l'évolution de l'occupation du sol (pression anthropique) sur l'écosystème marin en particulier sur les eaux côtières.

### IV.3 Etude de la vulnérabilité des zones côtières face au déversement des hydrocarbures principalement et aux différentes pollutions des eaux côtières

Cette étude a pour objectif d'identifier les zones les plus vulnérables aux pollutions par les hydrocarbures principalement et aux différentes pollutions susceptibles d'atteindre les eaux côtières, aux niveaux environnemental et économique, sur le golf d'Arzew à Oran, en apportant des éléments ou des indices de vulnérabilité déjà existants. Cette démarche vise l'aide à la décision, en fournissant des documents cartographiques synthétiques pour prioriser plus objectivement les moyens alloués aux opérations de protection, de nettoyage et de restauration. Ce travail envisage donc d'évaluer la vulnérabilité à différentes échelles, sur le littoral ouest algérien dans le golf d'Arzew, de la mer méditerranéenne. Ce travail, à pour le but la protection du littoral oranais, et la mise en place d'un plan d'urgence en cas de déversement des hydrocarbures, est motivé par le fait que ces régions sont soumises à des risques de pollutions majeures ou diffuses.

La cartographie du littoral fournit des informations essentielles sur les types de rivages (sableux, vaseux, rocheux) et les espèces qui y sont présentes, afin d'identifier les zones biologiquement sensibles aux marées noires et les sites culturellement importants le long du littoral. Des cartes récentes de la vulnérabilité du littoral à la pollution ont été élaborées (figures IV.50 à IV.53), qui incluent les types physiques de littoral (figure IV.50), socio-économiques (figure IV.51) et les caractéristiques biologiques, écologiques (figure IV.52) susceptibles d'être touchées par les déversements d'hydrocarbures. La réalisation et la classification de la carte sont basées sur une liste de documents existants ([Alademomi A S et al., 2022](#), [Balogun A et al., 2021](#), [Guha S et al., 2018](#)), sur des visites de sites et sur la localisation de diverses ressources côtières à l'aide du logiciel ArcGIS, qui fait partie intégrante du système d'aide à la décision en matière de marée noire ([Abascal AJ et al., 2009](#) ; [El N, Bachari I, Abdellaoui A, Houma F 2011](#) ; [Romieu E, Vinchon C, 2009](#) ; [Zaman KU et al., 2022](#)). Cela permet à l'équipe d'intervention d'urgence et aux décideurs d'identifier de manière globale les zones vulnérables aux déversements d'hydrocarbures.

La figure IV.50 indique la sensibilité physique basée sur les caractéristiques du littoral, du substrat sableux mou ou du substrat rocheux, des plages et des fonds marins qui contribuent à l'activité biologique et résistent aux impacts associés aux déversements d'hydrocarbures. La zone d'étude a été divisée en 4 zones selon le degré de sensibilité physique. La classification des sites analysés dépend fortement du degré d'occupation anthropique, comme l'ont observé ([Rangel-Buitrago et al, 2013](#)).



**Figure IV.50 :** Carte de sensibilité physique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022) (Chabi N, 2023).

La Fig IV.51. Montre que la sensibilité socio-économique est basée sur l'utilisation humaine des ressources qui contribuent à l'économie de la zone (tourisme, port, usines). Quant à la Fig IV.52, l'évaluation des différents sites d'étude en termes d'habitats et de populations ichthyennes indique :

- Zone à très haute valeur (évaluation  $\geq 20$ ) : secteur Est (Cap Carbon et Arzew)
- Zone de haute valeur (évaluation  $\geq 10$ ) : Secteur central (Pont aux Poles) + secteur Est de Kristel
- Zone de valeur moyenne (évaluation  $< 10$ ) : Ouest de Kristel + Est du Cap d'Ivi vers Mostaganem.
- Ces zones ont une valeur écologique et de conservation importante (y compris leurs espèces et habitats).

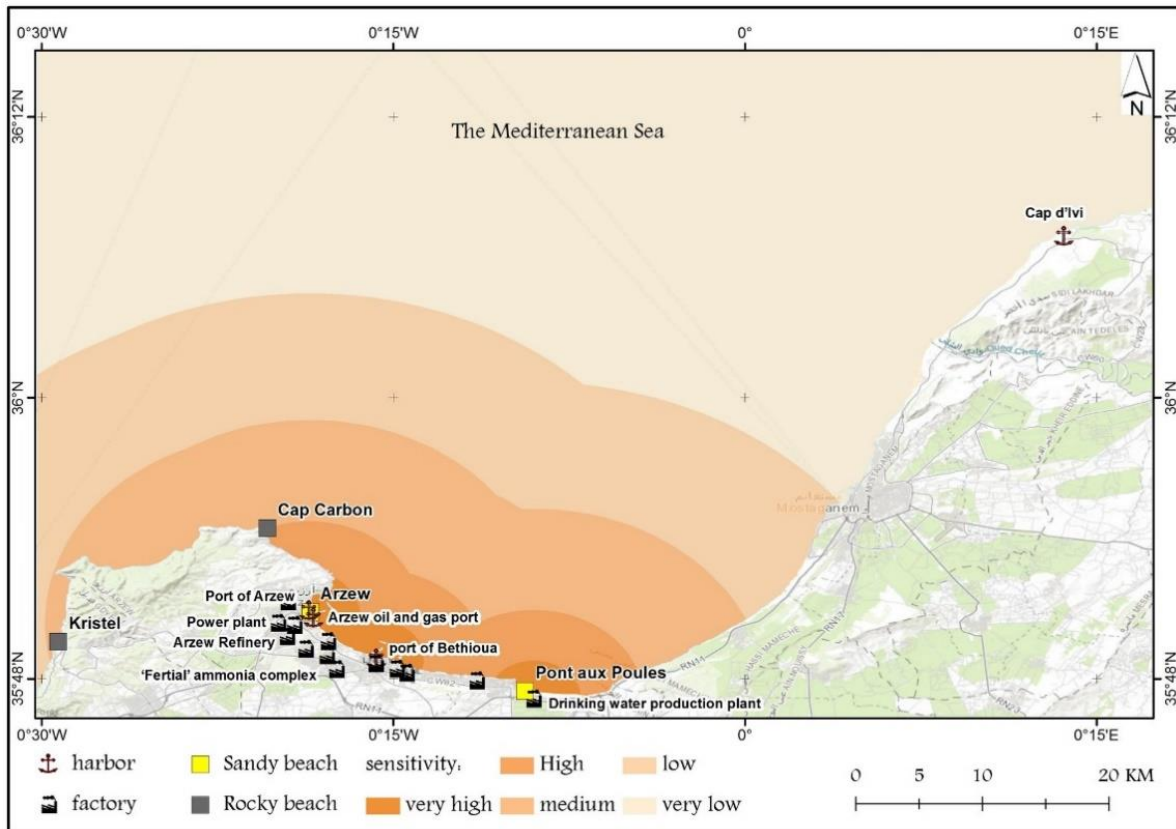
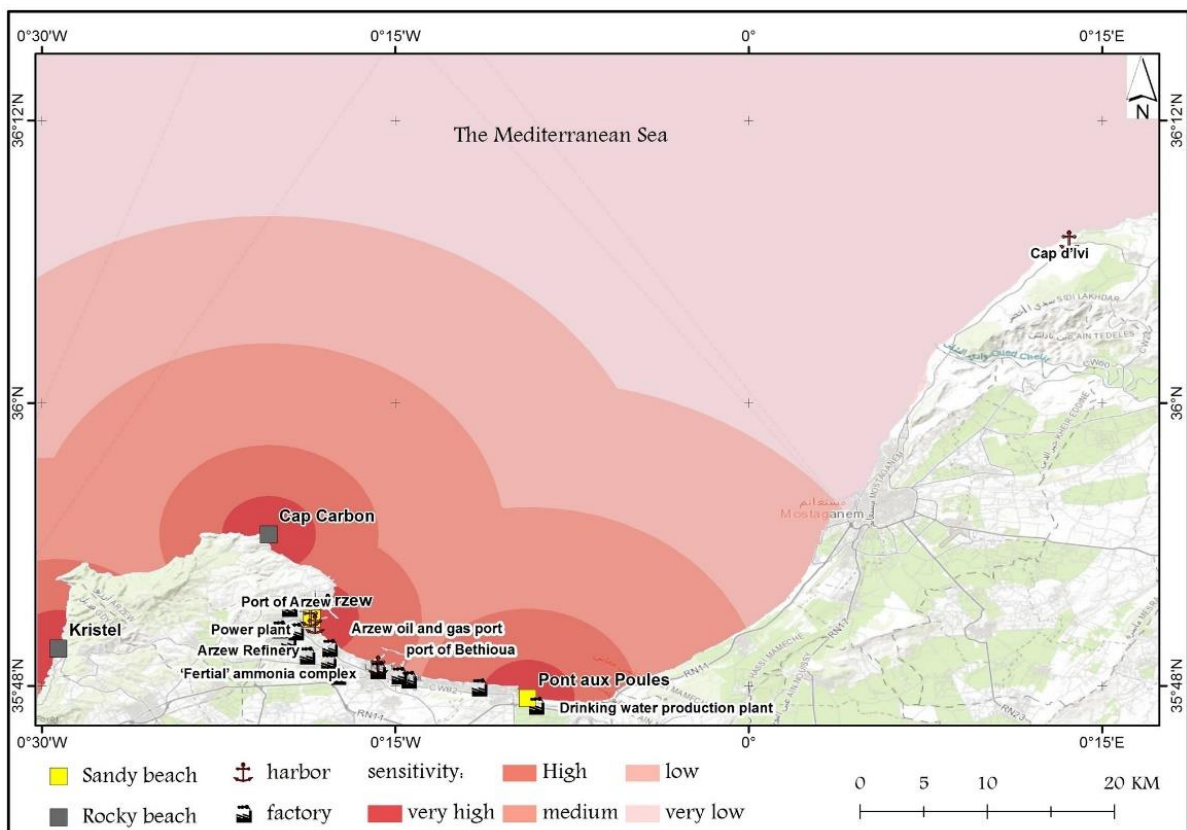
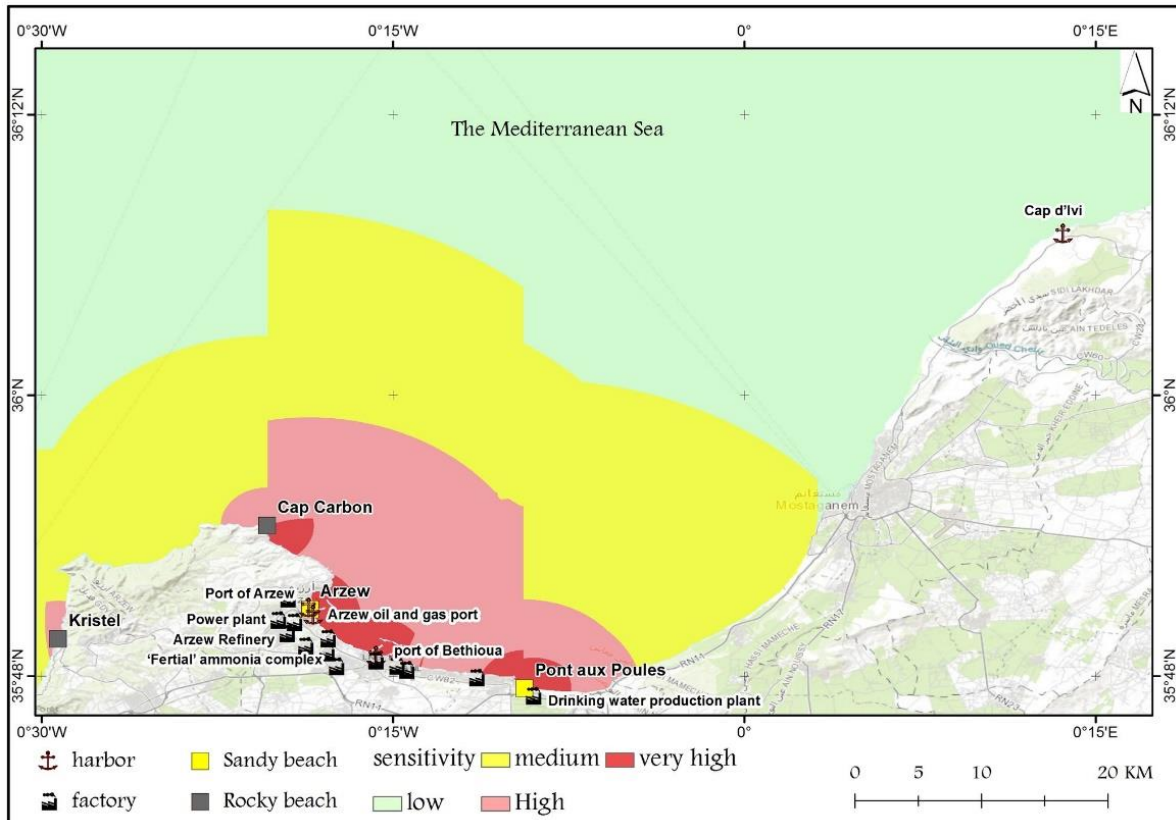


Figure IV.51 : Carte de sensibilité socio-économique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022) (Chabi N, 2023).



**Figure IV.52 :** Carte de sensibilité écologique et biologique de la zone côtière d'Arzew (ArcGIS, 2022) (Chabi N, 2023).

La carte de la Figure IV.53 représente l'équilibre des 3 cartes de sensibilité côtière (physique, socio-économique et biologique). Elle permet de classer certaines zones résistantes à la protection et des zones essentielles telles que la zone d'implantation de récifs artificiels de Kristel Cap Carbon, Pont aux poules, et la zone humide de Mecta, dont l'importance a été établie dans le cadre de la Convention de Ramsar de 2001. Ces zones sont importantes d'un point de vue environnemental et peuvent être affectées par des marées noires.



**Figure IV.53 :** Carte de vulnérabilité aux déversements d'hydrocarbures sur les côtes (ArcGIS, 2022) (Chabi N, 2023).

La collecte préalable de données permet d'identifier la ou les bonnes techniques de nettoyage pour répondre à une marée noire (sur l'eau ou sur le littoral). Il s'agit de localiser et de cartographier les sites sensibles, les habitats et les populations de faune et de flore afin que les équipes d'intervention puissent bénéficier d'une assistance professionnelle et scientifique en cas d'incident. En cas de déversement, ces informations et les cartes de vulnérabilité sont mises à la disposition des équipes d'intervention pour une prise de décision efficace et un déploiement rapide.

## IV.4 Etude de cas : Simulation d'une dérive d'une nappe d'Hydrocarbure dans le golf d'Arzew.

### IV.4.1. Système de modélisation et de simulation

En cas de déversement d'hydrocarbures en milieu aquatique, la connaissance de la trajectoire des nappes est essentielle pour organiser la récupération des hydrocarbures et protéger les zones exposées au risque de pollution (Mahmoud GA-E, Bagy MMK 2018). Le développement de modèles de dérive des nappes d'hydrocarbures dans les eaux continentales et en mer est motivé par la fréquence des pollutions et l'impact néfaste sur l'environnement. Dans allons présenter les différents résultats trouvés des différents essais. Nous avons choisis quatre scénarios, selon les saisons de l'année, Hiver, Printemps, été, et automne, on utilisant les données du vent et des courants cités précédemment.

Les modèles numériques permettent d'étudier l'impact de divers scénarios possibles et donc d'estimer la sensibilité environnementale d'une zone maritime côtière avant même que de tels accidents ne se produisent (Balogun A et al., 2021).

La capacité de prédire rapidement les trajectoires des déversements d'hydrocarbures en temps réel à l'échelle mondiale (Huang C, Xu X, Wang D 2018), a été obtenue grâce à l'intégration d'outils de modélisation des déversements d'hydrocarbures avec des ensembles de données hydrodynamiques et météorologiques (Glug M, Wąs J 2018) obtenues à partir des stations météorologiques d'Arzew (Blondeau-Patissier D, Schroeder T, Irving P, 2020) et également à partir de mesures in situ effectuées lors de sorties en mer (2017 et 2020). L'accès aux données permet une analyse probabiliste des déversements en temps opportun. Pour toutes les autres informations sur les déversements, le modèle ADIOS (KORBAA F, Ibtissem G 2021) a été utilisé ; il s'agit du modèle d'altération du pétrole de la NOAA. Il estime et modélise rapidement les caractéristiques des hydrocarbures déversés et les comportements attendus tels que l'évaporation, la dispersion dans la colonne d'eau et les changements de densité et de viscosité des hydrocarbures (Manning J, Verfaillie M, Barker C, 2021).

#### IV.4.1.1. Scénarios de modélisation avec le logiciel GNOME

Cette section présente les résultats trouvés lors de différentes simulations des différents scénarios possibles dans le Golfe d' Arzew pour les 4 saisons de l'année 2018 selon les caractéristiques météorologiques et hydrodynamiques de la zone d'étude. 4 scénarios étudiés pour l'année 2018, avec une quantité de pétrole brut déversée de 10 000 tonnes de type SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL (figIV.54), la localisation du déversement est fixé au centre du golfe d'Arzew pour chaque scénario.

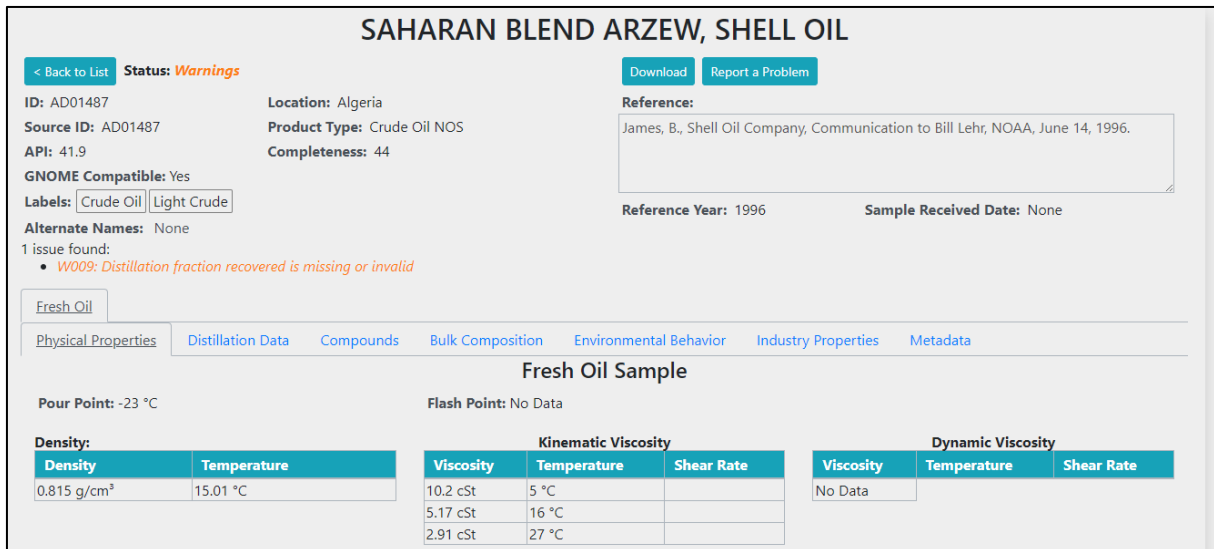


Figure IV.54 : Propriété d'hydrocarbure SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL.

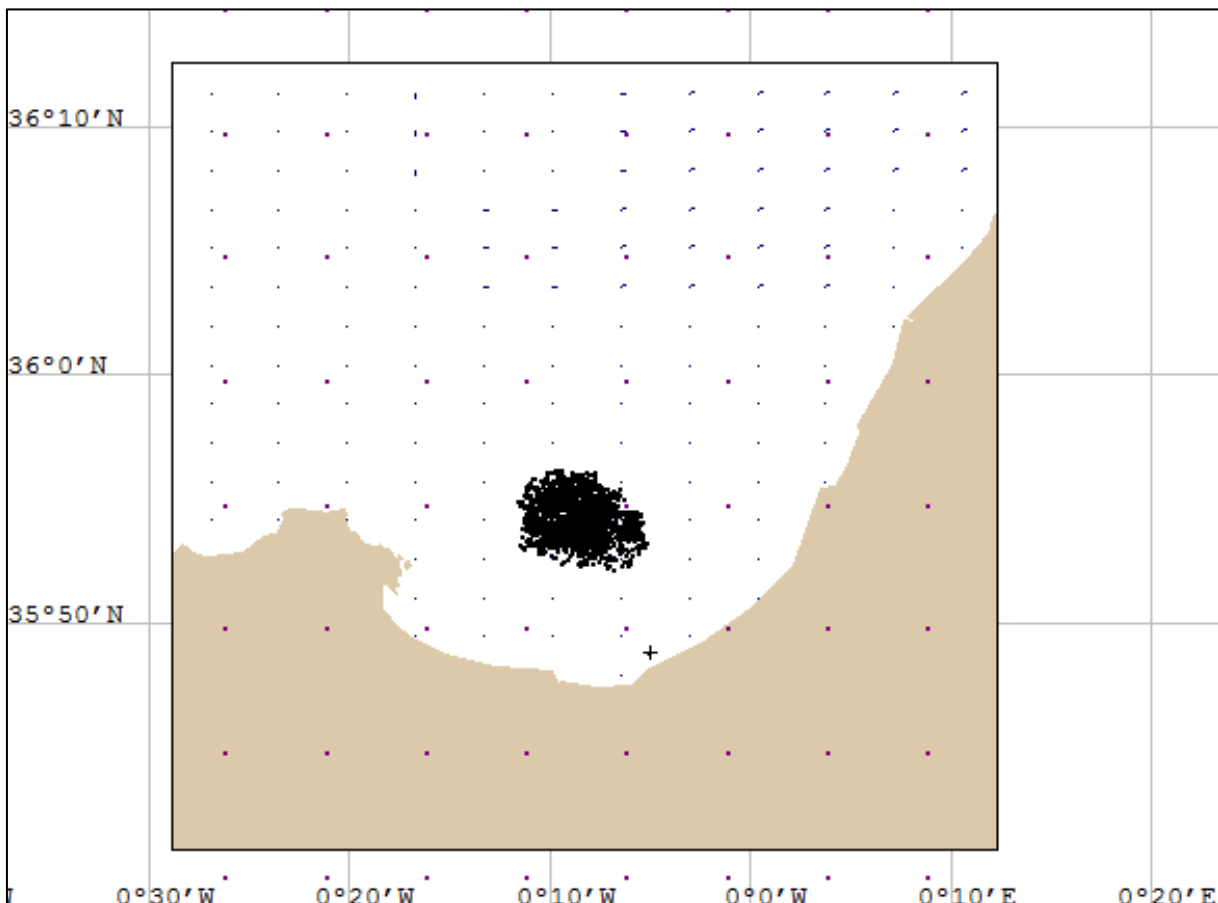
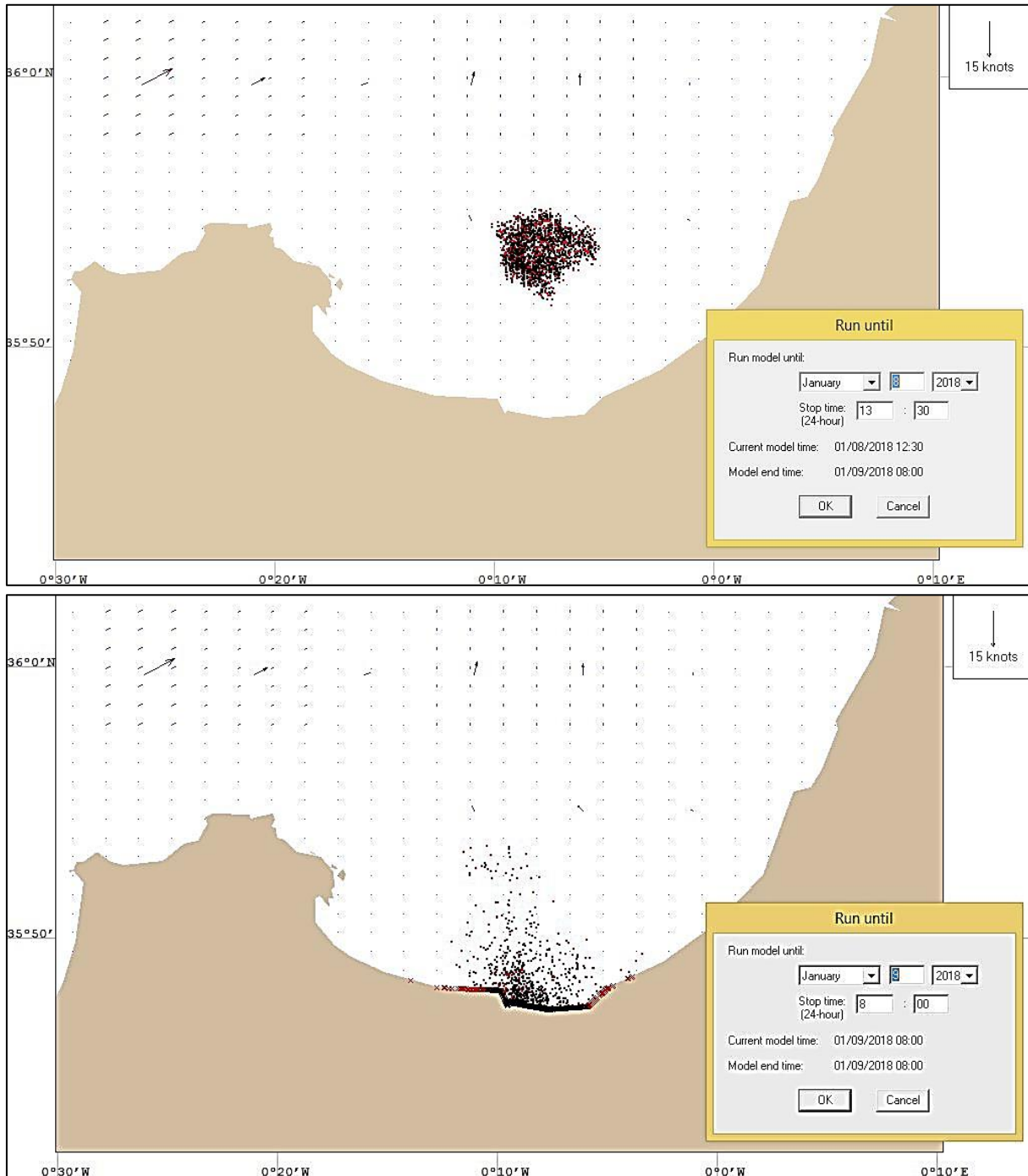


Figure IV.55 : Sites de déversement de la nappe d'hydrocarbures au centre du golfe d'Arzew (35°54'37" N et 0°9'37" W) sous GNOME.

Présentation des résultats obtenus à partir des différents tests des différents scénarios possibles dans le Golfe d'Arzew pour les 4 saisons de l'année 2018. Avec une quantité de pétrole brut

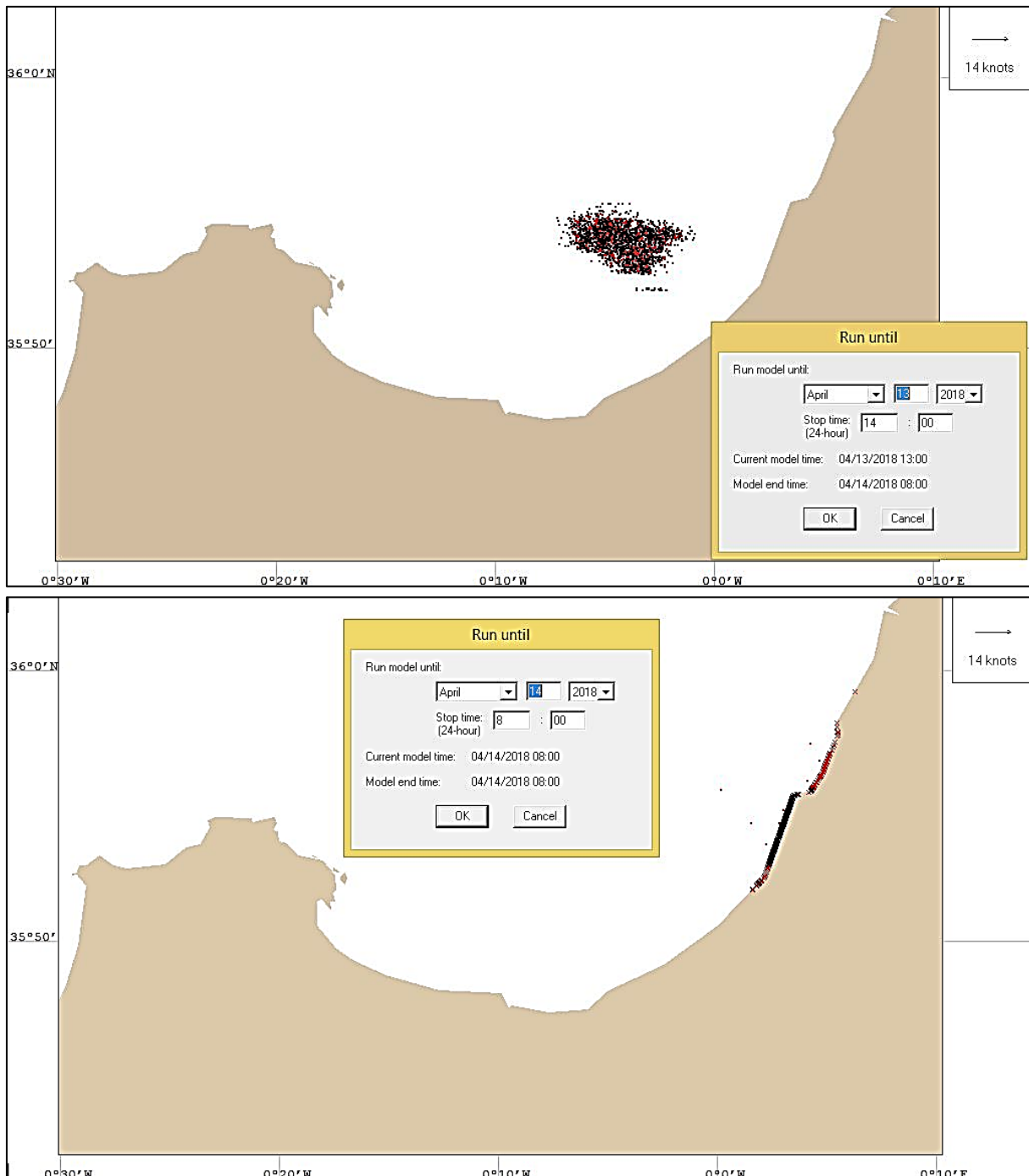
déversée de 10000 tonnes métriques de type SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL, avec un point de déversement (35°54'37" N et 0°9'37" W) dans la baie d'Arzew (Figure IV.55).

**Scénario 1 :** Le déversement d'hydrocarbures a eu lieu à 08h00 le 08 janvier de la saison d'hiver 2018 et a duré 24 heures jusqu'à 08h00 le 09 janvier 2018. Un vent du Nord avec une vitesse de 15 nœuds, le courant à l'intérieur du Golfe égal à 11 cm/s est de sud-ouest. Les cartes suivantes montrent le mouvement de la nappe d'hydrocarbures au cours du temps (après 5 heures et après 24 heures de déversement) en fonction de la dérive (courant et le vent).



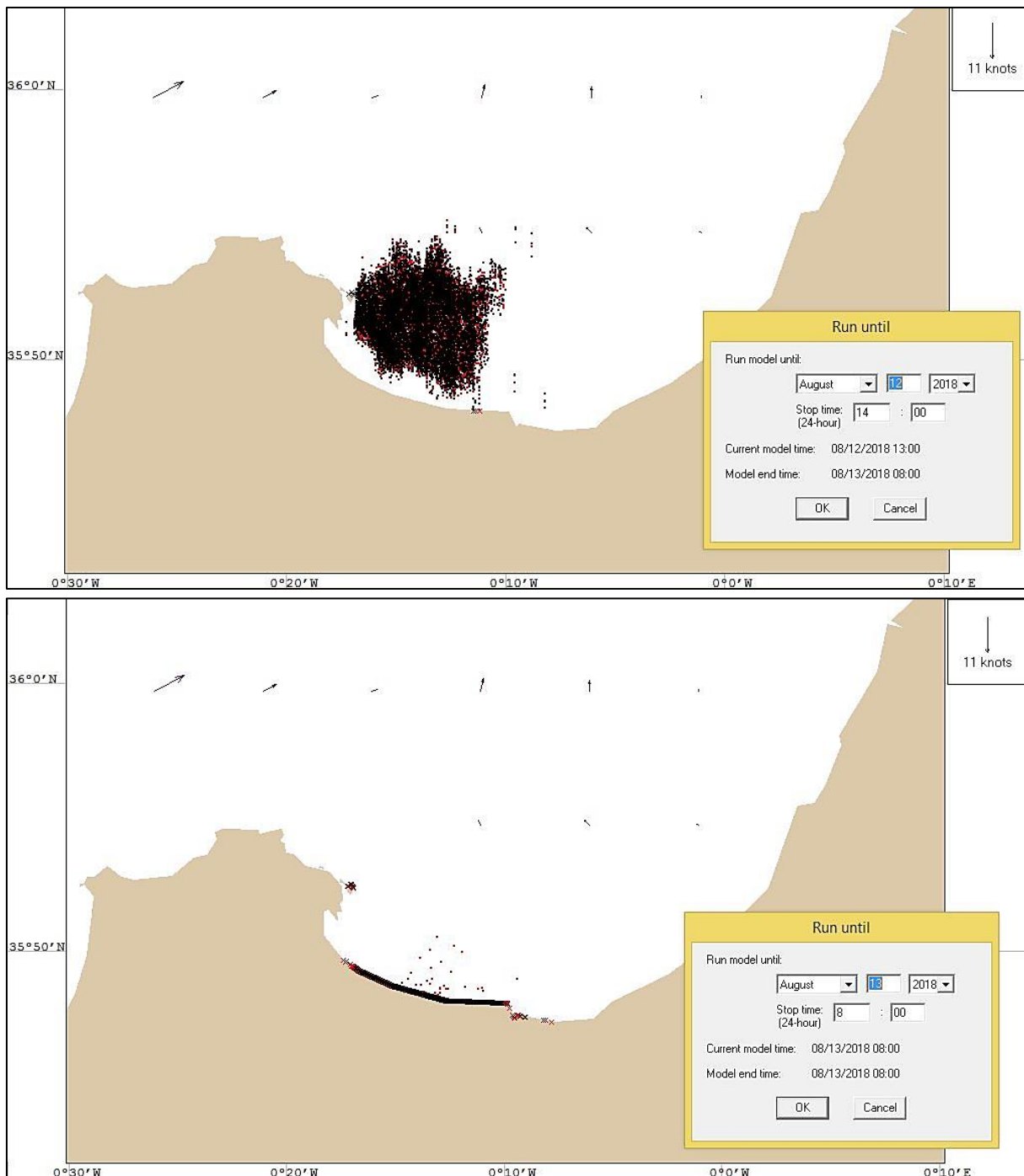
**Figure IV.56a :** Dérive de la nappe d'hydrocarbures vers la côte d'Arzew après 5 heures de déversement, **IV.56b.** Résultat final du scénario N°1 après 24 heures de déversement à 8h00.

**Scénario 2** : Le déversement d'hydrocarbures a eu lieu à 08h00 le 13 avril 2018 (saison d'automne) jusqu'à 08h00 le 14 avril 2018. Un vent d'ouest avec une vitesse de 14 nœuds, le courant à l'intérieur du golfe égal à 10 cm/s orienté au sud.



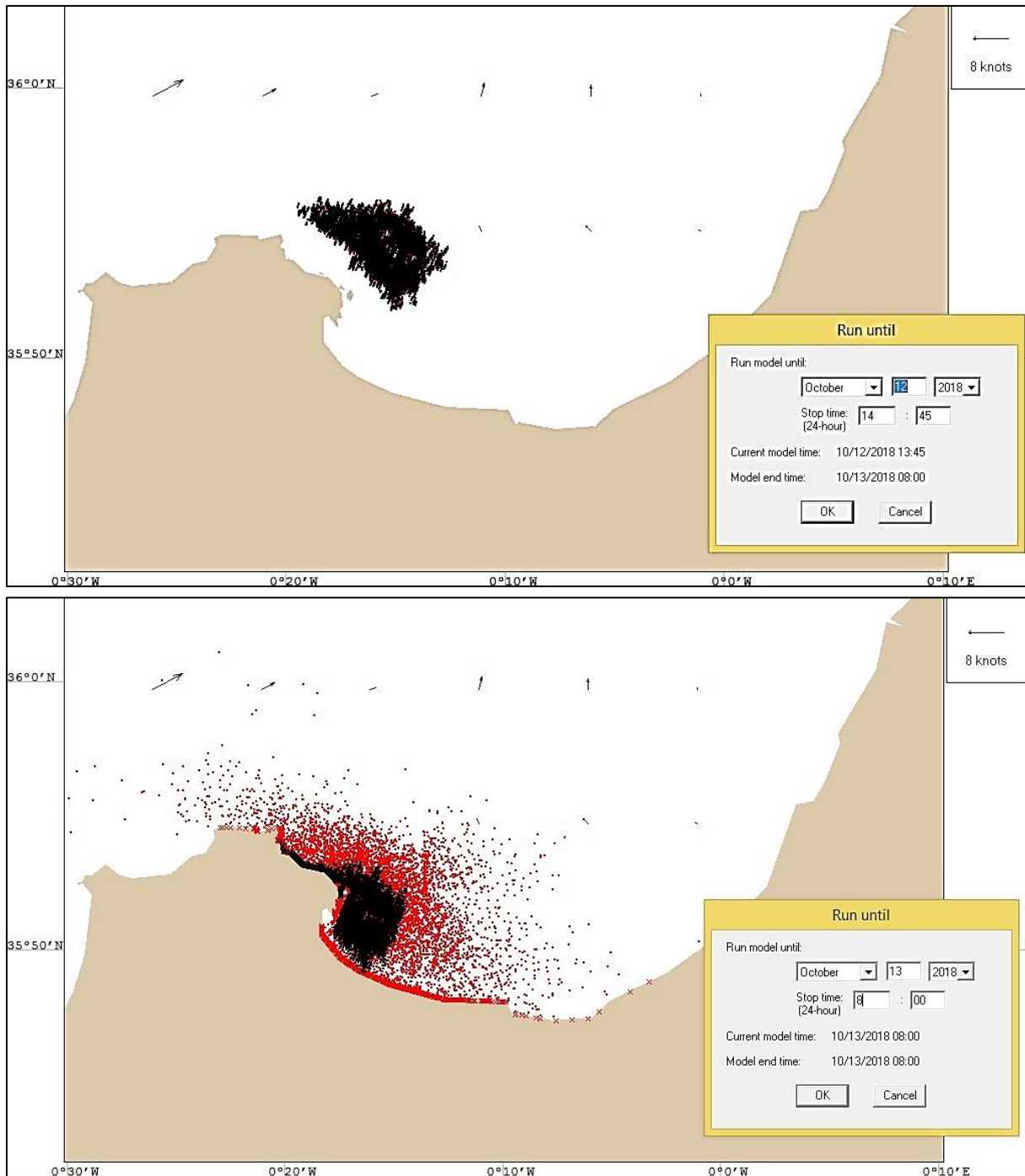
**Figure IV.57a.** Dérive de la nappe d'hydrocarbures vers la côte d'Arzew après 6 heures de déversement, **IV.57b.** Résultat final du scénario N°2 après 24 heures de déversement à 8h00.

**Scénario 3** : Le déversement d'hydrocarbures a eu lieu à 08h00 le 12 août 2018 (saison estivale) jusqu'à 08h00 le 13 août 2018. Un vent du Nord avec une vitesse de 11 nœuds, le courant à l'intérieur du golfe égal à 09 cm/s porte à l'intérieur du golfe.



**Figure IV.58a.** Dérive de la nappe d'hydrocarbures vers la côte d'Arzew après 6 heures de déversement, **IV.58b.** Résultat final du scénario N°3 après 24 heures de déversement à 8h00.

**Scénario 4 :** Le déversement d'hydrocarbures a eu lieu à 08h00 le 12 octobre 2018 (saison estivale) jusqu'à 08h00 le 13 octobre 2018. Un vent de Nord-Est avec une vitesse de 8 nœuds, le courant à l'intérieur du golfe égal à 08 cm/s porte à l'Est.



**Figure IV.59 :** Dérive de la nappe d'hydrocarbures vers la côte d'Arzew après 6 heures et 45 minutes de déversement, **IV.59a**. Résultat final du scénario N°4 après 24 heures de déversement à 8:00 AM.

Les modèles mis en place ont permis de comprendre le comportement de la marée noire (Fig IV.56 et IV.59). Dans le scénario 1 (fig IV.56), le modèle de simulation a démarré à l'heure de déversement d'hydrocarbure à 08h00 le 8 janvier 2018 et a duré 24 heures jusqu'à 08h00 le 09 janvier 2018. Le déversement est représenté par un ensemble de points noirs et rouges. Les points noirs représentent la solution la plus probable, en supposant qu'il n'y a aucune certitude quant aux paramètres d'entrée. Les points rouges, quant à eux, représentent la solution à regret minimal. Nous constatons que pour un vent du Nord de 15 nœuds, au début de la simulation, la

nappe de pétrole s'est déplacée vers le Sud-Est avec des points noirs et rouges au début de la simulation, après cinq heures de déversion, à 13h.00 le 8 janvier, la quantité d'hydrocarbures s'est déplacée vers le centre de la baie, et après 24 h, à 08h00 le 9 janvier, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers le sud et a atteint le littoral d'Arzew (Mers El Hadjadj, la grande plage-Port aux Poules, El Mecta, la plage Sidi Mensour). Près de 11,24 km de côtes ont été touchés de (35°47'58.52 "N, 0°10'47.58 "W à 35°48'27.51 "N, 0°3' 56.63 "W), de sorte que 91,6% de la quantité déversée s'est échouée.

Quant au scénario n°2 (Fig IV.57), pour un vent d'ouest de 14 nœuds, le courant à l'intérieur du golfe égal à 10 cm/s porte au Sud, le type et la quantité de pétrole sont les mêmes que dans le scénario n°1. Le scénario débute le 13 avril 2018 à 08h00 et dure 24 h, jusqu'au 14 avril 2018 à 08h00. Après 6 h de déviation, la quantité d'hydrocarbures déversée se déplace vers l'Est, et après 24 h, une grande partie de la nappe d'hydrocarbures s'échoue sur la côte nord-est près du Cap Ivi à Mostaganem, et environ 20,36 km de côte sont touchés.

Tandis que pour les scénarios 3 commence le 12 août 2018 à 08h00, jusqu'au 13 août 2018 à 08h00 et les scénarios 4 commence le 12 octobre 2018 à 08h00, jusqu'au 13 octobre 2018 à 08h00 (fig IV.58 et IV.59), la nappe de pétrole s'est déplacée à l'ouest du golfe d'Arzew avec des vitesses de vent moins importantes que les saisons d'hiver et d'automne (S1, S2), avec environ 10km de la côte ouest a été affectée (zone d'Arzew, Cape Carbon, et Kristel).

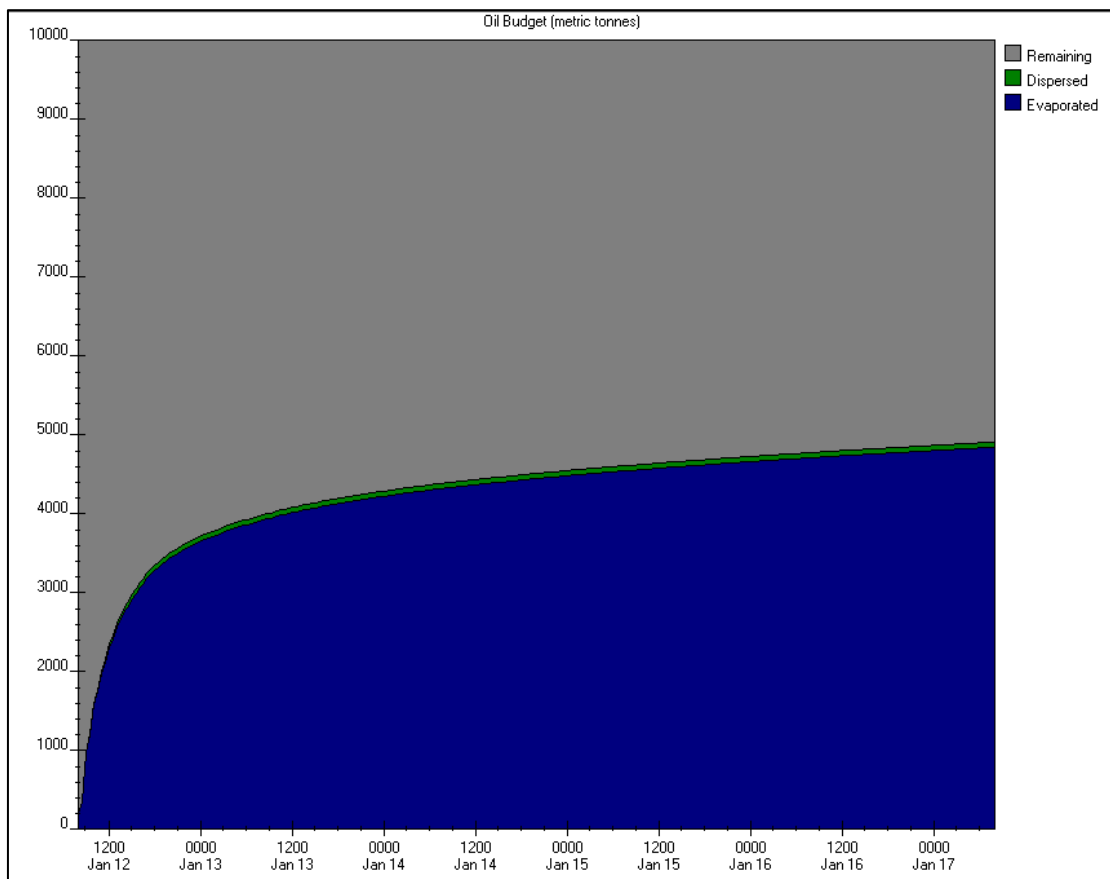
La dérive de la nappe de pétrole confirme que le vent est la force motrice de leur mouvement, en notant que pour les scénarios 1 et 2, la nappe s'est déplacée vers le sud jusqu'au centre de la zone côtière et vers la côte est jusqu'à Mostaganem. Pour les scénarios 3 et 4, la nappe s'est déplacée vers l'ouest.

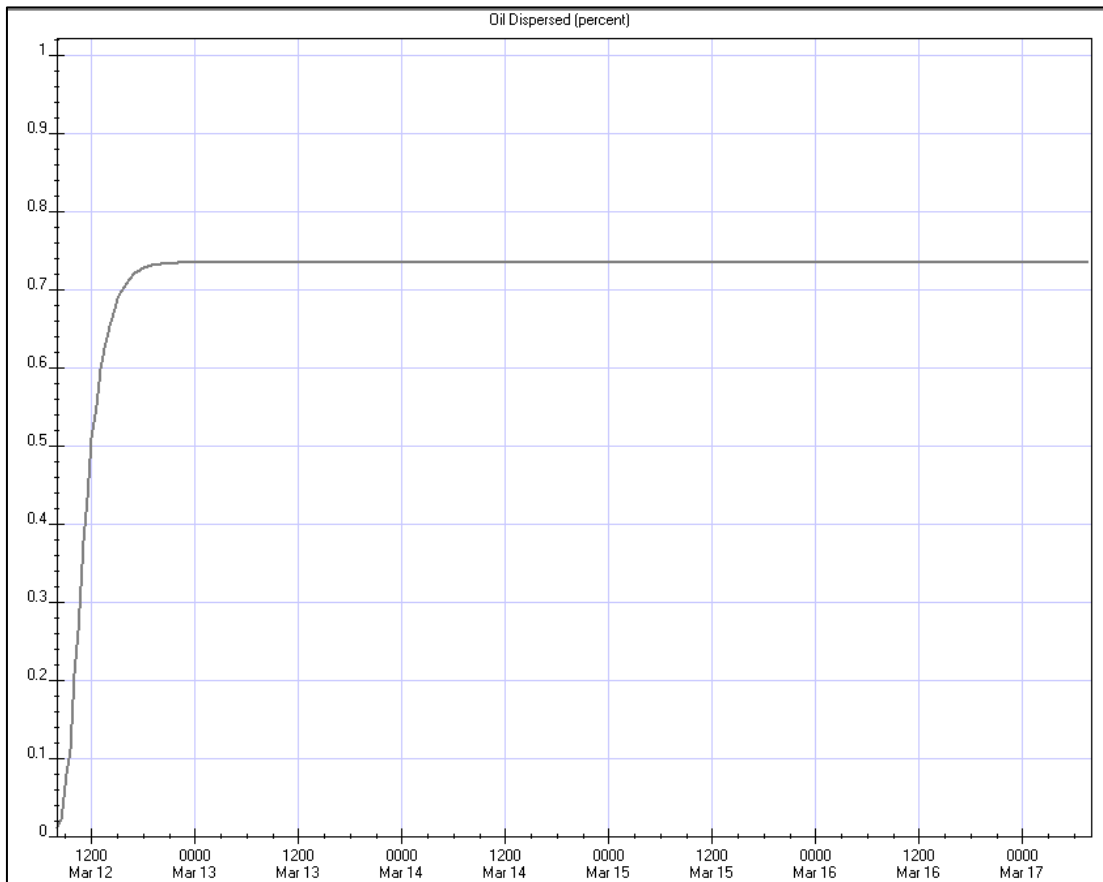
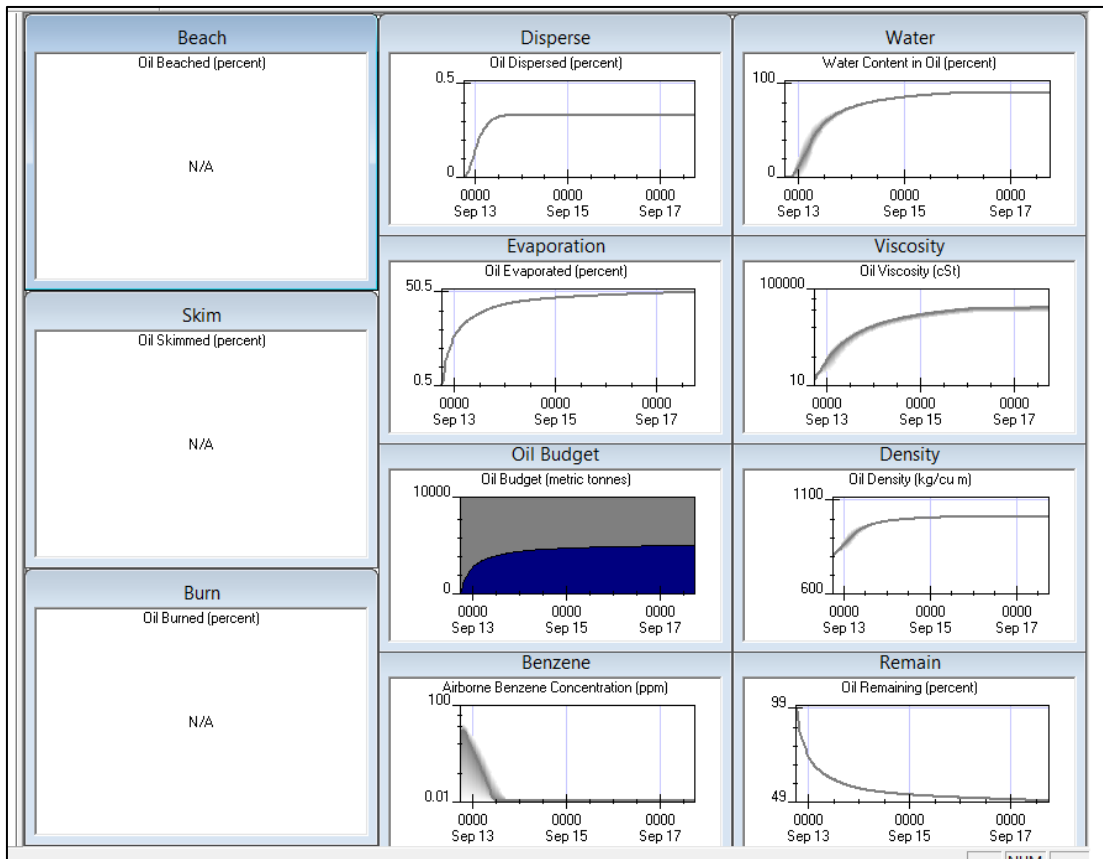
**Tableau IV.4:** Intégration des conditions initiales des 4 scénarios de marée noire dans le modèle ADIOS-2 (inputs).

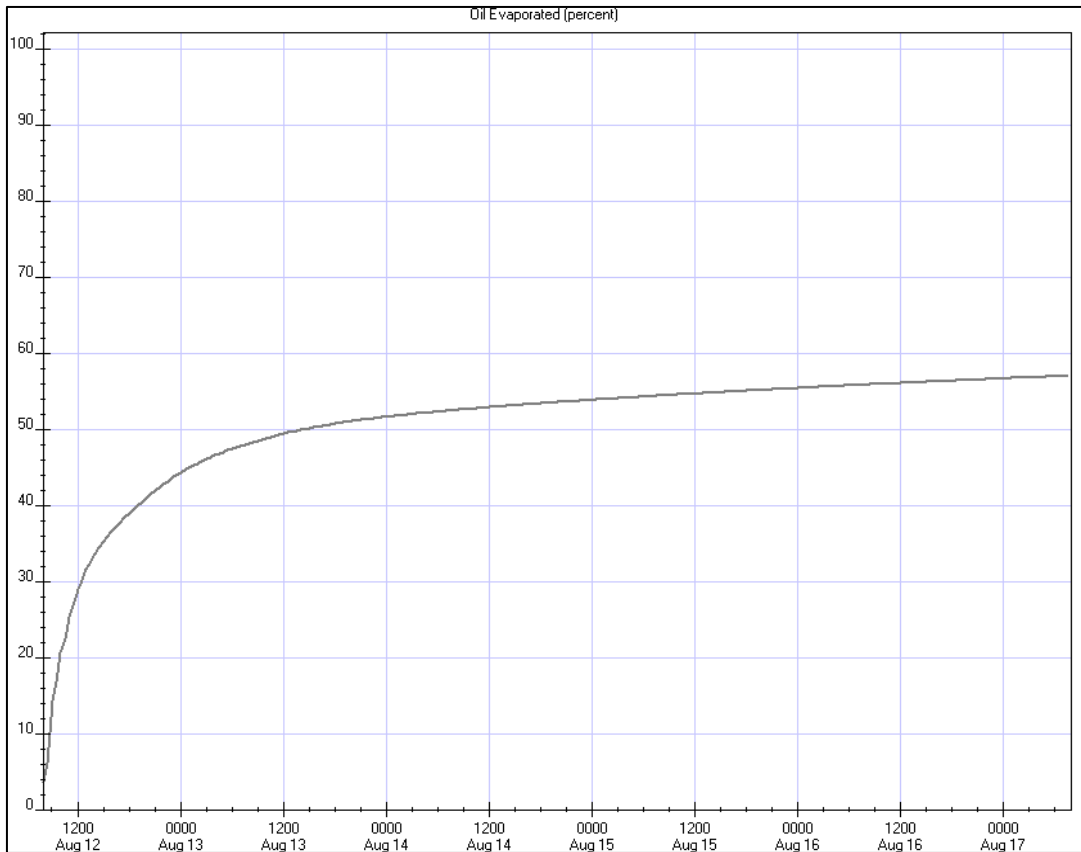
<b>Entrées dans ADIOS-2</b>	<b>Scénarios de déversement</b>
<b>Hydrocarbure</b>	<b>Type of oil or product spilled</b>
	SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL
	Localisation= ALGERIE
	API= 41.9
	Pour Point= -23°C
	Viscosité= 10.2 cSt à 5°C
<b>Vent</b>	<b>Weather conditions</b>
	Wind Speed (knots)= 15N/ 14W/ 11N/ 8NW
<b>Eau</b>	<b>Water properties</b>
	Temperature = 13 °C / 19°C / 24°C / 17°C
	Salinity= 37 ppt
<b>Diffusion</b>	<b>Information sur la diffusion</b> (la quantité de pétrole déversée)
	Heure de diffusion= 8 janvier 2018 à 08:00 heures

	13 Avril 2018 à 08:00 heures 12 Aout 2018 à 08:00heurs 12 Octobre 2018 à 08:00heurs
	Quantité déversée = 10000 tonnes métriques

Les résultats du modèle ADIOS-2 permettent de présenter les différents taux de vieillissement du pétrole déversé. La figure IV.60 montre le taux d'évaporation du déversement, la quantité dispersée et la quantité restante en 5 jours pour les 4 scénarios. Au cours de la première heure du déversement, environ 4-6% du pétrole s'est évaporé, et ce taux a doublé au cours de la deuxième heure. Après cela, le taux d'évaporation augmente progressivement, on constate qu'après 5 jours, le taux d'évaporation des quantités déversées des 4 scénarios varie de 49% à 57% de la quantité initiale de 10.000 tonnes métriques. D'autre part, le taux de dispersion naturelle a été lent, commençant après 8 heures du déversement et atteignant environ 1% à la fin de la simulation (Tab6). Des taux d'évaporation plus élevés pendant la saison estivale par rapport aux autres saisons de l'année en raison des températures plus élevées à la surface de la mer.







**Figure IV.60 :** Les sorties d'ADIOS-2 indiquent la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du déversement.

Le tableau IV.5 résume les détails de la quantité d'hydrocarbures déversés et le pourcentage des différents procédés physico-chimiques utilisés pour les 4 scénarios saisonniers étudiés.

**Tableau IV.5 :** Evolution de la quantité déversée après cinq jours pour les 4 scénarios (bilan pétrolier sous le logiciel ADIOS-2).

Information sur le déversement (après cinq jours)	Libérer (Tonne métrique)	Pourcentage d'évaporation				Pourcentage de dispersion				Pourcentage restant			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1 hours	10,000	3	3	6	4	0	0	0	0	97	97	94	96
4 hours	10,000	21	21	27	23	0	0	0	0	79	79	73	76
8 hours	10,000	30	30	36	32	1	1	1	1	70	70	63	68
12 hours	10,000	34	34	41	35	1	1	1	1	65	65	59	64
24 hours	10,000	39	39	49	41	1	1	1	1	60	60	51	59
34 hours	10,000	42	42	51	43	1	1	1	1	58	48	49	56
48 hours	10,000	43	43	52	45	1	1	1	1	56	46	46	54
60 hours	10,000	44	44	54	47	1	1	1	1	55	45	45	52

72 hours	10,000	45	45	54	48	1	1	1	1	54	44	45	51
90 hours	10,000	47	47	57	48	1	1	1	1	53	53	42	51
120 hours	10,000	49	48	57	48	1	1	1	1	51	52	42	51

La libération de particules sur la côte d'Arzew est significativement influencée par le forçage éolien, résultat approuvé par Rodrigo Duran (2018). Cette force semble être la seule capable de produire et de maintenir les courants observés sur la côte. Les trajectoires des particules varient en fonction de l'évolution des vents saisonniers (Nordam et al. 2019 ; Röhrs et al. 2019).

Les résultats du modèle ADIOS2 ont montré que près de la moitié de la quantité de pétrole brut déversée s'est évaporée. Dans le même temps, le pourcentage de dispersion naturelle a augmenté lentement et n'a pas dépassé 1 % dans les quatre scénarios. En outre, la teneur en eau de l'émulsion a augmenté rapidement pour atteindre 90 % à la fin de la simulation. Par conséquent, les intervenants en cas de déversement d'hydrocarbures pourraient utiliser cette étude comme référence ou guide pour informer le processus systématique de planification de la conservation de l'environnement près de la côte d'Arzew.

Les marées noires peuvent avoir de graves répercussions sur le milieu marin, affectant la faune et la flore tant sur le plan physique (engloutissement, étouffement des habitats) que sur le plan toxique (contamination des organismes par des processus chimiques).

Cette étude porte sur le golfe d'Arzew à Oran, où les marées noires représentent un risque sérieux de perturbation de l'écosystème marin et côtier. L'objectif est de déterminer les zones susceptibles d'être touchées, d'estimer le moment où le pétrole atteindra le littoral et de calculer les processus d'altération du pétrole (évaporation, dispersion naturelle et pourcentage restant). Les trajectoires sont principalement influencées par le vent, qui est le principal moteur des courants marins dans notre zone d'étude. Les courants dans le Golfe d'Arzew sont principalement orientés vers l'est. Leur vitesse est très faible (8-11 cm/s), alors que les vents ont des vitesses élevées, jusqu'à 15 m/s en hiver. La gravité de la pollution dépend des conditions environnementales et météorologiques, de la sensibilité du site, de la quantité et du type d'hydrocarbures déversés. Ces critères impliquent une vitesse de dégradation naturelle plus ou moins longue et un temps d'exposition correspondant pour les organismes.

Un hydrocarbure léger se dissipe plus rapidement. Bien qu'il ne présente pas de risque physique direct, il faut tenir compte des effets toxiques sur les organismes, notamment ceux vivant à la surface de l'eau et à proximité, qui y seront exposés (infertilité, dégradation du système immunitaire, etc.). Une évaluation scientifique des effets typiques des marées noires montre que si les dommages peuvent être profonds au niveau des organismes individuels, les populations sont plus résistantes. Avec le temps, les processus naturels de récupération sont capables de réparer les dommages et de rétablir les fonctions normales du système. Ces processus peuvent être assistés par la récupération des hydrocarbures dans le cadre d'opérations de nettoyage efficaces, ou même accélérés par des mesures de récupération soigneusement gérées. Bien que des dommages à long terme aient été enregistrés dans quelques rares cas, les habitats et la vie marine touchés ont généralement tendance à se rétablir en quelques saisons, même après les déversements d'hydrocarbures les plus importants. Un large éventail

d'industries qui dépendent d'un approvisionnement en eau de mer propre peut subir des pertes considérables à la suite d'une marée noire. Les secteurs de la pêche et du tourisme sont souvent les plus gravement touchés. Dans de nombreux cas, une notification rapide permet de prendre des mesures d'urgence efficaces pour protéger les ports de plaisance et les prises d'eau industrielles. L'arrêt d'une centrale électrique ou d'une usine de dessalement par mesure de précaution peut avoir des conséquences considérables et peut s'avérer inutile si des mesures peuvent être mises en place pour maintenir les opérations. . D'autres activités, notamment la production de sel de mer, l'ingénierie côtière et même l'agriculture, ont été affectées par les marées noires. Dans la mesure du possible, les plans d'intervention d'urgence doivent prévoir des mesures d'atténuation des impacts. Les effets d'une marée noire sur les ressources halieutiques et les populations de poissons sont extrêmement difficiles à isoler d'autres facteurs, tels que les fluctuations naturelles des stocks, les effets climatiques, la contamination chronique d'origine industrielle et urbaine et la surpêche.

La zone côtière est donc plus vulnérable que d'autres, en partie à cause de l'intensité du trafic maritime, mais aussi parce que le niveau de préparation à la lutte contre la pollution est relativement faible par rapport à l'Atlantique européen, par exemple.

**IV.4.1.2. Scénarios de modélisation avec le logiciel Web GNOME**

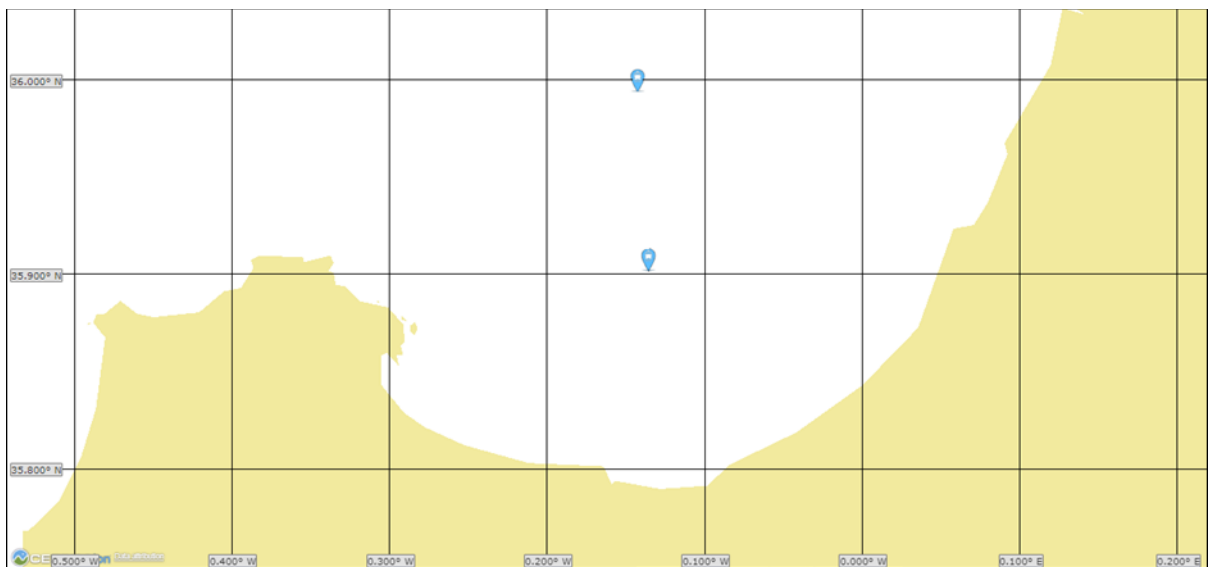
Cette section décrit les critères de décision pour les nombreux modèles de simulation des différents scénarios dans le Golfe d'Arzew. Le tableau IV.6 présente les variables météorologiques et hydrodynamiques pour les 16 scénarios étudiés. Pour les quatre saisons de l'année 2018, 10 000 tonnes de pétrole brut de type Algerian Blend se sont déversées sur deux points de déversement différents (P1 et P2) dans le golfe d'Arzew. Et 30 000 tonnes métriques de condensat algérien Statoil, ainsi que la position des deux points de déversement (P1 et P2) au centre du golfe d'Arzew pour les quatre saisons de 2022, ainsi que l'heure de début du modèle, l'heure de fin du modèle, la durée de la simulation, et la température et la salinité de la surface de la mer.

**Tableau IV.6:** Conditions initiales des 16 scénarios étudiés (2018 et 2022).

Scenarios	2018				2022			
Seasons	Winter	Autumn	Summer	Spring	Winter	Autumn	Summer	Spring
date	04/01/2018- 06/01/2018	13/04/2018- 15/04/2018	12/08/2018- 14/08/2018	12/10/2018- 14/10/2018	04/02/2022- 06/02/2022	15/05/2022- 17/05/2022	25/06/2022- 27/06/2022	25/11/2022- 27/11/2022
2 points of the spills (P)	<b>P1 = (35°54'5" N and 0°8'18" W) + P2= (35°59'37" N and 0°8'35" W)</b>							

Oil type	ALGERIAN BLEND				ALGERIAN CONDENSATE STATOIL			
Quantity	10,000 metric tons				30,000 metric tons			
Model start/end time	8 am to 8 am				1 pm to 1 pm			
Duration	24h/48h							
Wind speed (knot)/ Direction	15 Nord	14 West	11 Nord	8 North-West	13 Nord	14 West	10 Nord	6 North-West
Salinity (PSU)	37	37	37	37	37	37	37	37
Sea temperature	14°C	20°C	25°C	18°C	15°C	21°C	24°C	19°C
Sea current	The real-time RTOFS Global Ocean Model with a horizontal resolution of 1/12 degrees based on the HYCOM model							

Les points de décharge (Fig.IV.61) sont choisis en fonction de la carte de densité du trafic maritime de notre zone d'étude. Cette carte montre un trafic maritime important dans la baie d'Arzew au niveau des zones côtières allant vers la mer (le point de rencontre des navires entrant et sortant de la baie présente le lieu de plus grand danger à l'entrée de la baie au centre du golfe d'Arzew, d'où le choix des points de rejet des hydrocarbures pour les scénarios d'étude). La grande capacité d'exportation d'hydrocarbures dans cette zone justifie ce choix. Le risque événementiel est omniprésent, et cette pression affecte directement le milieu marin



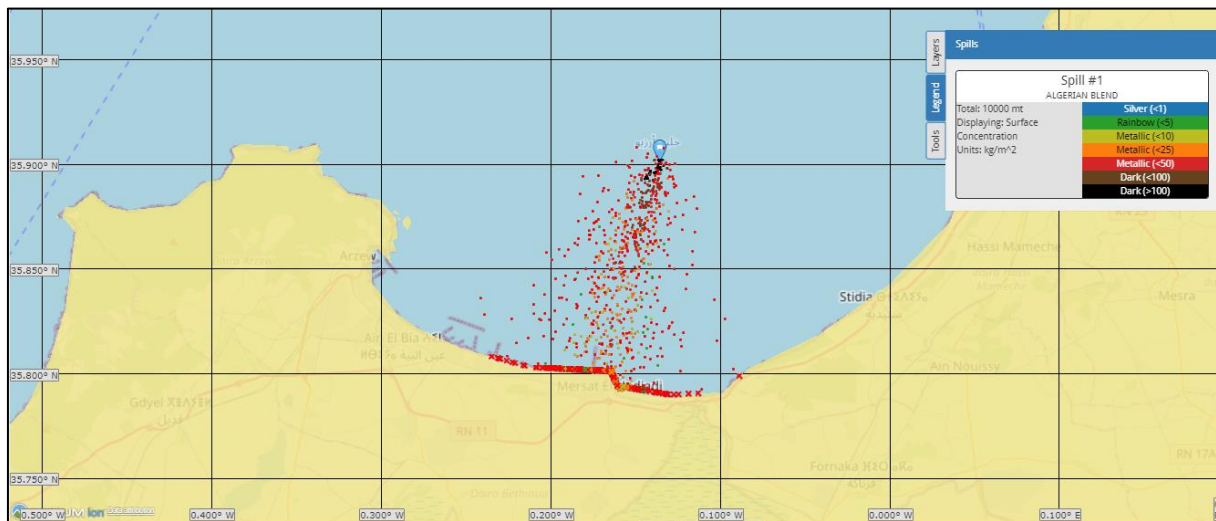
**Figure IV.61 :** Sites de déversement de la nappe d'hydrocarbures au centre du golf d'Arzew (P1(35°54'5" N et 0°8'17" W), P2( 35°59'37" N et 0°8'35" W )) sous webGNOME.

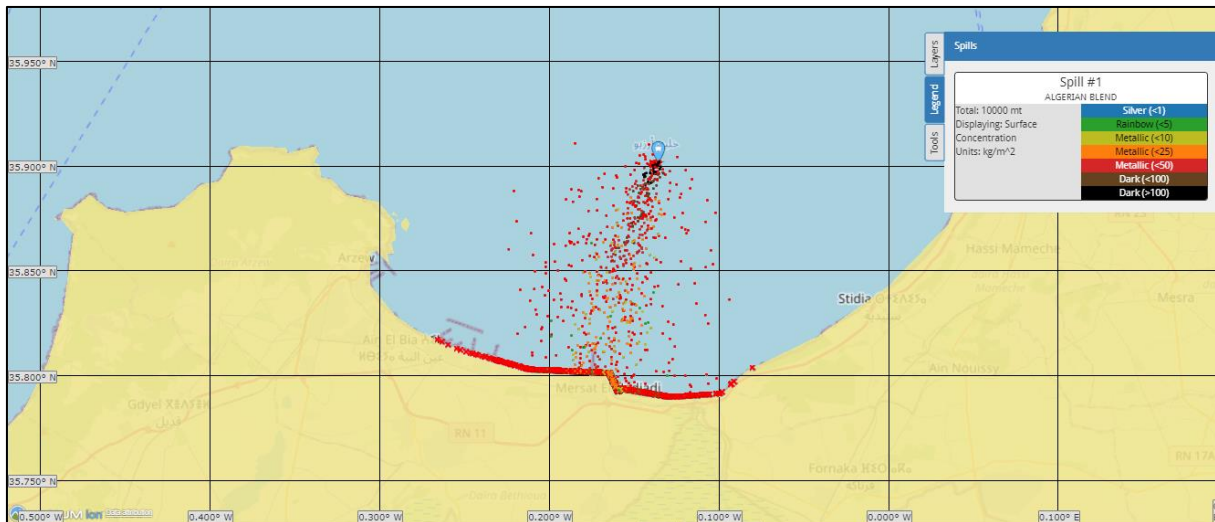
Cette section présente les résultats des différents tests des différents scénarios dans le Golfe d'Arzew pour les 4 saisons de 2018 et 2022. Une quantité de pétrole brut déversée de 10000

tonnes métriques de type ALGERIAN BLEND et 30000 tonnes métriques de type ALGERIAN CONDENTE STATOIL, après 48 h du déversement (Tab4), avec 2 points des déversements (35°54'5" N et 0°8'18" W), (35°59'37" N et 0°8'35" W) dans la baie d'Arzew (Fig IV.61). Cette étude a simulé des scénarios hypothétiques de marée noire au large de la baie d'Arzew en utilisant webGNOME et NOAA ADIOS, montrant des impacts négatifs sur les zones côtières. Les résultats des trajectoires et des altérations des déversements d'hydrocarbures ont été discutés dans cette section.

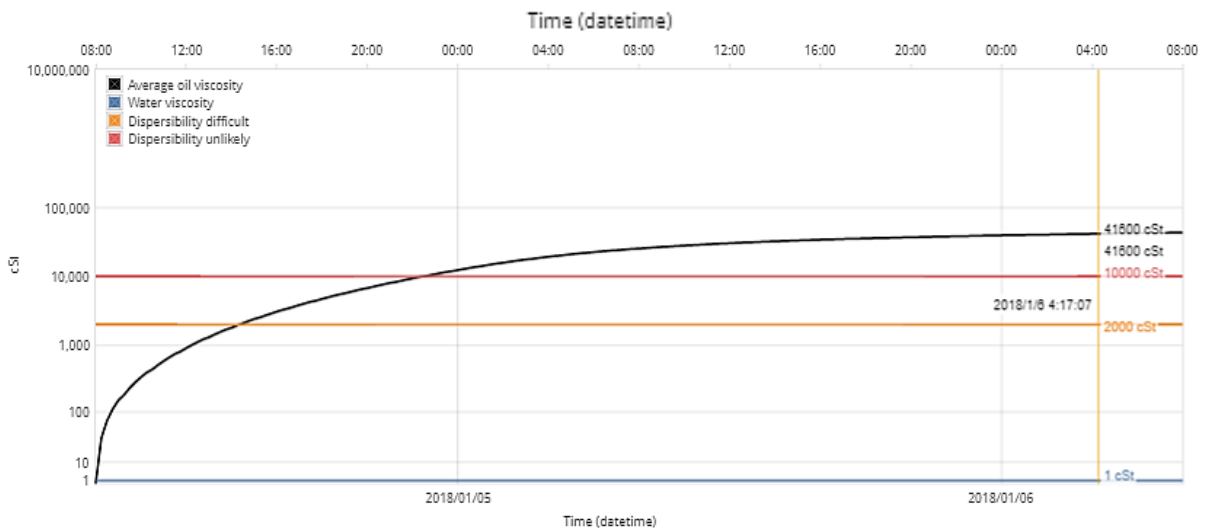
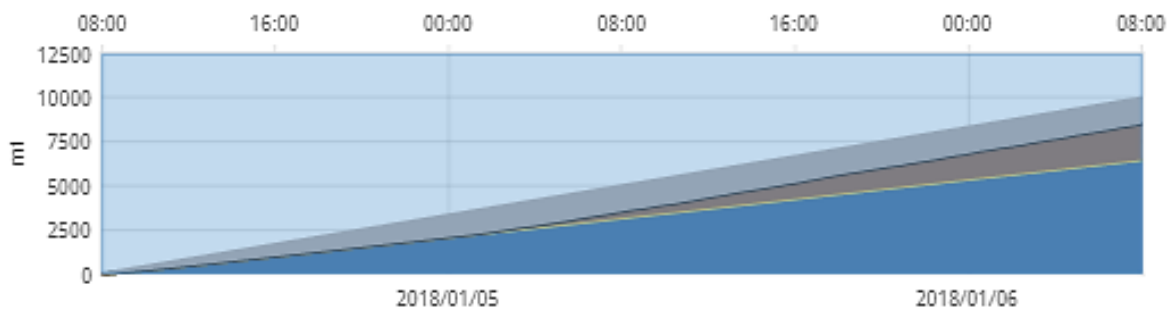
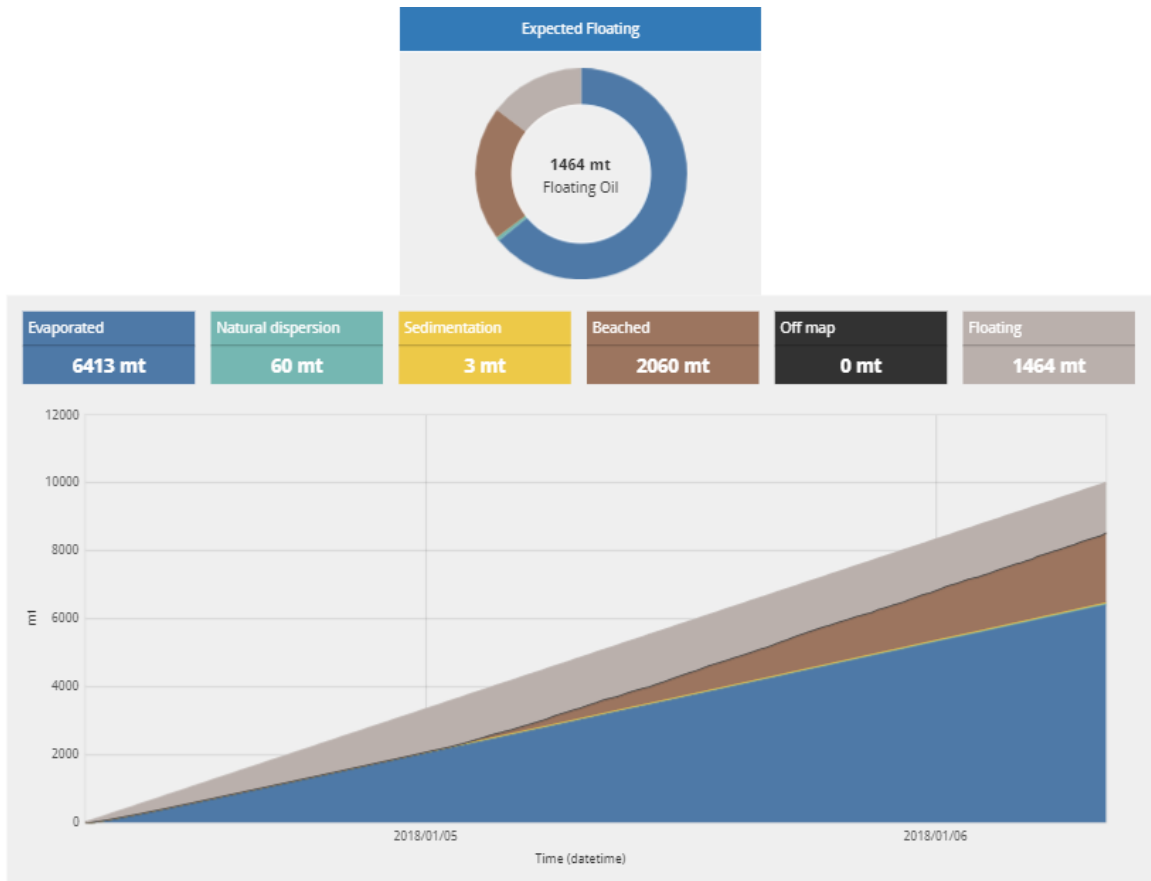
Les figures IV.62 à IV.66 représentent les concentrations d'hydrocarbures à la surface en fonction de la densité des particules 48 heures après le déversement d'hydrocarbures pour les différents scénarios testés. L'échelle de couleurs prédéfinie basée sur l'apparence de Bonn (apparence du pétrole à différentes épaisseurs ou concentrations) a été utilisée parce que les cartes de concentration étaient une représentation plus efficace. De plus, elle montre la distribution inégale des hydrocarbures tout en illustrant clairement les régions à forte concentration contenant la majeure partie du pétrole. Après avoir superposé les résultats des différents scénarios, nous présentons les trajectoires de la nappe de pétrole, les zones les plus susceptibles d'être atteintes dans les différents cas possibles, ainsi que les différents changements physiques et chimiques qui se produisent lorsque du pétrole est déversé dans l'environnement marin.

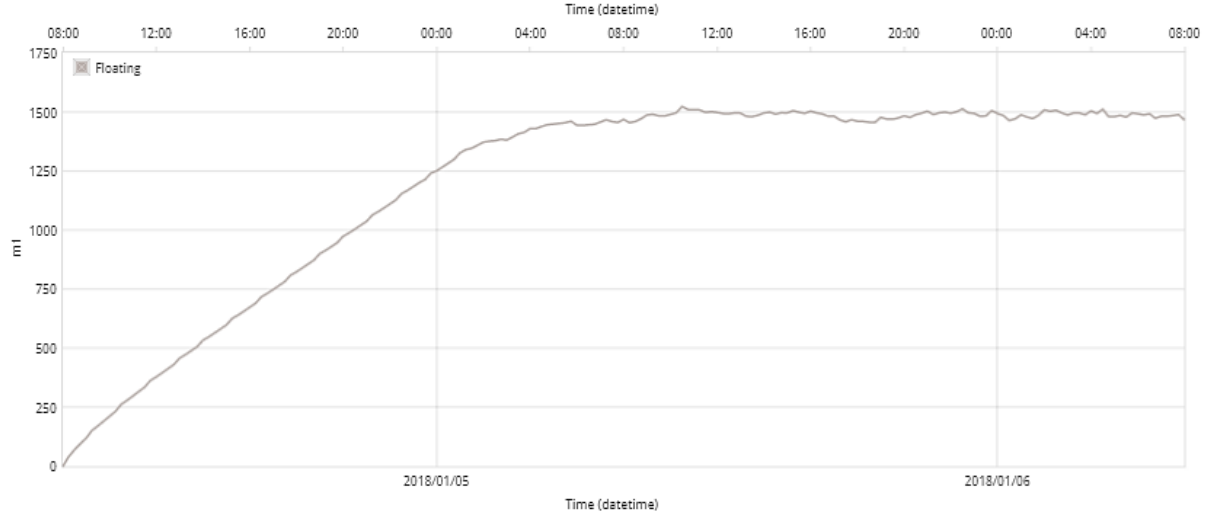
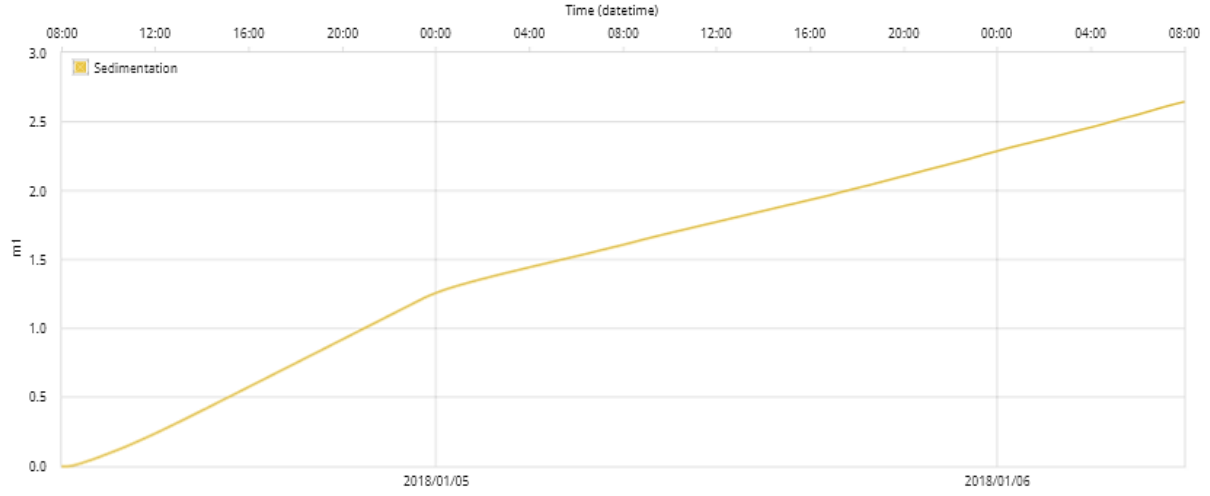
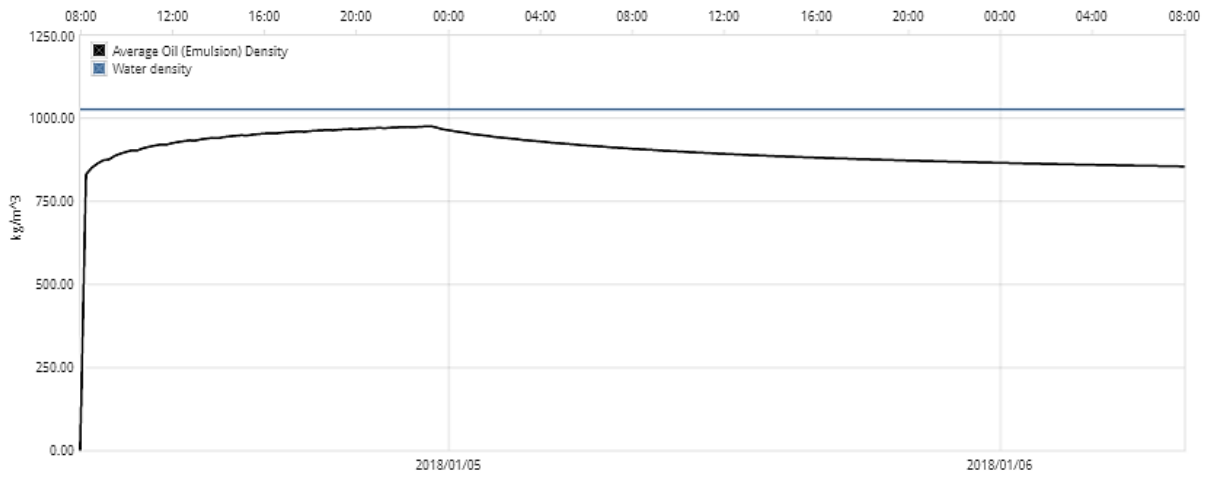
a)

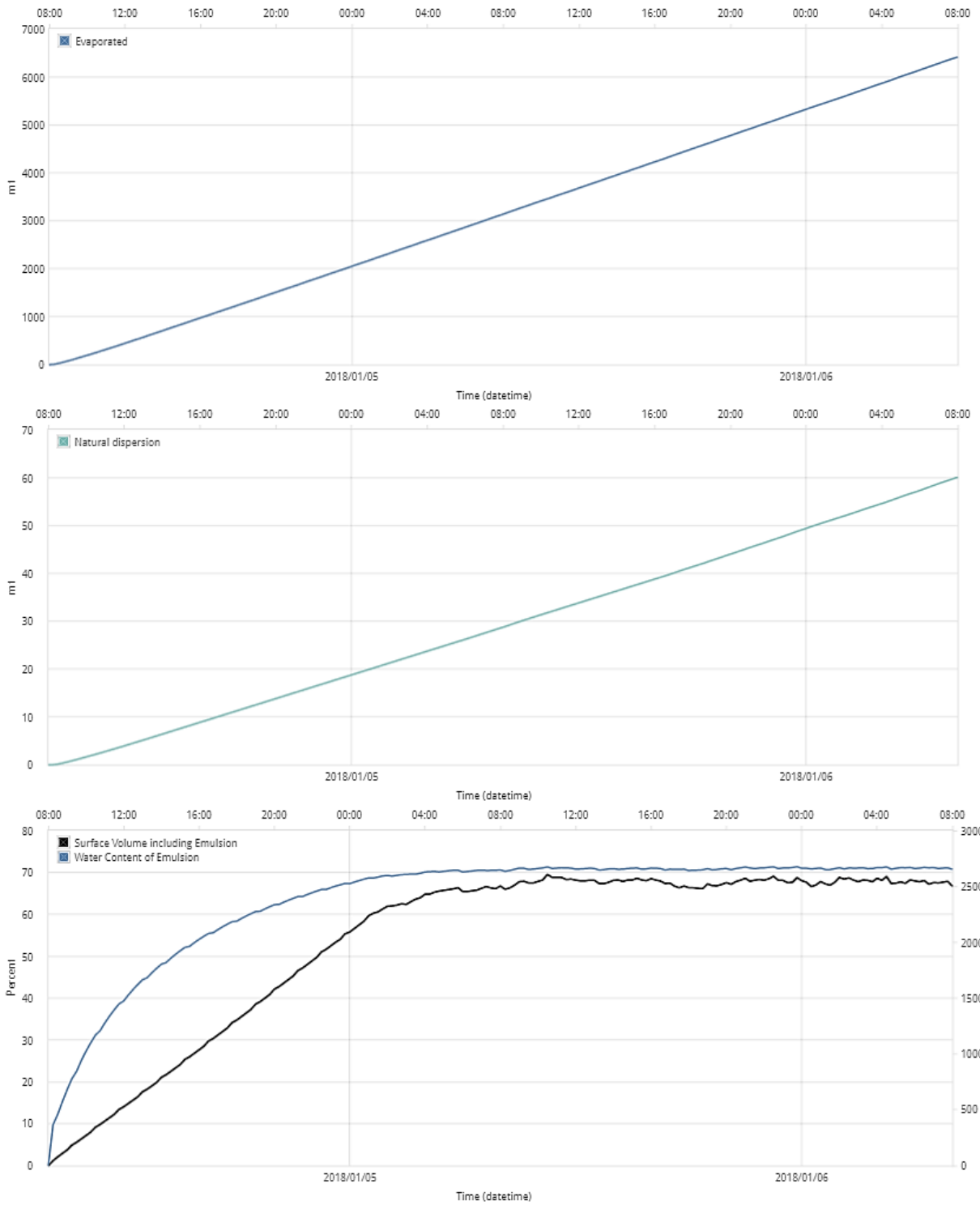




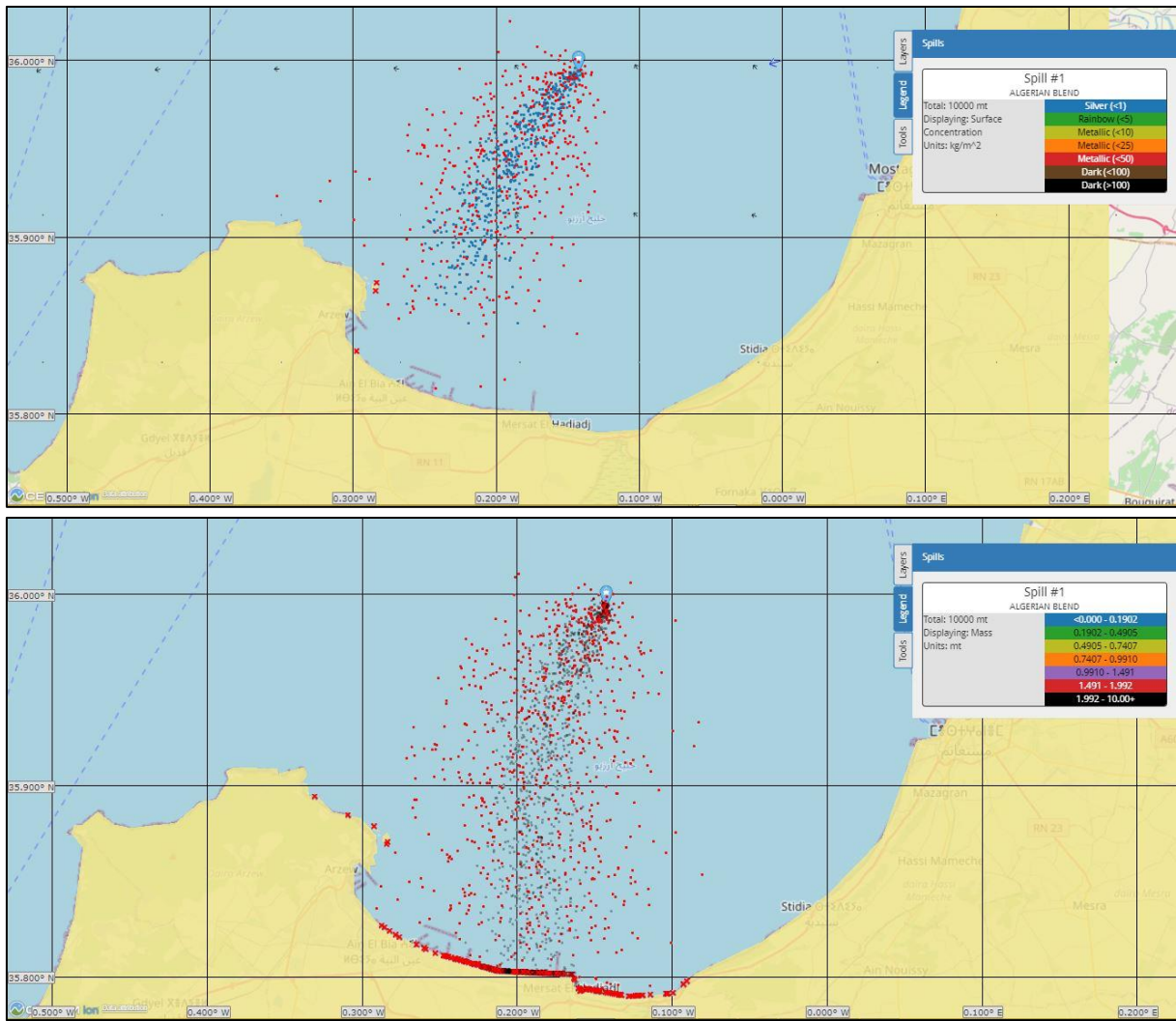
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	39.9	0.3	0	0	0	59.8
2	410	47.9	0.4	0	0	0	51.7
3	620	51.5	0.4	0	0	0	48
4	830	53.9	0.5	0	0	0	45.6
5	1040	55.4	0.5	0	0	0	44
6	1250	56.8	0.5	0	0	0	42.7
9	1870	59.4	0.5	0	0	0	40
12	2500	60.5	0.6	0	0	0	38.9
15	3120	61.5	0.6	0	0	0	37.9
18	3750	61.9	0.6	0	0.9	0	36.6
21	4370	62.5	0.6	0	3.8	0	33.1
24	5000	62.8	0.6	0	7.3	0	29.3
30	6250	63.3	0.6	0	12.2	0	23.9
36	7500	63.7	0.6	0	15.9	0	19.8
42	8750	63.9	0.6	0	18.3	0	17.2
48	10000	64.1	0.6	0	20.6	0	14.6



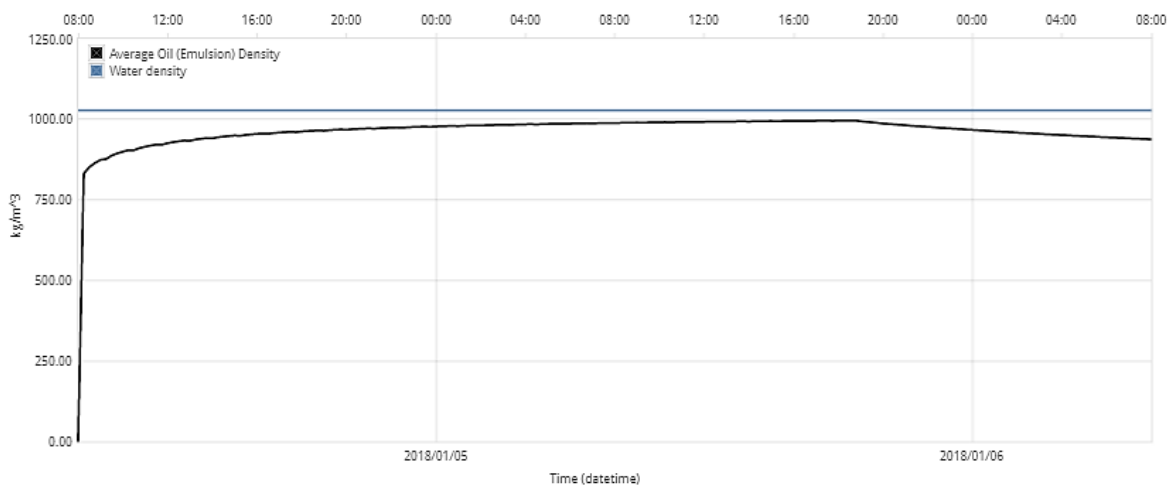
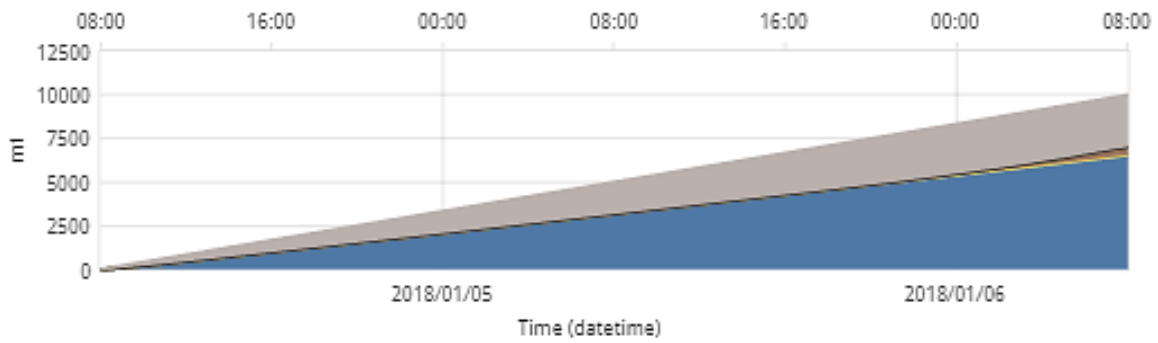
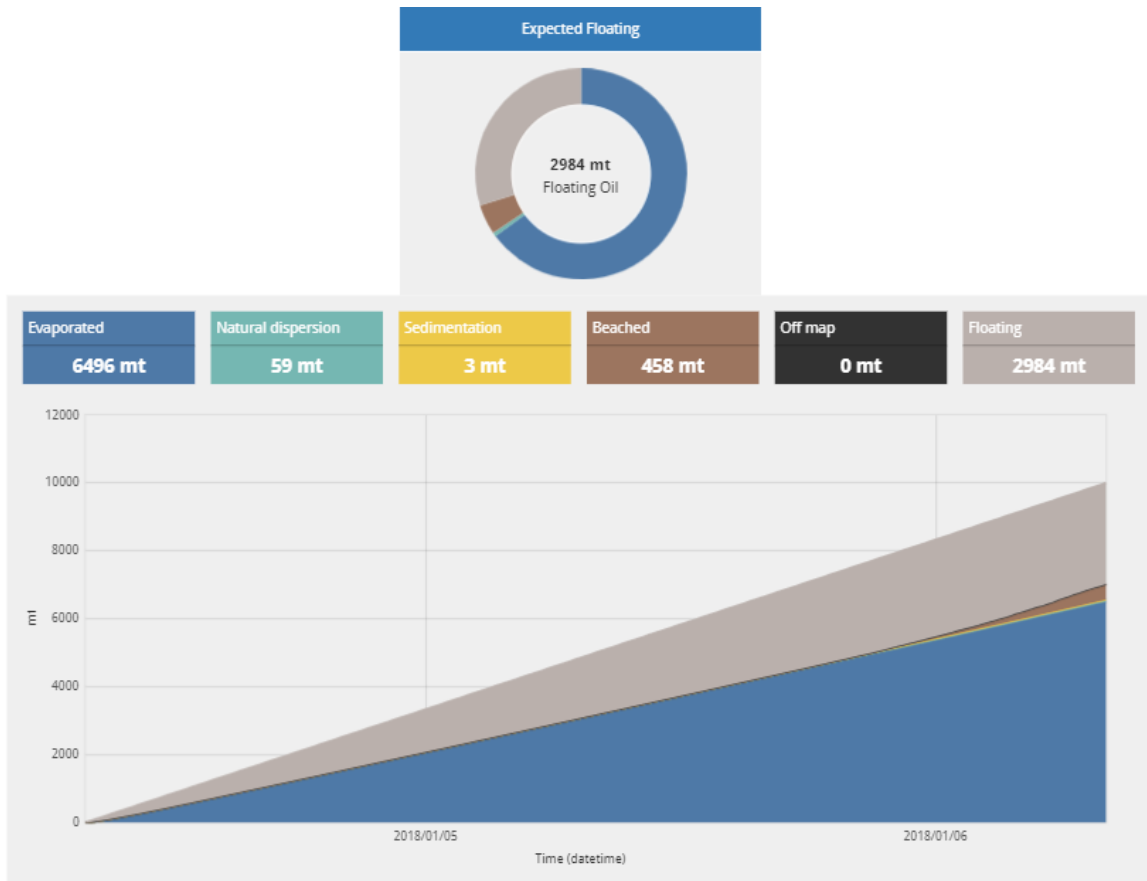


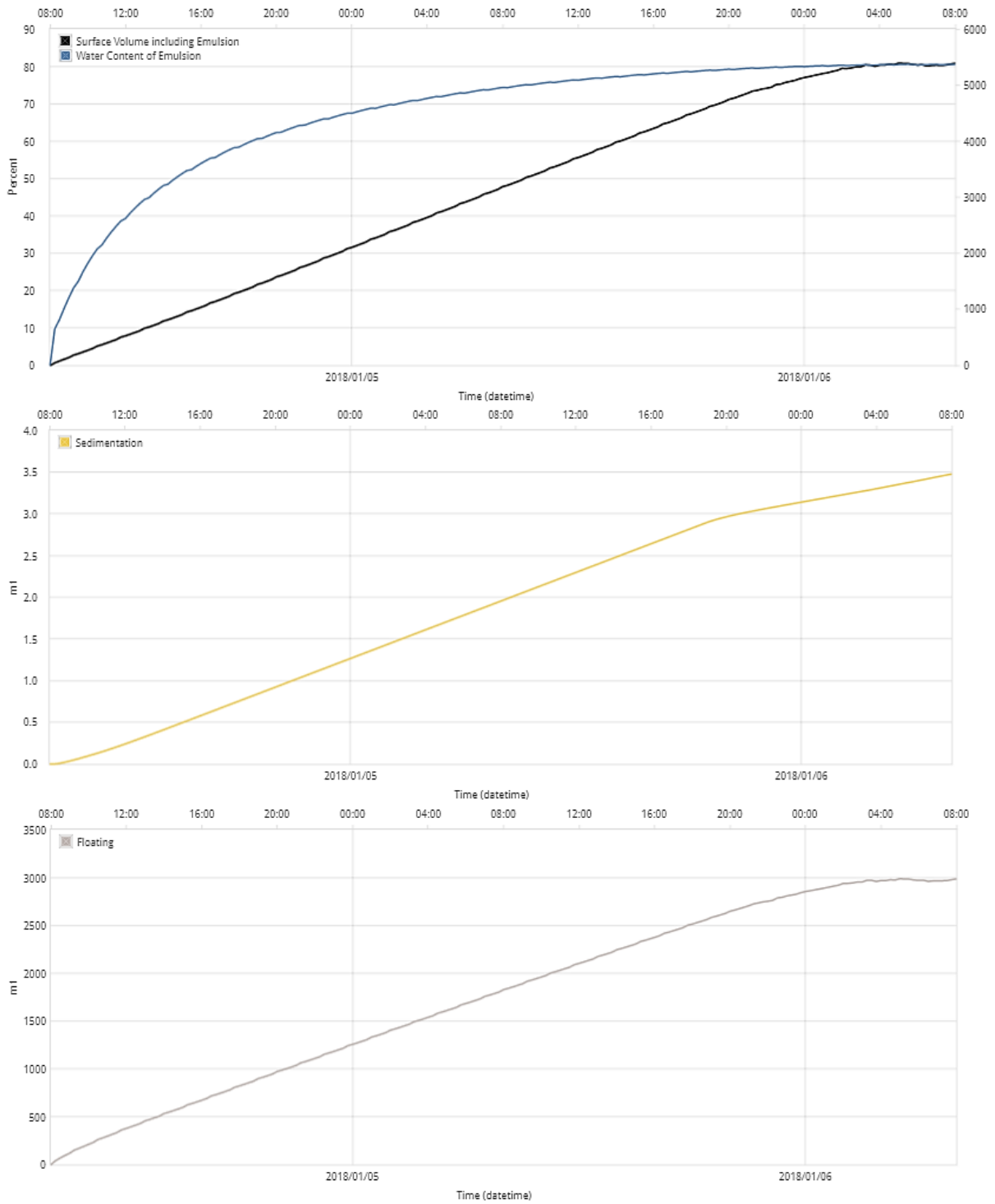


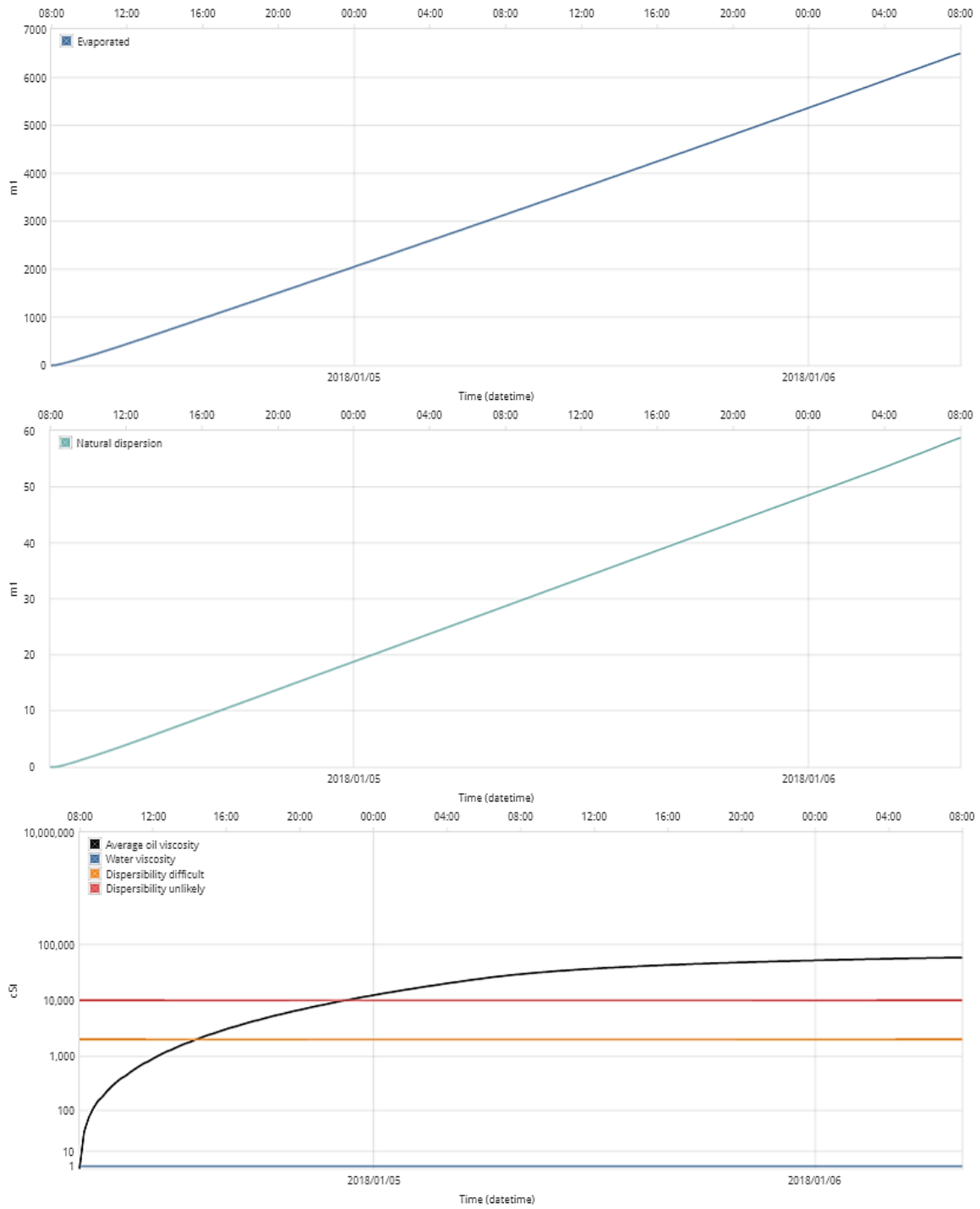
b)



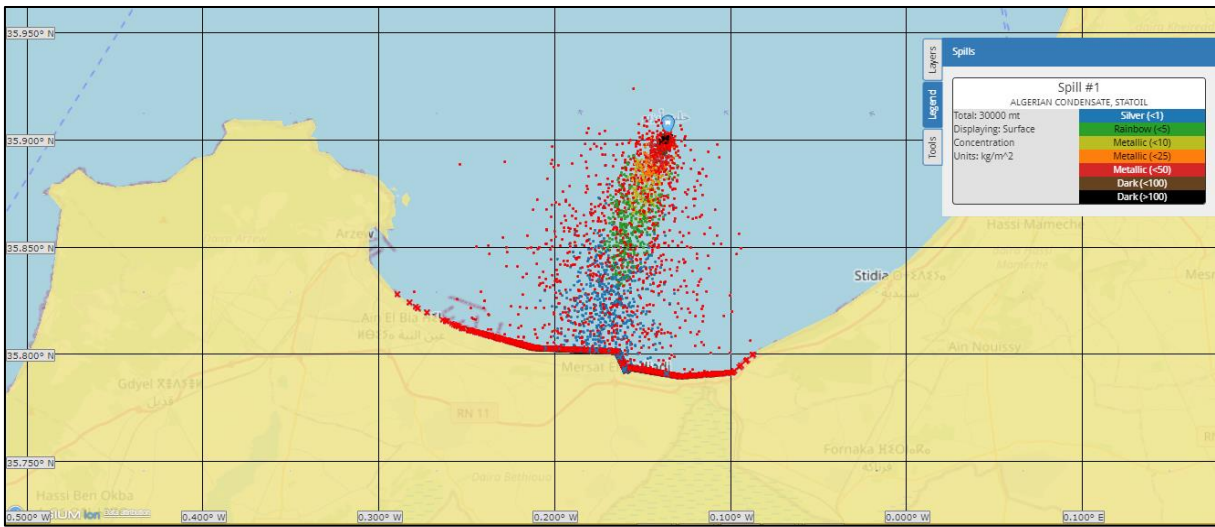
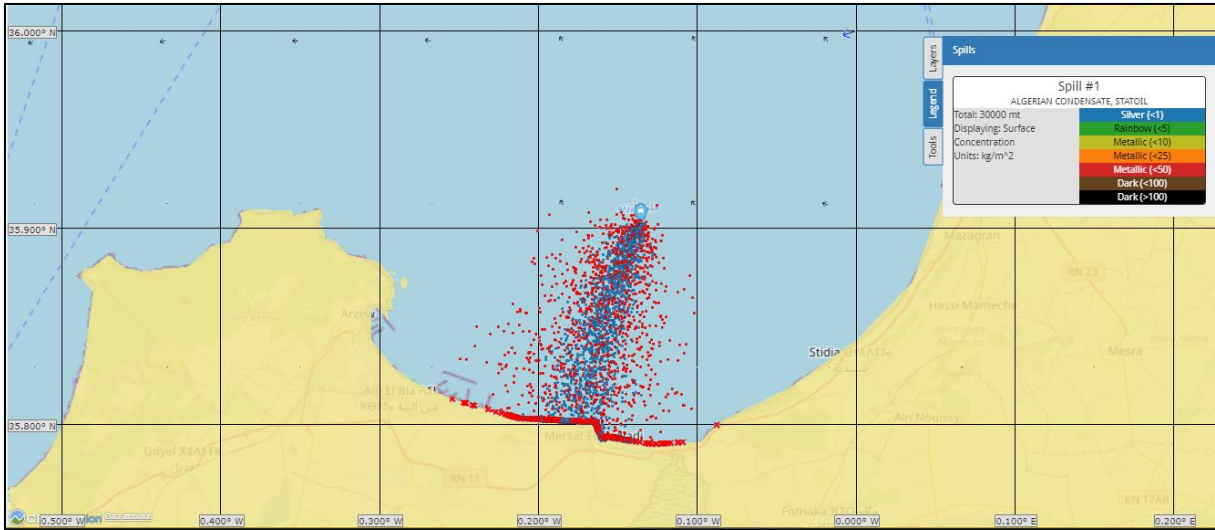
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	39.9	0.3	0	0	0	59.8
2	410	47.9	0.4	0	0	0	51.7
3	620	51.5	0.4	0	0	0	48
4	830	53.9	0.5	0	0	0	45.6
5	1040	55.4	0.5	0	0	0	44
6	1250	56.8	0.5	0	0	0	42.7
9	1870	59.4	0.5	0	0	0	40
12	2500	60.5	0.6	0	0	0	38.9
15	3120	61.5	0.6	0	0	0	37.9
18	3750	61.9	0.6	0	0	0	37.5
21	4370	62.5	0.6	0	0	0	36.9
24	5000	62.8	0.6	0	0	0	36.6
30	6250	63.5	0.6	0	0	0	35.9
36	7500	64	0.6	0	0.1	0	35.3
42	8750	64.5	0.6	0	1.3	0	33.6
48	10000	65	0.6	0	4.6	0	29.8







c)



04/09/2023 22:44

WebGNOME

Model Settings

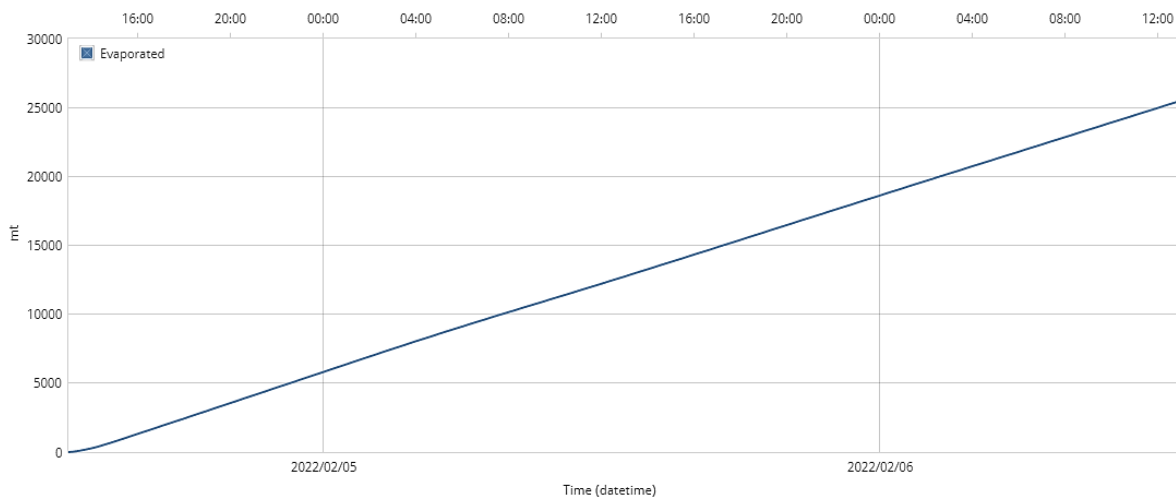
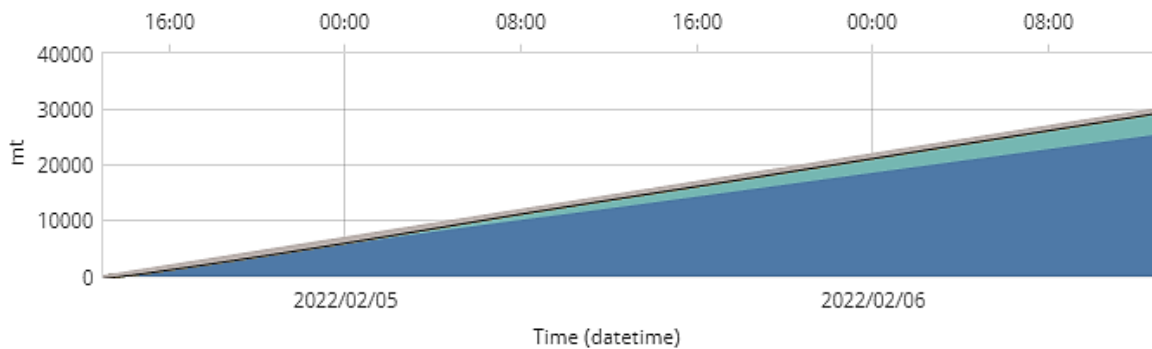
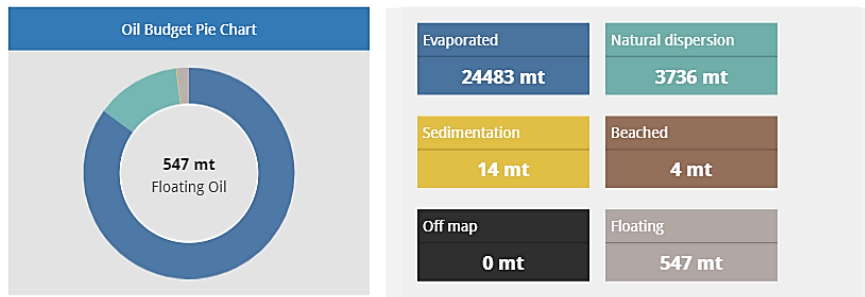
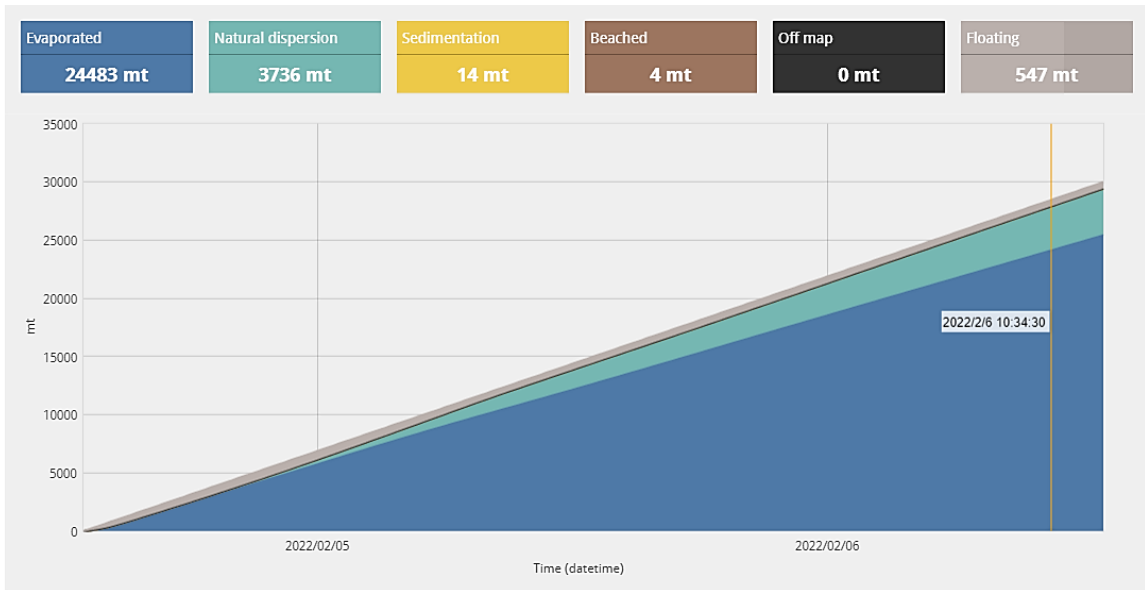
Export

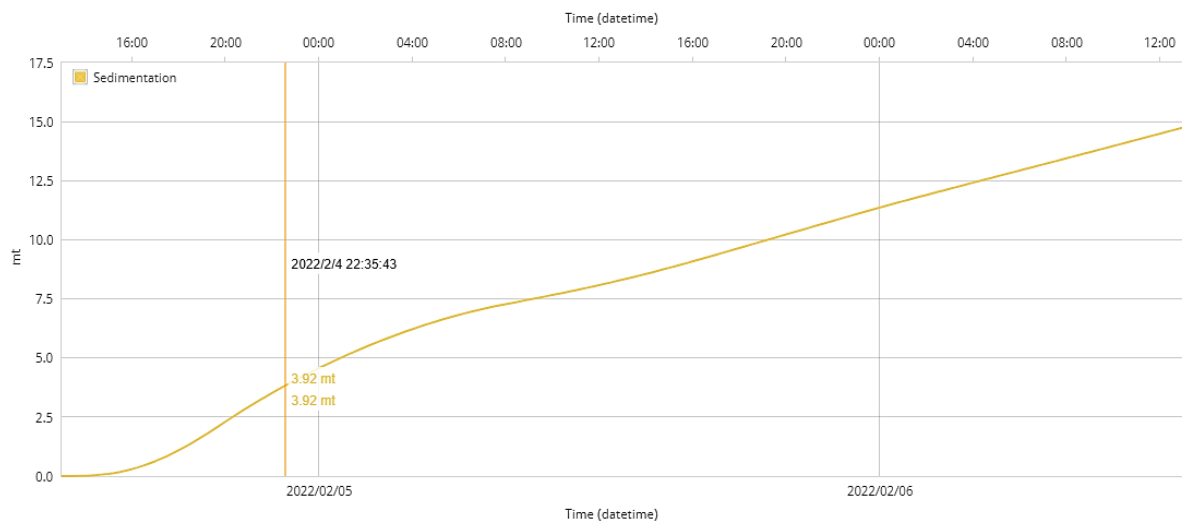
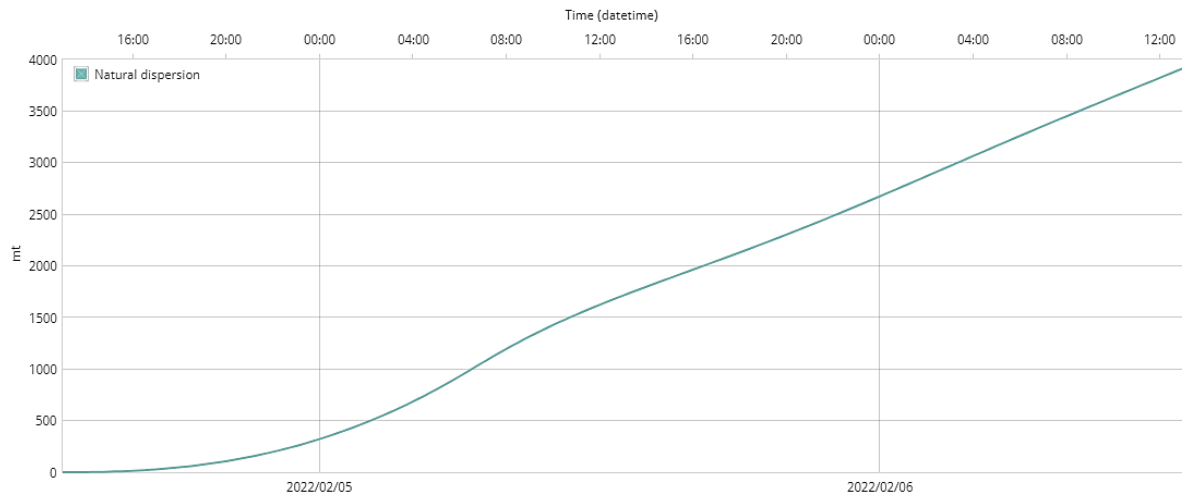
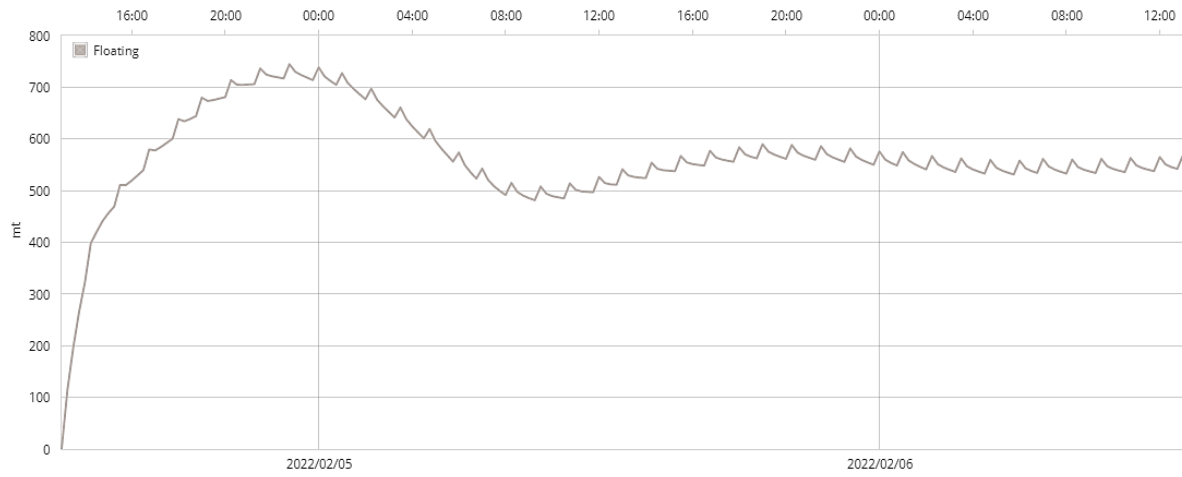
**Oil Name:** ALGERIAN CONDENSATE, STATOIL  
**API:** 68.4  
**Wind Speed:** Constant 13 knots  
**Pour Point:** -45 °C  
**Wave Height:** Computed from wind

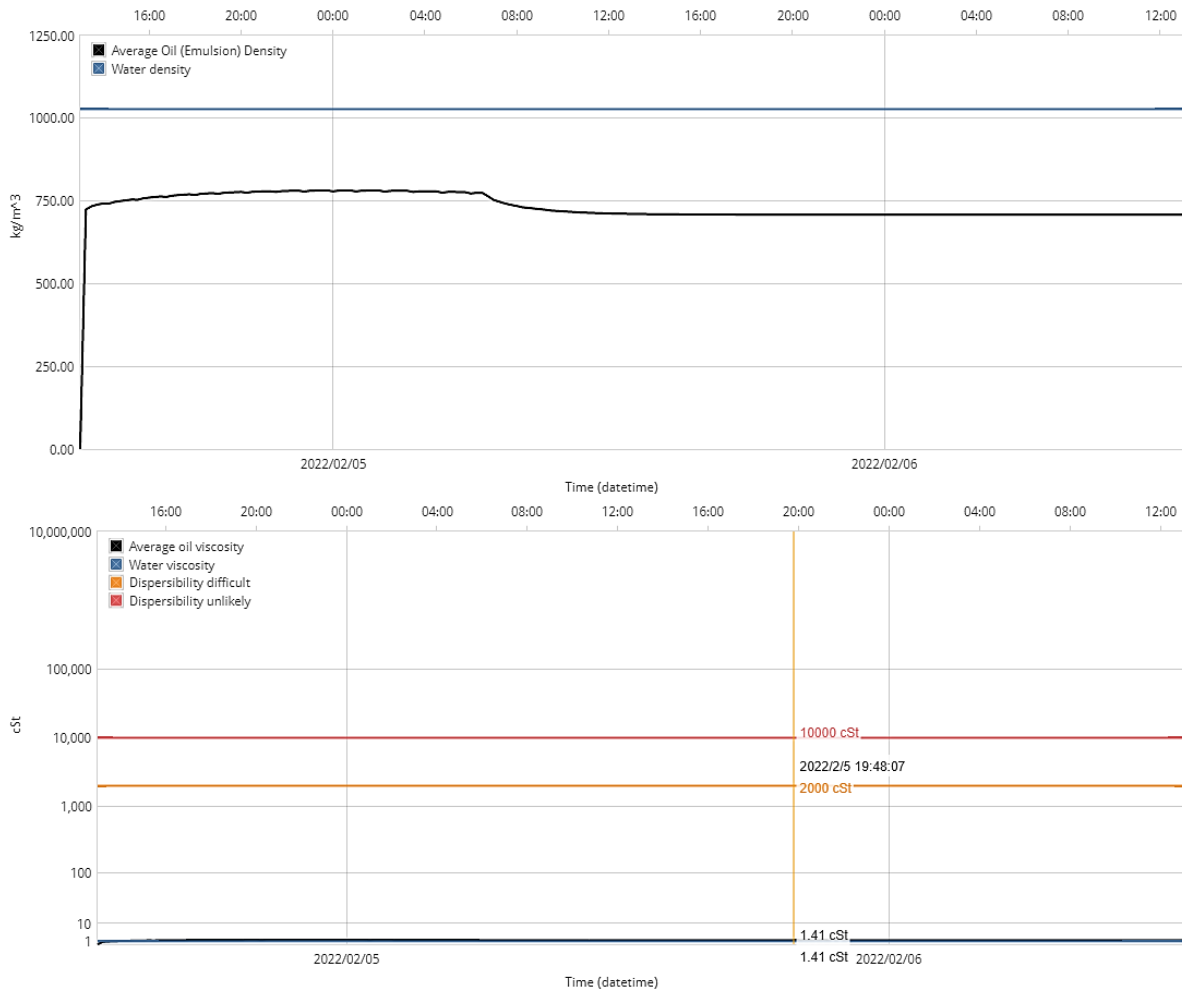
**Water Temp:** 15 °C  
**Total Amount of Oil Released:** 30000 mt  
**Spill Rate:** 625.00 mt/hour  
**Spill Duration:** 48 hours

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	600	46	0.2	0	0	0	53.9
2	1230	62.5	0.4	0	0	0	37.1
3	1860	71.3	0.7	0	0	0	27.9
4	2490	75.7	1.1	0	0	0	23.2
5	3120	78	1.5	0	0	0	20.5
6	3750	79.9	1.9	0	0	0	18.1
9	5610	83.6	3.5	0.1	0	0	12.9
12	7500	84.9	5.3	0.1	0	0	9.7
15	9360	86	7.3	0.1	0	0	6.7
18	11250	85.7	9.5	0.1	0	0	4.8
21	13110	85.3	10.9	0.1	0	0	3.7
24	15000	84.9	11.4	0.1	0	0	3.6
30	18750	85	11.8	0.1	0	0	3.1
36	22500	85.1	12.3	0.1	0	0	2.6
42	26250	85	12.8	0.1	0	0	2.1
48	30000	85	13	0	0	0	1.9

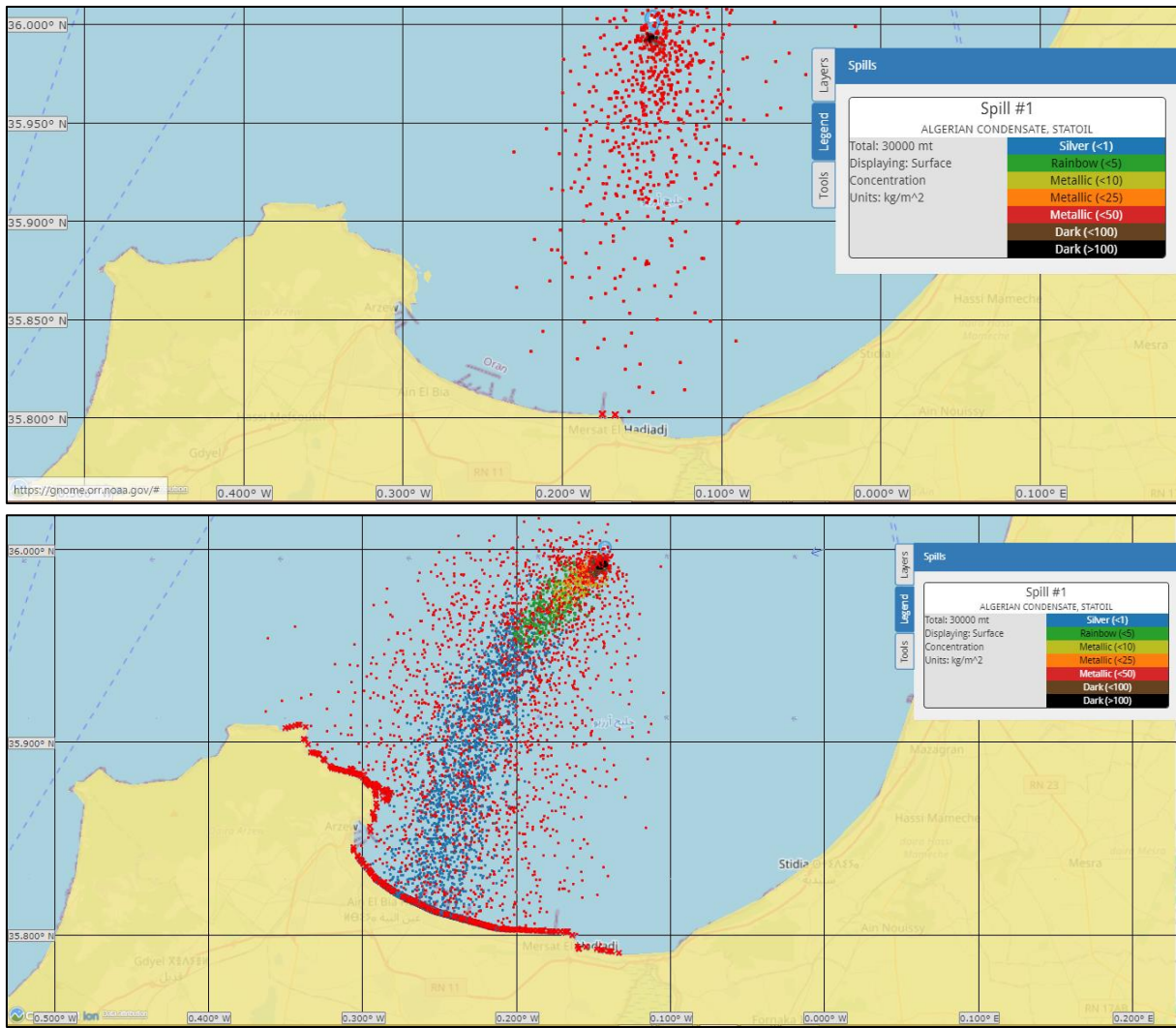
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	600	46	0.2	0	0	0	53.9
2	1230	62.5	0.4	0	0	0	37.1
3	1860	71.3	0.7	0	0	0	27.9
4	2490	75.7	1.1	0	0	0	23.2
5	3120	78	1.5	0	0	0	20.5
6	3750	79.9	1.9	0	0	0	18.1
9	5610	83.6	3.5	0.1	0	0	12.9
12	7500	84.9	5.3	0.1	0	0	9.7
15	9360	86	7.3	0.1	0	0	6.7
18	11250	85.7	9.5	0.1	0	0	4.8
21	13110	85.3	10.9	0.1	0	0	3.7
24	15000	84.9	11.4	0.1	0	0	3.6
30	18750	85	11.8	0.1	0	0	3.1
36	22500	85.1	12.3	0.1	0	0	2.6
42	26250	85	12.8	0.1	0	0	2.1
48	30000	85	13	0	0	0	1.9



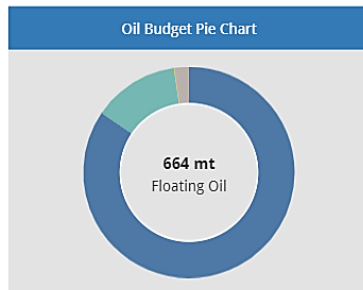
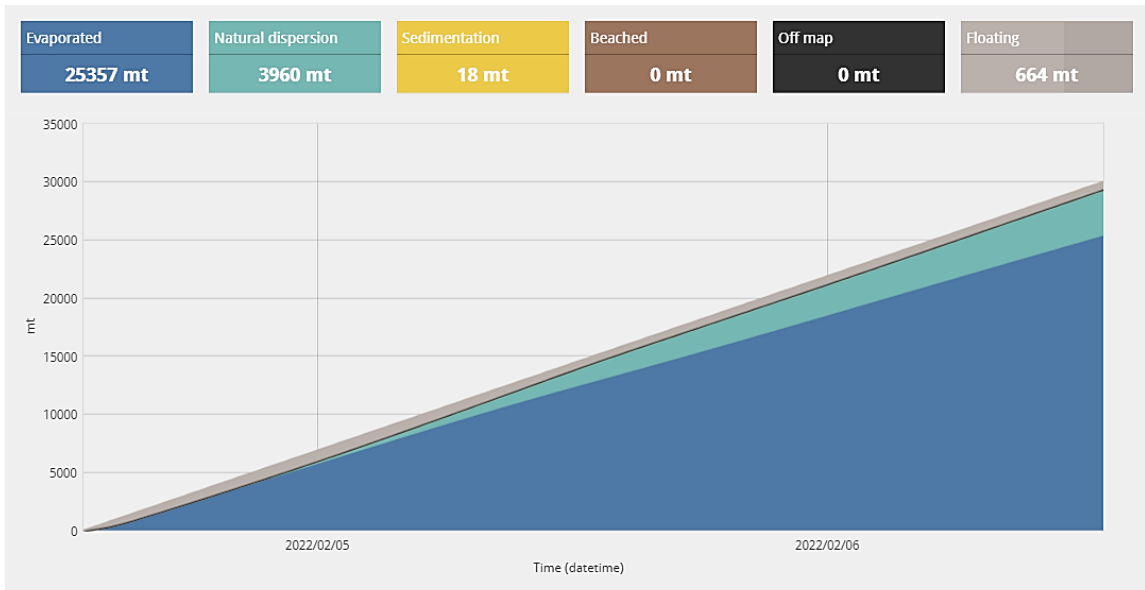




d)



Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	600	42.1	0.1	0	0	0	57.8
2	1230	56	0.3	0	0	0	43.8
3	1860	66.4	0.5	0	0	0	33.1
4	2490	72	0.8	0	0	0	27.2
5	3120	75.1	1.1	0	0	0	23.8
6	3750	77.5	1.4	0	0	0	21.1
9	5610	81.9	2.6	0.1	0	0	15.5
12	7500	83.7	3.9	0.1	0	0	12.3
15	9360	85.2	5.5	0.1	0	0	9.2
18	11250	85.7	7.2	0.1	0	0	7.1
21	13110	85.8	9	0.1	0	0	5.1
24	15000	85.2	10.7	0.1	0	0	4
30	18750	84.5	12	0.1	0	0	3.4
36	22500	84.5	12.3	0.1	0	0	3.1
42	26250	84.6	12.7	0.1	0	0	2.6
48	30000	84.5	13.2	0.1	0	0	2.2



Evaporated	Natural dispersion
25357 mt	3960 mt
Sedimentation	Beached
18 mt	0 mt
Off map	Floating
0 mt	664 mt

## Model Settings

Export

**Oil Name:** ALGERIAN CONDENSATE, STATOIL

**Water Temp:** 15 °C

**API:** 68.4

**Total Amount of Oil Released:** 30000 mt

**Wind Speed:** Constant 13 knots

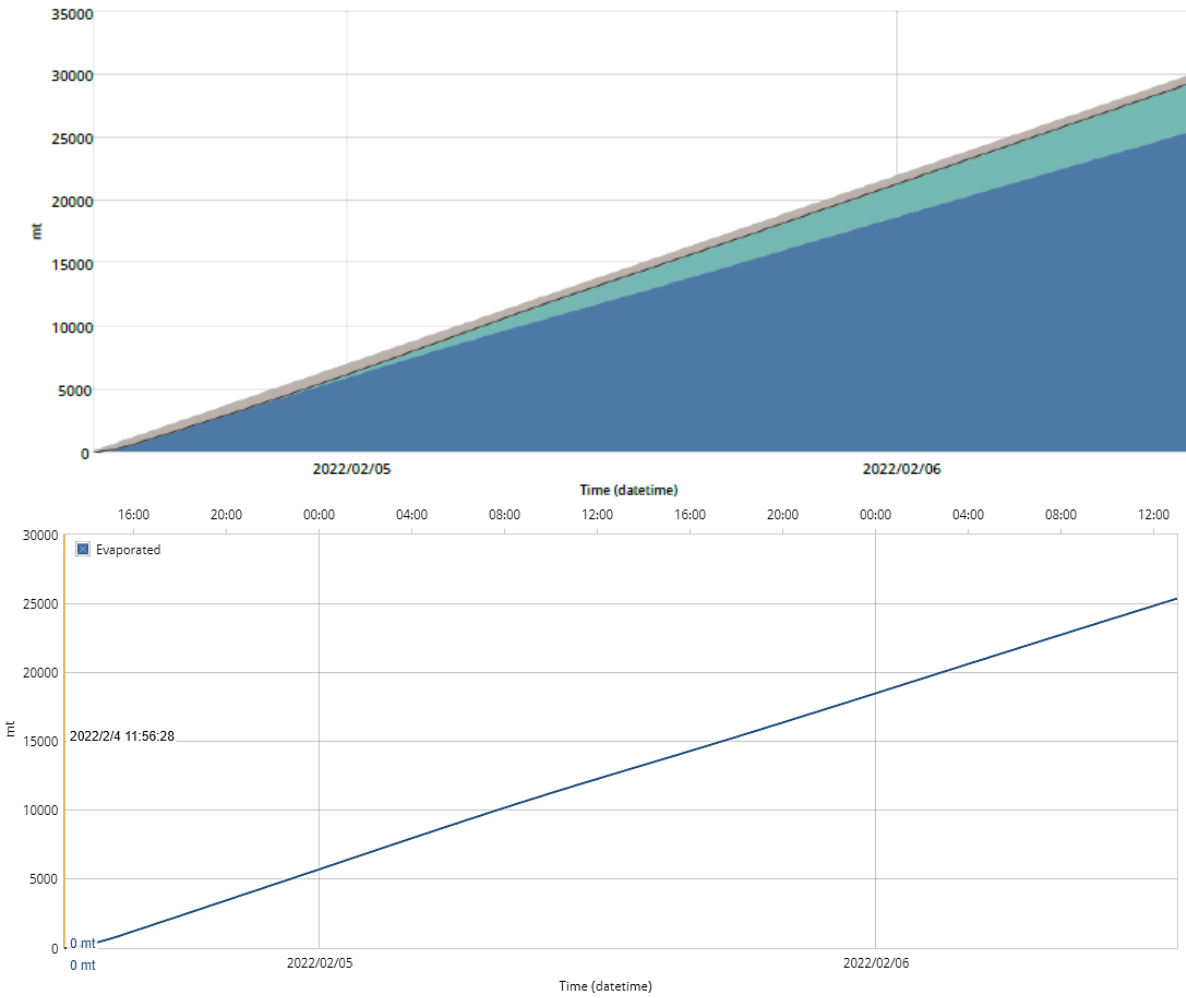
**Spill Rate:** 625.00 mt/hour

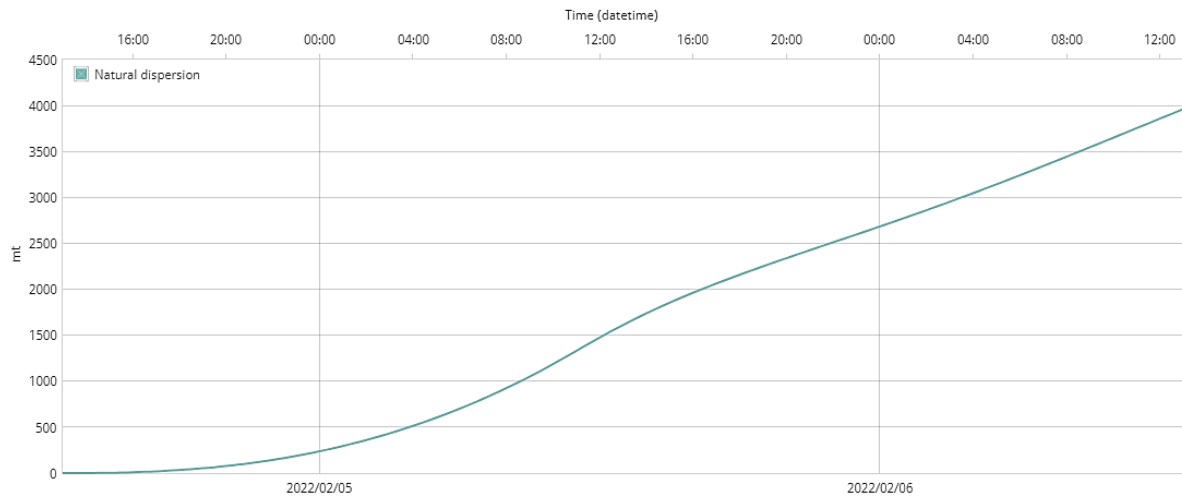
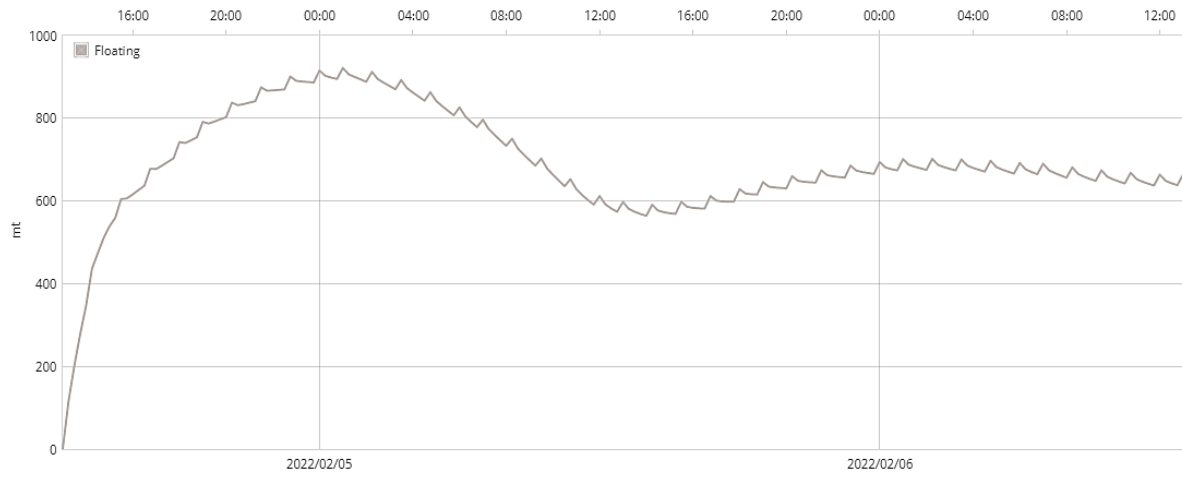
**Pour Point:** -45 °C

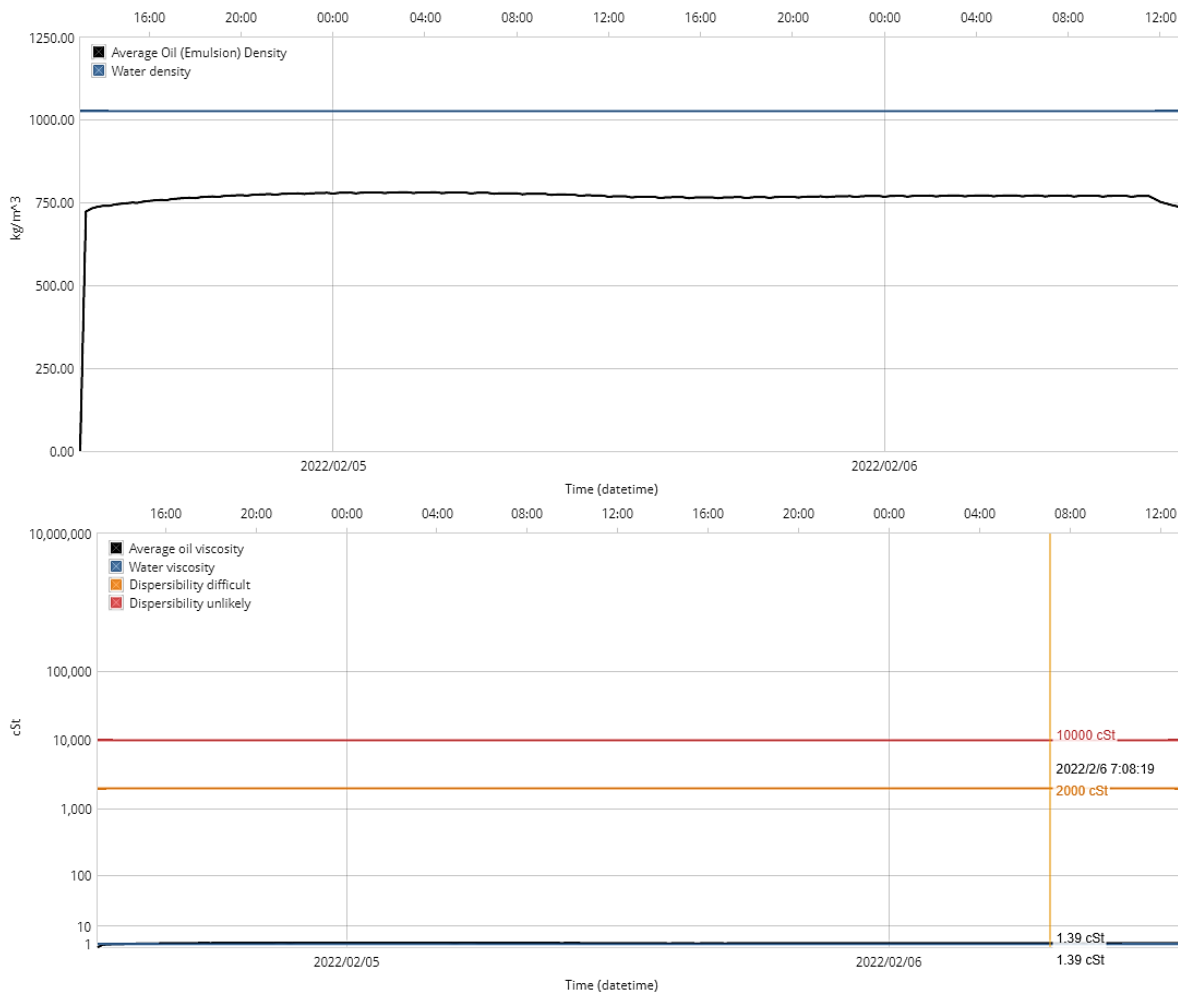
**Spill Duration:** 48 hours

**Wave Height:** Computed from wind

Evaporated	Natural dispersion	Sedimentation	Beached	Off map	Floating
<b>25497 mt</b>	<b>3914 mt</b>	<b>15 mt</b>	<b>4 mt</b>	<b>0 mt</b>	<b>569 mt</b>







**Figure IV.62** : Scénarios de déversement d'hydrocarbures en hiver 2018 et 2022 : a. Après 24h/48 h au point P1, 2018 ; b. Après 24h/48 h au point P2, 2018 ; c. Après 24h/48 h au point P1, 2022 ; d. Après 24h/48 h au point P2, 2022. **Le tableau et les graphes** montrent respectivement : a, b, c et d. la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du pétrole déversé dans les deux jours. e. le pétrole flottant prévu, la quantité évaporée, la sédimentation et la dispersion naturelle dans les deux jours ; f. la dispersion naturelle du pétrole (ml) dans les deux jours ; g l'évaporation du pétrole (ml) dans les deux jours ; h. le pétrole flottant (ml) dans les deux jours ; i. la sédimentation du pétrole (ml) dans les deux jours.

Les résultats des différentes simulations des scénarios d'hiver 2018 montrent que pour une vitesse de vent de 13 à 15 nœuds Nord, la nappe d'hydrocarbures de type ALGERIAN BLEND s'est déversée aux deux points P1 et P2 et s'est déplacée vers le centre de la baie d'Arzew dans la première heure. Après 24 heures de déversement au point P1 près de 11, 40 km de côte ont été touchés, avec une quantité échouée de 7,3 %, équivalente à 363 tonnes métriques d'hydrocarbures, 62,8 % de la quantité déversée évaporée, équivalente à 3139 tm, et une dispersion naturelle de 0,6 %, équivalente à 29 tm, et 29,3 % de flottants, équivalente à 1467tm. Cependant, après 48 heures (Fig. IV.62a), la nappe d'hydrocarbures se déplace vers l'ouest, affectant 14,93 km de côte avec une quantité échouée de 20,6 %, équivalant à 1 895 tonnes

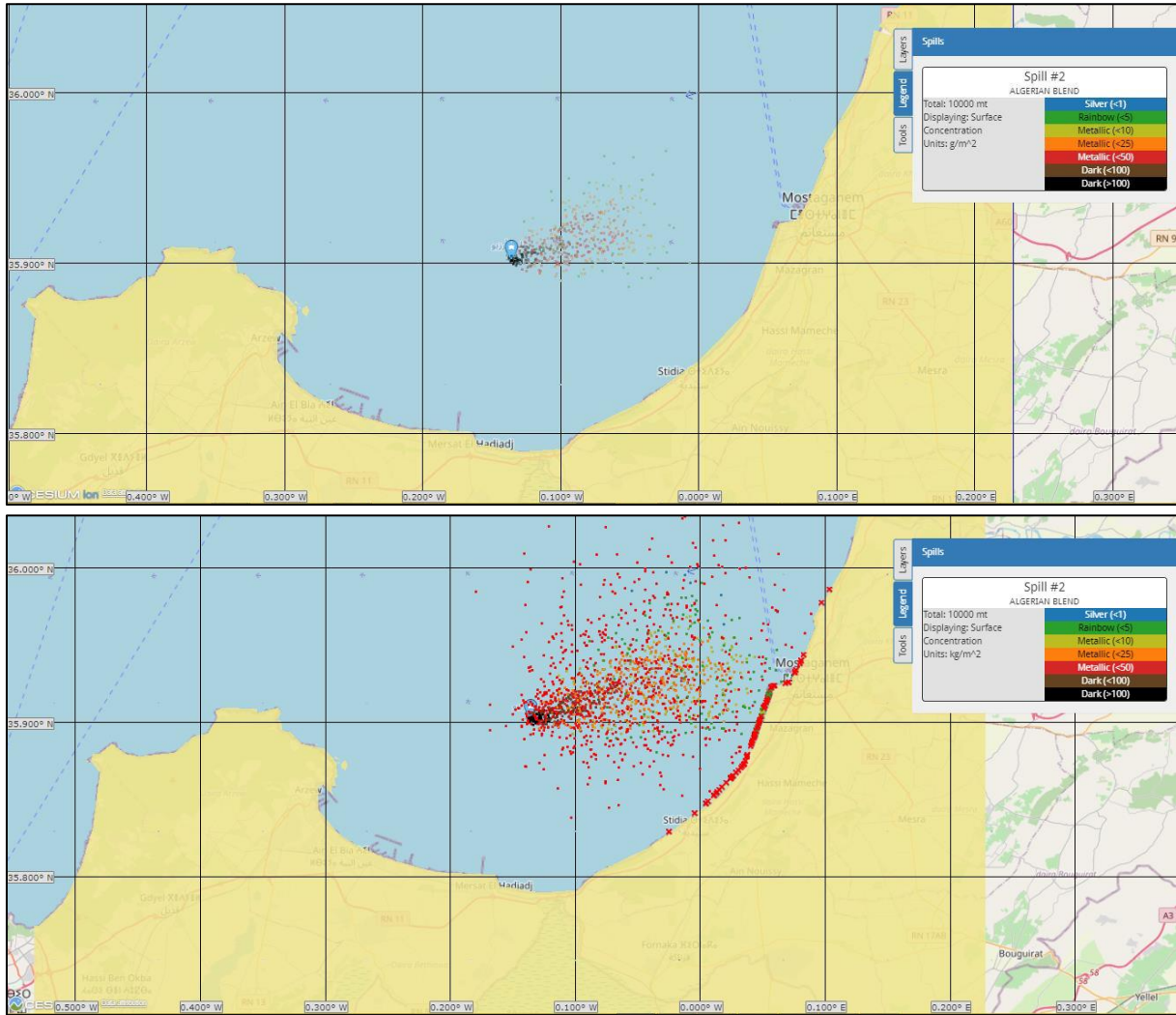
d'hydrocarbures, une augmentation de l'évaporation à 64,1 % de la quantité déversée, équivalant à 6156 tonnes, une dispersion naturelle de 57 mt, et 14,6,3 % de flottants, équivalant à 1 489 tonnes. Cependant, après 24 heures, la nappe d'hydrocarbures au point P2 continue à se déplacer sans s'échouer (échouée 0 %), avec un taux d'évaporation similaire à celui de la nappe d'hydrocarbures au point P2.

La quantité d'évaporation et de dispersion naturelle par rapport au déversement au point P1 est de 62,8 % et 0,6 %. Nous remarquons que la nappe de pétrole commence à s'échouer à un taux de 0,1% après 36 h, et après 48 h (Fig IV.62b), 4,6% sont échoués, ce qui équivaut à 436 tm ou près de 29,60 km de la côte ont été touchés, et les zones touchées sont (plage). Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, la belle plage de Pont aux Poules, El Mecta, Bethioua, Ain El Bia, Arzew, et Cape Carbon sont toutes proches.

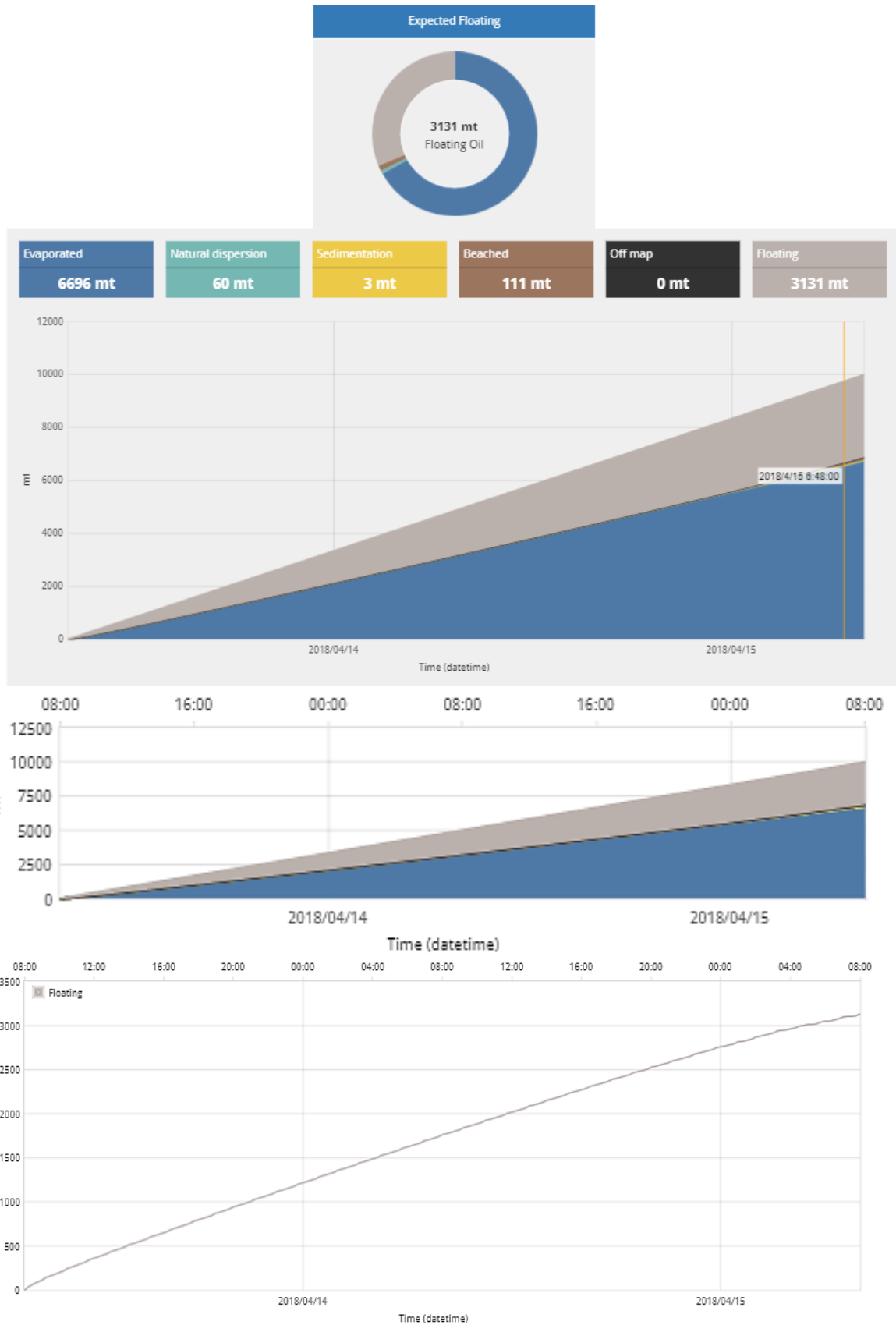
Le modèle de simulation de l'hydrocarbure ALGERIAN CONDENSATE STATOIL, pour l'hiver 2022, avec un volume de 30000 tonnes, montre qu'après 24 h, la nappe se déplace vers l'ouest sans s'échouer dans les deux points de déversement P1 et P2, avec 84,1% d'évaporation, 12% de sédimentation, et 3,7% de flottaison. Après 48 h de déversement au point P1 (Fig 69c) et au point P2 (Fig IV.62d), la nappe de pétrole s'est échouée sur près de 28 kilomètres de la côte ouest du Golfe d'Arzew, et les zones affectées sont (plage) : Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, la belle plage de Pont aux Poules, El Mecta, Bethioua, Ain El Bia, Arzew, et Cap Carbon. Le volume évaporé est de 83,9%, équivalent à 13022 tm, avec une dispersion naturelle de 13,9%, 1889 tm, une sédimentation de 0,1%, 23 tm, et un flottage de 2,1%, équivalent à 546 tm.

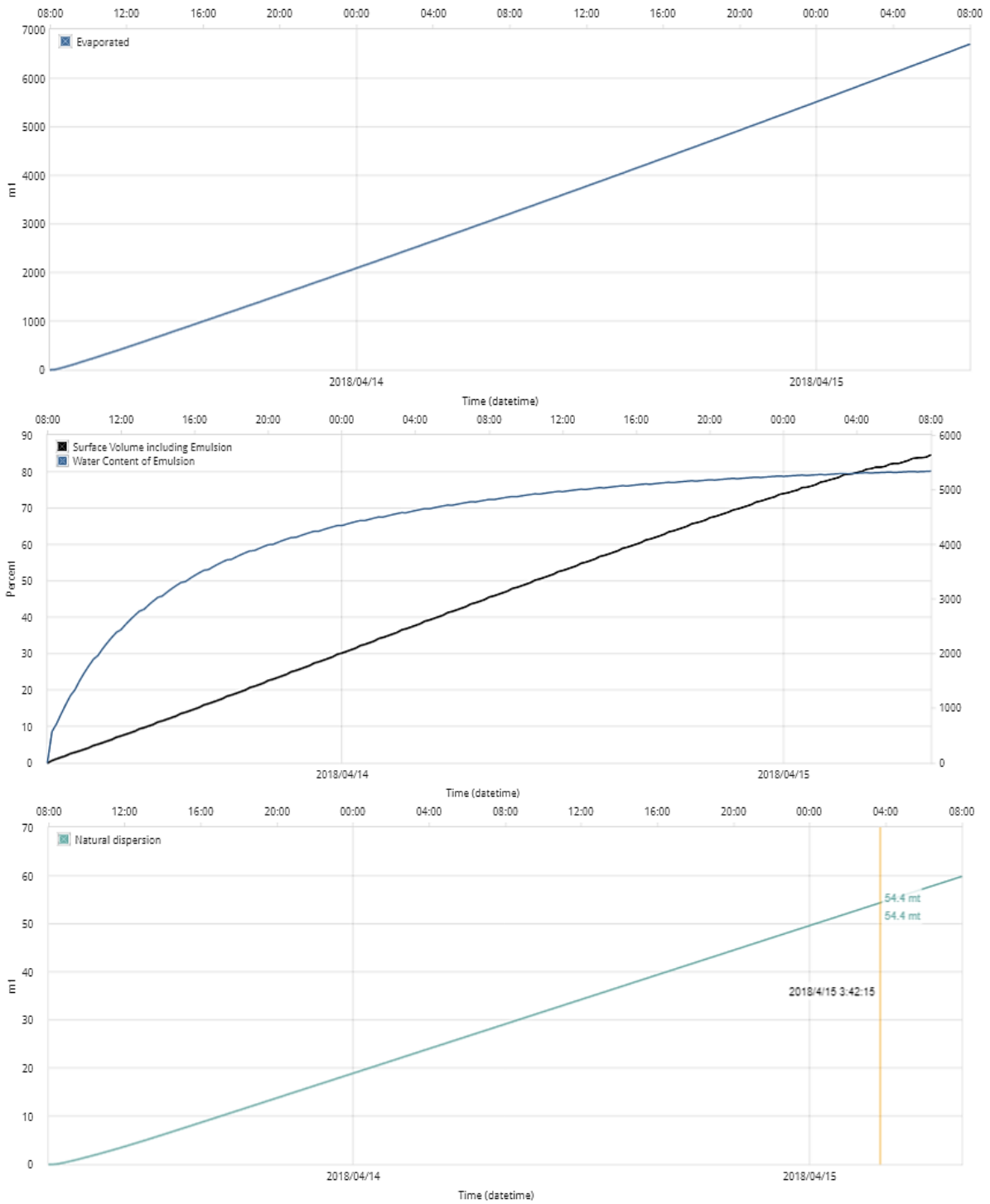
Les résultats des différents scénarios de modélisation pour la saison hivernale 2018 et 2022 montrent que les zones côtières du centre et de l'ouest d'Arzew, telles que Pont aux Poule, Bethioua, Arzew et Cap Carbon, sont les plus susceptibles d'être atteintes par la marée noire. Ces zones sont très sensibles à la marée noire (la figure IV.62 représente l'équilibre des cartes de sensibilité physique, socio-économique et biologique du littoral). Parce qu'il s'agit de zones d'implantation de récifs artificiels, Cap Carbon et Pont aux Poule sont classés comme zones essentielles avec une faible résistance à la protection, alors que Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, et Ain El Bia sont classés comme zones à forte sensibilité.

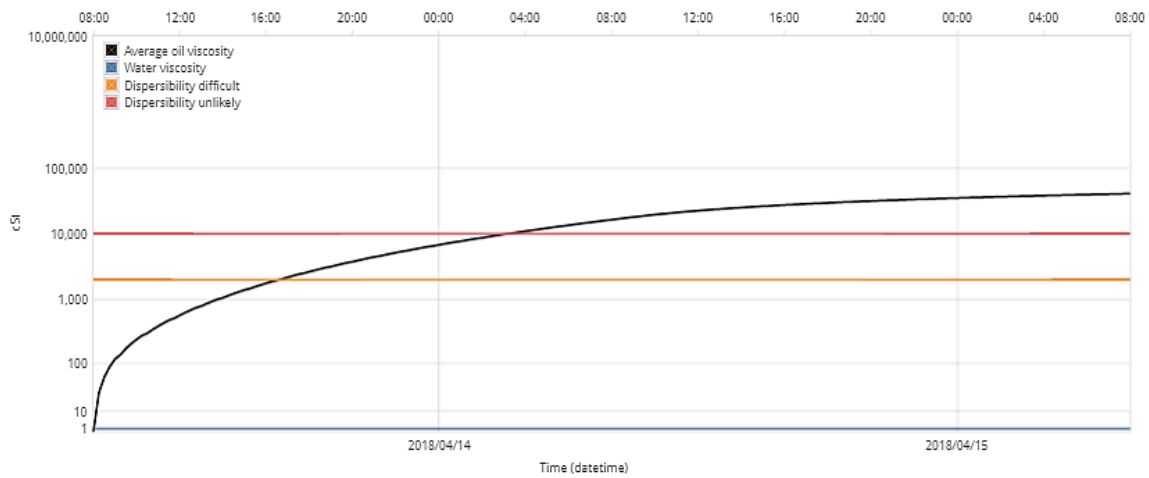
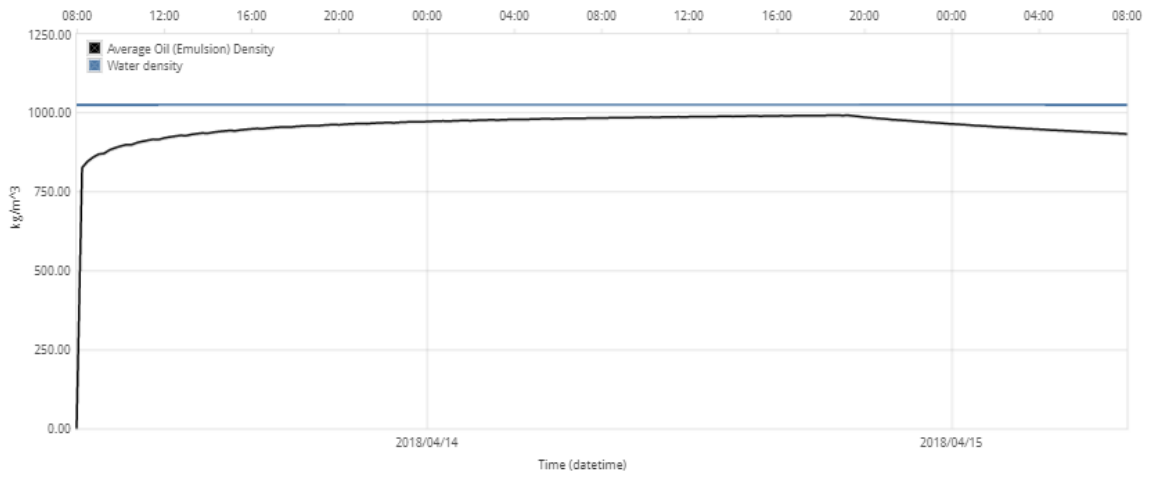
a)



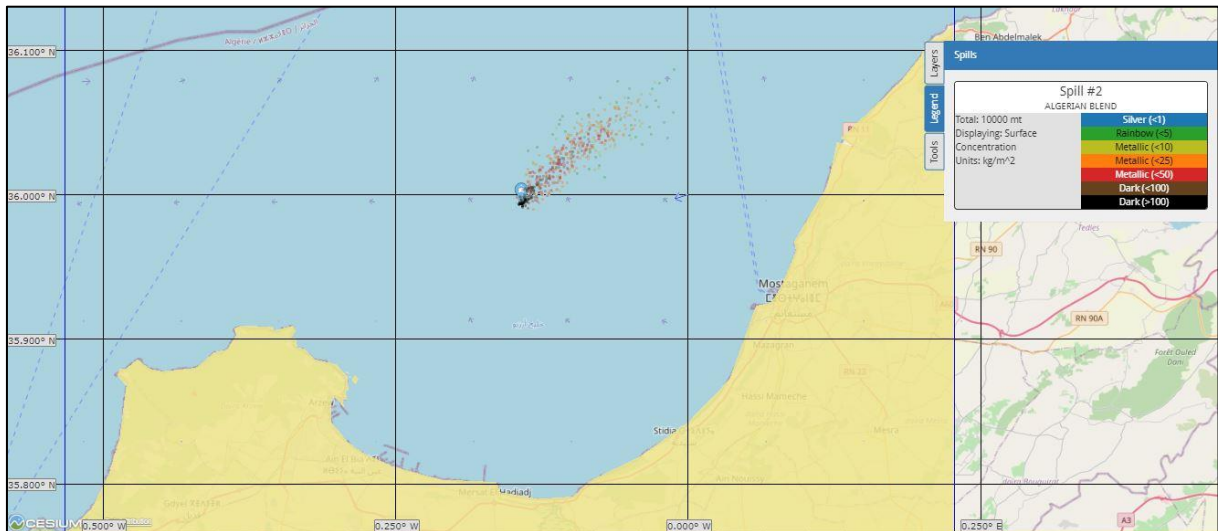
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	42.7	0.3	0	0	0	57
2	410	50.8	0.4	0	0	0	48.8
3	620	54	0.4	0	0	0	45.6
4	830	55.9	0.4	0	0	0	43.6
5	1040	57.1	0.5	0	0	0	42.4
6	1250	58.3	0.5	0	0	0	41.2
9	1870	60.7	0.5	0	0	0	38.7
12	2500	61.7	0.6	0	0	0	37.8
15	3120	62.7	0.6	0	0	0	36.7
18	3750	63.2	0.6	0	0	0	36.2
21	4370	63.8	0.6	0	0	0	35.6
24	5000	64.2	0.6	0	0	0	35.2
30	6250	65	0.6	0	0	0	34.4
36	7500	65.7	0.6	0	0	0	33.7
42	8750	66.3	0.6	0	0.3	0	32.8
48	10000	67	0.6	0	1.1	0	31.3

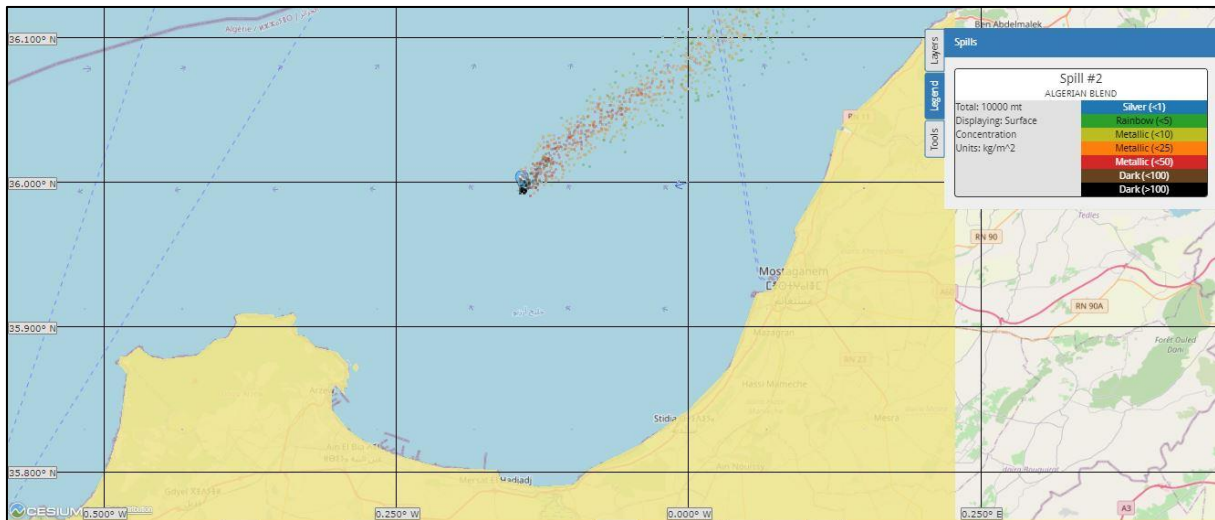




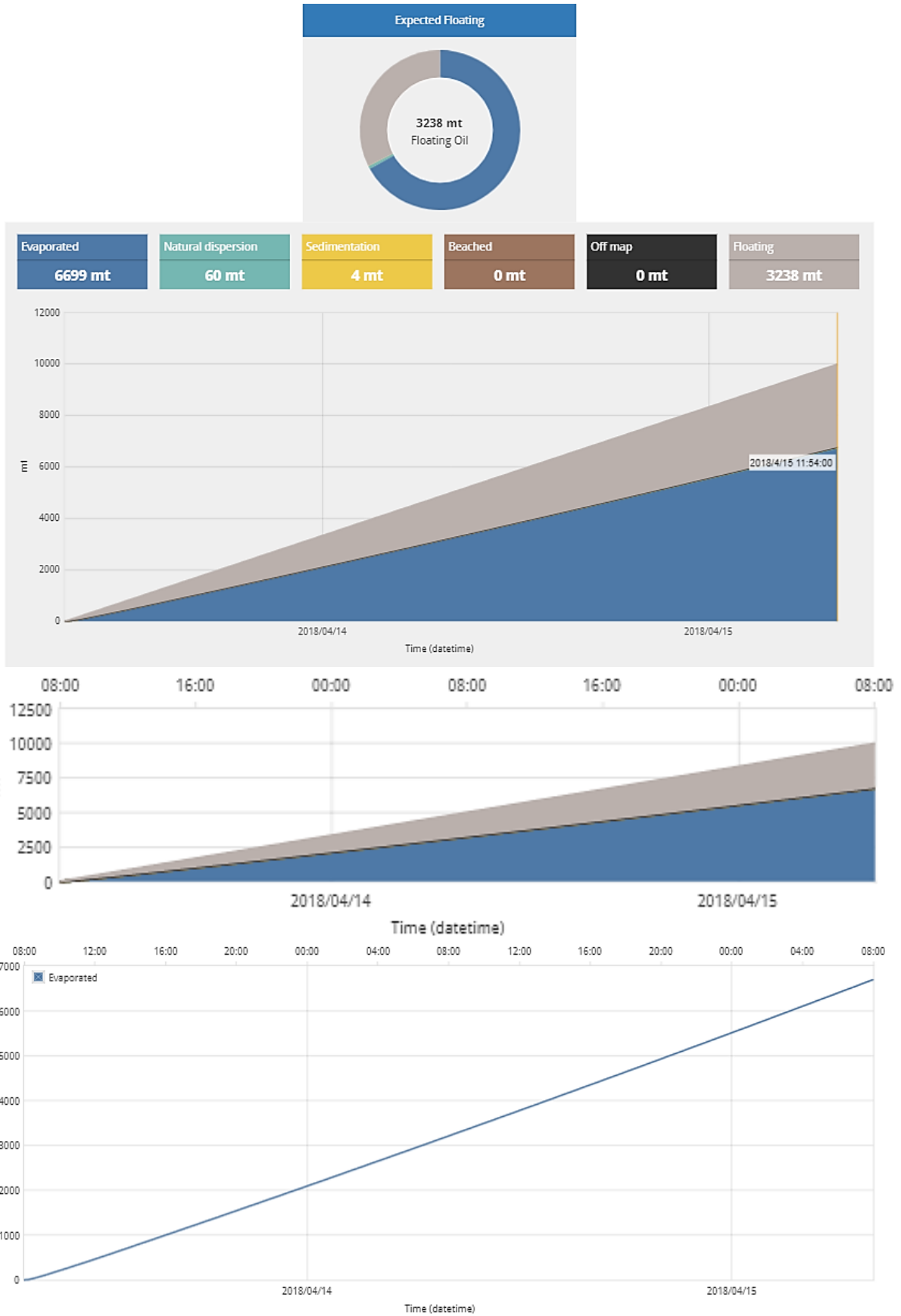


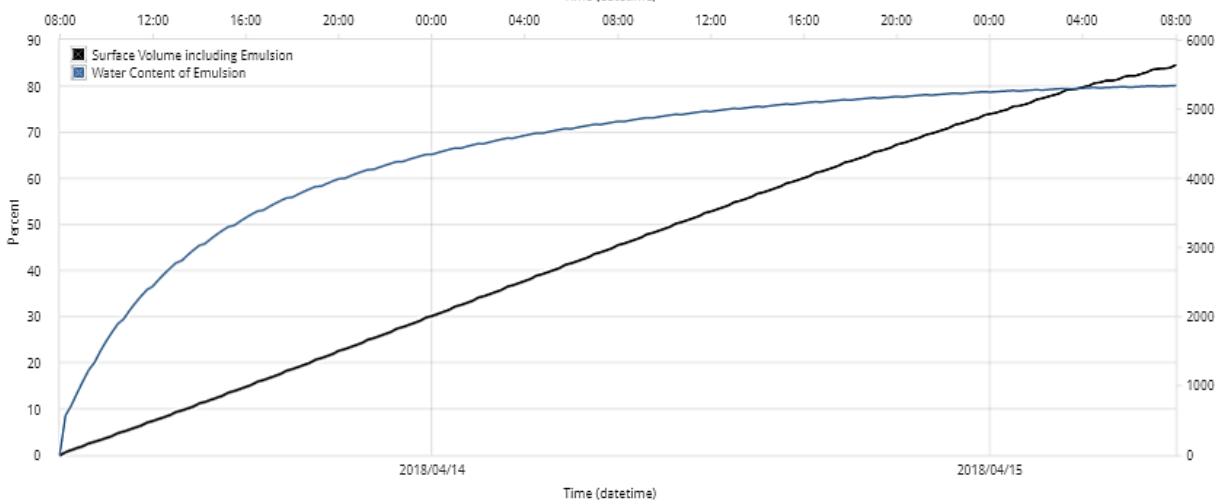
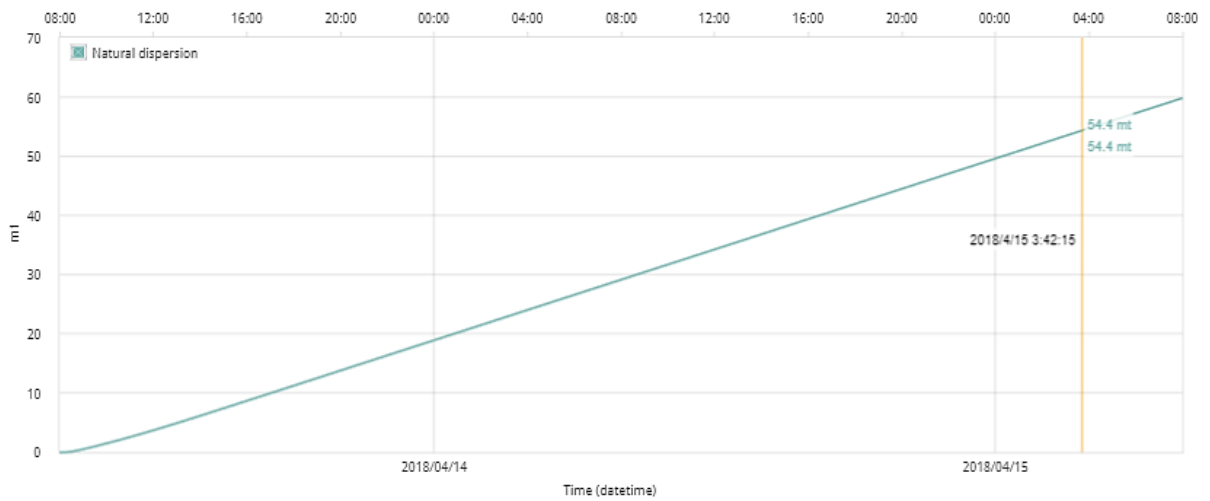
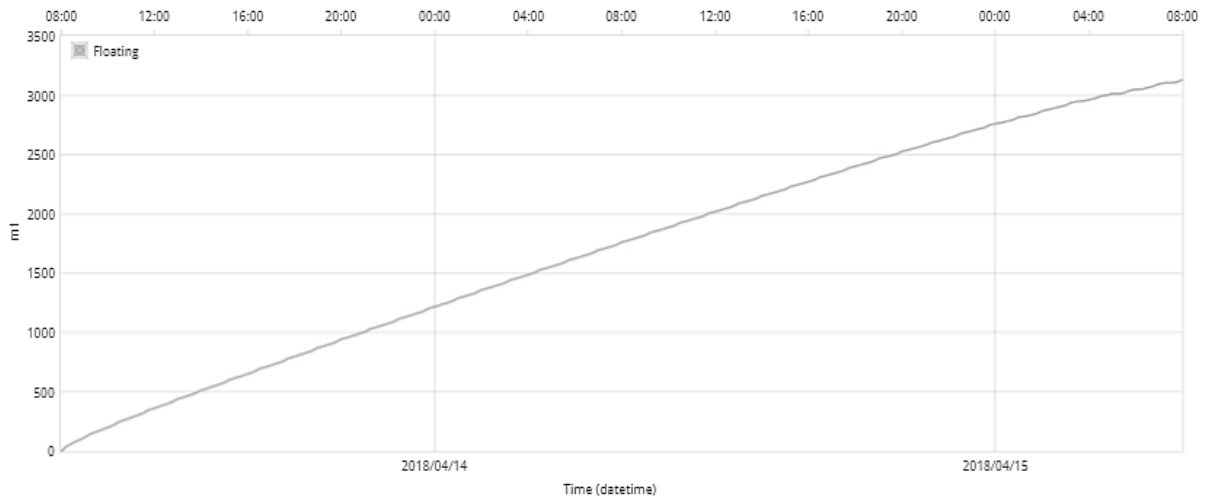
b)

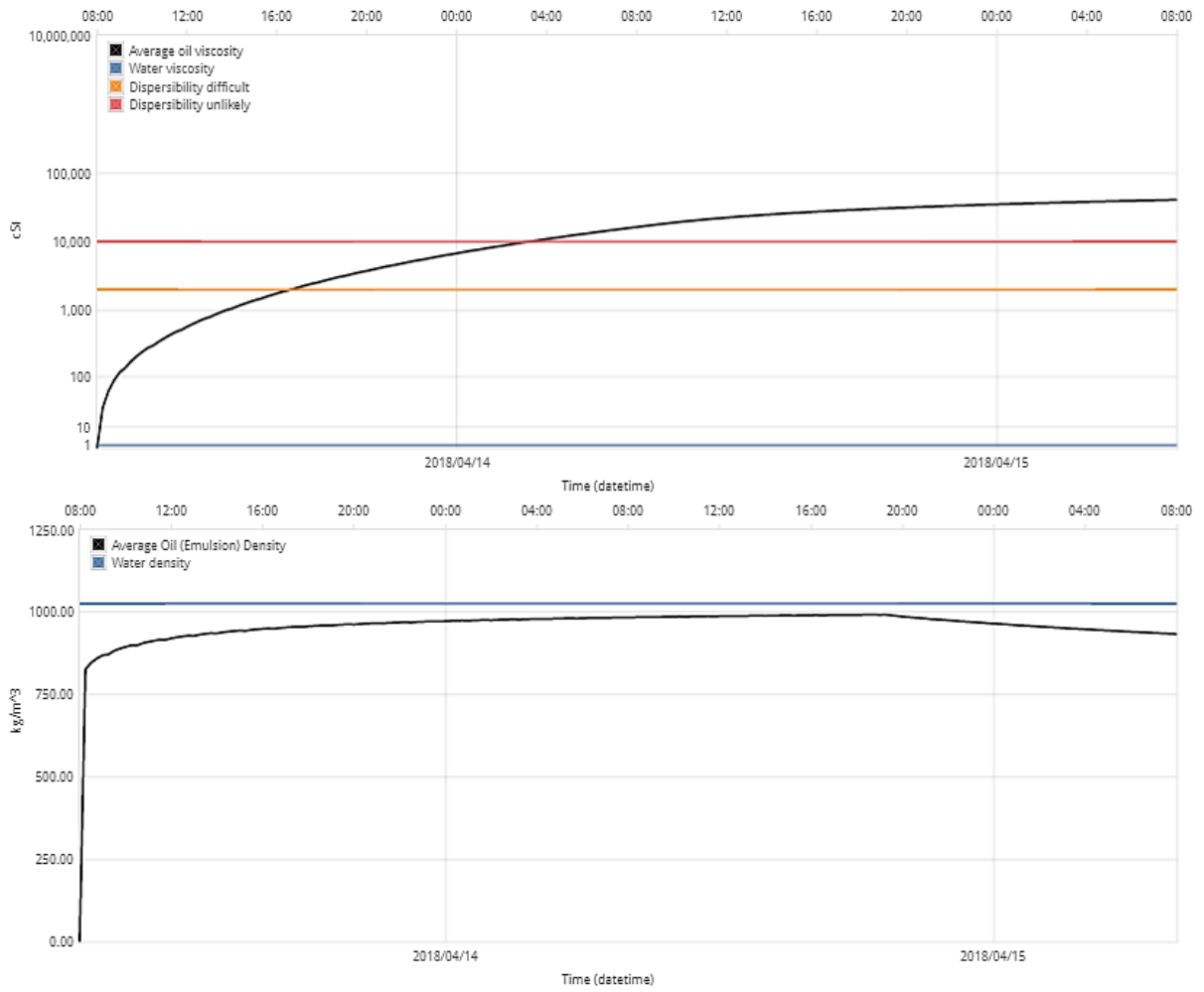




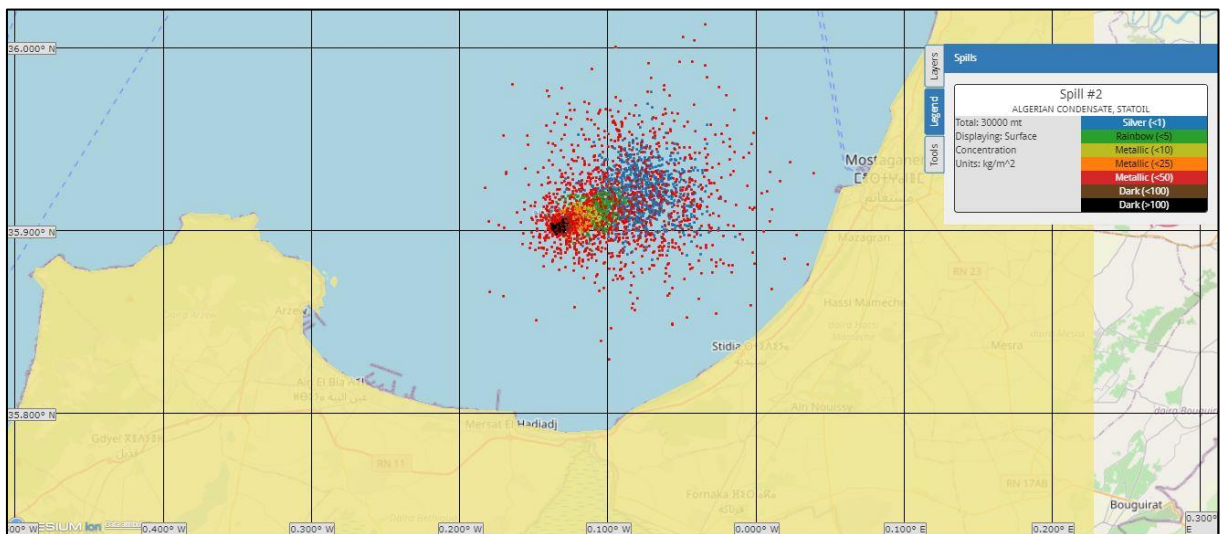
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	42.7	0.3	0	0	0	57
2	410	50.8	0.4	0	0	0	48.8
3	620	54	0.4	0	0	0	45.6
4	830	55.9	0.4	0	0	0	43.6
5	1040	57.1	0.5	0	0	0	42.4
6	1250	58.3	0.5	0	0	0	41.2
9	1870	60.7	0.5	0	0	0	38.7
12	2500	61.7	0.6	0	0	0	37.8
15	3120	62.7	0.6	0	0	0	36.7
18	3750	63.2	0.6	0	0	0	36.2
21	4370	63.8	0.6	0	0	0	35.6
24	5000	64.2	0.6	0	0	0	35.2
30	6250	65	0.6	0	0	0	34.4
36	7500	65.7	0.6	0	0	0	33.7
42	8750	66.3	0.6	0	0	0	33
48	10000	67	0.6	0	0	0	32.4

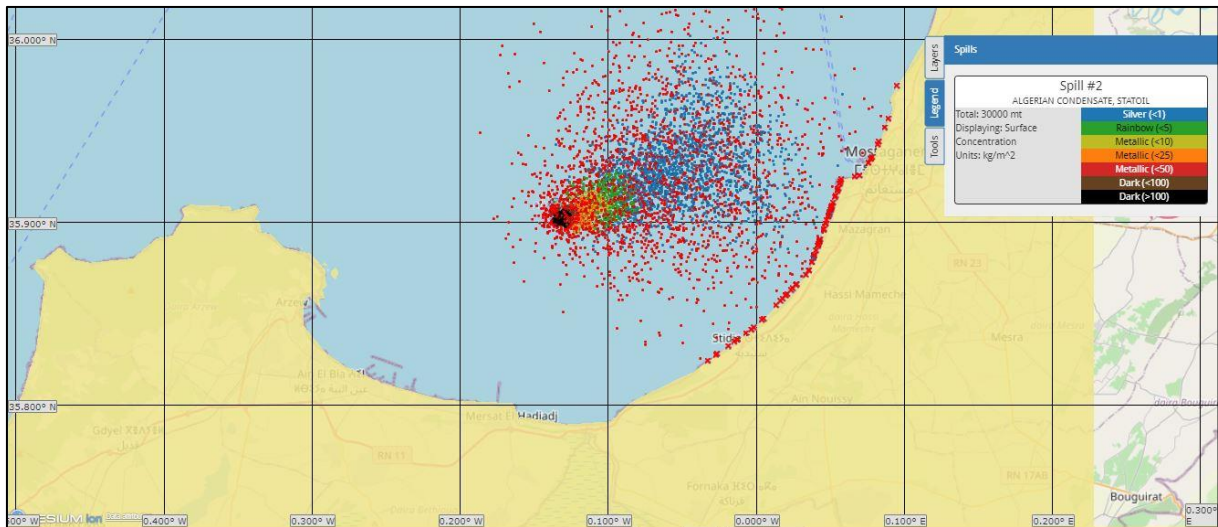




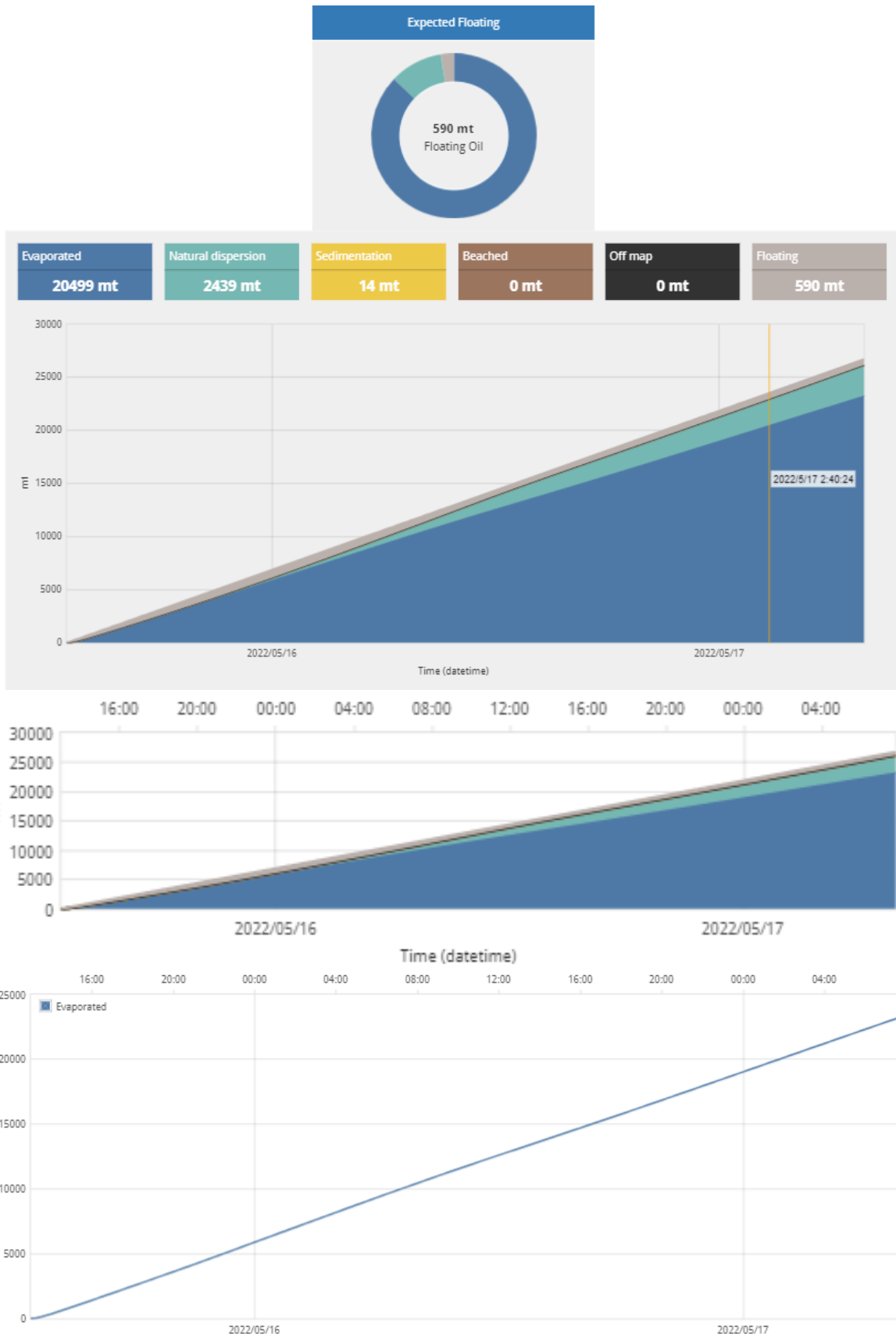


c)

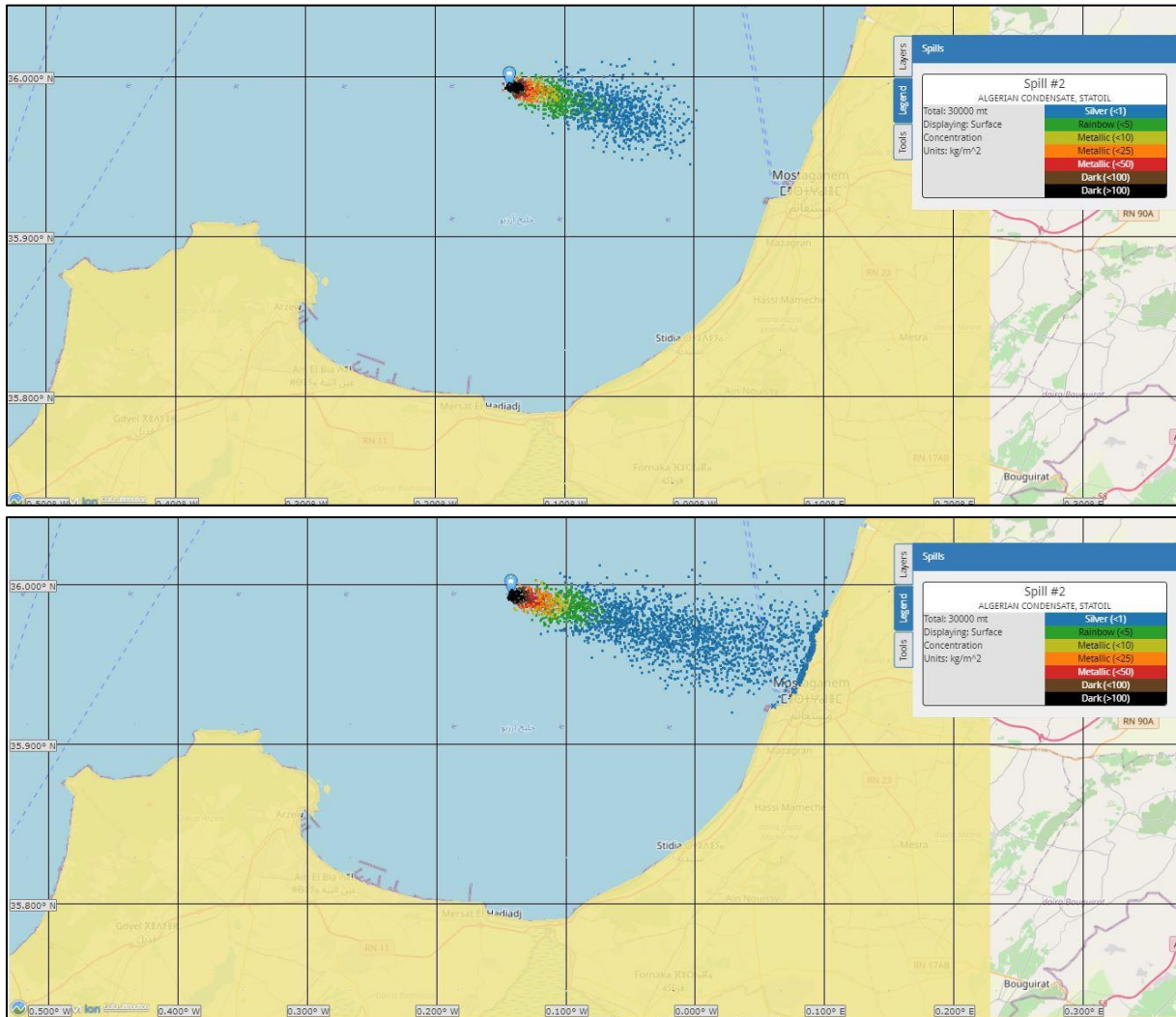




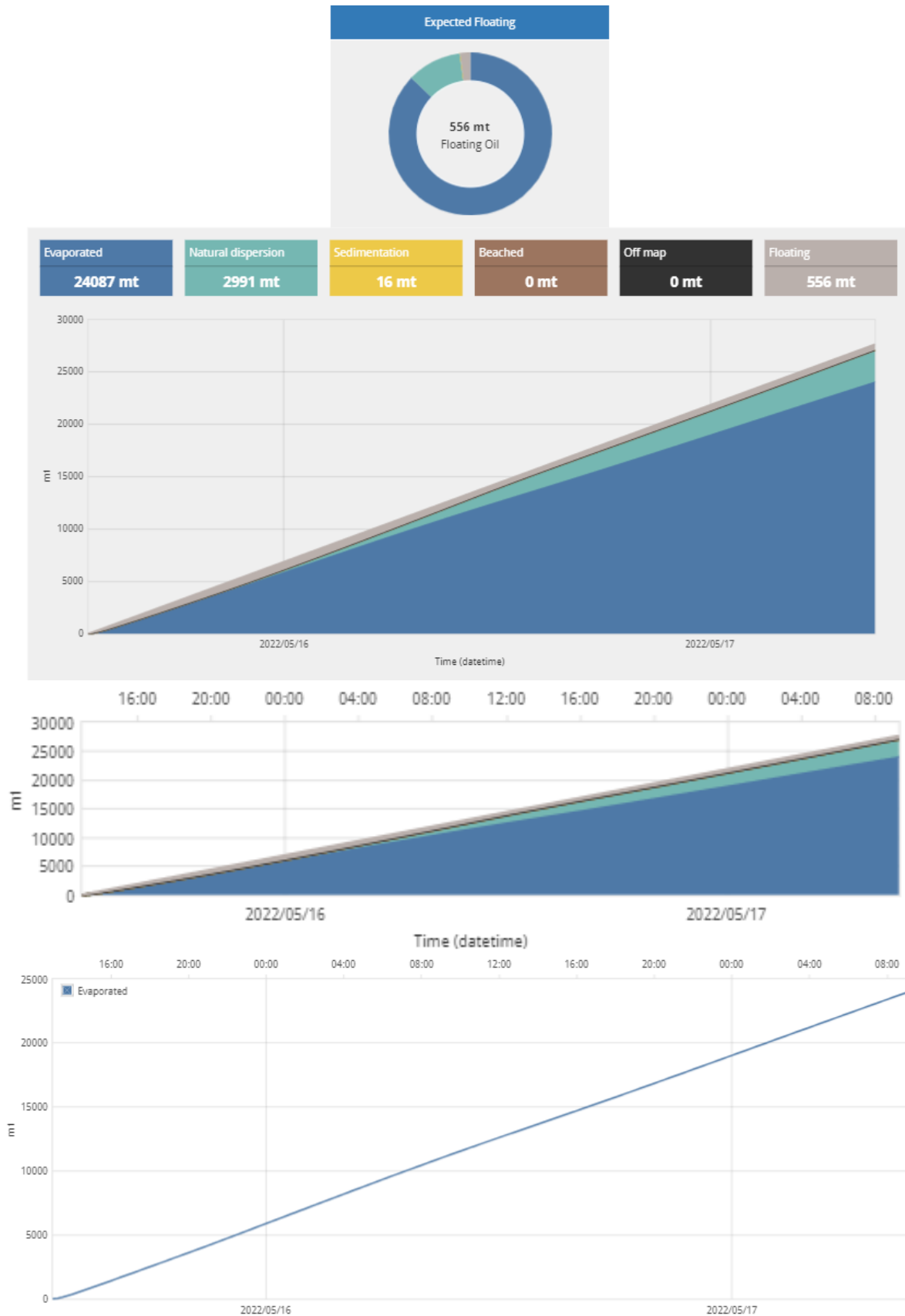
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	620	57.1	0.3	0	0	0	42.6
2	1250	70.2	0.6	0	0	0	29.2
3	1870	75.6	0.8	0	0	0	23.6
4	2500	78.3	1.1	0	0	0	20.6
5	3120	80.2	1.3	0	0	0	18.5
6	3750	81.5	1.5	0	0	0	17
9	5620	84.3	2.3	0.1	0	0	13.3
12	7500	86.2	3.4	0.1	0	0	10.3
15	9370	87.4	4.6	0.1	0	0	7.9
18	11250	88	6	0.1	0	0	5.9
21	13120	88	7.6	0.1	0	0	4.3
24	15000	87.5	9.1	0.1	0	0	3.3
30	18750	87	10.1	0.1	0	0	2.9
36	22500	87	10.3	0.1	0	0	2.6
42	26250	87.1	10.6	0.1	0	0	2.2



d)



Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	620	57.1	0.3	0	0	0	42.6
2	1250	70.2	0.6	0	0	0	29.2
3	1870	75.6	0.8	0	0	0	23.6
4	2500	78.3	1.1	0	0	0	20.6
5	3120	80.2	1.3	0	0	0	18.5
6	3750	81.5	1.5	0	0	0	17
9	5620	84.3	2.3	0.1	0	0	13.3
12	7500	86.2	3.4	0.1	0	0	10.3
15	9370	87.4	4.6	0.1	0	0	7.9
18	11250	88	6	0.1	0	0	5.9
21	13120	88	7.6	0.1	0	0	4.3
24	15000	87.5	9.1	0.1	0	0	3.3
30	18750	87	10.1	0.1	0	0	2.9
36	22500	87	10.3	0.1	0	0	2.6
42	26250	87.1	10.6	0.1	0	0	2.2



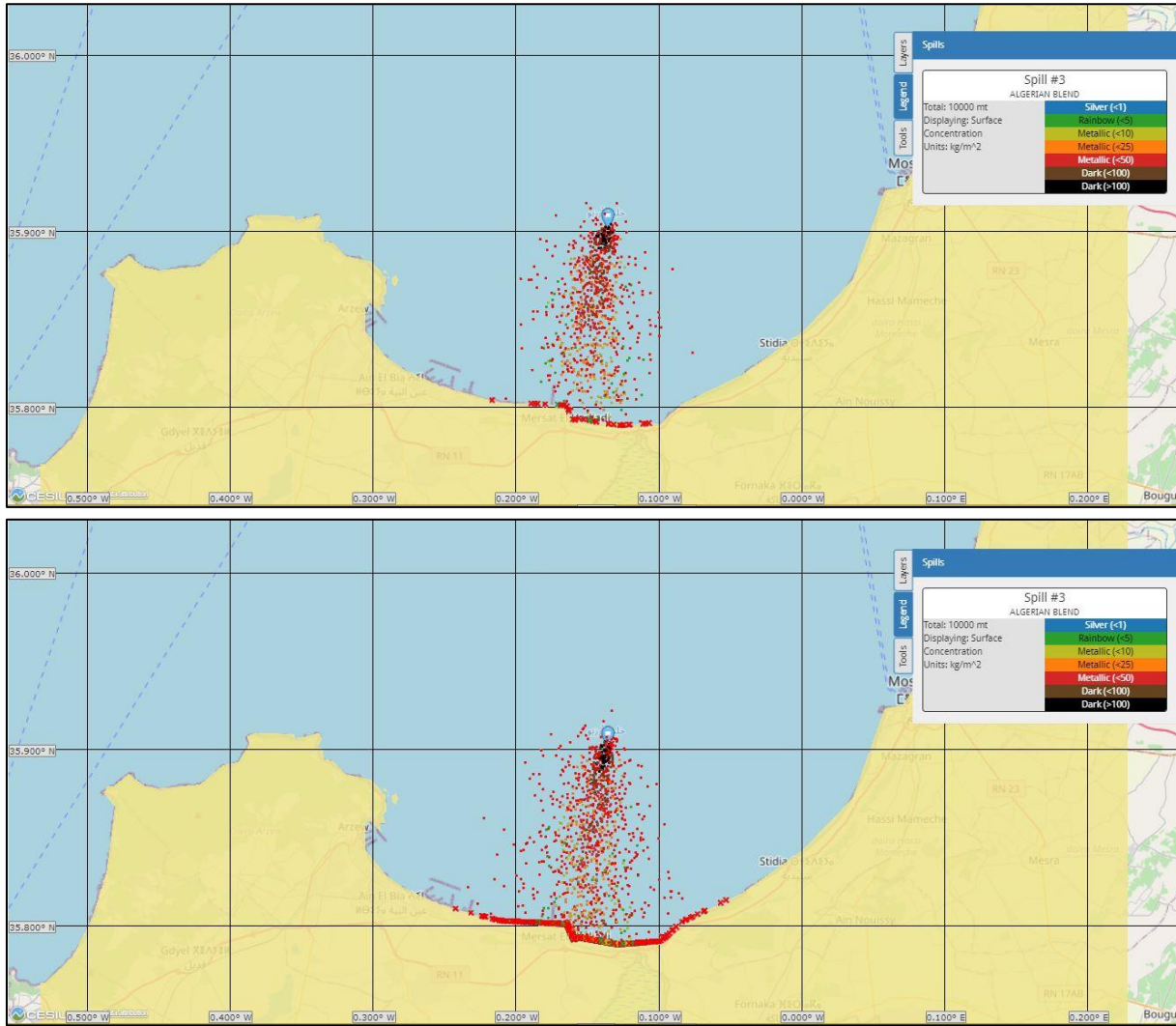
**Figure IV.63.** Scénarios de déversement d'hydrocarbures à l'automne 2018 et 2022 : a. Après 48 h au point P1, 2018 ; b. Après 48 h au point P2, 2018 ; c. Après 48 h au point P1, 2022 ; d. Après 48 h au point P2, 2022. **Le tableau et les graphes** montrent respectivement : a, b, c et d.

la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du pétrole déversé dans les deux jours. e. le pétrole flottant prévu, la quantité évaporée, la sédimentation et la dispersion naturelle dans les deux jours ; f. la dispersion naturelle du pétrole (ml) dans les deux jours ; g. l'évaporation du pétrole (ml) dans les deux jours ; h. le pétrole flottant (ml) dans les deux jours ; i. la sédimentation du pétrole (ml) dans les deux jours.

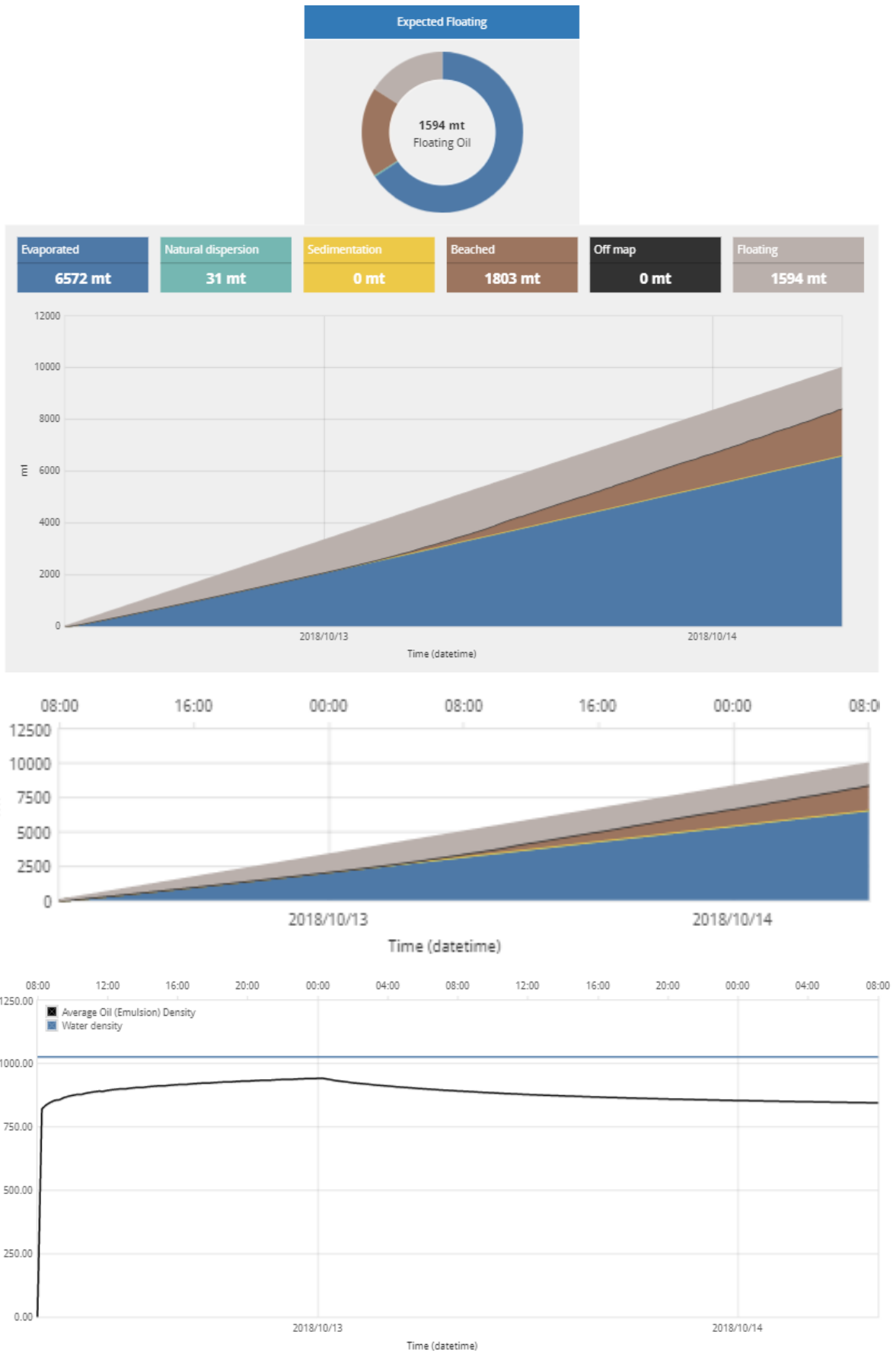
Pour les scénarios de l'automne 2018, pour un vent d'ouest de 14 nœuds, avec un volume de déversement de 10 000 t du type ALGERIAN BLEND, qui a débuté le 13 avril 2018 à 8 h et a duré 48 h jusqu'au 15 avril 2018 à 8 h, les résultats des simulations ont montré qu'après 24 h du déversement au point P1, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers l'Est et pour le déversement au point P2, la nappe s'est déplacée vers le Nord-Est sans s'échouer dans les deux cas. Après 24 h, le taux d'évaporation est de 64,2 %, soit 3208 tm, avec une dispersion naturelle de 0,6 %, soit 30 tm, et une flottaison égale à 35,2 %, soit 1761 tm. Après 42-48 h, une partie de la nappe d'hydrocarbures au point P1 (Fig IV.63a) s'est échouée sur la côte Nord-Est près du Cap Ivi à Mostaganem, affectant environ 11,90 km, avec un taux d'évaporation de 67%, équivalent à 5716 mt et une quantité de 57 mt (0,6%) dispersée naturellement et 31,3% flottante équivalente à 2818 mt avec 0% de sédimentation. Même après 48 h, la nappe d'hydrocarbures du déversement P2 (Fig IV.63b) continue à se déplacer vers le nord-est en direction de la haute mer sans s'échouer (Beached 0%), avec des taux de dispersion et d'évaporation flottante similaires à ceux du déversement P1.

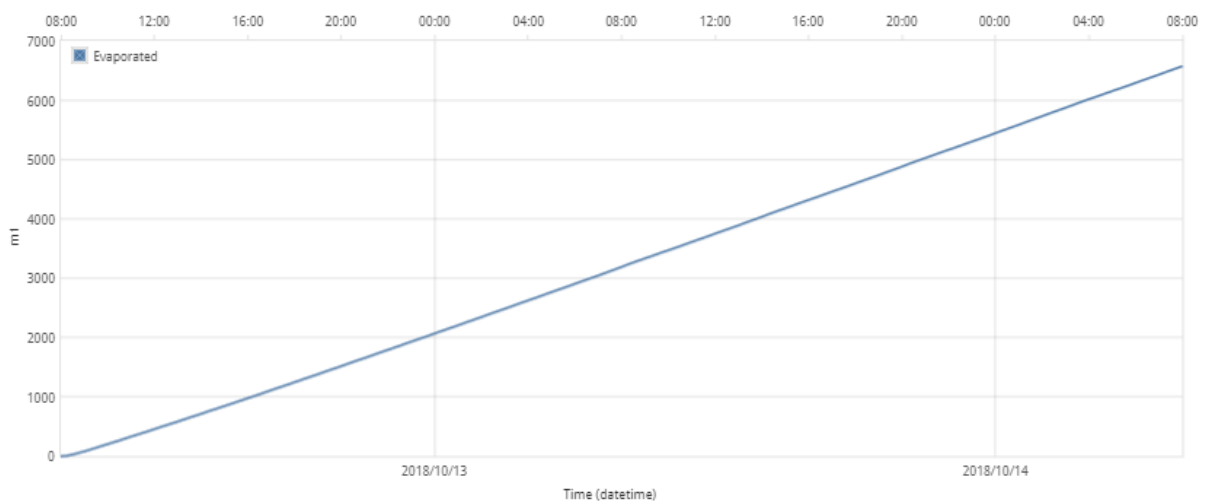
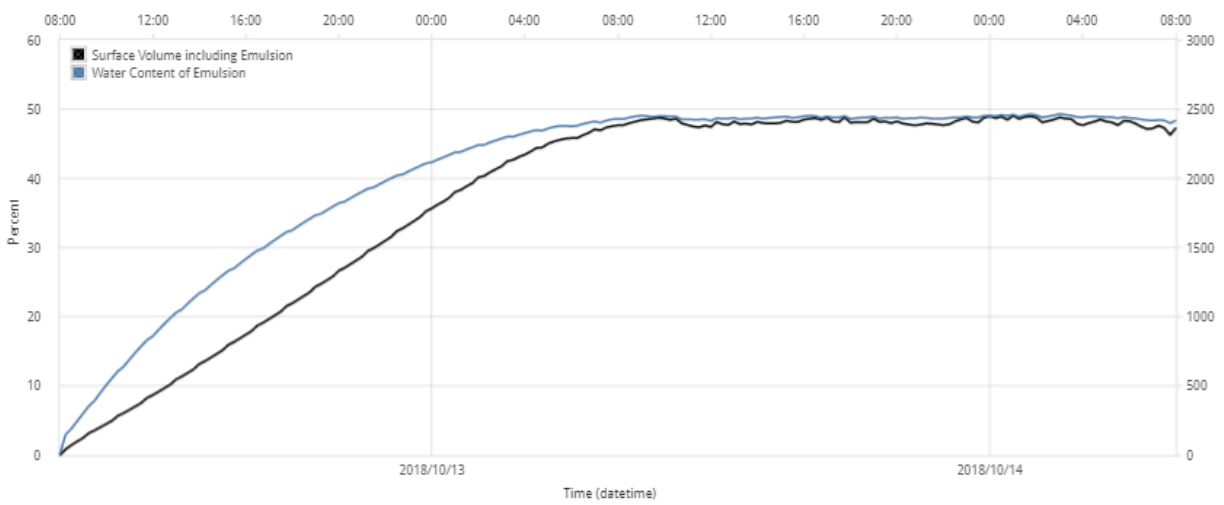
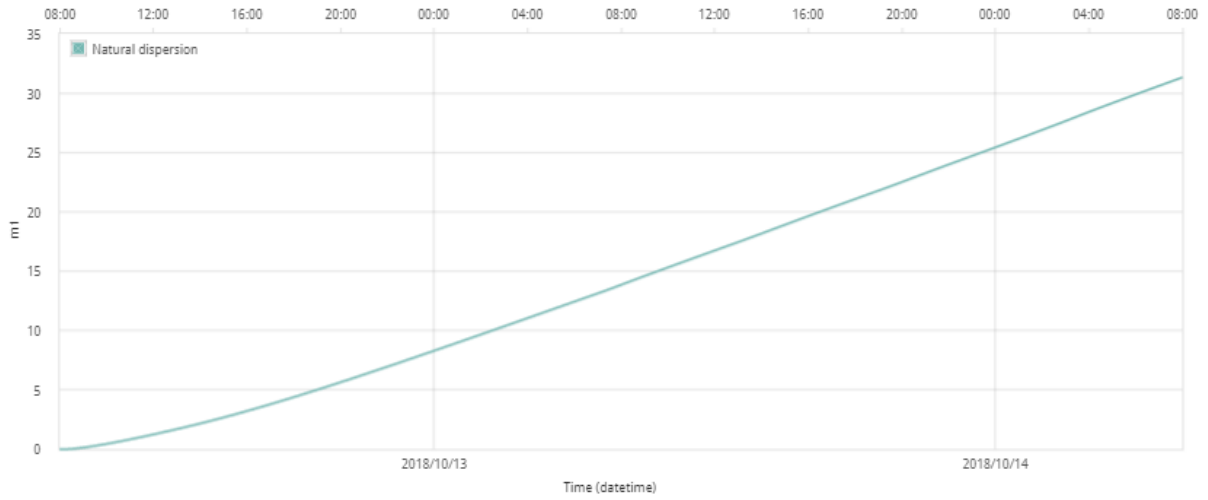
Les scénarios ont débuté le 15 mai 2022 à 13h et se sont terminés le 17 mai 2022, avec un volume de 30 000 tonnes de CONDENSATE ALGERIEN STATOIL. Après 24 h, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers le Nord-Est pour les deux points de déversement P1 et P2, dans la même direction que la nappe suivie dans le scénario de l'automne 2018, sans s'échouer (Beached 0%), avec un taux d'évaporation de 87,5% équivalent à 13118 mt. Après 48 h, une grande partie de la nappe d'hydrocarbures s'est échouée sur la côte nord-est de Mostaganem notant (Mazagran, plage d'Ouréah à Stidia) sur environ 19,40 km (Fig IV.63c). Cependant, seulement 8,20 km de la côte ont été affectés par le déversement au point P2 (Fig IV.63d), toujours sur la côte nord-est de Mostaganem, avec un taux d'évaporation de 87,3%, équivalent à 25922 tm, une dispersion naturelle de 10,8%, équivalent à 3289 tm, un flottement de 2,2%, équivalent à 548 tm, et une sédimentation très faible de 0,1%, équivalent à 17 tm. Pour les scénarios de l'automne 2018 et 2022, les zones les plus susceptibles d'être atteintes par des déversements d'hydrocarbures sont la côte nord-est près du Cap Ivi à Mostaganem, Mazagran, la plage d'Oureah jusqu'à Stidia, classées comme zones de sensibilité moyenne avec une résistance moyenne aux déversements d'hydrocarbures (Chabi N, 2023).

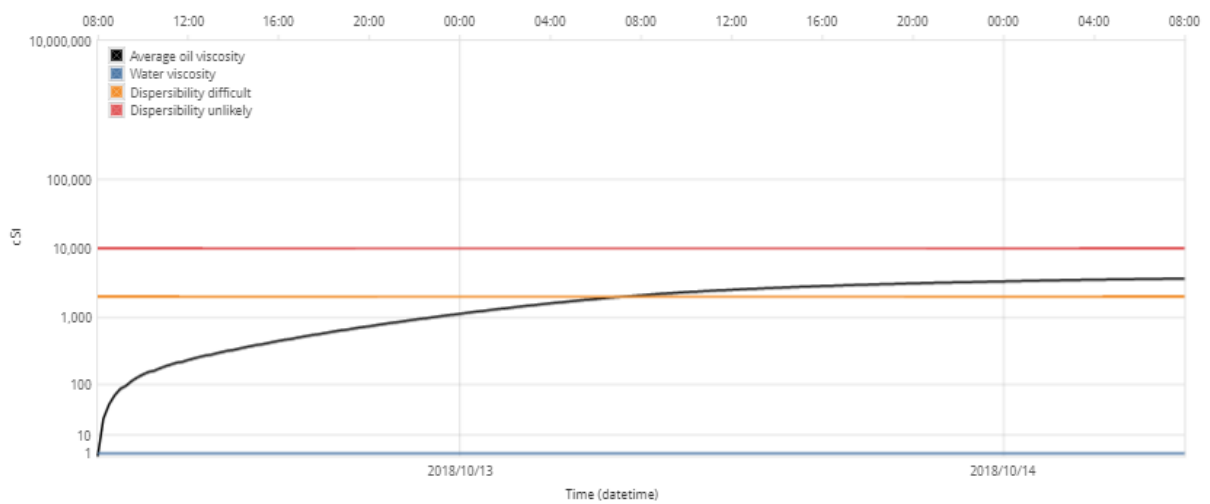
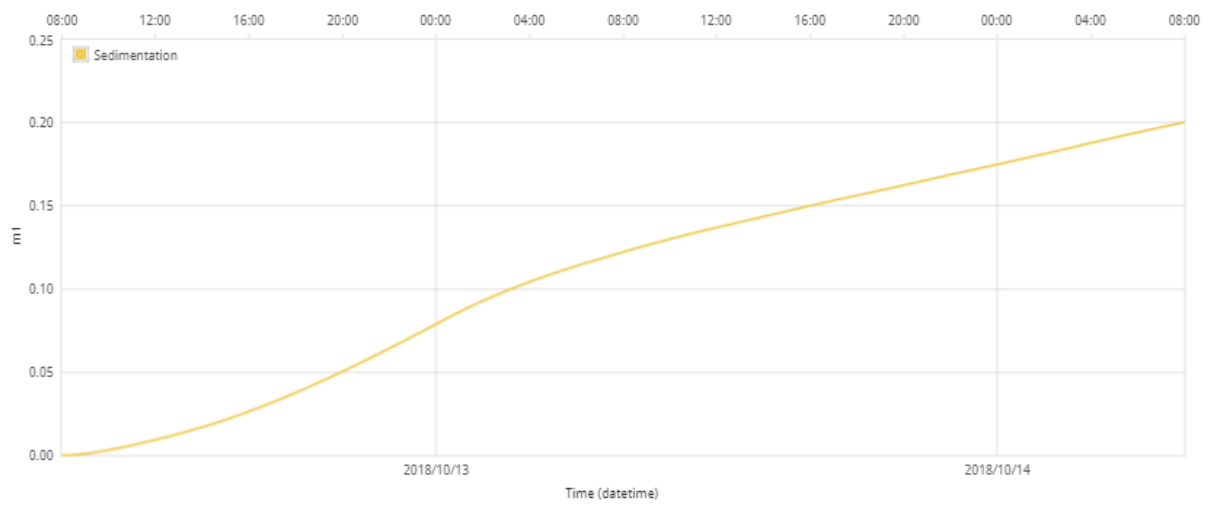
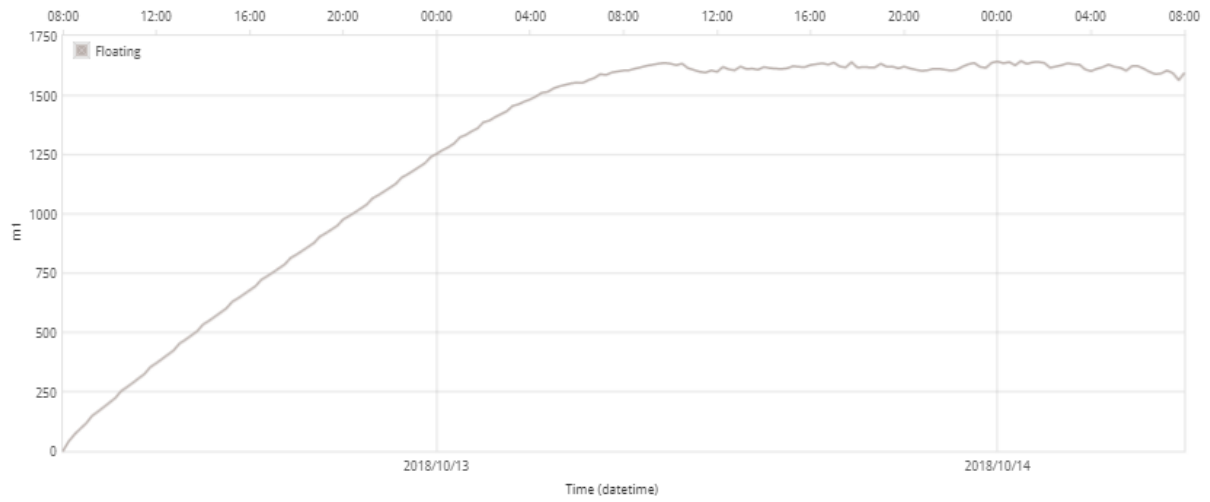
a)



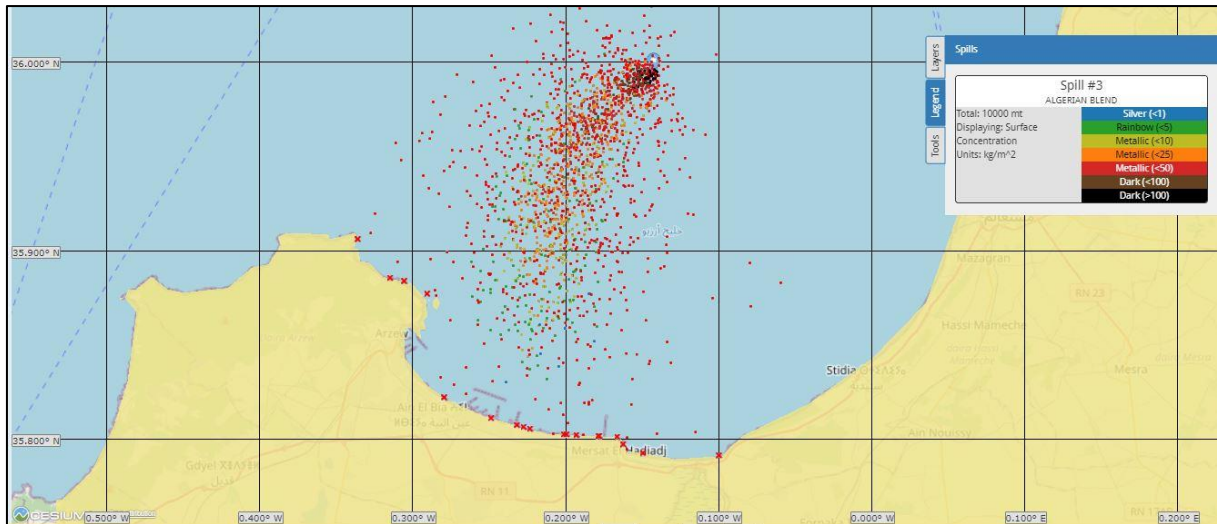
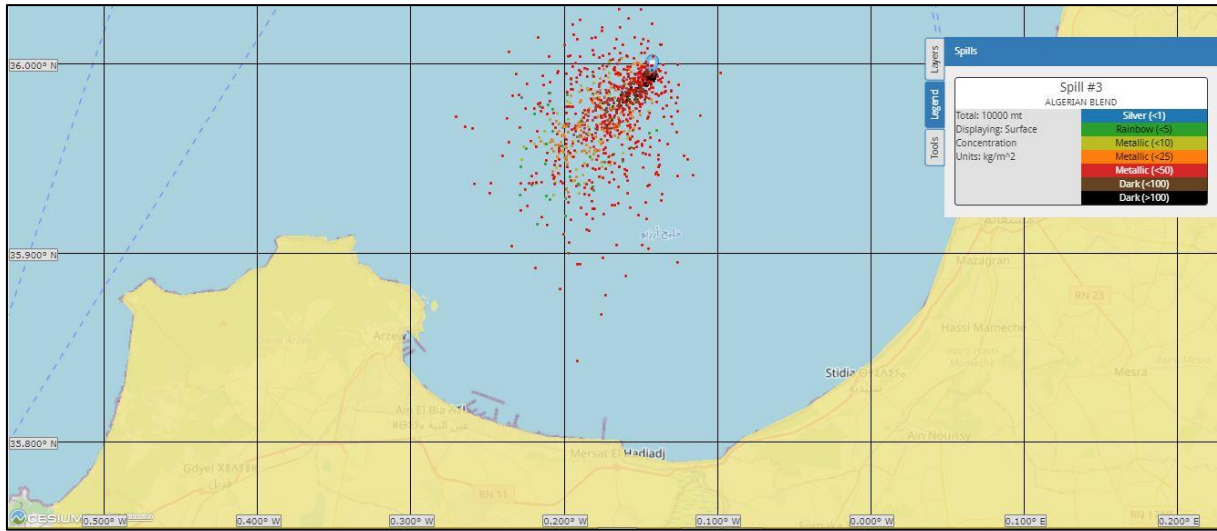
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	41.1	0.1	0	0	0	58.8
2	410	49.9	0.1	0	0	0	50
3	620	53.3	0.1	0	0	0	46.5
4	830	55.2	0.2	0	0	0	44.7
5	1040	56.2	0.2	0	0	0	43.7
6	1250	57.1	0.2	0	0	0	42.7
9	1870	59.5	0.2	0	0	0	40.3
12	2500	60.7	0.2	0	0	0	39.1
15	3120	61.9	0.2	0	0	0	37.9
18	3750	62.5	0.3	0	0.3	0	36.9
21	4370	63.3	0.3	0	1.5	0	35
24	5000	63.8	0.3	0	3.9	0	32.1
30	6250	64.5	0.3	0	9.3	0	25.9
36	7500	65.1	0.3	0	13	0	21.6
42	8750	65.5	0.3	0	15.5	0	18.7
48	10000	65.7	0.3	0	18	0	15.9



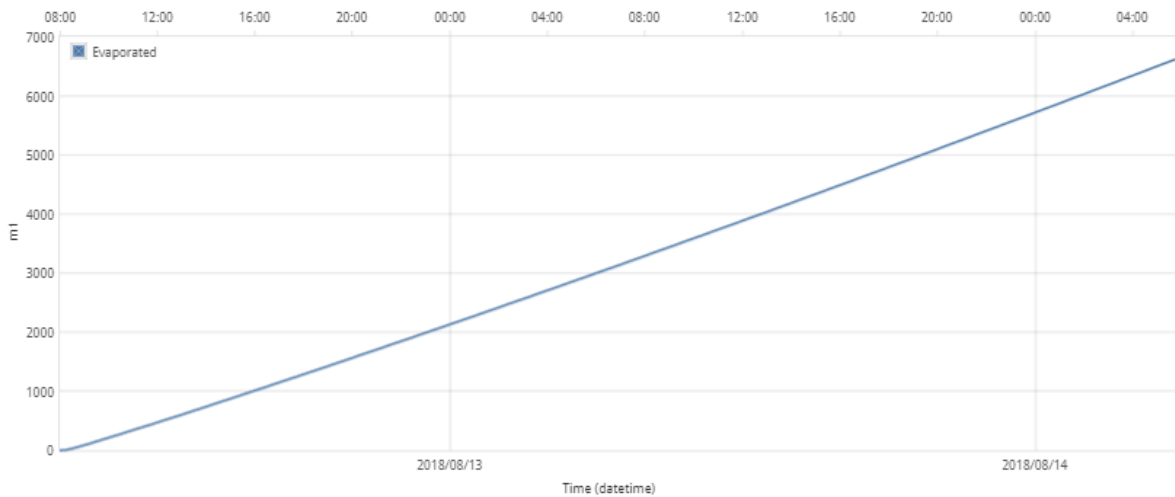
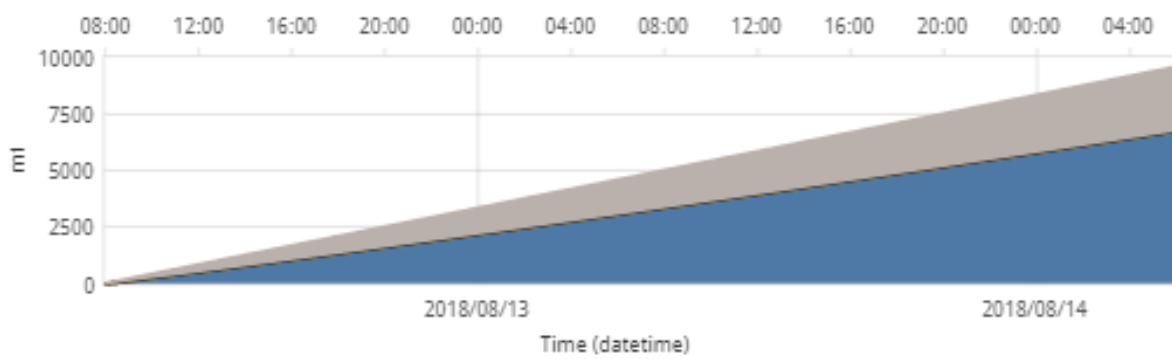
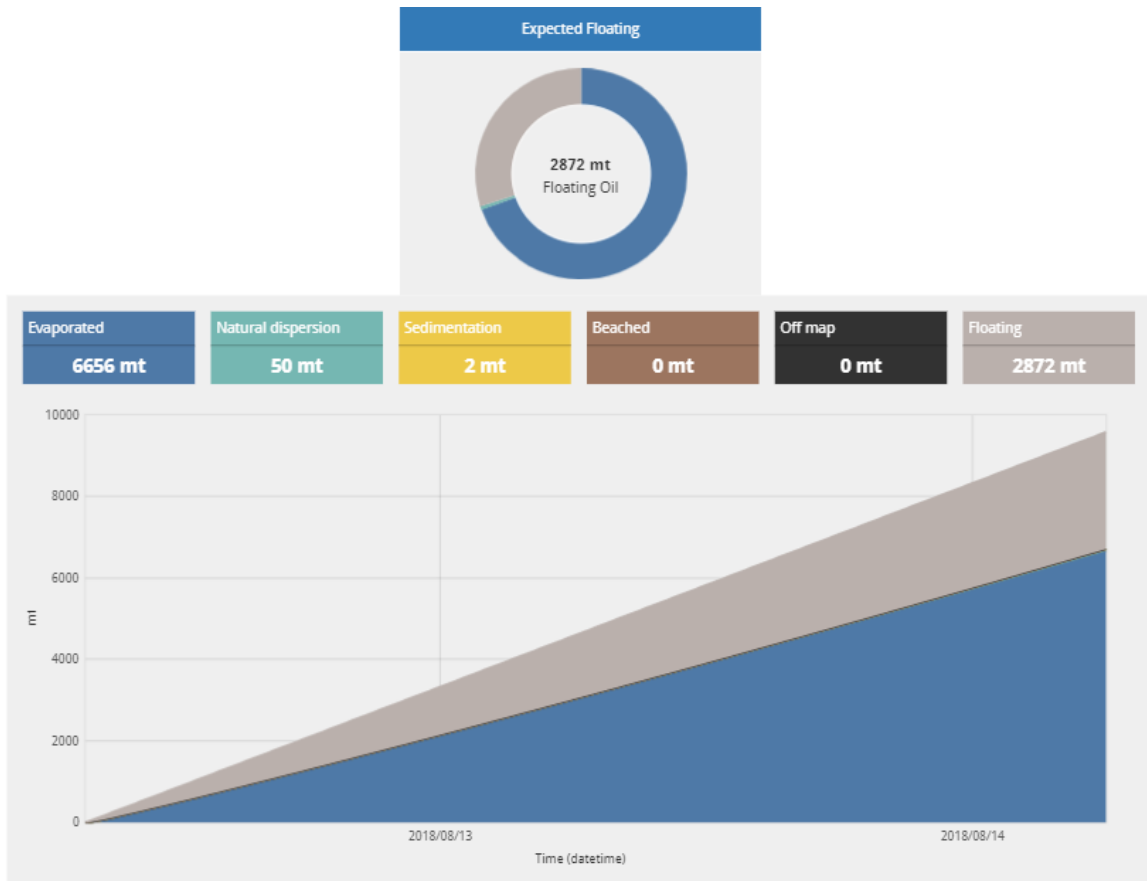


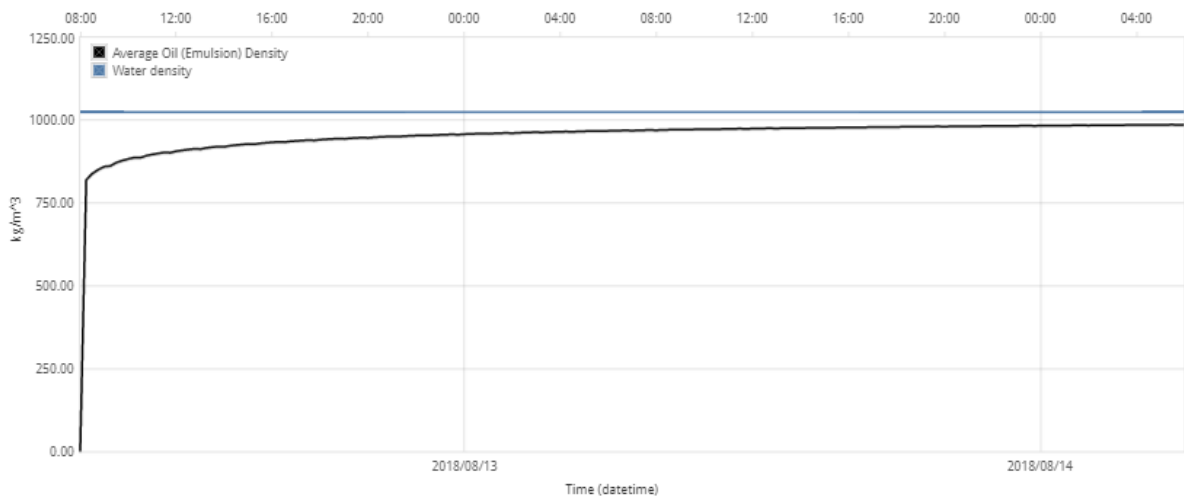
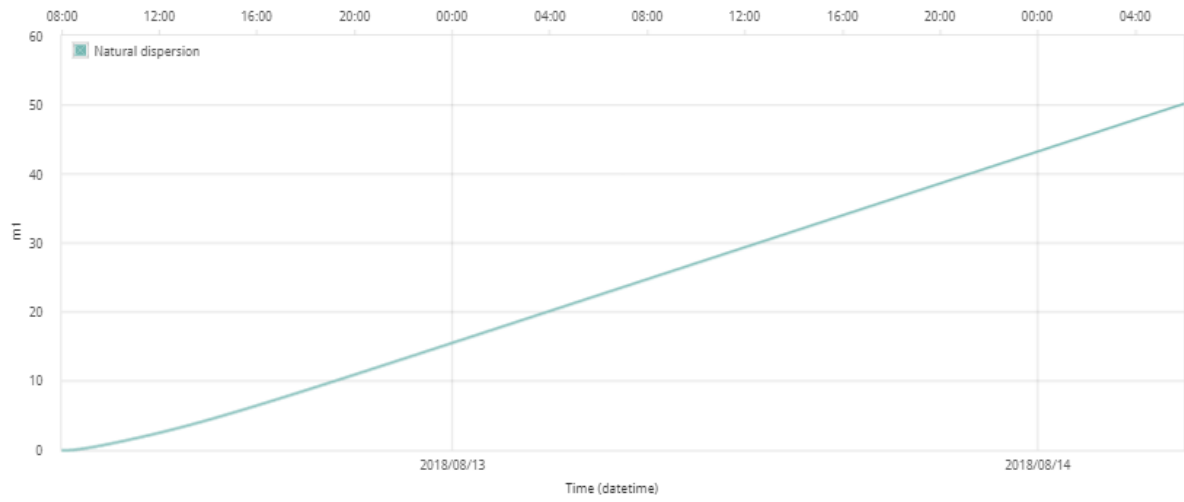


b)

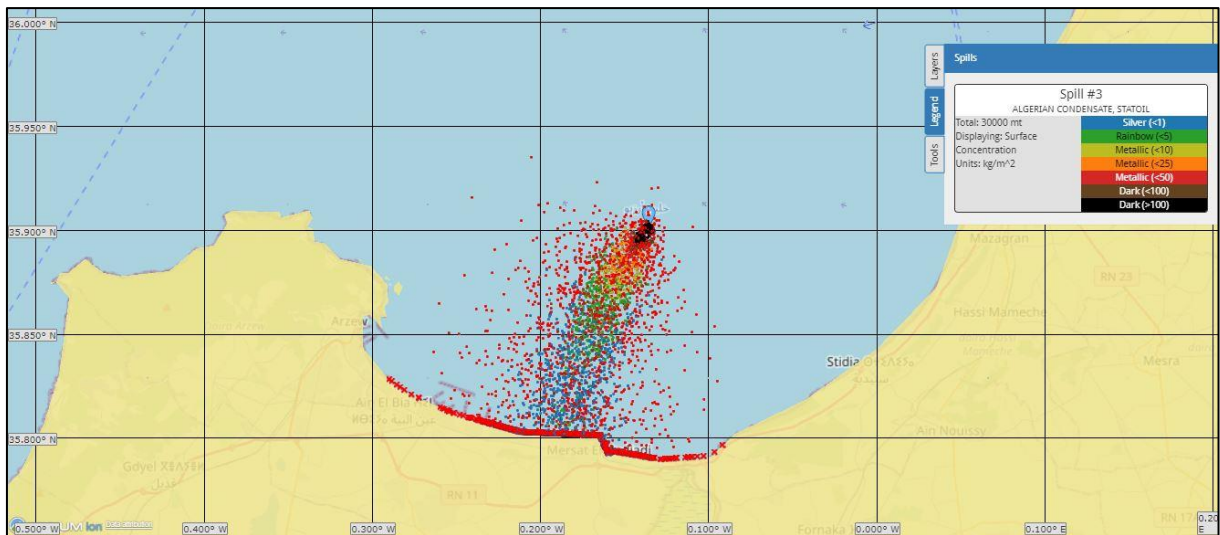
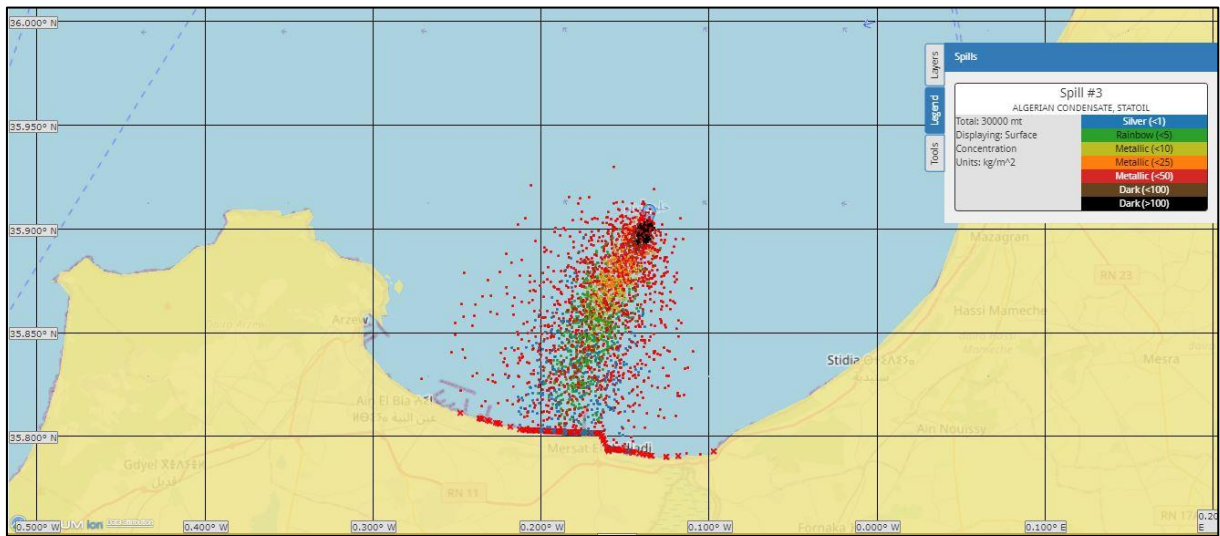


Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	44.6	0.2	0	0	0	55.2
2	410	52.7	0.2	0	0	0	47.1
3	620	55.6	0.3	0	0	0	44.1
4	830	57.2	0.3	0	0	0	42.5
5	1040	58.1	0.3	0	0	0	41.5
6	1250	59.1	0.4	0	0	0	40.5
9	1870	61.6	0.4	0	0	0	38
12	2500	62.6	0.4	0	0	0	36.9
15	3120	63.8	0.5	0	0	0	35.7
18	3750	64.5	0.5	0	0	0	35
21	4370	65.3	0.5	0	0	0	34.2
24	5000	65.8	0.5	0	0	0	33.7
30	6250	66.9	0.5	0	0	0	32.5
36	7500	68	0.5	0	0	0	31.5
42	8750	68.9	0.5	0	0	0	30.6

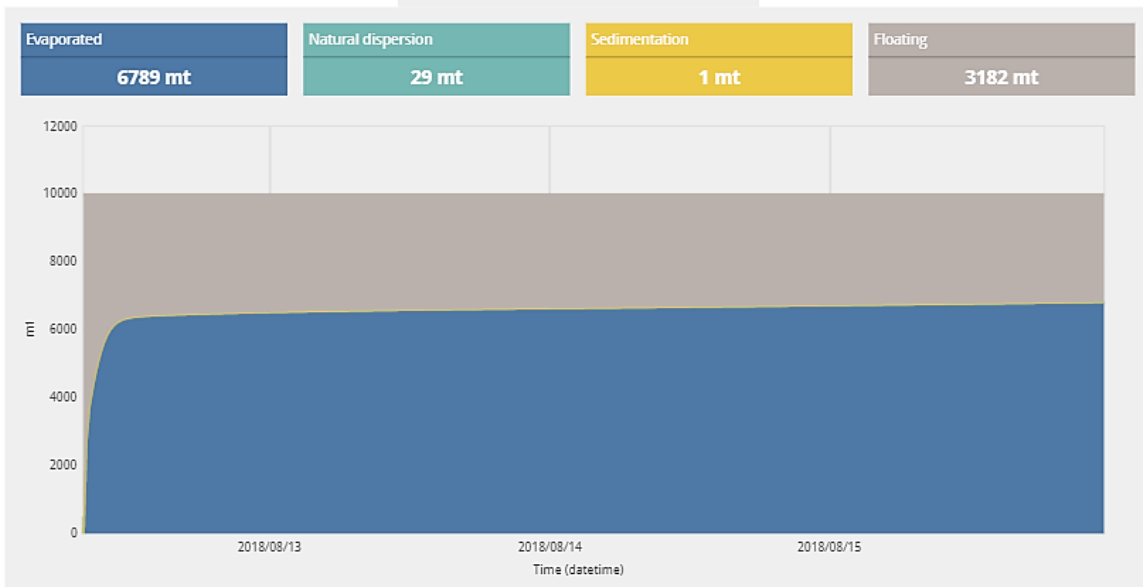
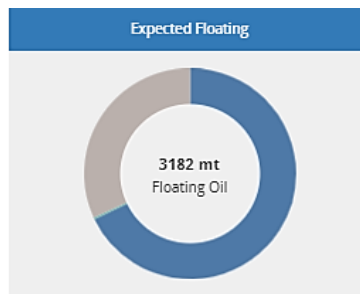


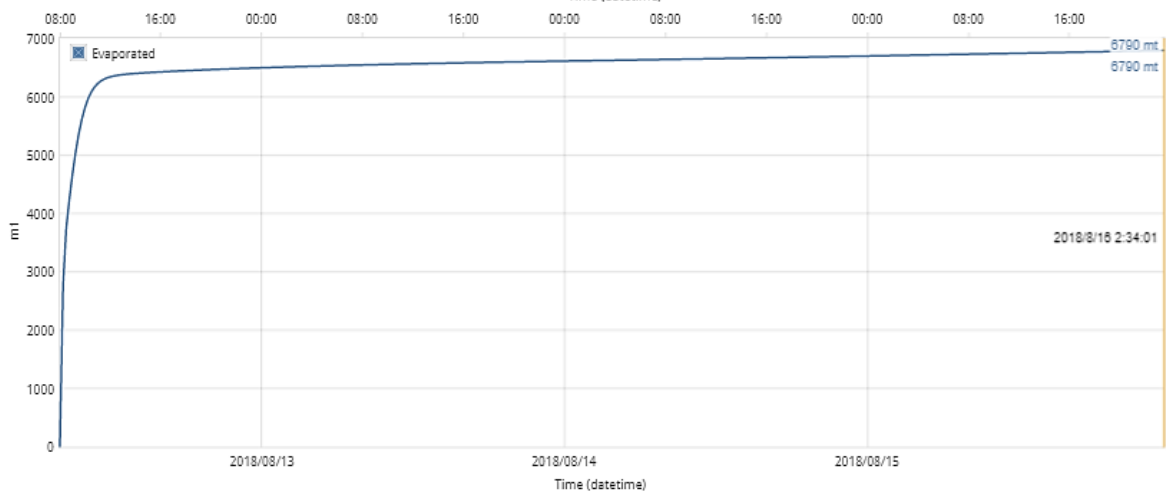
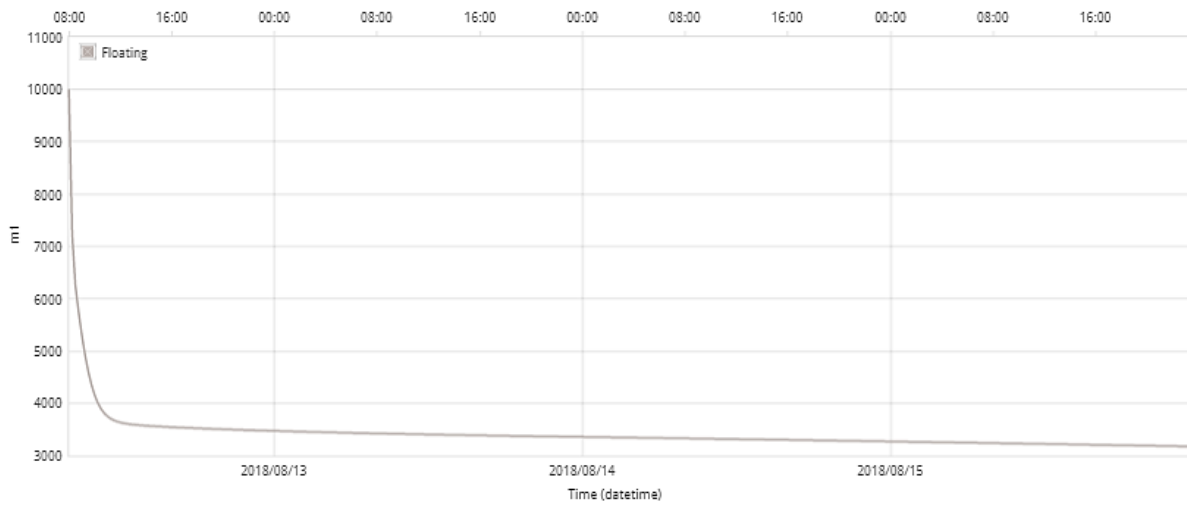
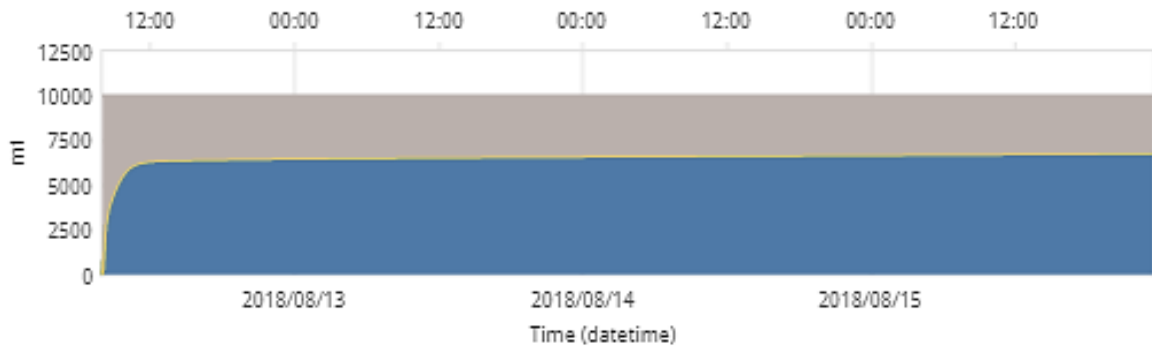


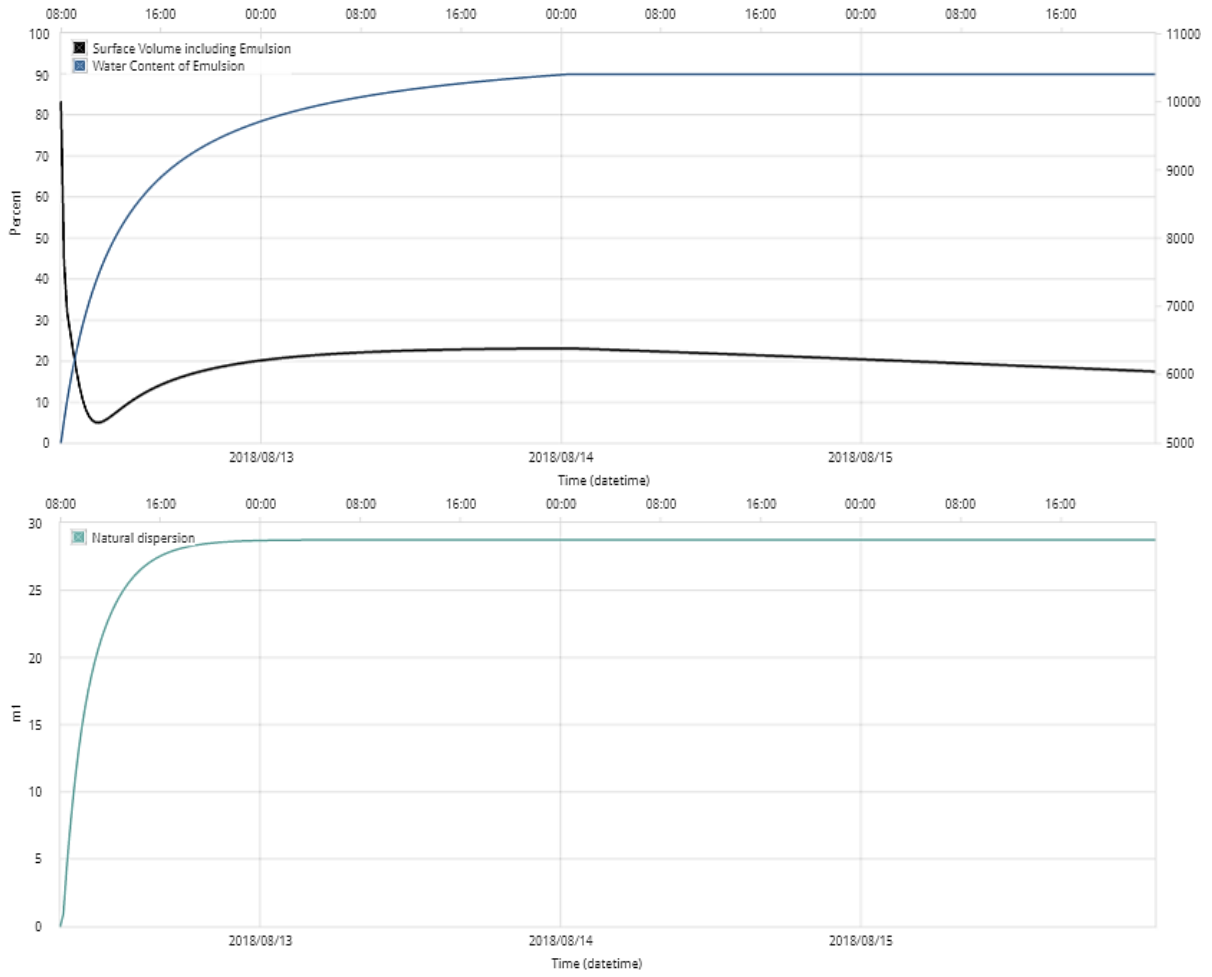
c)

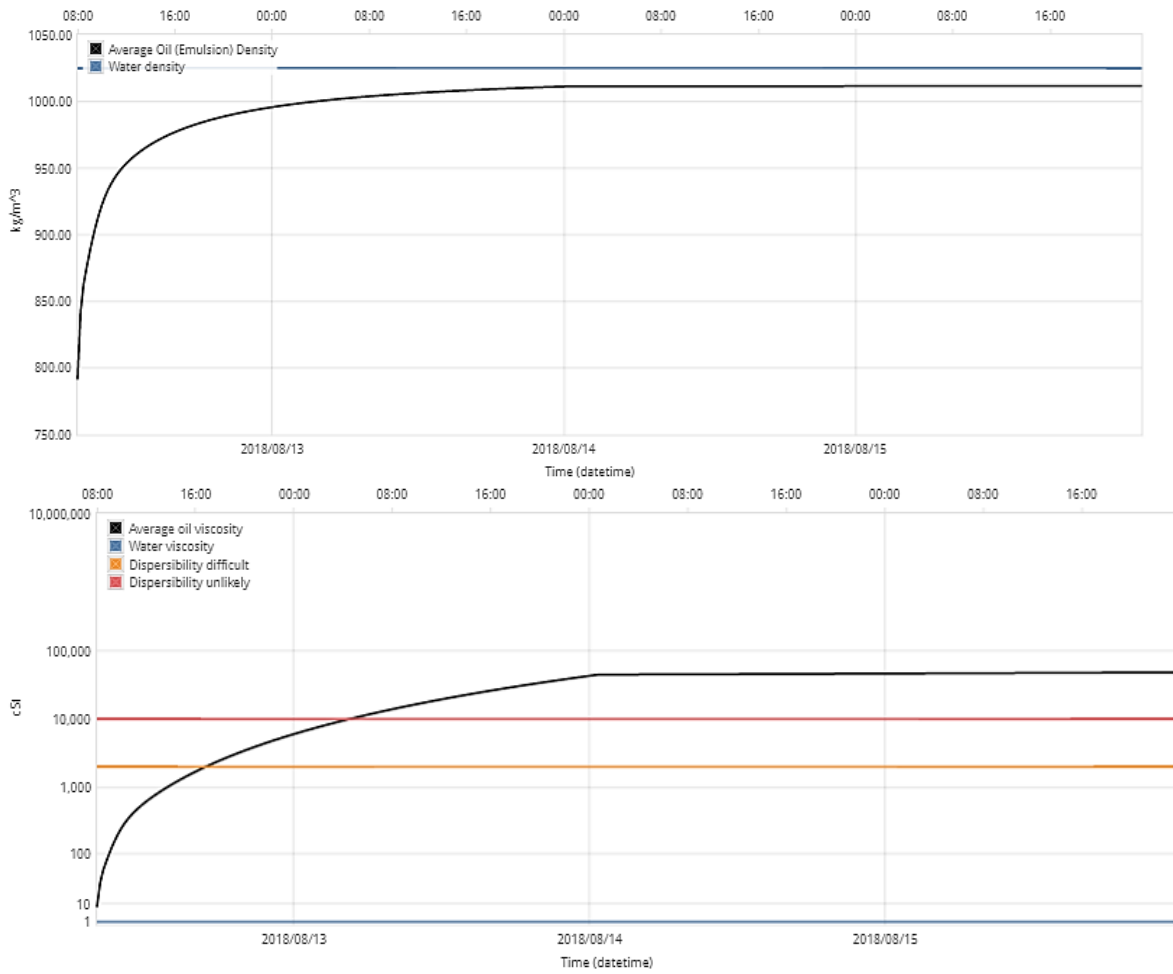


Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	10000	46.7	0.1	0	53.2
2	10000	58.2	0.2	0	41.7
3	10000	62.2	0.2	0	37.6
4	10000	63.4	0.2	0	36.4
5	10000	63.8	0.2	0	36
6	10000	64	0.3	0	35.8
9	10000	64.3	0.3	0	35.4
12	10000	64.6	0.3	0	35.1
15	10000	64.9	0.3	0	34.9
18	10000	65.1	0.3	0	34.6
21	10000	65.2	0.3	0	34.5
24	10000	65.4	0.3	0	34.3
30	10000	65.7	0.3	0	34
36	10000	65.9	0.3	0	33.8
42	10000	66.1	0.3	0	33.6
48	10000	66.4	0.3	0	33.4

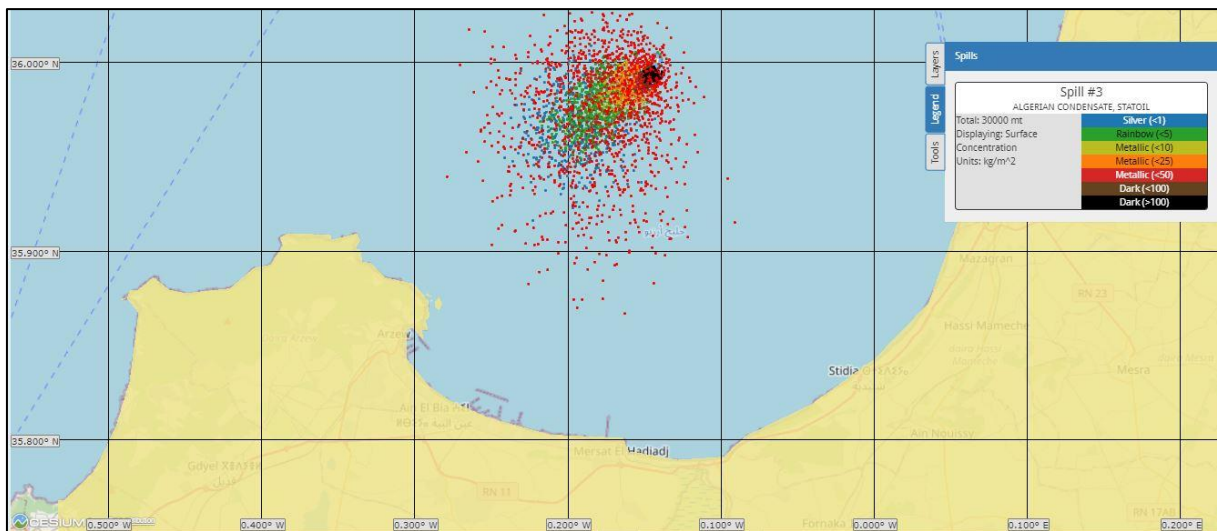


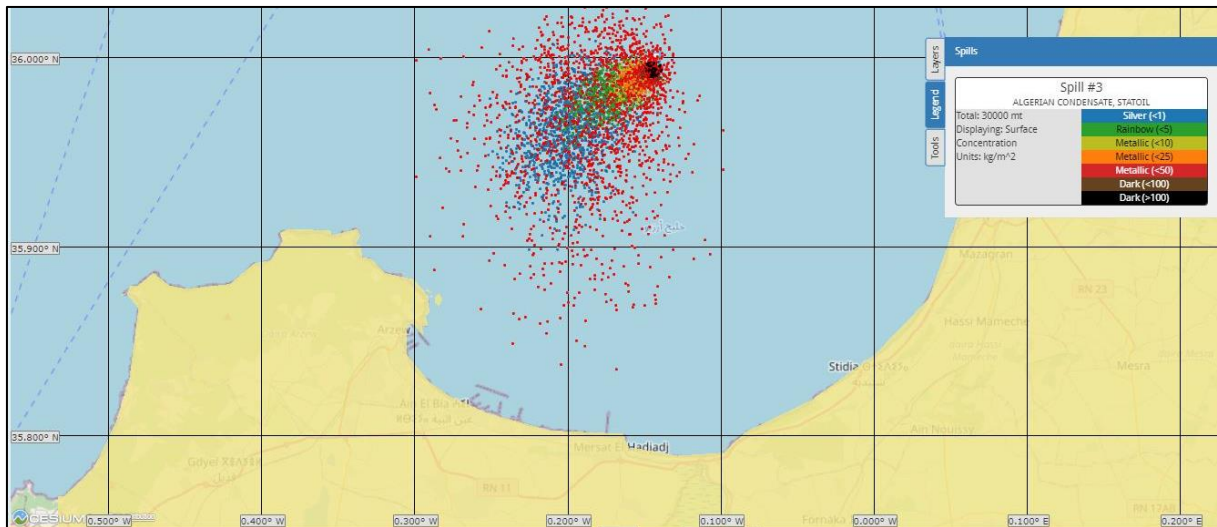




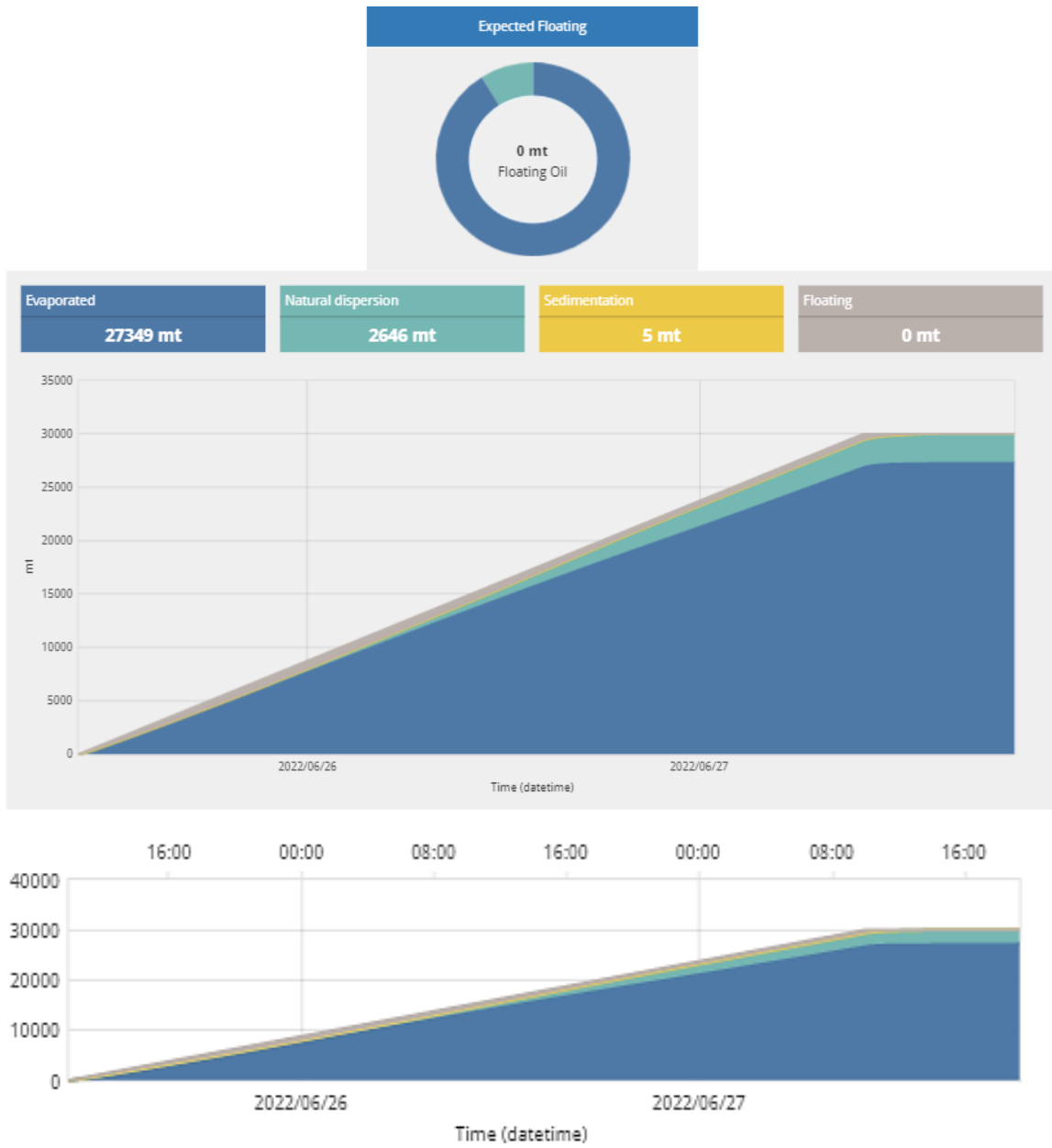


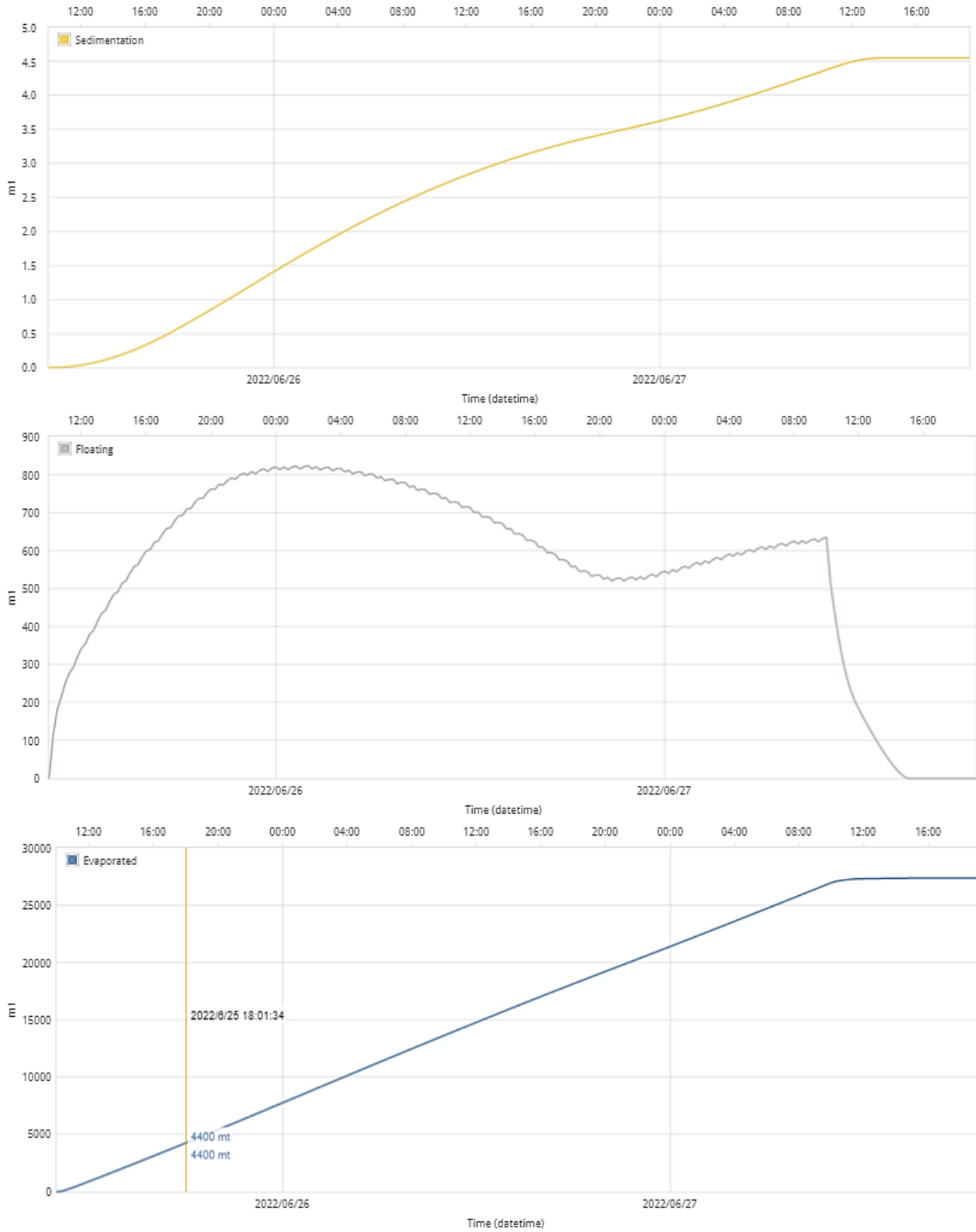
d)

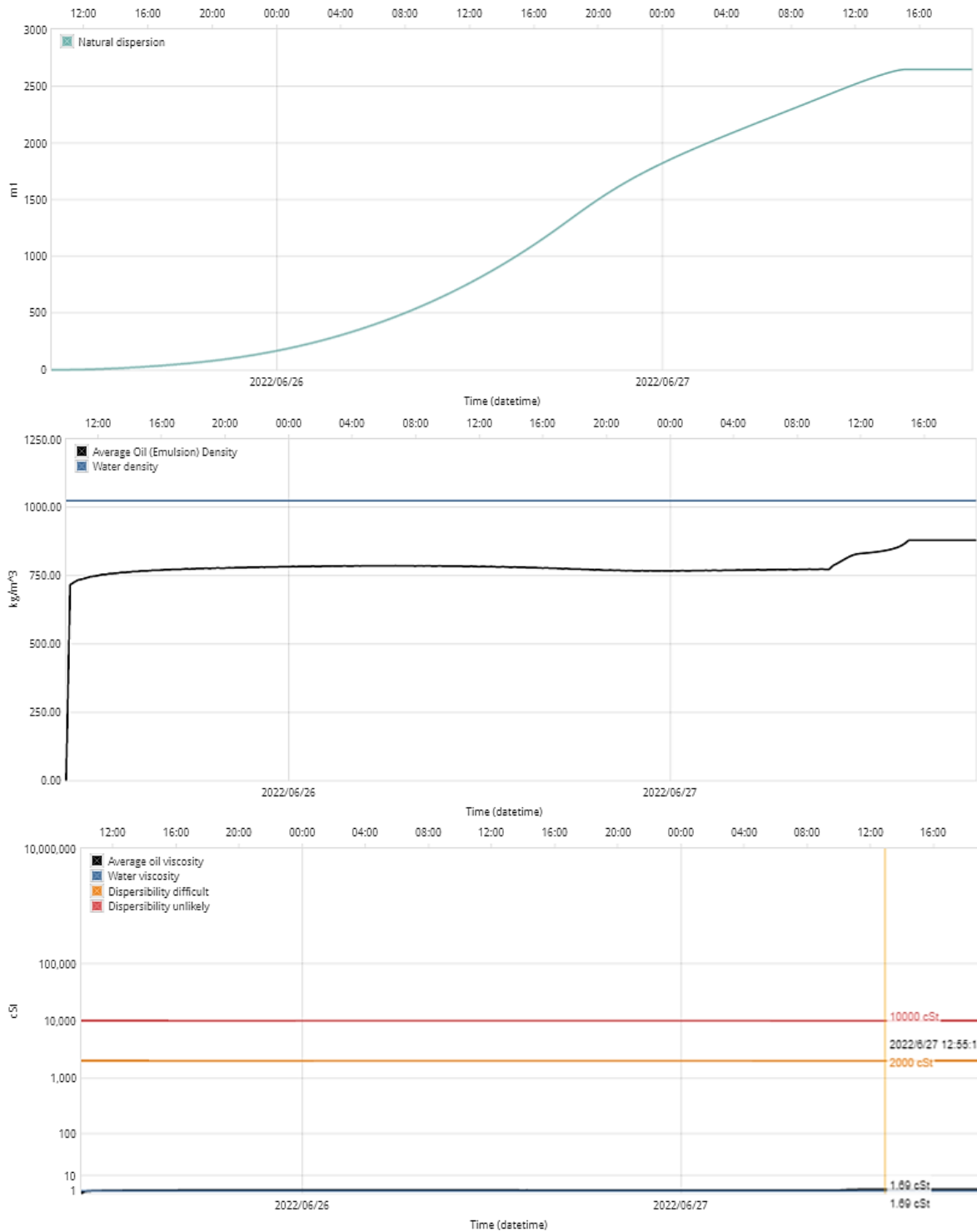




Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	620	59.4	0.2	0	40.4
2	1250	72.3	0.3	0	27.4
3	1870	77.4	0.4	0	22.2
4	2500	80.1	0.5	0	19.4
5	3120	82	0.7	0	17.3
6	3750	83.3	0.8	0	16
9	5620	85.9	1.1	0	12.9
12	7500	87.7	1.6	0	10.7
15	9370	89.1	2.1	0	8.7
18	11250	90	2.7	0	7.3
21	13120	90.6	3.4	0	6
24	15000	90.8	4.2	0	5
30	18750	90.8	5.9	0	3.3
36	22500	90.2	7.4	0	2.4
42	26250	89.9	7.9	0	2.2
48	30000	89.9	8	0	2.1







**Figure IV.64.** Scénarios de déversement d'hydrocarbures en été 2018 et 2022 : a. Après 48 h au point P1, 2018 ; b. Après 48 h au point P2, 2018 ; c. Après 48 h au point P1, 2022 ; d. Après 48 h au point P2, 2022. **Le tableau et les graphes** montrent respectivement : a, b, c et d. la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du pétrole déversé dans les deux jours. e. le pétrole flottant prévu, la quantité évaporée, la sédimentation et la dispersion naturelle dans les deux jours ; f. la dispersion naturelle du pétrole (ml) dans les deux jours ; g l'évaporation

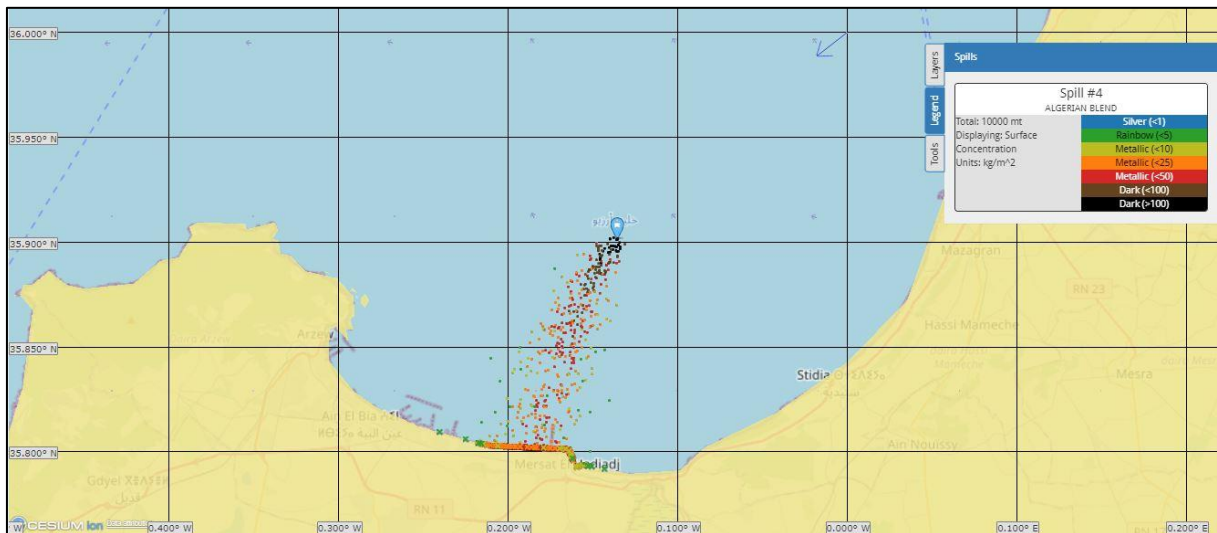
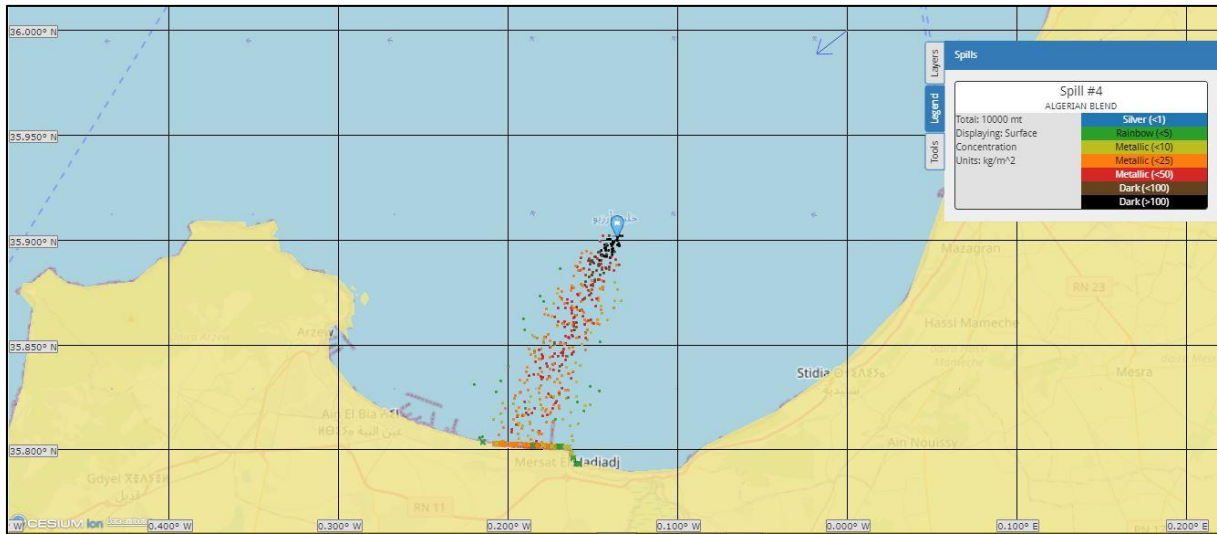
du pétrole (ml) dans les deux jours ; h. le pétrole flottant (ml) dans les deux jours ; i. la sédimentation du pétrole (ml) dans les deux jours.

Dans les scénarios d'été, débutant à 8h le 12 août 2018 et durant 48 h jusqu'au 14 août 2018, à 8h, on constate que pour une vitesse de 11 nœuds Nord et un volume d'hydrocarbures de type ALGERIAN BLEND de 10 000 t, on constate que pour une vitesse de 11 nœuds et un volume d'hydrocarbures de type ALGERIAN BL (Tab4). Après 24 h, la nappe d'hydrocarbures au point P1 s'est déplacée vers le centre du golfe d'Arzew, affectant environ 14,48 km de la côte (plage de Sidi Mansour, plage d'El Mectaa à Mers El Hadjadj et Pont aux poules). Après 24 heures, la nappe d'hydrocarbures au point P2 s'est déplacée vers l'ouest du golfe d'Arzew sans s'échouer, avec des vitesses de vent inférieures à celles des saisons d'hiver et d'automne et une température de surface de la mer supérieure à 25°C, avec un taux d'évaporation de 65,8 %, équivalent à 6422 tm, une dispersion naturelle de 0,5 %, équivalent à 40 tm, et une quantité flottante de 33,7 %, équivalent à 2361 tonnes métriques. La nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers le centre et l'ouest du golfe d'Arzew après 48 heures de déversement pour les deux points de déversement. Elle touche près de 17,60 km de côtes pour le point P1 (Fig IV.64a), (Lilou Beach, Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule, et le port méthanier de Bethioua), et environ 29,70 km de côtes pour le point P2 (Fig. 64b), touchant toutes les zones touchées par le déversement au point P1 plus Arzew avec une très faible quantité d'hydrocarbures échoués). Avec un taux d'évaporation de 68,9 % (6633 tm), une dispersion naturelle de 0,5 % (50 tm), et une flottaison de 35,6 % (2867 tm).

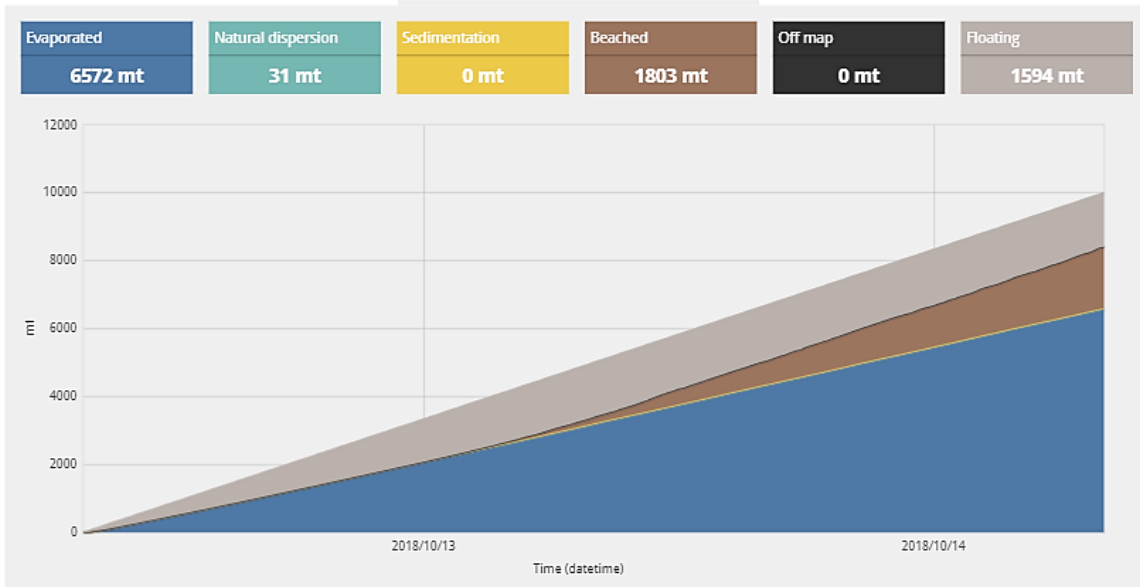
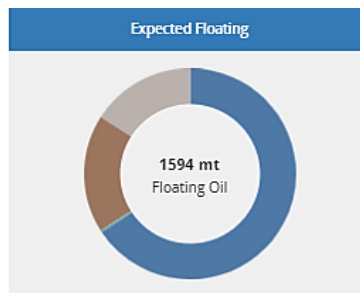
Pour les simulations d'été, le 25 juin 2022 à 13 h, avec une durée de 48 h jusqu'au 27 juin 2022 à 13 h, aux deux points de rejet, avec un volume de 30 000 tonnes de CONDENSATE ALGERIEN STATOIL et un vent du Nord de 10 nœuds. On constate qu'après 24 h, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers le centre et l'ouest du golf d'Arzew. En ce qui concerne les scénarios de l'été 2018, le déversement au point P1 a touché près de 8,9% de la côte, et les zones touchées sont listées ci-dessous (Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule).

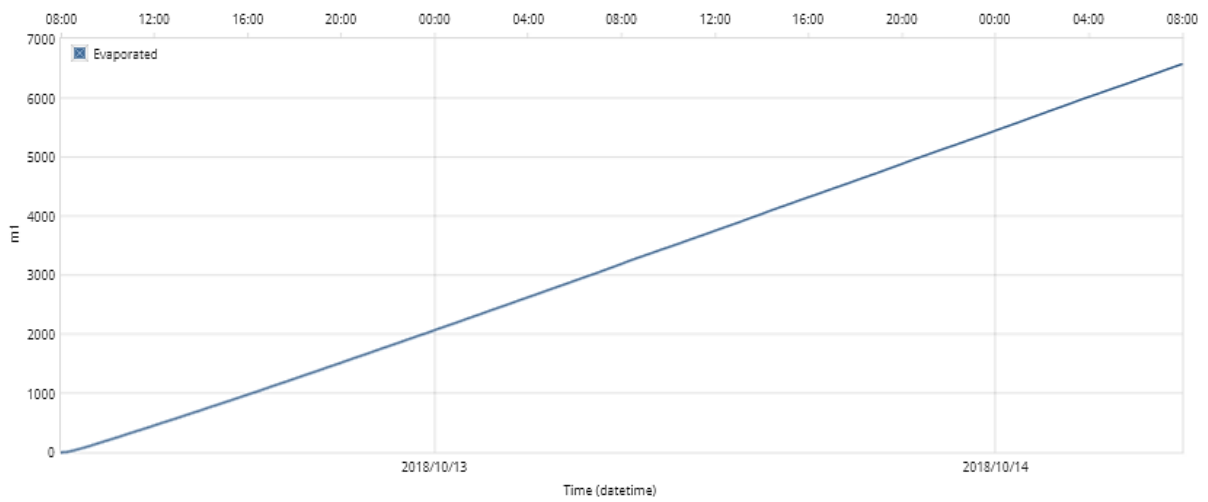
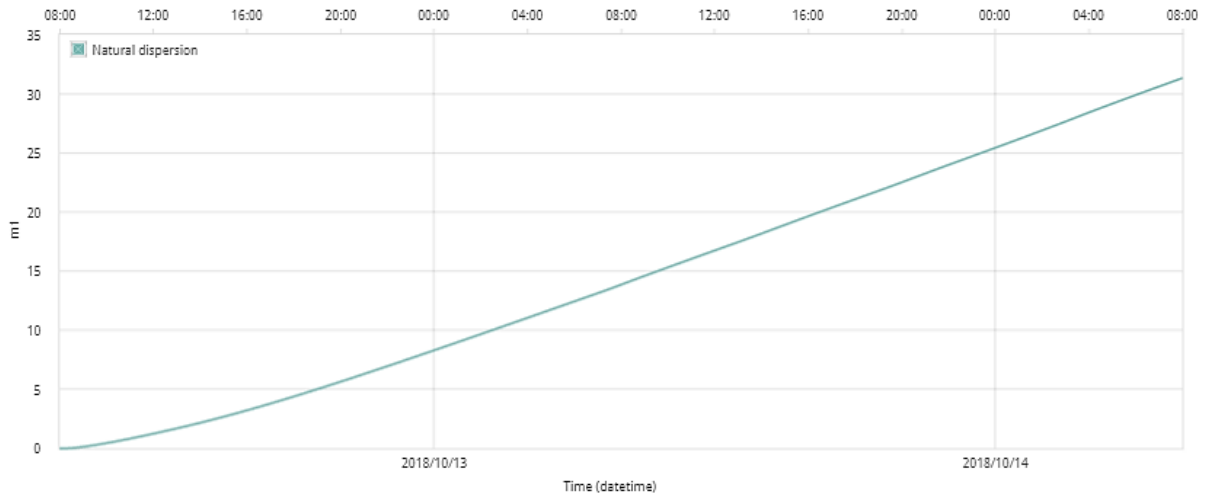
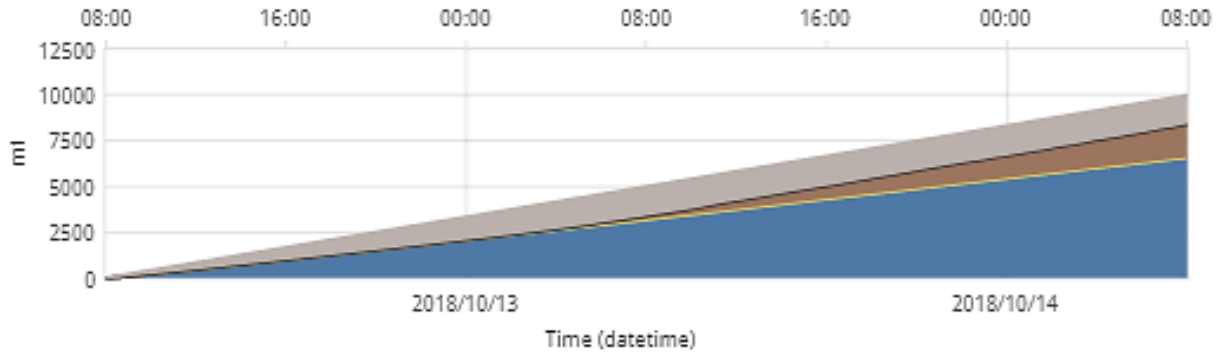
Le déversement au point P2, par contre, après 24 h, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers l'Ouest du Golfe d'Arzew sans s'échouer, avec un taux d'évaporation de 90,4 % équivalent à 13713 mt, une dispersion naturelle de 4,2 % équivalent à 635 mt, et un flottement de 5 % équivalent à 741 mt dans les deux points de déversements similaires. La nappe d'hydrocarbures a touché près de 21,58 km de la côte centrale et occidentale du golfe d'Arzew après 48 h de déversement, comme le montre la figure IV.64c, pour le déversement au point P1. Cependant, la nappe au point P2 (Fig IV.64d) continue à se déplacer à l'ouest d'Arzew sans s'échouer, avec un taux d'évaporation de 89,9 %, équivalent à 2 6983 t, une dispersion naturelle de 8 %, équivalente à 2 410 t, et une flottaison de 2,1 %, équivalente à 603 t. Selon les scénarios de l'été 2018 et 2022, les zones les plus susceptibles d'être atteintes par les marées noires sont les zones côtières du centre et de l'ouest, telles que Lilou Beach, Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule, le port méthanier de Bethioua, et Arzew, qui sont classées comme des zones de très haute sensibilité et de haute sensibilité au déversement de la nappe de pétrole (Chabi N, 2023).

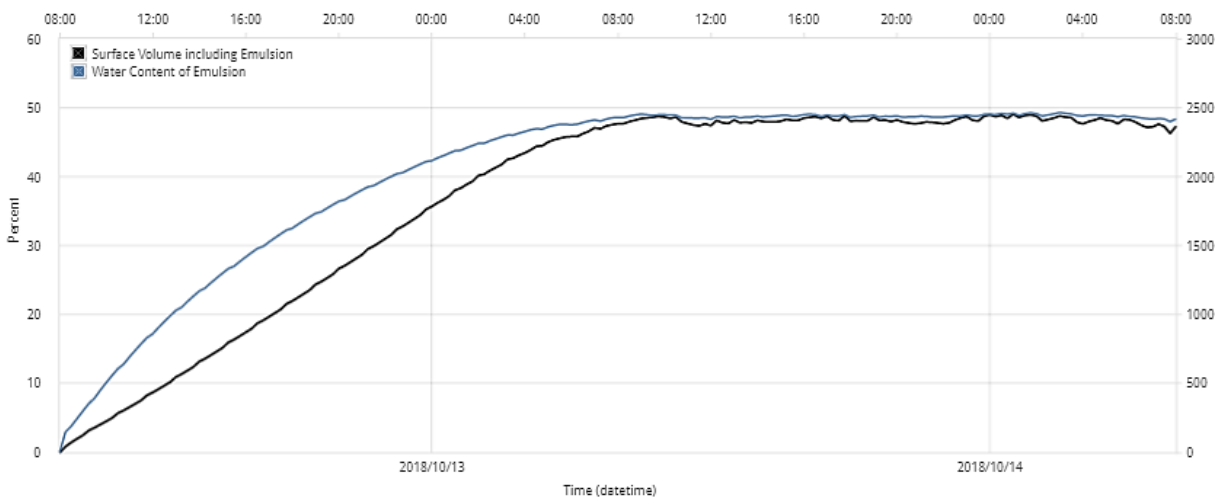
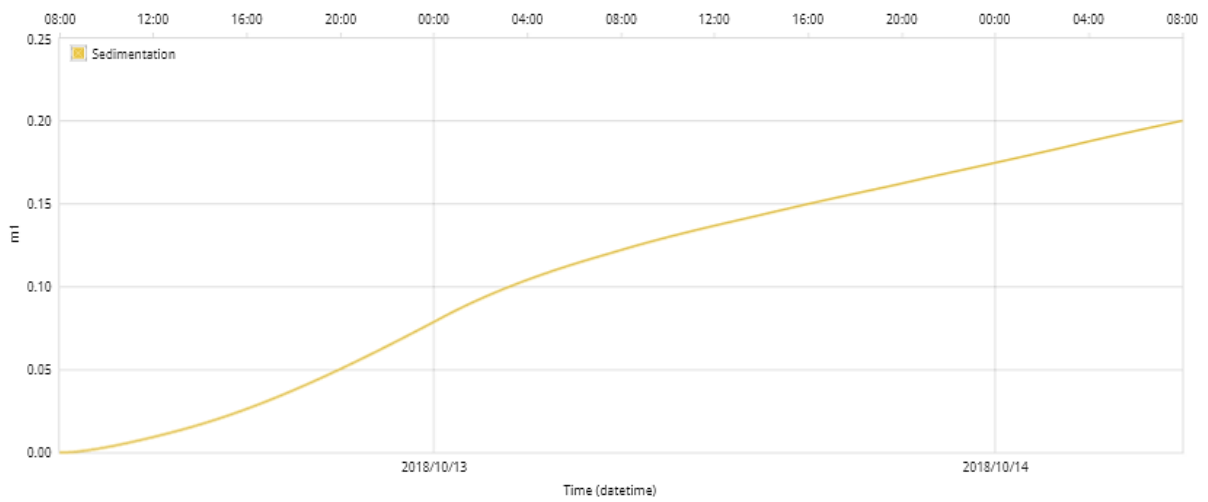
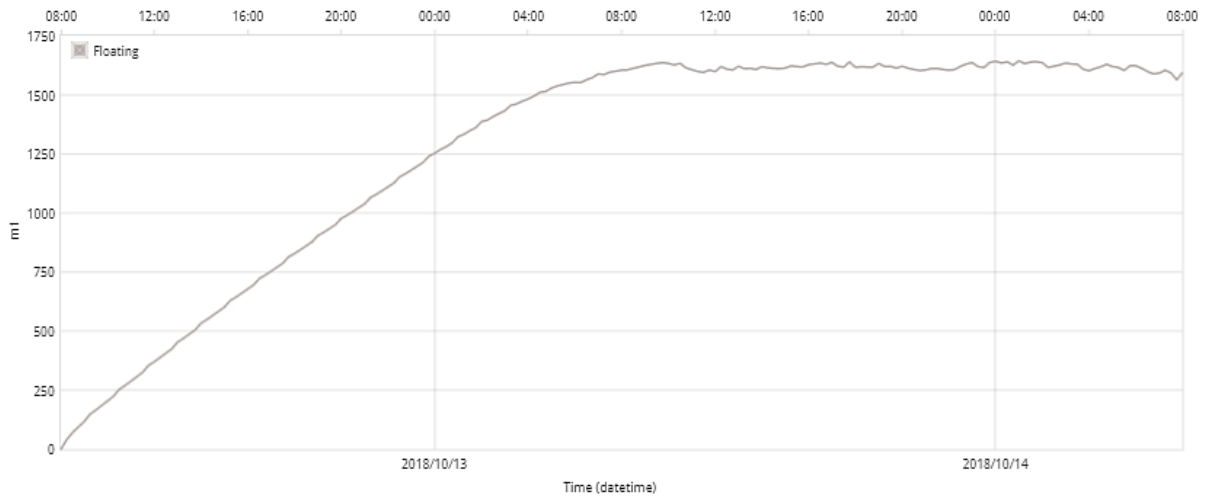
a)

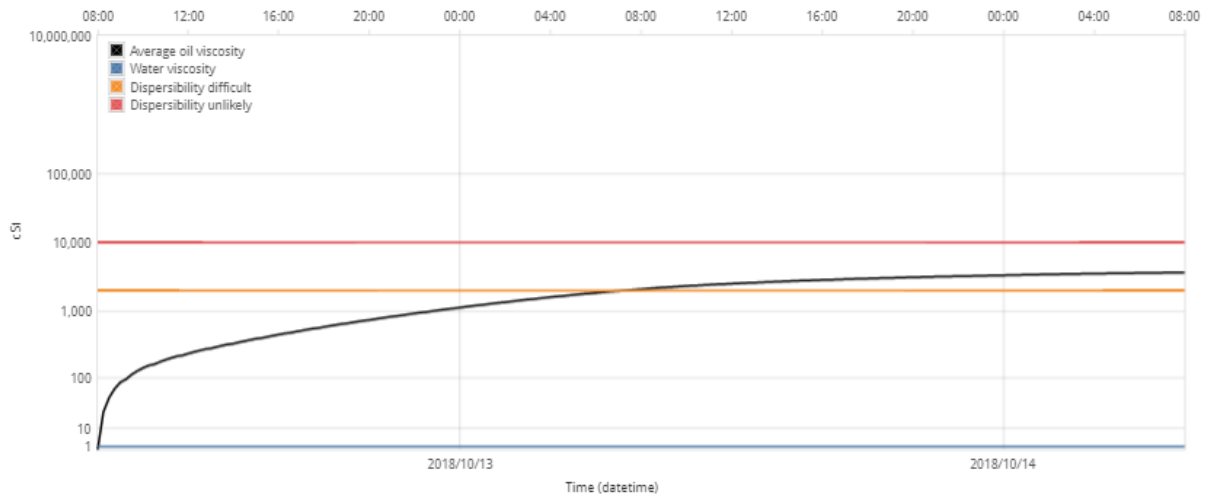


Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	41.1	0.1	0	0	0	58.8
2	410	49.9	0.1	0	0	0	50
3	620	53.3	0.1	0	0	0	46.5
4	830	55.2	0.2	0	0	0	44.7
5	1040	56.2	0.2	0	0	0	43.7
6	1250	57.1	0.2	0	0	0	42.7
9	1870	59.5	0.2	0	0	0	40.3
12	2500	60.7	0.2	0	0	0	39.1
15	3120	61.9	0.2	0	0	0	37.9
18	3750	62.5	0.3	0	0.3	0	36.9
21	4370	63.3	0.3	0	1.5	0	35
24	5000	63.8	0.3	0	3.9	0	32.1
30	6250	64.5	0.3	0	9.3	0	25.9
36	7500	65.1	0.3	0	13	0	21.6
42	8750	65.5	0.3	0	15.5	0	18.7
48	10000	65.7	0.3	0	18	0	15.9

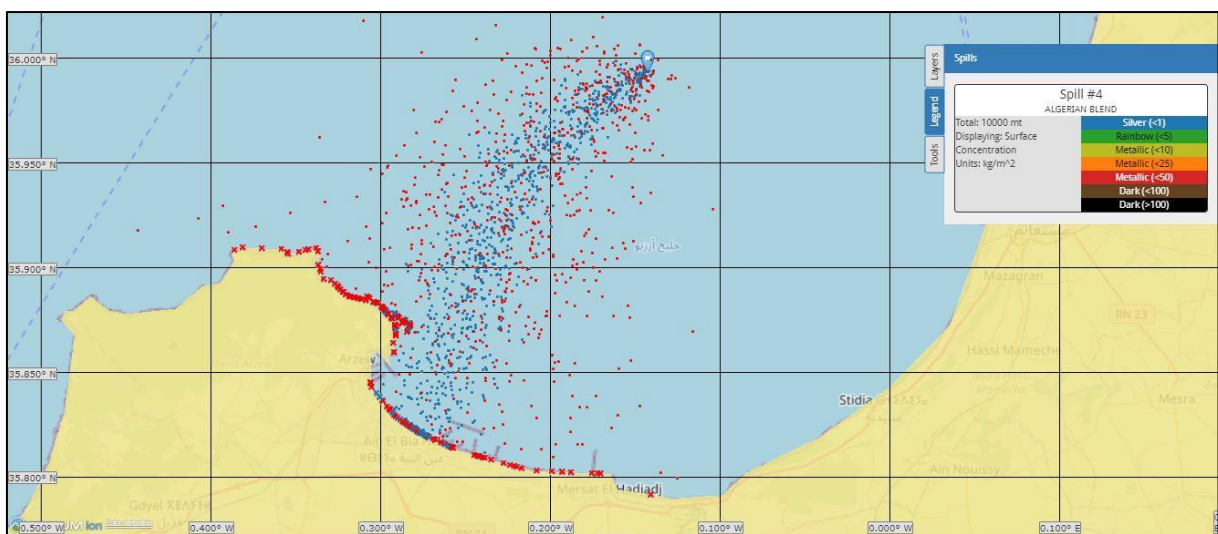
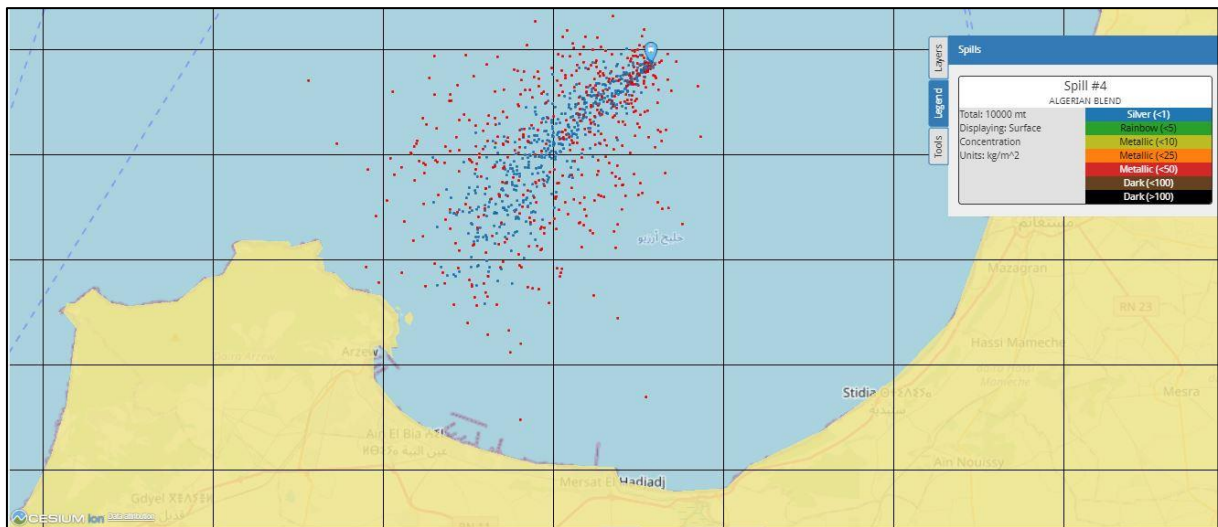




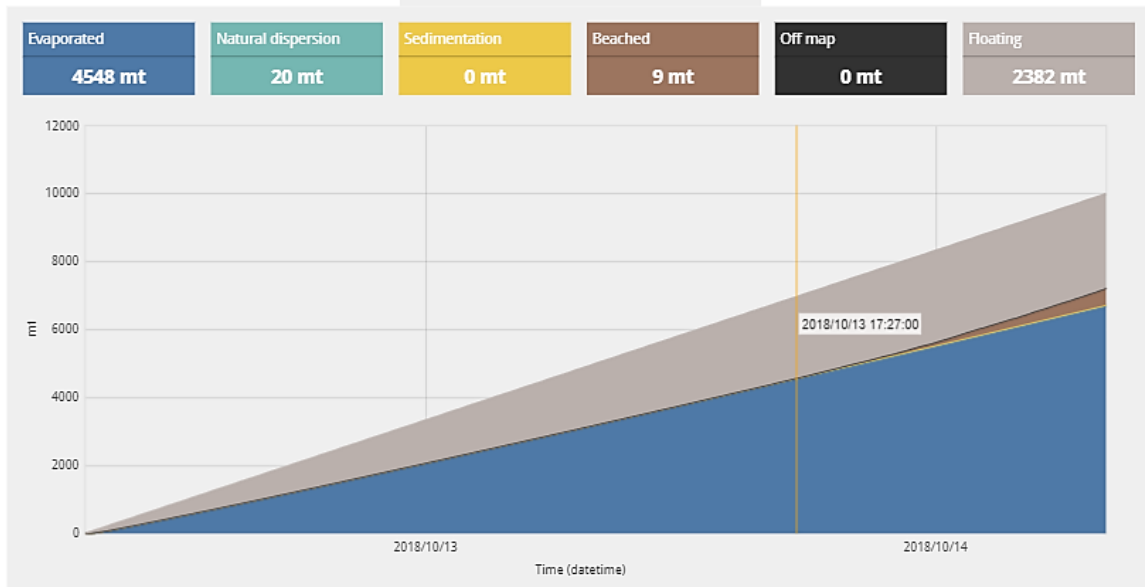
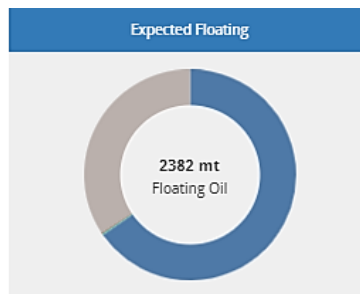


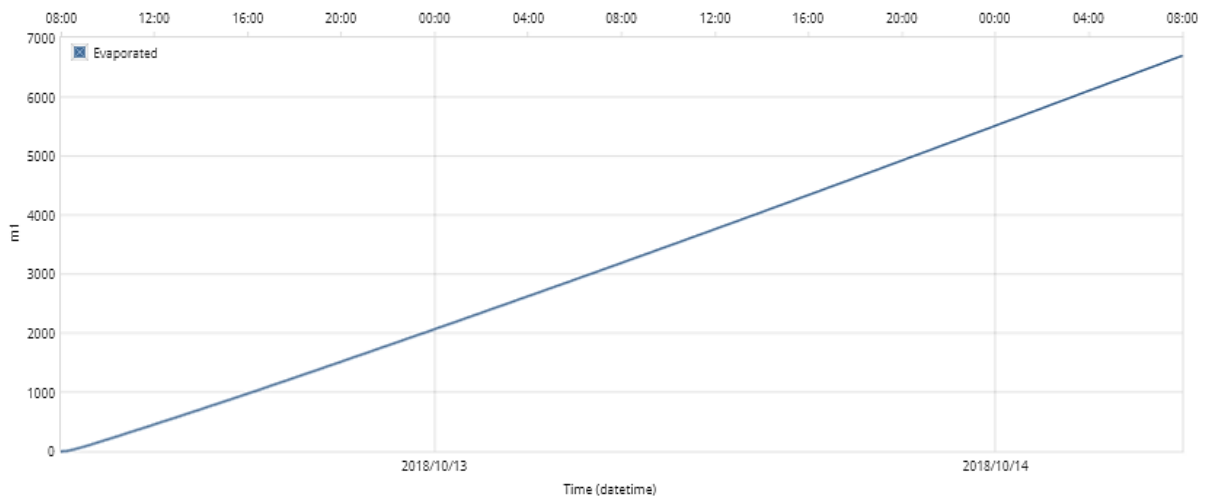
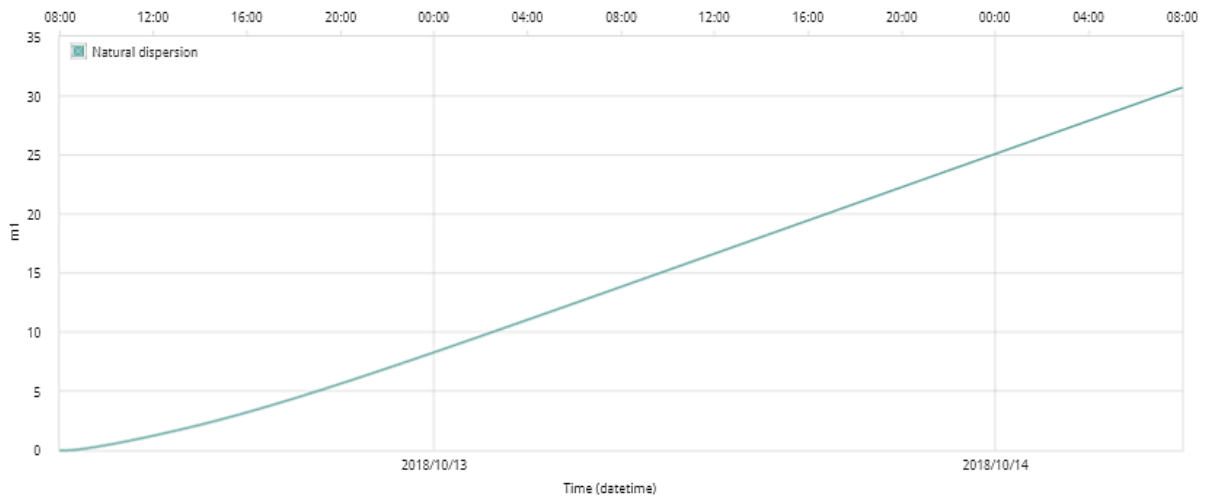
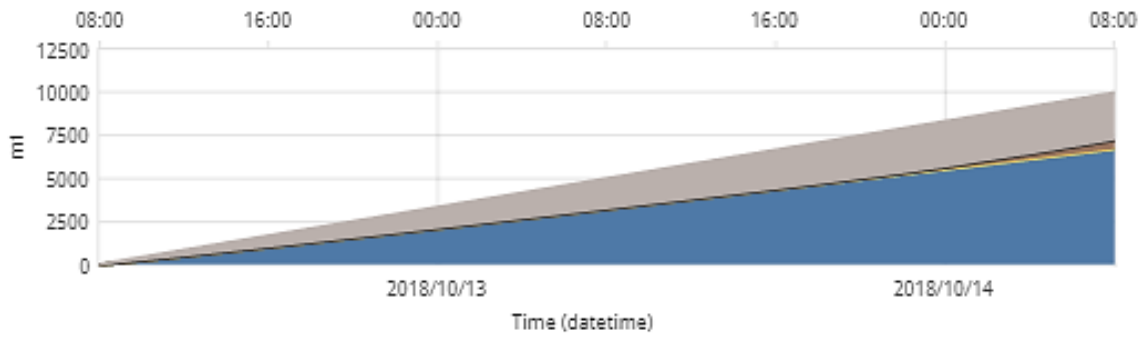


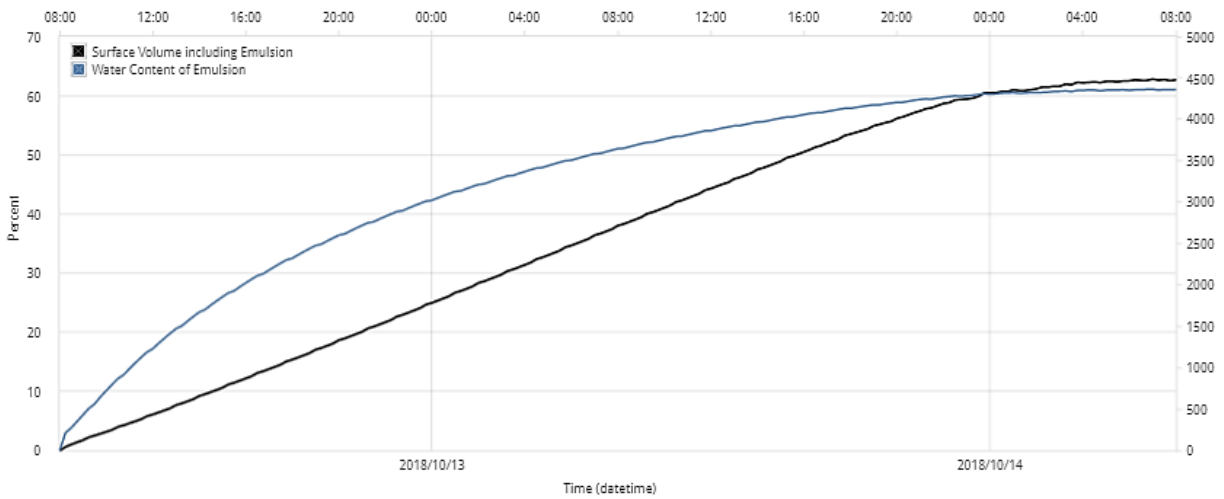
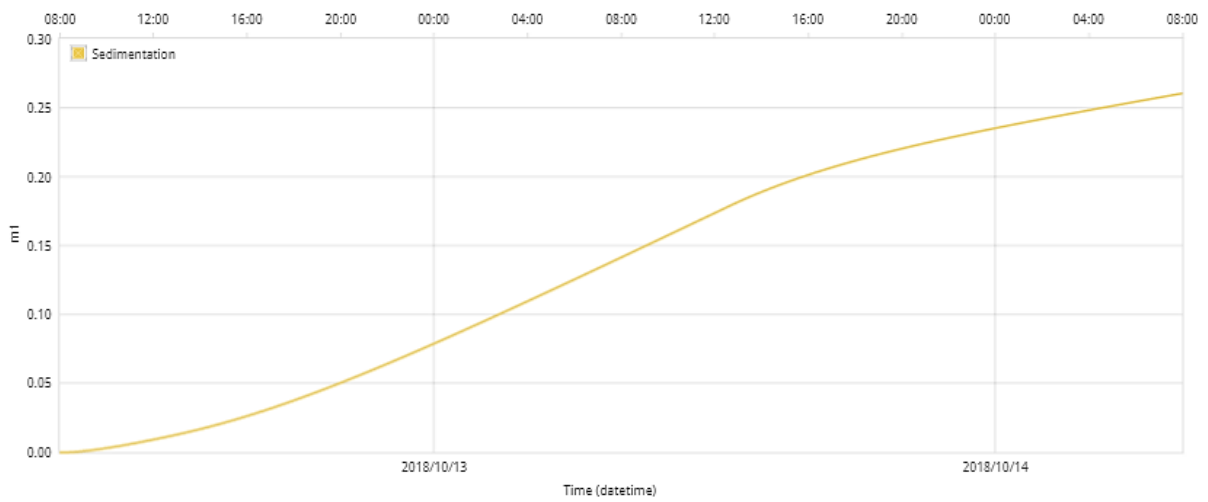
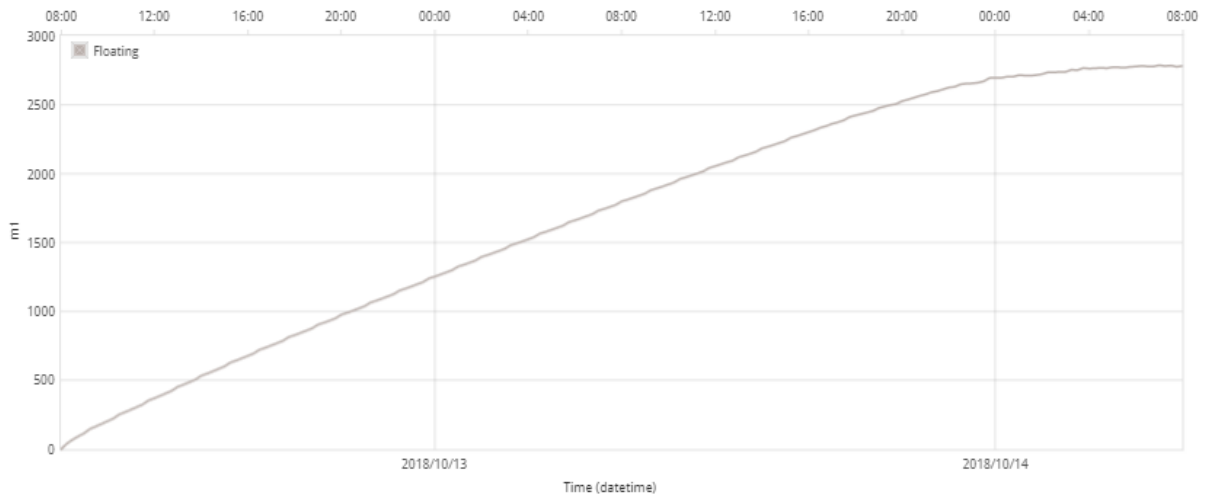
b)

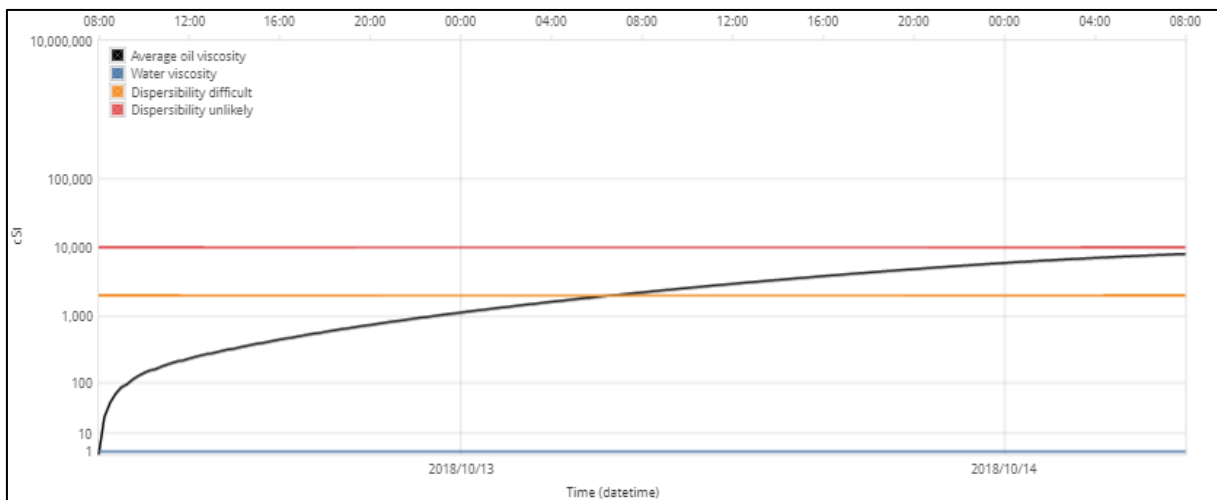
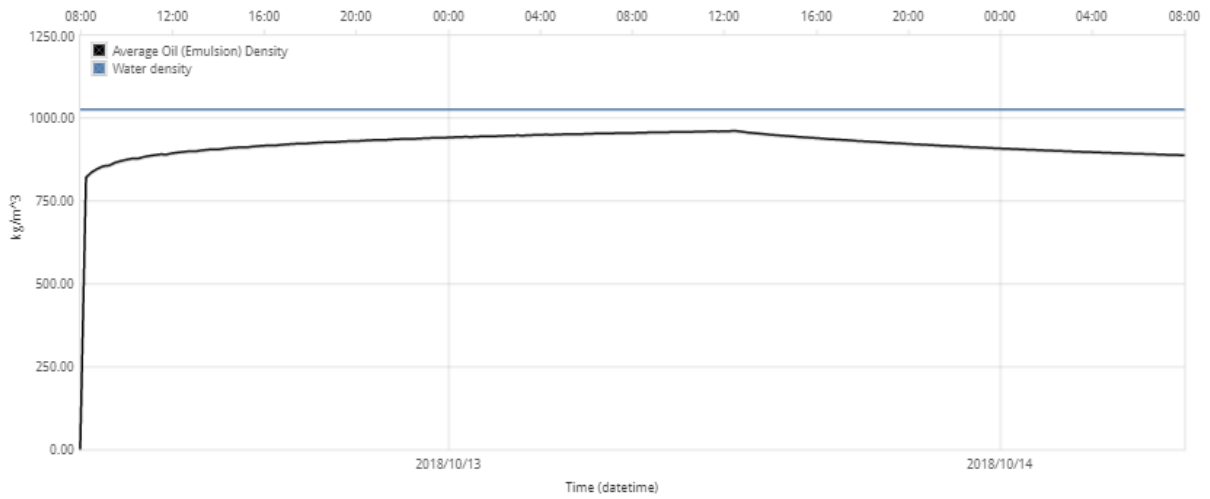


Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	41.1	0.1	0	0	0	58.8
2	410	49.9	0.1	0	0	0	50
3	620	53.3	0.1	0	0	0	46.5
4	830	55.2	0.2	0	0	0	44.7
5	1040	56.2	0.2	0	0	0	43.7
6	1250	57.1	0.2	0	0	0	42.7
9	1870	59.5	0.2	0	0	0	40.3
12	2500	60.7	0.2	0	0	0	39.1
15	3120	61.9	0.2	0	0	0	37.9
18	3750	62.5	0.3	0	0	0	37.2
21	4370	63.3	0.3	0	0	0	36.4
24	5000	63.8	0.3	0	0	0	36
30	6250	64.7	0.3	0	0	0	34.9
36	7500	65.6	0.3	0	0.4	0	33.7
42	8750	66.3	0.3	0	2.3	0	31.1
48	10000	66.9	0.3	0	5	0	27.8

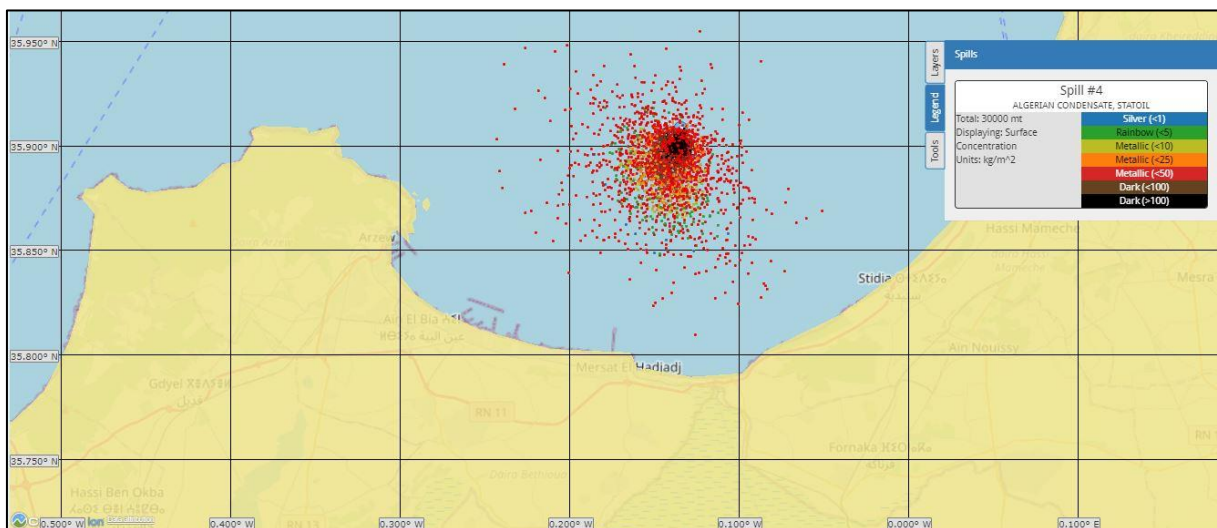


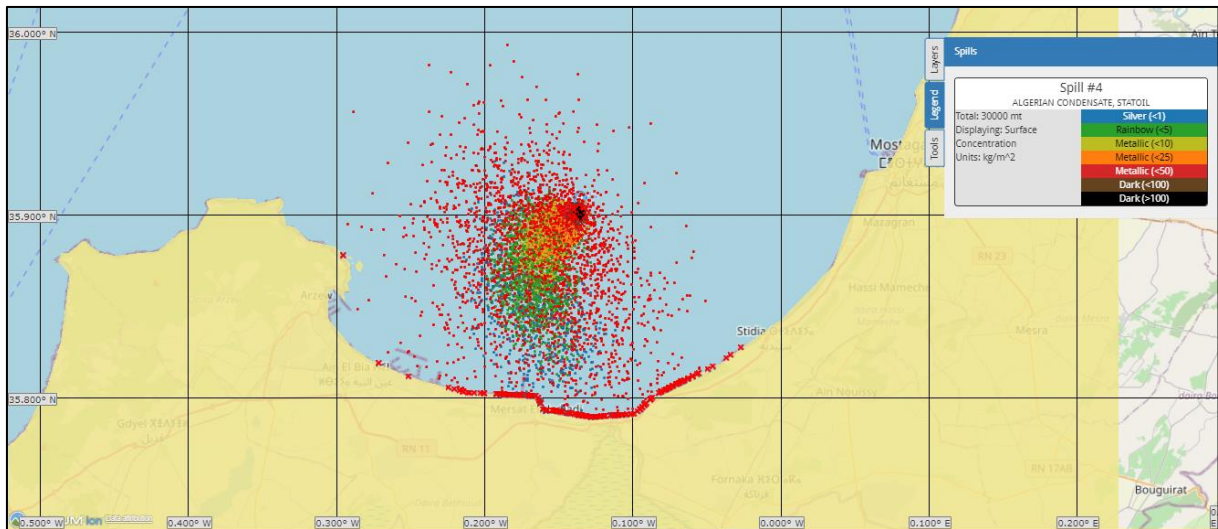




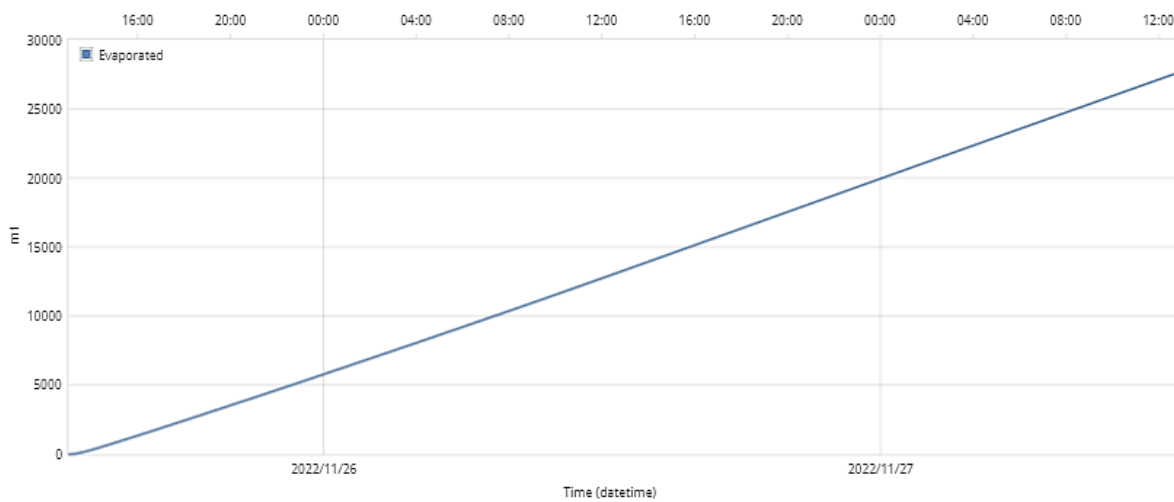
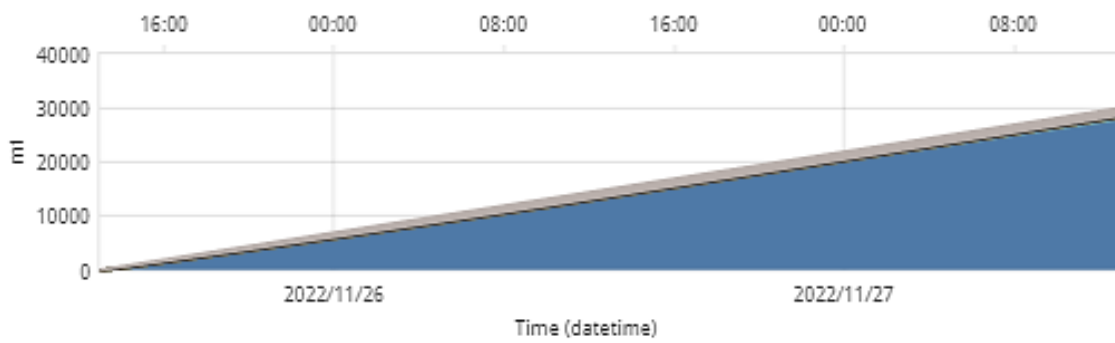
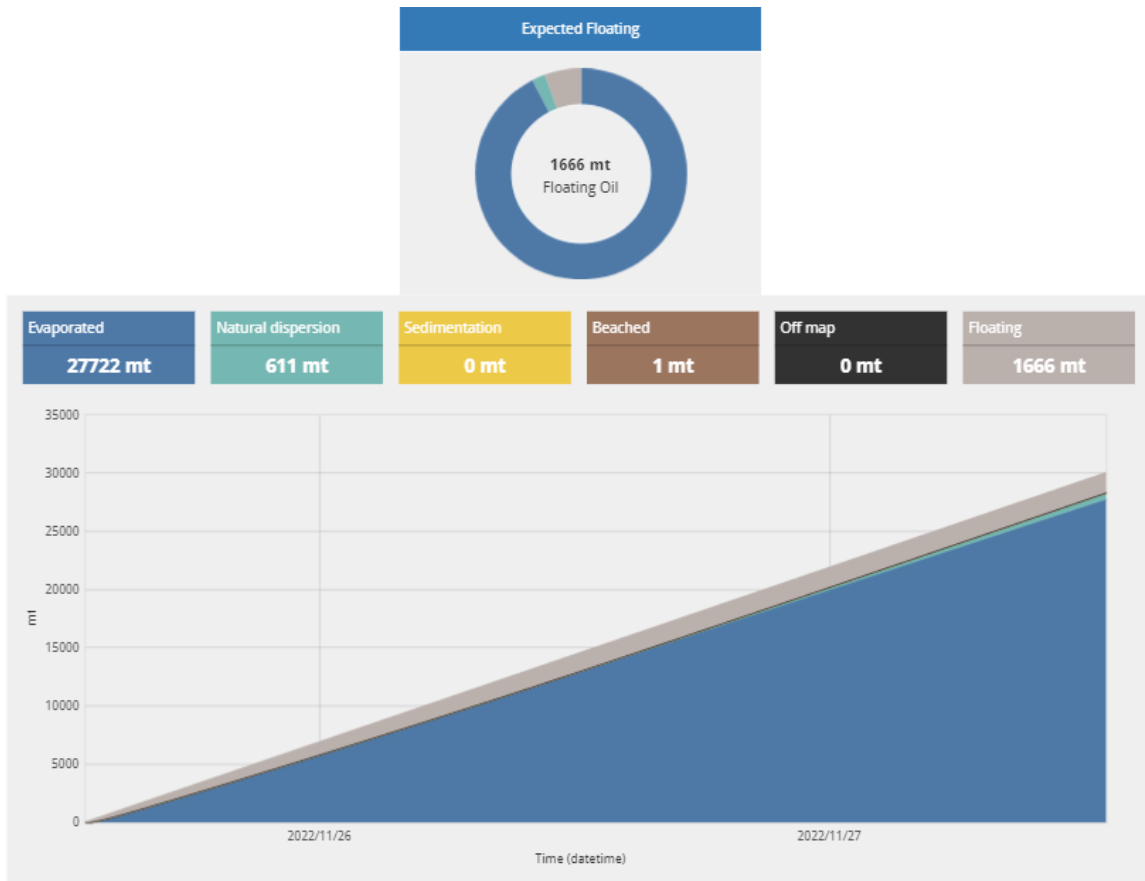


c)

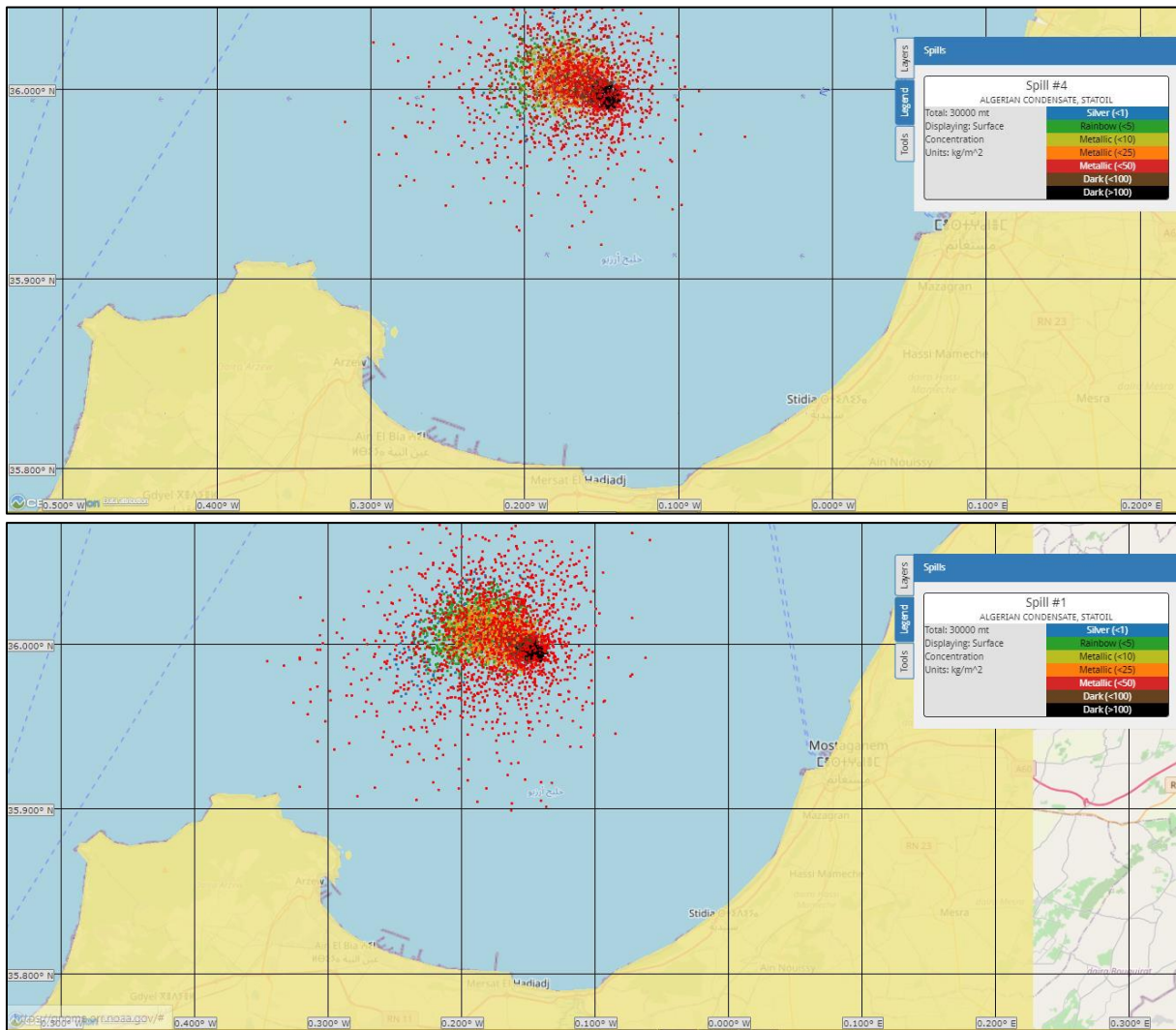




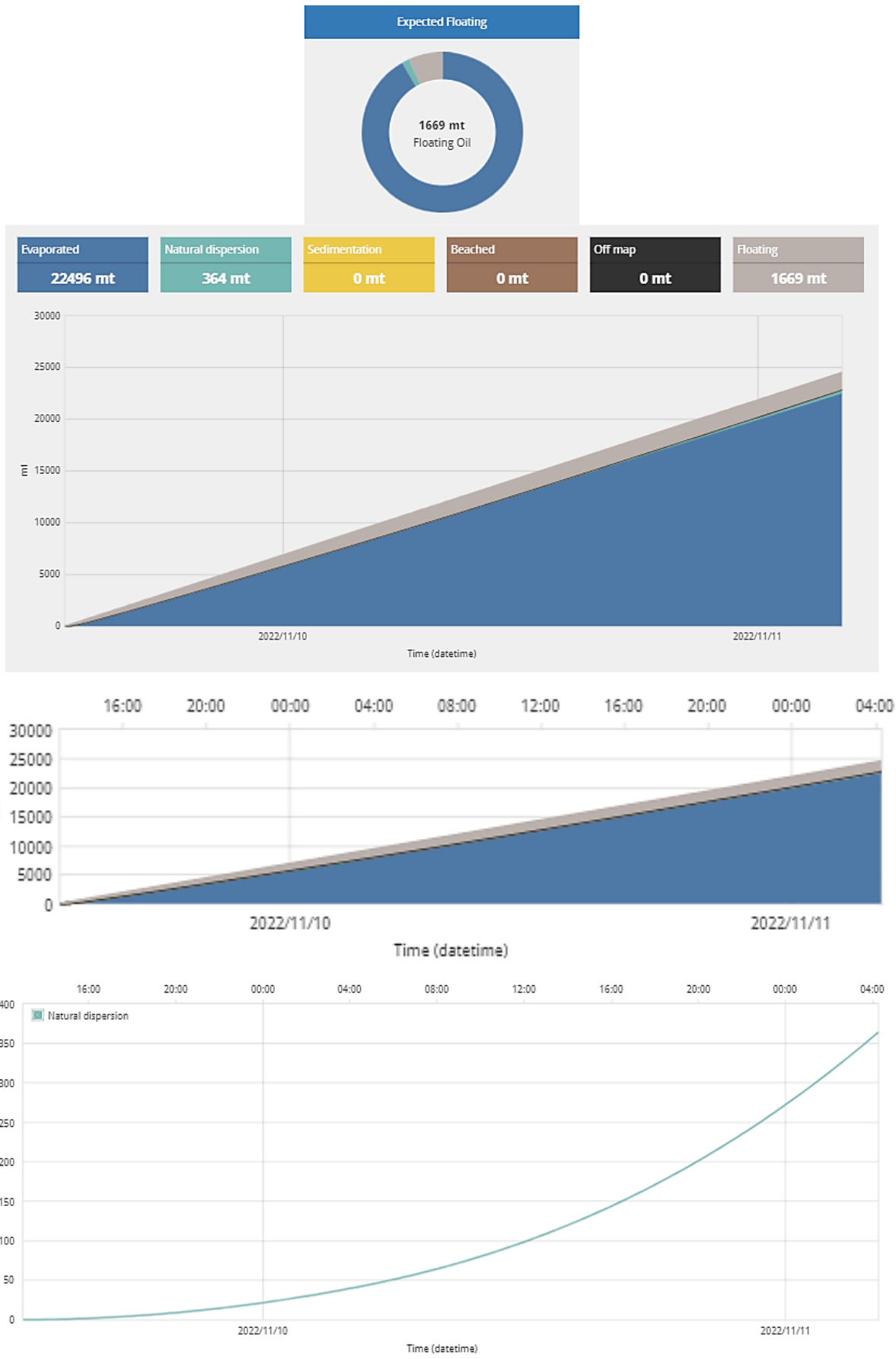
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	620	52.8	0	0	0	0	47.2
2	1250	67	0.1	0	0	0	33
3	1870	73.1	0.1	0	0	0	26.8
4	2500	76.3	0.1	0	0	0	23.6
5	3120	78.6	0.1	0	0	0	21.3
6	3750	80	0.2	0	0	0	19.8
9	5620	83	0.3	0	0	0	16.7
12	7500	84.8	0.3	0	0	0	14.9
15	9370	86.1	0.4	0	0	0	13.5
18	11250	87.1	0.5	0	0	0	12.4
21	13120	88.1	0.6	0	0	0	11.3
24	15000	88.9	0.7	0	0	0	10.3
30	18750	90.4	1	0	0	0	8.7
36	22500	91.3	1.3	0	0	0	7.4
42	26250	92	1.6	0	0	0	6.4
48	30000	92.4	2	0	0	0	5.6

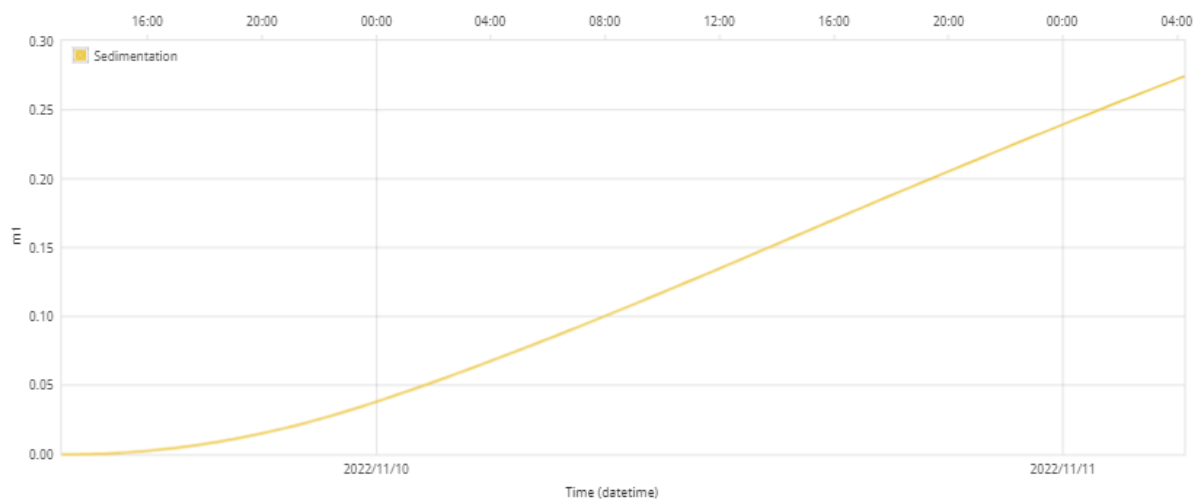
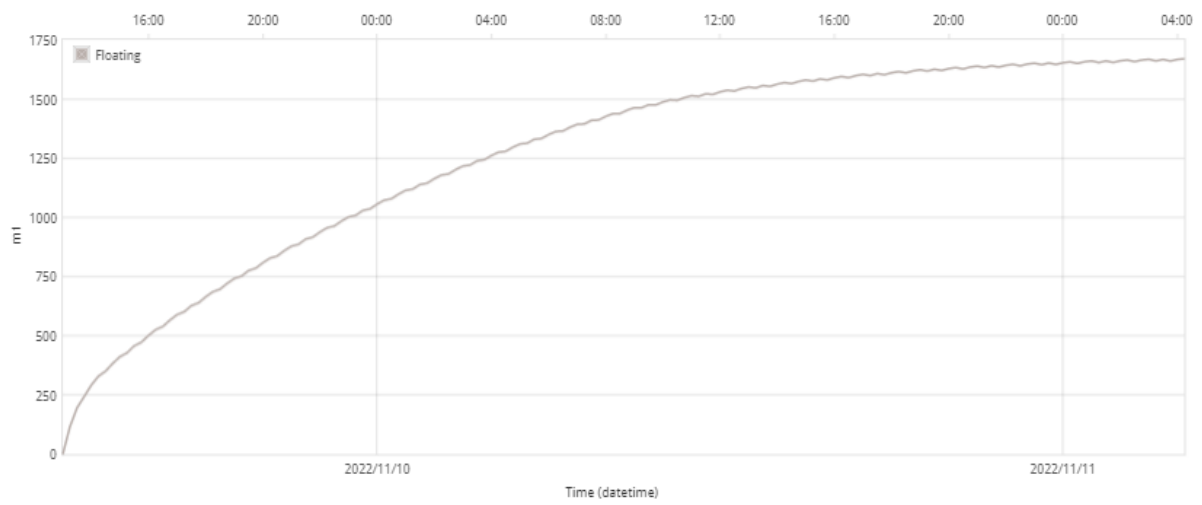
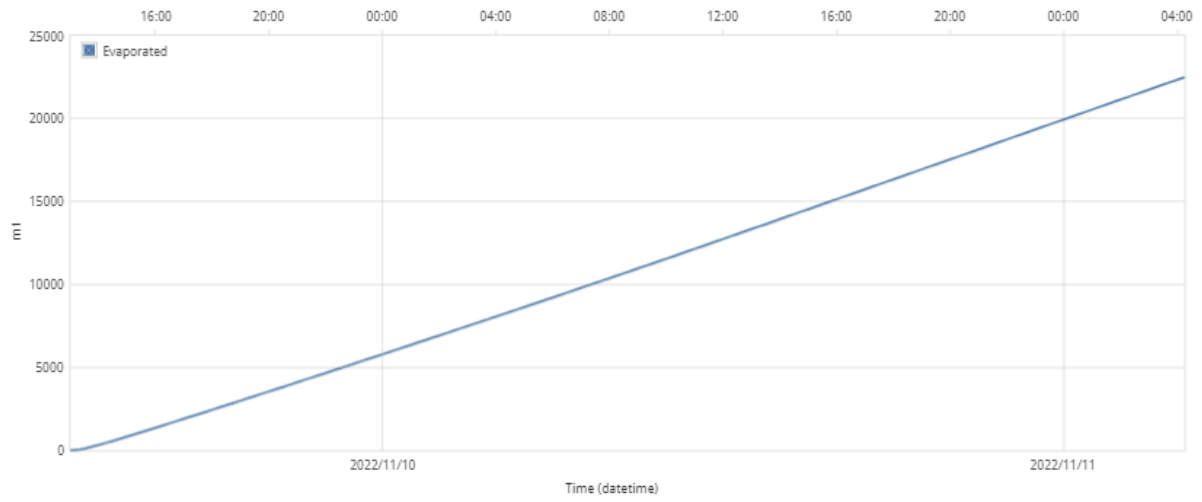


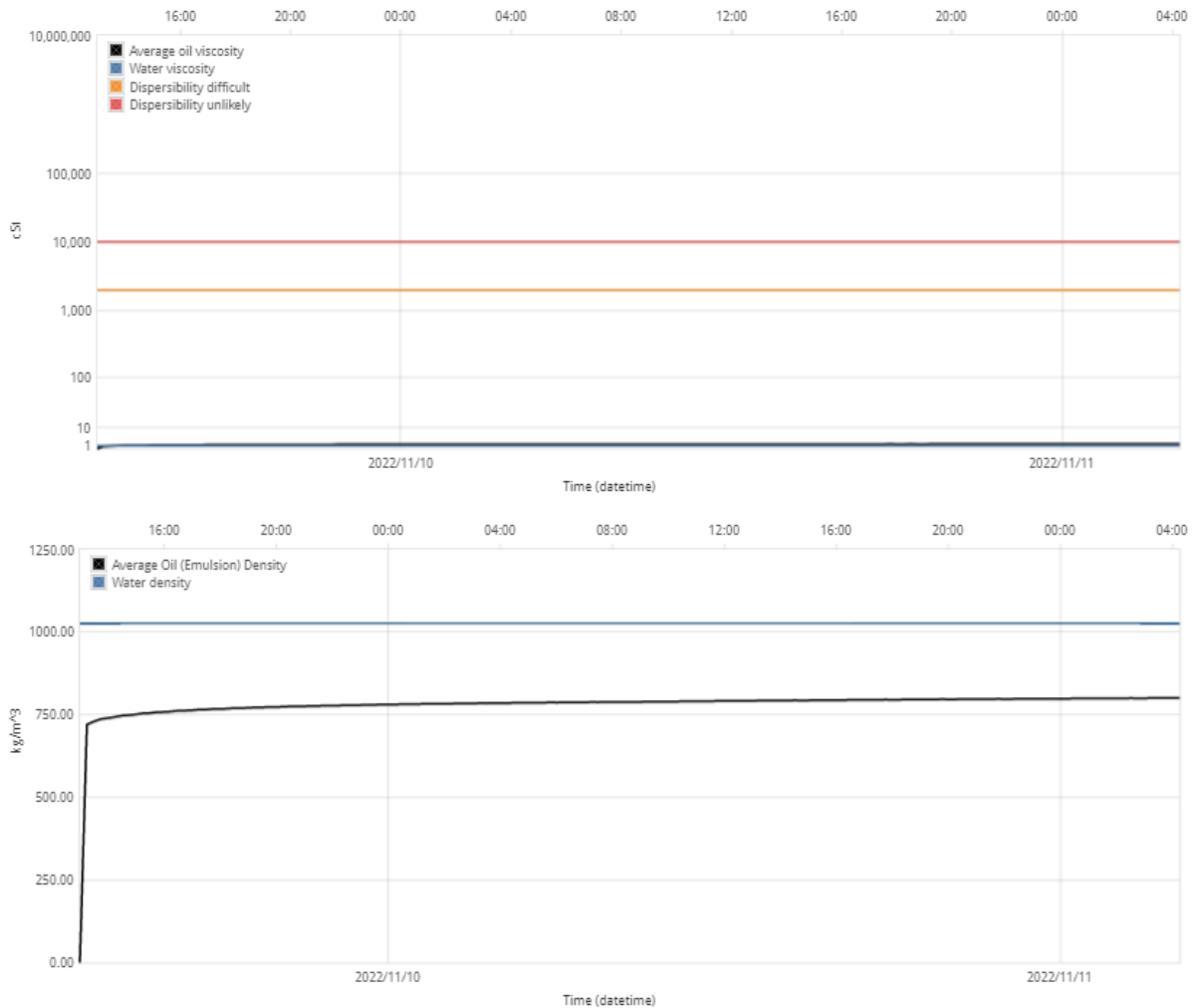
d)



Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	620	52.8	0	0	0	0	47.2
2	1250	67	0.1	0	0	0	33
3	1870	73.1	0.1	0	0	0	26.8
4	2500	76.3	0.1	0	0	0	23.6
5	3120	78.6	0.1	0	0	0	21.3
6	3750	80	0.2	0	0	0	19.8
9	5620	83	0.3	0	0	0	16.7
12	7500	84.8	0.3	0	0	0	14.9
15	9370	86.1	0.4	0	0	0	13.5
18	11250	87.1	0.5	0	0	0	12.4
21	13120	88.1	0.6	0	0	0	11.3
24	15000	88.9	0.7	0	0	0	10.3
30	18750	90.4	1	0	0	0	8.7
36	22500	91.3	1.3	0	0	0	7.4







**Fig IV.65.** Scénarios de déversement d'hydrocarbures au printemps 2018 et 2022 : a. Après 48 h au point P1, 2018 ; b. Après 48 h au point P2, 2018 ; c. Après 48 h au point P1, 2022 ; d. Après 48 h au point P2, 2022. **Le tableau et les graphes** montrent respectivement : a, b, c et d. la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du pétrole déversé dans les deux jours. e. le pétrole flottant prévu, la quantité évaporée, la sédimentation et la dispersion naturelle dans les deux jours ; f. la dispersion naturelle du pétrole (ml) dans les deux jours ; g l'évaporation du pétrole (ml) dans les deux jours ; h. le pétrole flottant (ml) dans les deux jours ; i. la sédimentation du pétrole (ml) dans les deux jours.

Les simulations pour les différents scénarios du printemps 2018 commencent le 12 octobre 2018 et se poursuivent pendant 48 h jusqu'au 14 octobre 2018, à 8 h, avec un vent de 8 nœuds de nord-ouest et une température de surface de la mer de 18°C, 10 000 tonnes d'ALGERIAN BLEND déversées sur les deux différents points de déversement, P1 et P2. Après 24 heures pour le déversement au point P1, la nappe d'hydrocarbures s'est déplacée vers l'ouest du golfe d'Arzew, et environ 5,61 km de la côte ont été touchés (3,9 % d'échouage), et la zone de Mers El Hadjadj a été touchée. Pour le déversement au point P2 la nappe d'hydrocarbures s'est également déplacée vers l'ouest, mais sans échouage, la quantité évaporée après 24h est de 63,8 % équivalent à 3188 mt, une dispersion naturelle de 0,3 % équivalent à 14 mt, et un flottement de 36 % équivalent à 1798 mt. La nappe d'hydrocarbures a touché près de 9,35 km de la côte

ouest du golfe d'Arzew (de Mers El Hadjadj au port de Betioua) après 48 h pour le déversement au point P1 (Fig IV.65a) et près de 28,34 km de la côte ouest du golfe d'Arzew (de Mers EL Hadjadj au port de Bethioua, Arzew et Cape Carbon), pour le déversement au point P2 (Fig IV.65b), avec 66,9 % d'évaporation équivalent à 6665 tm, 0,3 % de dispersion naturelle, et 27,8 % de flottants équivalent à 2775 tm.

Les simulations pour les scénarios du printemps 2022 commencent le 25 novembre 2022 et se terminent le 27 novembre 2022 à 13 heures pour 48 heures. Avec une vitesse de vent NW de 6 noeuds et une température de surface de la mer de 19°C, 30 000 tonnes de CONDENSATE STATOIL ALGERIEN se déversent sur les deux différents points de déversement, P1 et P2. Après 24 heures, le 26 novembre 2022 à 13 heures, la nappe d'hydrocarbures au point P1 s'est déplacée vers le centre du golfe d'Arzew sans s'échouer, et la nappe d'hydrocarbures au point P2 s'est déplacée vers le nord-ouest du golfe d'Arzew en direction de la haute mer, avec 88,9 % d'évaporation, 0,7 % de dispersion naturelle et 10,3 % de flottaison. Après 48 heures de déversement au point P1 (Fig IV.65c), la nappe d'hydrocarbures s'est échouée au centre du Golfe d'Arzew, affectant environ 19,70 km de côte (depuis Stidia, la plage de Sidi Mansour, Port aux Poule, et Mers El Hadjadj). D'autre part, la nappe continue à se déplacer vers le large dans le déversement au point P2 (Fig IV.65d). Après 48 h, le taux d'évaporation pour les deux points de déversement P1 et P2 est d'environ 92,4 %, soit 17158 t, avec une dispersion naturelle de 2 %, soit 72 t, et un flottement de 5,6 %, soit 1635 t (Chabi N, 2023).

Selon les scénarios d'hiver pour 2018 et 2022, les zones les plus susceptibles d'être atteintes par des déversements d'hydrocarbures sont les zones côtières du centre et de l'ouest telles que Pont aux Poule, Arzew et Cap Carbon, qui sont classées comme des zones de très haute sensibilité, ainsi que la plage de Sidi Mansour, Mers El Hadjadj et le port de Betioua, qui sont classés comme des zones de haute sensibilité. Comme il est impossible de présenter tous les scénarios possibles, les scénarios pour 2018 et 2022 ont été limités à 16. Le forçage éolien a une influence significative sur la libération de particules le long de la côte d'Arzew, selon Duran Rodrigo (2018). Cette force semble être la seule capable de générer et de maintenir les courants côtiers observés. Les trajectoires des particules changent en fonction des vents saisonniers (Nagheeb M, Kolahdoozan M 2010 ; Röhrs J et al., 2019).

Lors des différents scénarios de simulation hypothétiques, l'évaporation du pétrole brut ALGERIAN BLEND et ALGERIAN CONDENSATE STATOIL représente plus de 60 % de la réduction de volume sur deux jours. Le reste du pétrole, en revanche, a conservé une flottabilité suffisante pour rester à la surface de l'eau, comme le montrent les résultats des différentes simulations, car les deux types de pétrole ont des densités API (American Petroleum Institute) très élevées de 44,87 et 68,4, respectivement. Ce qui indique qu'ils flottent sur l'eau et forment un film très fin à la surface de l'eau, augmentant ainsi leur exposition à l'environnement et, par conséquent, aux processus d'altération tels que l'évaporation et la dispersion. Lors des simulations, le CONDENSATE STATOIL ALGÉRIEN a présenté des taux d'évaporation et de dispersion naturelle plus élevés que le BLEND ALGÉRIEN. Nous avons également constaté que l'évaporation augmentait en fonction de la nappe, de la température et de l'action du vent (Chabi N, 2023).

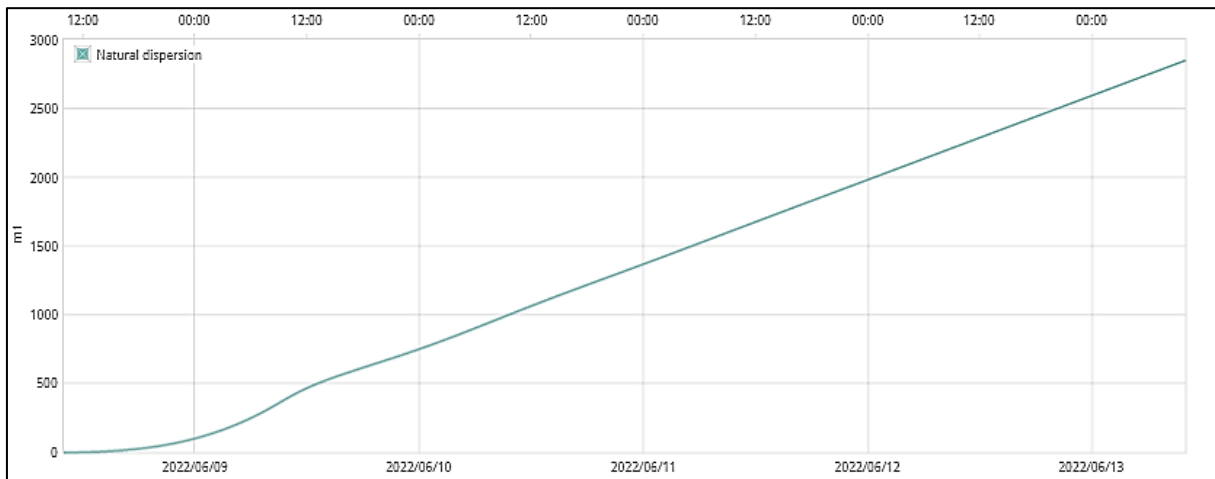
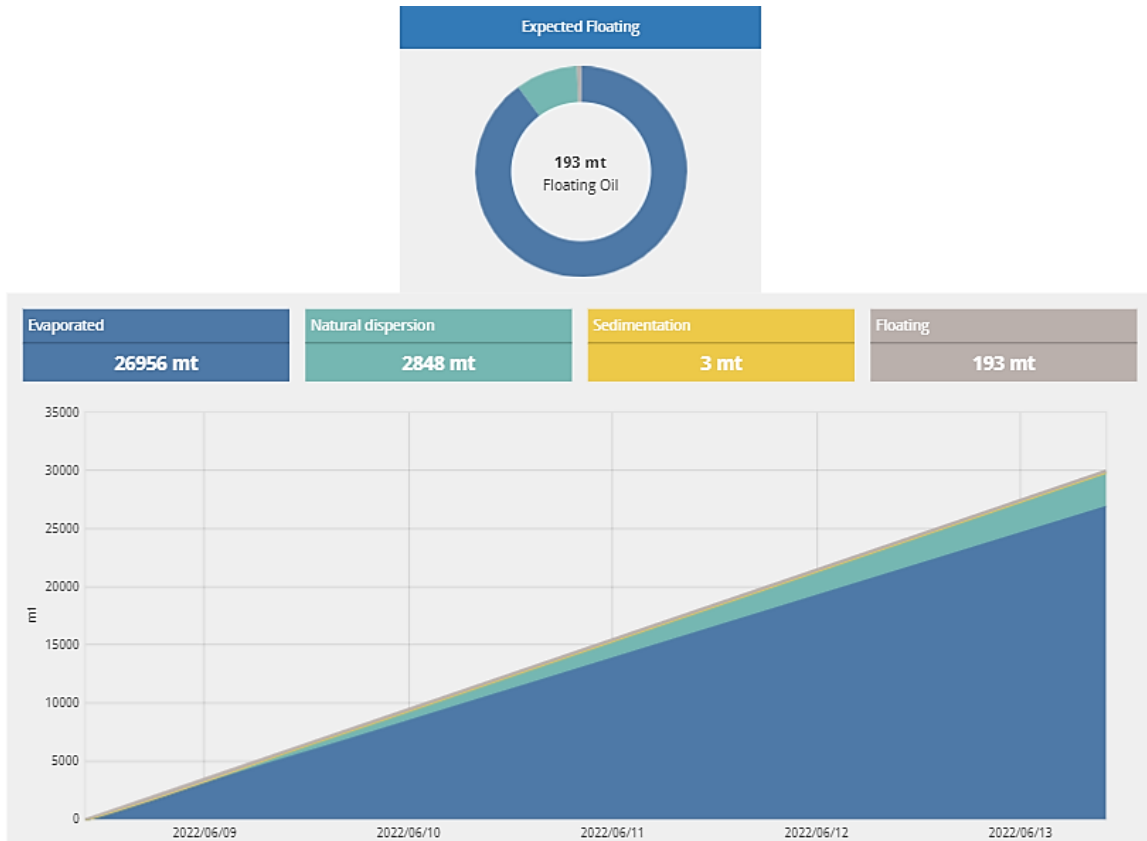
Si le délai avant l'impact est supérieur à 24 heures, la fraction de masse échouée est faible dans la plupart des scénarios. Par conséquent, l'ampleur du risque environnemental est déterminée par la durée pendant laquelle les hydrocarbures restent en mer, comme le confirme l'étude de Nagheebby et Kolahdoozan (2010). La direction dominante du vent dans la zone d'étude est le sud-ouest en hiver, l'ouest en automne et le nord en été et au printemps. Le mouvement de la nappe de pétrole confirme que le vent est la force motrice, la nappe se déplaçant vers le sud jusqu'au centre de la zone côtière en hiver et vers l'est jusqu'à Mostaganem dans les scénarios d'automne. En été et au printemps, la nappe ne s'est déplacée que vers l'ouest.

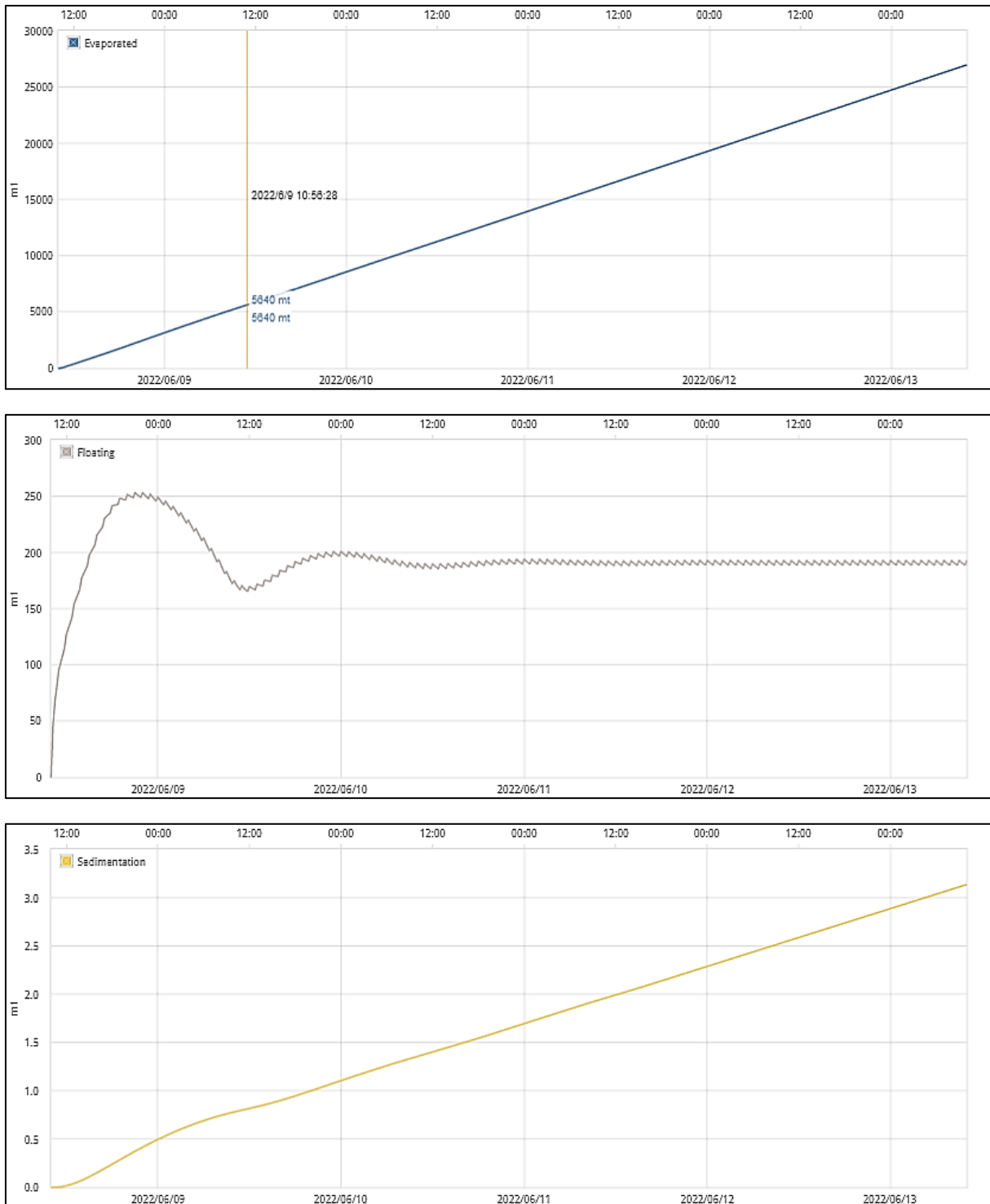
La quantité et la direction de la marée noire à différents intervalles de temps après l'accident sont essentielles pour déterminer la meilleure méthode d'intervention (NOAA, 2021). En conséquence, le système fournit finalement les variations des arguments de réponse, le moment et la direction d'utilisation. Le système spécifie l'emplacement et la qualité de l'écrémateur et des barrages pour le compte de l'autorité de gestion côtière chargée d'intervenir en cas d'accident. Ce système d'intervention sera particulièrement utile dans les voies navigables proches des zones sensibles où le transport pétrolier est dense, comme à Arzew et Bethioua. Dans ces zones sensibles, l'autorité côtière responsable doit prendre les décisions les plus précises et les plus opportunes dans la gestion de la réponse à l'accident. Après avoir reconnu l'importance de la modélisation comme outil critique dans la lutte contre la pollution marine et la modification de la qualité de l'eau de mer, et après avoir exécuté une série de scénarios, il est devenu clair que, quel que soit l'endroit où la marée noire dans le golfe d'Arzew se produira, il s'agira d'une catastrophe majeure affectant l'environnement, le tourisme et l'économie. En raison de la faible profondeur et de la quasi-absence de courants, un accident entraîne une pollution quasi-significative. Le logiciel de simulation ADIOS de la NOAA a été utilisé pour prévoir l'altération du pétrole déversé (Tab5) (Nagheebby M, Kolahdoozan M, 2010).

**Tableau IV.7:** Intégration des conditions initiales des 16 scénarios de marée noire dans le modèle ADIOS (inputs).

<b>Inputs in ADIOS</b>	<b>Spill scenario</b>
<b>Oil</b>	<b>Type of oil or product spilled</b>
	ALGERIAN BLEND/ ALGERIAN CONDENSATE, STATOIL
<b>Wind</b>	<b>Weather conditions</b>
	Wind Speed (knots)= 15N/ 14W/ 11N/ 8NW/ 13N/ 14W/10N/6NW
<b>Water</b>	<b>Water properties</b>
	Temperature = 14 °C / 20°C / 25°C / 18°C /15°C/21°C/24°C/19°C
	Salinity= 37 PSU
<b>Release</b>	<b>Release Information</b>
	Time of release= 2018/2022
	Amount Spilled= 10,000 metric tons/ 30,000 metric tons

Les résultats du modèle ADIOS montrent les différents taux d'altération du pétrole déversé, et WebGNOME prend également en charge des scénarios qui ne prennent en compte que l'altération du pétrole (similaire au modèle NOAA ADIOS précédent), comme le montre la figure IV.66.





**Figure IV.66.** Sorties ADIOS de a. la quantité restante, la quantité dispersée et le taux d'évaporation du pétrole déversé dans les cinq jours ; b. le pétrole flottant prévu, la quantité évaporée, la sédimentation et la dispersion naturelle dans les cinq jours ; c. la dispersion naturelle du pétrole (ml) dans les cinq jours ; d. l'évaporation du pétrole (ml) dans les cinq jours ; e. le pétrole flottant (ml) dans les cinq jours ; f. la sédimentation du pétrole (ml) dans les cinq jours. (Annexe).

Le tableau IV.8 résume la quantité d'hydrocarbures déversés et le pourcentage des différents processus physico-chimiques utilisés dans les scénarios étudiés.

**Tableau IV.8** : Evolution de la quantité déversée après 5 jours pour les 16 scénarios (bilan pétrolier selon le modèle ADIOS, voir annexe2).

Dates	Time (hrs)	Amount Released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sediment ation (%)	Floating (%)
04/01/2018- 06/01/2018	1 h	80	40.9	0.4	0	58.7
	24 h	2000	64.5	0.9	0.1	34.5
	48 h	4000	67.9	0.9	0.1	31.2
	60 h	5000	69.4	0.9	0.1	29.7
	120 h	10.000	74.7	0.9	0.1	24.3
13/04/2018- 15/04/2018	1 h	80	43.4	0.3	0	56.2
	24 h	2000	66.6	0.9	0.1	32.4
	48 h	4000	71.1	1	0.1	27.9
	60 h	5000	72.9	1	0.1	26.1
	120 h	10000	77.7	1	0.1	21.3
12/08/2018- 14/08/2018	1 h	80	45	0.2	0	54.8
	24 h	2000	69.3	0.8	0	29.9
	48 h	4000	74.6	0.9	0	24.5
	60 h	5000	76.2	0.9	0	22.9
	120 h	10000	79.8	0.9	0	18.3
12/10/2018- 14/10/2018	1 h	80	42	0.1	0	58
	24 h	2000	66.3	0.5	0	33.2
	48 h	4000	71.5	0.5	0	28
	60 h	5000	73.2	0.5	0	26.2
	120 h	10000	77.7	0.6	0	21.7
04/02/2022- 06/02/2022	1 h	240	56.1	0.4	0	43.5
	24 h	5970	85.6	11.1	0.1	3.3
	48 h	11970	85.5	12.6	0.1	1.8
	60 h	14940	85.6	13	0	1.3
	120 h	29910	85.5	13.8	0	0.7
1 5/ 0 5/	1 h	250	59.8	0.5	0	39.7

	24 h	6000	86.7	10.3	0.1	2.9
	48 h	12000	86.8	11.7	0.1	1.4
	60 h	15000	86.8	12	0.1	1.1
	120 h	30000	86.8	12.6	0.	0.6
25/06/2022- 27/06/2022	1 h	250	60.5	0.2	0	39.3
	24 h	6000	90.2	6.7	0	3.2
	48 h	12000	89.6	8.8	0	1.7
	60 h	15000	89.5	9.2	0	1.4
	120 h	30000	89.4	9.9	0	0.7
25/11/2022- 27/11/2022	1 h	250	55.5	0	0	44.4
	24 h	6000	90.7	1.1	0	8.2
	48 h	12000	92.8	3.5	0	3.8
	60 h	15000	92.5	5.1	0	2.4
	120 h	30000	91.4	7.4	0	1.2

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Beached (%)	Off map (%)	Floating (%)
1	200	39.9	0.3	0	0	0	59.8
2	410	47.9	0.4	0	0	0	51.7
3	620	51.5	0.4	0	0	0	48
4	830	53.9	0.5	0	0	0	45.6
5	1040	55.4	0.5	0	0	0	44
6	1250	56.8	0.5	0	0	0	42.7
9	1870	59.4	0.5	0	0	0	40
12	2500	60.5	0.6	0	0	0	38.9
15	3120	61.5	0.6	0	0	0	37.9
18	3750	61.9	0.6	0	0.9	0	36.6
21	4370	62.5	0.6	0	3.8	0	33.1
24	5000	62.8	0.6	0	7.3	0	29.3
30	6250	63.3	0.6	0	12.2	0	23.9
36	7500	63.7	0.6	0	15.9	0	19.8
42	8750	63.9	0.6	0	18.3	0	17.2
48	10000	64.1	0.6	0	20.6	0	14.6

Les résultats du modèle ADIOS ont montré que l'évaporation commençait immédiatement après le déversement du pétrole dans l'eau de mer pour les 16 scénarios. Environ 40-45% du pétrole déversé s'est évaporé au cours de la première heure du déversement. Ensuite, le taux d'évaporation augmente progressivement. Nous avons constaté qu'après 5 jours, le taux d'évaporation des quantités déversées dans les 16 scénarios variait de 74,7 % à 79,8 % de la

quantité déversée pour l'ALGERIAN BLEND et de 85,6 % à 91,4 % de la quantité déversée pour l'ALGERIAN CONDENSATE STATOIL, soit plus de la moitié de la quantité de pétrole brut déversée qui s'est évaporée. D'autre part, le taux de dispersion naturelle était lent, commençant après 1h du déversement et atteignant environ 1% à la fin de la simulation pour l'ALGERIAN BLEND et environ 13% pour l'ALGERIA CONDENSATE STATOIL (Tab6). Par conséquent, les intervenants en cas de déversement d'hydrocarbures pourraient utiliser cette étude comme référence ou guide pour informer le processus de planification systématique de la protection de l'environnement près de la côte d'Arzew (Chabi N, 2023).

## IV.4.2 Contexte de la marée noire et décision d'intervention

### IV.4.2.1 En mer

Compte tenu de la vitesse d'évaporation du pétrole brut léger, l'un des remèdes les plus appropriés pour les petites marées noires est de laisser le condensat s'étaler et s'évaporer naturellement. La zone à risque, les règles nationales, la probabilité de dérive et les répercussions environnementales et socio-économiques potentielles déterminent la définition de ces volumes modestes (quelques m<sup>3</sup>). Pour les déversements moyens à importants, les hydrocarbures les plus légers, dont le taux d'évaporation est supérieur à 70 %, comme l'essence et le kérosène, ont une faible persistance tout en présentant un risque élevé pour les intervenants (environnement explosif). Dans ce cas, il est conseillé de ne rien faire et de laisser faire (Chabi N, 2023).

### IV.4.2.2 Dans les zones côtières

Des opérations de lutte contre la pollution doivent être menées lorsque le polluant dérive vers la côte ou des zones écologiquement ou socio-économiquement sensibles, quels que soient les volumes déversés (d'une manière générale, une nappe se déplace avec le courant et sous l'influence du vent). Il peut être envisagé de protéger ces zones par des barrages flottants, si possible ignifugés. Il est important de noter que ces mesures impliquent l'utilisation de moyens nautiques, qui doivent donc être employés bien avant l'arrivée du polluant. L'utilisation de dispersants ou le brûlage in situ sont nécessairement plus délicats que la récupération, qui doit être prioritaire. Des limites géographiques s'appliquent généralement à l'utilisation des dispersants près des côtes, parfois qualifiées par les volumes déversés. Dans le cas du brûlage, la première question est d'ordre réglementaire, car cette technique est interdite dans de nombreux pays. Dans le cas d'un déversement de l'ordre de quelques m<sup>3</sup>, très proche de la côte ou sur la côte, il peut être possible, si la nappe est naturellement contenue, de récupérer le polluant après l'avoir recouvert d'un tapis de mousse à faible ou moyen foisonnement, afin de limiter la formation d'une nappe d'hydrocarbures de vapeurs inflammables. La récupération se fera à l'aide d'une tête d'aspiration flottante adaptée à la récupération du polluant sous le tapis de mousse. Le réservoir de stockage doit être sécurisé en l'insérant et en veillant à ce qu'il n'y

ait pas de points chauds dans la zone. Ces opérations doivent être effectuées par des professionnels formés et munis de protections individuelles appropriées (respiratoires et cutanées). Le port d'un appareil respiratoire autonome est obligatoire en atmosphère confinée en raison de l'abondance des gaz dégagés et le port de vêtements de protection couvrant le plus possible l'ensemble du corps (protection du visage et des yeux : port de lunettes de protection contre les produits chimiques ; protection de la peau : port de gants résistants aux hydrocarbures). Le port d'un équipement individuel de protection respiratoire est obligatoire en cas de risque d'inhalation de vapeurs toxiques lorsque les concentrations approchent la valeur moyenne d'exposition (VME = 200 mg/m<sup>3</sup>). Les récupérateurs à seuil de réglage automatique et les récupérateurs oléophiles sont recommandés pour les volumes plus importants, mais leur inflammabilité peut limiter leur utilisation (Chabi N, 2023).



## **Conclusion**

## Conclusion générale

Les traitements de données effectués nous ont permis de conclure que : La baie d'Oran présente un taux de pollution élevé, et ses eaux côtières sont largement influencées par leur proximité avec les nombreux rejets et embouchures des oueds. La température de surface suit les variations de la température atmosphérique. La salinité de surface assez faible sur l'ensemble de la zone montre l'influence des eaux atlantiques à l'Ouest de la baie et le mélange important avec les eaux continentales. La principale pollution résulte d'une forte charge en matières en suspension caractérisées par leur richesse en particules non organiques qui ont pour origine la remise en suspension des sédiments du fond et ceux apportés par les effluents. Par ailleurs, la turbidité atteint un maximum aux embouchures d'oueds. Les rapports entre les concentrations des sels nutritifs semblent être très perturbés, principalement celui entre les nitrates et les phosphates. Les analyses ont montré une pollution de la zone Est de la baie par les phosphates. En outre, les concentrations importantes en chlorophylle-a suggèrent la consommation des nitrites par cette dernière lors de sa croissance. Les nombreux rejets d'eaux usées domestiques et industrielles et les activités anthropiques sur le littoral de la baie d'Oran ont causé la dégradation de la qualité de ses eaux. L'outil de système d'informations géographiques ArcGIS a été un atout majeur pour notre étude. Il nous a permis d'améliorer la visualisation des données et de leurs répartitions spatiales grâce à des cartes d'interpolation. Nous avons également pu établir des liens entre les résultats des différents paramètres de pollution et les activités anthropiques dans la zone côtière de la baie d'Oran. D'identifier les zones les plus vulnérables aux pollutions par les hydrocarbures principalement et aux différentes pollutions susceptibles d'atteindre les eaux côtières, aux niveaux environnemental et économique, sur le golf d'Arzew à Oran. Ainsi que la synergie entre les données multi-sources satellites et SIG nous a permis de cartographier et de caractériser les zones côtières d'Oran et la reconnaissance de la couverture des sols à partir de classifications automatiques, ce qui nous a permis de prendre des décisions plus éclairées en fournissant une vue d'ensemble plus complète des situations.

Evolution de la qualité de l'eau de mer de 2017 à 2020 et éléments d'explication :

En 4 ans l'évolution de la qualité de l'eau de mer la plus marquante en matière de la pollution est la multiplication des espaces côtiers urbanisés et industrialisés en permanence. Face à la contrainte de l'évolution des pressions anthropiques anarchique à laquelle est soumise la baie d'Oran et Arzew entre 2017 et 2020 est très alarmant. Cette situation pourrait aboutir à long terme à une pollution très avancée. La base cartographique mise en place constitue un outil de gestion des unités de protection et de suivi de la qualité des eaux côtières. Couplées au système d'information géographique (SIG), la télédétection apparaît comme un outil efficace à mettre à la disposition des gestionnaires. Cette étude au-delà de son aspect pratique, est un moyen d'investigation si on souhaite analyser l'interaction de l'évolution de l'urbanisation et de l'industrialisation le long des zones côtières et le suivi de la qualité de l'eau de mer. Il s'avère donc primordial de trouver des solutions adéquates pour la conservation de l'environnement dans cette zone, principalement par la mise en place de stations de traitements des eaux opérationnelles.

Pour l'altération de la qualité des eaux côtières les résultats de la simulation de la pollution par les hydrocarbures montre que ;

L'augmentation de la pollution marine causée par les hydrocarbures dans le monde entier met en garde contre la possibilité que ces polluants persistent dans l'environnement et nuisent aux écosystèmes et à la santé humaine. Cette étude a porté sur le golfe d'Arzew à Oran, où les déversements d'hydrocarbures menacent gravement les écosystèmes marins et côtiers. L'objectif est d'identifier les zones susceptibles d'être touchées, de prédire quand le pétrole atteindra le littoral et de calculer les processus d'altération du pétrole (évaporation, dispersion naturelle et pourcentage de flottaison). Le paramétrage de la simulation de la marée noire et des processus de transport des hydrocarbures varie considérablement d'un modèle de marée noire à l'autre. Néanmoins, presque tous s'appuient fortement sur le forçage météorologique marin. La zone côtière d'Arzew est extrêmement vulnérable aux marées noires en raison de l'utilisation et des transports fréquents de produits pétroliers.

Le type de pétrole utilisé détermine les caractéristiques, la propagation, l'altération et l'impact d'une marée noire (NOAA 2020). Dans notre étude, les types de pétrole que nous avons étudié sont ; le pétrole brut léger ALGERIAN BLEND, SAHARAN BLEND ARZEW, SHELL OIL et ALGERIAN CONDENSATE STATOIL s'évaporent relativement rapidement, la température du pétrole étant le principal déterminant de l'évaporation. En quelques heures, l'évaporation élimine de l'atmosphère la plupart des fractions volatiles du pétrole, ce qui réduit la toxicité du pétrole dans l'environnement marin. Cependant, ces composés sont transférés dans l'atmosphère et les effets de l'évaporation peuvent être plus toxiques dans certains cas (par exemple, lors de déversements importants à proximité de zones densément peuplées). En outre, la viscosité des taches restantes augmente (les composants pétroliers les plus lourds restent dans la mer), ce qui entraîne de graves effets physiques et chimiques sur l'environnement marin (Chabi N, 2023).

Selon notre étude de vulnérabilité du littoral aux marées noires dans le golfe d'Arzew, Cap Carbon, Arzew et Pont aux Poules présentent une sensibilité extrêmement élevée. Par conséquent, cette étude met en garde contre de futures fuites qui pourraient nuire à ces zones (Chabi N, 2023).

D'après les résultats des simulations, une partie du pétrole déversé s'est échouée sur le golfe d'Arzew. Ce comportement des hydrocarbures dans l'eau et sur la côte (qui est particulièrement vulnérable dans certaines zones désignées comme nécessitant une protection) suscite des inquiétudes pour l'écosystème marin et côtier, la qualité de l'eau de mer, les organismes marins tels que les oiseaux de mer et les poissons, ainsi que pour l'homme (zones côtières fortement peuplées). Il est donc nécessaire d'agir rapidement pour protéger ces organismes.

Le vent, principal moteur des courants marins dans notre zone d'étude, force principalement les trajectoires. Les courants du golfe d'Arzew sont principalement orientés vers l'est et le courant de surface joue un rôle mineur. Leur vitesse est très faible (8-11 cm/s), alors que les vents sont très rapides, atteignant jusqu'à 15 m/s en hiver. Les résultats de modélisation montrent que les

nappes de pétrole se déplacent plus rapidement en hiver et en automne qu'en été et au printemps. Dans les modèles de circulation intérieure, les vents ont été confirmés comme étant la force motrice la plus importante. Le vent et les courants à petite échelle sont les moteurs du mouvement des particules. Le système mondial de modélisation des marées noires est complet et prêt à être utilisé en temps réel. Sans entrer de détails sur le lieu de l'incident ou les courants, le modèle ADIOS peut estimer la valeur attendue caractéristique du pétrole déversé et son comportement sur la base des propriétés physiques du pétrole déversé et de l'eau de mer (Chabi N, 2023).

La zone potentiellement polluée est confinée à l'intérieur du golfe d'Arzew à Oran, d'une zone de 10 km\*10 km autour du site du naufrage en raison du taux d'évaporation rapide des hydrocarbures, et la zone contaminée est étroitement associée au vent de surface (Chabi N, 2023). Les propriétés du pétrole déversé déterminent les zones polluées. L'eau contaminée par le pétrole se répandra probablement au large ou sur la terre ferme, causant des dommages à court et à long terme. La validation des modèles démontre que les résultats des modèles sont très précis lorsque les données d'entrée sont très précises. Mahmoud et Bagy (Madrid JAJ, García-Olivares A, Poy JB, García-Ladona E 2015), ont également fait état de cette constatation (Spaulding ML, 2017). Les résultats de cette étude peuvent être utilisés pour développer un plan d'urgence efficace pour d'atténuer les effets futurs de la pollution marine par les hydrocarbures dans le golfe d'Arzew.

## **Référence Bibliographique**

## References

1. Abascal AJ, Castanedo S, Mendez FJ (2009) Calibration of a Lagrangian transport model using drifting buoys deployed during the Prestige oil spill. *J Coast Res* 25:80–90. <https://doi.org/10.2112/07-0849.1>
2. Abdallah I M, Chantsev V Y (2022) Simulating oil spill movement and behavior: a case study from the Gulf of Suez, Egypt. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(4), 4553-4562. <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01449-9>
3. Afaf M. A (2021) Physico-chemical monitoring of biodegradation of furfural from oil industry effluents from the Arzew refinery (Oran) Algeria. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 11(6).
4. Afgatiani PM, Putri FA, Suhadha AG, Ibrahim A (2020) Determination of Sentinel-2 spectral reflectance to detect oil spill on the sea surface. *Sustinere J Environ Sustain* 4:144–154. <https://doi.org/10.22515/sustinere.jes.v4i3.115>
5. Ahmed, M. A. D. A. N. I (2023) Le fondement de la responsabilité civile du transporteur maritime des hydrocarbures pour faits de pollution en droit international. The basis of the civil liability of the maritime oil carrier for pollution acts in international law.
6. Alaa El-Din G, Amer AA, Malsh G, Hussein M (2018) Study on the use of banana peels for oil spill removal. *Alexandria Eng J* 57:2061–2068. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.05.020>
7. Albakjaji M (2011) La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime. Université paris-est école doctorale ,organisations, marchés, institutions (OMI). HAL Id: tel-00598492 <https://theses.hal.science/tel-00598492>
8. Aibeche C, Sidhoum W, Djabeur A, & Kaid-Harche M (2020) Effet des caractéristiques physico-chimiques sur la charge microbienne de l'eau des zones humides du nord-ouest algérien: cas du lac Télamine et de Dayet Oum Ghellaz, Oran. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 6(4)
9. Alademomi A S, Okolie C J, Daramola O E, Akinnusi S A, Adediran E, Olanrewaju H O, ... & Odumosu J (2022) The interrelationship between LST, NDVI, NDBI, and land cover change in a section of Lagos metropolis, Nigeria. *Applied Geomatics*, 14(2), 299-314. doi: 10.1007/s12518-022-00434-2
10. ALI L, & BACHARI N. E. I (2021) Spatio-temporal variation of sea surface temperature (sst) and marine chlorophyll concentrations along the algerian coast (se alboran sub-basin and algerian sub-basin). *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 28(2).
11. Amel S, Ibrahim Y. A. H. I. A. O. U. I (2020). Contribution à la cartographie de la salinité des sols dans la plaine du Bas-Chéiff et sebkha d'Oran par l'application de la télédétection.
12. Amiard-Triquet C Durou & Mouneyrac C (2008) Environmental quality assessment in estuarine ecosystems: Use of biometric measurements and fecundity of the ragworm *Nereis diversicolor* (Polychaeta, Nereididae). *Water Research*, 42(8-9), 2157-2165
13. Angelliaume S (2020) Imagerie Radar de la Surface Océanique: de l'Estimation de l'Etat de Mer à la Caractérisation de Pollution Marine (Doctoral dissertation, Université de Toulon)

14. Aouci, N., & Kanoun, S. (2020). Effet de la pollution du sol aux hydrocarbures sur la germination, le taux de survie et la croissance de *Pistacia lentiscus* L (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)
15. Asmaa Missoumi M, Hadeid M & Desponds D (2019) Jeux d'acteurs et fragilisation de l'agriculture périurbaine dans l'agglomération d'Oran (Algérie). *Études caribéennes*, (43-44)
16. Arnaud P, Lyon U (2019) Naviguer dans les détroits. Le Déroit de Gibraltar (Antiquité—Moyen Âge). *Représentations, perceptions imaginaires*, Madrid. 189–214. <http://digital.casalini.it/9788490963661>
17. Auzende J M (1978) Histoire tertiaire de la Méditerranée occidentale (Doctoral dissertation, Université de Paris VII)
18. Bachouche, S. (2010). Les ports d'Alger et de Bouharoun : Etude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Thèse de Magister, 182.
19. Bachouche S (2017) Modelisanon hydrodynamique et cuallte des eaux et sediments de la cote Centre algerienne (Doctoral dissertation, ENSSMAL)
20. Baki T, Tebbal M, Berrebah H & Bougara F (2019) Etude des performances d'un chauffe-eau solaire individuel installé à Oran. 1 ère Conférences Sur Les Energies Renouvelables & Les Matériaux Avancés ERMA'19
21. Balogun A, Temitope S, Pradhan B (2021) Oil spill trajectory modelling and environmental vulnerability mapping using GNOME model and GIS. *Environ Pollut* 268:115812. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115812>
22. Beegle-Krause J (2001) General NOAA oil modeling environment (GNOME): a new spill trajectory model. In *International oil spill conference*. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2001-2-865>
23. Belhabib L, Belhoucine F, Tabeche A & Alioua A (2023) BIOACCUMULATION AND BIOMARKER RESPONSES CAUSED BY ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN BOGUE BOOPS BOOPS (LINNEAUS, 1758) FROM THE BAY OF ORAN, ALGERIA. *Applied Ecology & Environmental Research*, 21(2).
24. Bendadeche F, Hamed M. B. B, & Abi Ayad S. M. E. A (2019) Crude oil degradation potential of indigenous hydrocarbonoclastic bacterial strain *Acinetobacter johnsonii* firstly isolated from marine sediments of Oran port, Algeria. *J. Environ. Sci. Eng*, 8, 131-140.
25. Benguedda-Rahal W, Cherif M, Belhadj M. & Mokri F (2022) Heavy metal levels in tissues (gonads and filets) of Horse mackerel collected from Ghazaouet Bay (Western Mediterranean coast of Algeria). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS)*, 51(03), 263-269
26. Bensahla-Talet L, HUSSEIN K B, & Chakouri A (2021) A review on the occurrence of the Blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) in the Mediterranean with a new occurrence from Oran Bay (Western Algeria). *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(2), 89-94
27. Berthod C, Toupoint N, Laplante J. F, Lemaire N, Bénard-Déraspe M. H, Saint-Louis R (2019) Évaluation de la capacité de dépuratation chez le homard américain (*Homarus americanus*) après une contamination aux hydrocarbures pétroliers en relation avec un

indice

28. Berthod, C. (2022). Impacts subcellulaires d'un déversement de bitumes dilués selon la méthode d'intervention sur deux espèces commerciales majeures du Québec, *Mytilus edulis* et *Homarus americanus* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Rimouski)
29. Bérubé R (2021) Comparaison de la toxicité des pétroles conventionnels et non conventionnels sur trois espèces de poissons d'eau douce: effets moléculaires, développement et santé globale (Doctoral dissertation, Institut National de la Recherche Scientifique (Canada))
30. Béthoux J P, Morin P, Chaumery C, Connan O, Gentili B & Ruiz-Pino, D (1998). Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry*, 63(1-2), 155-169.
31. Blondeau-Patissier D, Schroeder T, Irving P (2020) Satellite detection of oil spills in the Great Barrier Reef using the Sentinel-1,-2 and-3 satellite constellations A technical assessment of a synergistic approach using SAR, optical and thermal information. doi:10.25919/5e46e030e3029
32. Bouda A., Bachari, N., Nacef, L. et al (2018) Risk Analysis of Invasive Species Introduction in the Port of Arzew, by Calculation of Biofouling Surface on Ships' Hulls. *Environ Model Assess* 23, 185–192. <https://doi.org/10.1007/s10666-017-9567-1>
33. Boudouresque C. F (1999) 14 The Red Sea-Mediterranean link: unwanted effects of canals. In "Invasive species and biodiversity management", pp. 213-228. Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
34. Bucas G (2002) Le comportement des polluants flottants en cas de déversement accidentel en eau de mer (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI)
35. Cavatorta, F., & Tahchi, B (2019) Politique économique et résilience autoritaire en Algérie: Les difficultés de la diversification économique. *Études internationales*, 50(1), 7-38. <https://doi.org/10.7202/1062815ar>
36. Carsin J L, & Chassard-Bouchaud C (1998) L'environnement de la Méditerranée
37. Caulet J. (1972) Les sédiments organogènes du précontinent algérien
38. Chaix B, Slama R (2022) Changement climatique et santé des populations: vers un agenda de recherche interdisciplinaire. *Environnement Risques & Santé*, 21(4), 266-274.
39. Chabi N., Houma Bachari F., Bachari N. E. I., & Bouda A (2023) Oil spill vulnerable areas in Arzew Gulf: a study case. *SN Applied Sciences*, 5(6), 158
40. Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Simulation de la qualité des eaux côtières par
41. modélisation numérique en combinant avec les données multi-sources satellites ; journal international, STEE 'Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement' ISSN 1737-6688, Numéro 2 – Octobre 2017, Ressource en Eau et Changement Climatique : Impacts anthropiques et climatique sur la variabilité des ressources en eau.
42. Chabi Nacira, Dib Nadhira Imane et al., (2015) Suivi des paramètres indicateurs de pollution dans la baie de Bouismail par l'utilisation des systèmes d'informations géographiques. Mémoire d'ingénieur d'état, ENSSMAL, Alger ,Algérie.

43. Cheng, D, Rogan J, Schneider L, & Cochrane M (2013) Evaluating MODIS active fire products in subtropical Yucatán forest. *Remote Sensing Letters*, 4(5), 455-464. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2012.749360>
44. Comeau J. F (1992) Impacts des déversements d'hydrocarbures sur les écosystèmes marins (Doctoral dissertation, éditeur non identifié)
45. Cusson M, Archambault P, Lemarchand K, Verreault J & Pelletier É (2017) Toxicité des hydrocarbures et impacts des déversements sur les organismes marins et leur environnement
46. Dávid T, Magura T, Simon E (2019) Pollution intensity-dependent metal accumulation in ground beetles: a meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31), 32092-32102. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06294-5>
47. De Senerpont Domis LN, Elser JJ, Gsell AS (2013) Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time. *Freshwater Biology* 58:463–482. doi:10.1111/fwb.12053
48. Di Matteo A, Milli M (2008) Morphological, bathymetric and sedimentological surveys used to assess the coastline defensive measures. *Int J Environ Sci Technol* 5:415–424. <https://doi.org/10.1007/BF03326037>
49. Driss MH, Salah MB-B, Spatiales CT, Oran A (2019) Etude du phénomène d'ensablement dans la région de gourara, wilaya d'adrar, en utilisant l'outil teledetection et sig. [https://doi.org/DOI: 10.13140/RG.2.2.24743.06569](https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.2.24743.06569)
50. Duran R, Romeo L, Whiting J (2018) Simulation of the 2003 Foss Barge - Point wells oil spill: A comparison between BLOM and GNOME oil spill models. *J Mar Sci Eng* 6. <https://doi.org/10.3390/JMSE6030104>
51. El N, Bachari I, Abdellaoui A, Houma F (2011) Modélisation des données multisources pour l'étude de la pollution de la baie d'Alger à base d'un système d'information géographique. 283–288. <https://doi.org/10.5150/cmcm.2011.059>
52. Fernandez F & Quigley R M (2014) Hydraulic conductivity of natural clays permeated with simple liquid hydrocarbons. *Canadian Geotechnical Journal*, 22(2), 205-214
53. Fouzia, H., Larbi, B. R., Amina, A., Nacera, C., & El Islam, B. N. (2019). Introductory Chapter: Marine Monitoring Pollution. In *Monitoring of Marine Pollution*. IntechOpen.
54. Galindez J (2019) Prix de transfert et l'exportation de brut amélioré. Le Cas du Venezuela. Doctoral dissertation, Université Paris sciences et lettres. HAL Id: tel-03222149 <https://theses.hal.science/tel-03222149>
55. Gambino E, Chandrasekhar K, Nastro RA (2021) SMFC as a tool for the removal of hydrocarbons and metals in the marine environment: a concise research update. *Environ Sci Pollut Res* 28:30436–30451. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13593-3>
56. Gbadamosi AO, Junin R, Manan MA (2019) Hybrid suspension of polymer and nanoparticles for enhanced oil recovery. *Polym Bull* 76:6193–6230. <https://doi.org/10.1007/s00289-019-02713-2>
57. Gentil É. L (2006) Les effets des accidents sur la mise en œuvre de la Convention Marpol 73/78 (annexe 1) et l'évolution des rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires au large de la Bretagne. *Norois*, 198(1), 49-62
58. Gług M, Waś J (2018) Modeling of oil spill spreading disasters using combination of Lagrangian discrete particle algorithm with Cellular Automata approach. *Ocean Eng*

- 156:396–405. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.01.029>
59. Goeury C (2012) THESE Modélisation du transport des nappes d'hydrocarbures en zones continentales et estuariennes. Doctoral dissertation, Université Paris-Est
60. Gourmelon F & Robin M (2005) La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. *Éléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq. Norois. Environnement, aménagement, société*, (196), 11-21
61. Gramaglia C, Duchêne É (2020) Attachements, pratiques sociales et usages du territoire à l'épreuve des pollutions à Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône. *Rives méditerranéennes* 147–177. <https://doi.org/10.4000/rives.8002>
62. Grimes C A., Varghese O K. & Ranjan S (2008) Light, water, hydrogen: the solar generation of hydrogen by water photoelectrolysis (Vol. 546). New York: Springer
63. Grimes S, Ruellet T, Dauvin J C & Boutiba Z (2010) Ecological quality status of the soft-bottom communities on the Algerian coast: general patterns and diagnosis. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 1969-1977. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.07.032
64. Guha S, Govil H, Dey A & Gill N (2018) Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667-678. DOI: 10.1080/22797254.2018.1474494
65. Guilcher A (1965) Questions de morphologie climatique en Mélanésie équatoriale (Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Bretagne, Guadalcanal). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 42(338), 28-40
66. Guo G, Liu B, Liu C (2020) Thermal infrared spectral characteristics of bunker fuel oil to determine oil-film thickness and API. *J Mar Sci Eng* 8. <https://doi.org/10.3390/jmse8020135>
67. Gurumoorthi K, Suneel V, Rao V T, Thomas A P & Alex M J (2021) Fate of MV Wakashio oil spill off Mauritius coast through modelling and remote sensing observations. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112892. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112892>
68. Hafez Abdelaziz T (2021) Ecotoxicity effects of oil Water Accommodated Fractions and oil Water Accommodated Fractions+ Dispersant on cold environments: Acarita tonsa based bioassays and microbial community dynamics as monitoring tools (Doctoral dissertation, Pau)
69. Hassaine A, Bordjiba O (2019) Removal of hydrocarbons from liquid media by *Aspergillus niger* van Tieghem. *Acta Ecol Sin* 39:300–305. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.11.00>
70. HOUMA F, BACHARI NEI, BACHOUCHE S (2011) Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux marines sur la côte Ouest d'Alger en utilisant l'imagerie satellitale. 339–344. <https://doi.org/10.5150/cmcm.2011.071>
71. Huang C, Xu X, Wang D (2018) The aryl hydrocarbon receptor (AhR) activity and DNA-damaging effects of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons (Cl-PAHs). *Chemosphere* 211:640–647. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.08>
72. Iddir S, & Ikhlef K (2022) L'activité de transit en Algérie; Analyse empirique des conditions de réalisation d'une opération de transit menée par la SARL ACD (Agence Conseil en Douane) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

73. Ikram T, Radhia L (2020) Statistique de pêche et étude biométrique de quelques espèces d'Échinoderme des fonds chalutables de la côte de Mostaganem. Université de Mostaganem. URI: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/16141>
74. Jing JDH, Wu C, Hamilton JD, Wu JC (2014) Risk premia in crude oil futures prices. *Journal of International Money and Finance*, 42, 9-37. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.08.003>
75. Juza M, Angels F.-M., Tintoré J. : « Sub-Regional Marine Heat Waves in the Mediterranean Sea From Observations: Long-Term Surface Changes, Sub-Surface and Coastal Responses », *Frontiers in Marine Science*, vol. 9, 2022, doi :10.3389/fmars.2022.785771
76. Kamal T. F (2019) Le droit international conventionnel relatif à la prévention et la lutte contre la pollution due au transport maritime des hydrocarbures et autres substances nuisibles
77. Keramea P, Spanoudaki K, Zodiatis G (2021) Oil spill modeling: a critical review on current trends, perspectives, and challenges. *J Mar Sci Eng* 9:181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>
78. Kiss A. C (1994) La lutte contre la pollution des mers dans la Caraïbe. *Revue juridique de l'Environnement*, 19(1), 11-18
79. Konan K. E, Hamamata S. J. N (2022) Évaluation par télédétection de la pollution marine par hydrocarbure au Gabon de 2015 à 2017: cas de Port-Gentil et Mayumba. *Photo Interprétation*, 58, 35-35
80. Koner PK, Harris A (2016) Improved quality of MODIS sea surface temperature retrieval and data coverage using physical deterministic methods *Remote Sens* 8. <https://doi.org/10.3390/rs8060454>
81. KORBAA F, Ibtissem G (2021) Governance of the Port of Arzew, a Development Challenge in the Western Region of Algeria. *el-Bahith Rev* 21:167–180. <https://www.elbahithreview.edu.dz/index.php/bahith/article/view/270>
82. Lacombe H (1960) Note sur le régime du détroit de Gibraltar. *La Houille Blanche*, 806-813
83. Leclaire, L. (1968). Contribution à l'étude géomorphologique de la marge continentale algérienne'. *Cahiers Océanographiques*, XXème année, (6), 451-521.
84. Leclaire, L. (1972). La sédimentation holocene sur le versant meridional du bassin algero-baleares.(precontinent algerien
85. Lacheheb A. L & Kacemi Meghfour M (2021). Logement collectif et climat méditerranéen à l'époque moderne. Le cas oranais à travers la théorie de Louis Miquel. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, (132), 49-64
86. Laurent E N, & Castellanet F (2003) Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée
87. Lehr W, Jones R, Evans M, Simecek-Beatty D, & Overstreet R (2002) Revisions of the ADIOS oil spill model. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 189-197. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00064-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00064-0)
88. Madrid JAJ, García-Olivares A, Poy JB, García-Ladona E (2015) Managing large oil Spills in the Mediterranean. arXiv preprint arXiv:1510.00287.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.1510.00287>

89. Mahmoud GA-E, Bagy MMK (2018) Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. In: Microbial action on hydrocarbons. doi:10.1007/978-981-13-1840-5\_12
90. Mahre MY, Akan JC, Moses EA, Ogugbuaja VO (2007) Pollution Indicators in river Kaduna, kaduna state, Nigeria. Trends Appl Sci Res 2:304–311. doi:10.3923/tasr.2007.304.311
91. Kuznetsov A. N, Fedorov Y. A & Fattal P (2012) Les effets et le comportement du fioul déversé en 2007 dans le détroit de Kertch suite à un naufrage de pétrolier. Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography, (119), 91-99
92. Leclaire L (1972) la sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algero-baleares.(precontinent algérien
93. Maamar A., Lucchesi M. E, Debaets S, Nguyen van Long N, Quemener M, Coton E.& Matallah-Boutiba A (2020) Highlighting the crude oil bioremediation potential of marine fungi isolated from the Port of Oran (Algeria). Diversity, 12(5), 196
94. Madani A 2019 La Problématique de L'imputation de la Responsabilité Civile pour Faits de Pollution Dus au Transport Maritime D'hydrocarbures en Droit International. the Issue of the Attribution of Civil Responsibility for Pollution's Acts due to the Marine Transport of Hydrocarbons in International Law
95. Maity JP, Huang Y-H, Lin H-F, Chen C-Y (2021) Variation of microbial diversity in catastrophic oil spill area in marine ecosystem and hydrocarbon degradation of UCMs (unresolved complex mixtures) by marine indigenous bacteria. Appl Biochem Biotechnol 193:1266–1283. doi: 10.1007/s12010-020-03335-5
96. Manning J, Verfaillie M, Barker C (2021) Responder needs addressed by arctic maritime oil spill modeling. J Mar Sci Eng 9:1–16. <https://doi.org/10.3390/JMSE9020201>
97. Maouche S, Bouhadad Y, Harbi A, Rouchiche Y, Ousadou F, & Ayadi A (2019) Active tectonics and seismic hazard in the Tell Atlas (Northern Algeria): a review. The Geology of the Arab World---An Overview, 381-400. <https://doi.org/10.1007/978>
98. Marchand M A, Neville P H, Aupart M R, Diemont F F, Sirinelli A L, & Lemoine E. M (1998) Carpentier-Edwards pericardial bioprosthesis in aortic or mitral position: a 12-year experience. The Annals of thoracic surgery, 66(6), S143-S147.
99. Marta-Almeida M, Ruiz-Villarreal M, Pereira J (2013) Efficient tools for marine operational forecast and oil spill tracking. Mar Pollut Bull 71:139–151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.022>
100. Matev A (2008, January) Simulation of the Operation in Passive Mode of Reactor Cavity Cooling System of High-Temperature Gas-Cooled Reactor. In International Conference on Nuclear Engineering (Vol. 48175, pp. 507-513).
101. Millot C (1989, September) La circulation générale en Méditerranée occidentale: Aperçu de nos connaissances et projets d'études. In Annales de géographie (pp. 497-515). Armand Colin
102. Missaoui H-S, Pliez O (2021) Franchir des frontières multiples pour s'émanciper des (in) mobilités sociales et territoriales. HAL Id: hal-03319266. doi : 10.4000/books.pumi.425

103. Maouche S, Bouhadad Y, Harbi A., Rouchiche Y, Ousadou F, & Ayadi A (2019) Active tectonics and seismic hazard in the Tell Atlas (Northern Algeria): a review. *The Geology of the Arab World---An Overview*, 381-400.
104. Muttin, F (2014) Modeling a Captive Unmanned Aerial System Teledetecting Oil Pollution on the Sea Surface. *Marine Coastal and Water Pollutions: Oil Spill Studies*, 83-100. doi:10.1002/9781119003021.ch7
105. Nagheeb M, Kolahdoozan M (2010) Numerical modeling of two-phase fluid flow and oil slick transport in estuarine water. *Int J Environ Sci Technol* 7:771–784. <https://doi.org/10.1007/BF03326186>
106. Nordam T, Lofthus S, Brakstad OG (2020) Modelling biodegradation of crude oil components at low temperatures. *Chemosphere* 254:126836. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126836>
107. NOAA (2021) WebGNOME Beta. Retrieved from WebGNOME: <https://gnome.orr.noaa.gov>
108. Nugroho D, Pranowo WS, Gusmawati NF (2021) The application of coupled 3d hydrodynamic and oil transport model to oil spill incident in Karawang offshore, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 925. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/925/1/012048>
109. Oudjedi-Damerdji A, & Benamar R (2020) Du français courant au français de spécialité en Algérie. *État des lieux. Synergies Algérie*, (28), 135-147.
110. ONU, P N (2010) Evaluation of two herbal spices as feed additives for finisher broilers. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26(5-6), 383-392
111. Qiao F, Wang G, Yin L (2019) Science of the Total Environment Modelling oil trajectories and potentially contaminated areas from the Sanchi oil spill. *Sci Total Environ* 685:856–866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.255>
112. Rangel-Buitrago N, Correa ID, Anfuso (2013) Assessing and managing scenery of the Caribbean Coast of Colombia. *Tour Manag* 35:41–58. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.05.00>
113. Remili S, & Kerfouf A (2009) Surveillance environnementale et développement durable côtier (cas du littoral oranais). In *Actes du 5 ème Colloque International sur le thème:" Énergies, changements climatiques et développement durable*
114. KERFOUF A Anas, M A M I, AMINE R H, HENNI J E & KIHAL M (2010) Activité Anti-Bactérienne de *Lactobacillus plantarum* isolée du lait cru de chèvre d'Algérie vis à vis de *Staphylococcus aureus*. *Les technologies de laboratoire*, 5(21)
115. Remili S, Kerfouf A (2013) Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien). *Physio-Géo* VII:165–182. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3258>
116. Risal AR, Manan MA, Yekeen N (2019) Experimental investigation of enhancement of carbon dioxide foam stability, pore plugging, and oil recovery in the presence of silica nanoparticles. *Pet Sci* 16:344–356. <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0280-8>
117. Robinson, IS (1985) *Satellite oceanography: an introduction for oceanographers and remote-sensing scientists*

118. Röhrs J, Dagestad K-F, Asbjørnsen H (2019) Vertical mixing and horizontal drift of oil spills: simulations with the open source oil spill model OpenOil. In: Geophysical Research Abstracts. <https://doi.org/10.5194/os-14-1581-2018>
119. Romero-Frasca E, Adams RH, Domínguez-Rodríguez VI (2018) Reducing leachable petroleum hydrocarbon concentration in weathered fuel oil contaminated soil by chemical oxidation with hydrogen peroxide. *Int J Environ Sci Technol* 15:2381–2388. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1619-1>
120. Romieu E, Vinchon C (2009) Evaluation de la vulnérabilité en zone côtière: état de l'art et analyse critique. Rapport final (Vol. 188). BRGM/RP-57389-FR.
121. Saçu Ş, Şen O, & Erdik T (2021) A stochastic assessment for oil contamination probability: A case study of the Bosphorus. *Ocean Engineering*, 231, 109064. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109064>
122. Sahnine S (2020) Enjeux environnementaux et sanitaires relatifs aux puits de pétrole et de gaz inactifs: évaluation de la vulnérabilité des milieux naturels, bâtis et humains de la région de la montagne au québec
123. Serrafi, L., & Sahridj, N. (2020). Synthèse des travaux réalisés sur l'impact des hydrocarbures sur les propriétés physico-chimiques du sol de quelques stations-services (Tizi-Ouzou) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)
124. Scavia D, Rabalais, N. N, Turner R E, Justić D, & Wiseman Jr, W J (2003) Predicting the response of Gulf of Mexico hypoxia to variations in Mississippi River nitrogen load. *Limnology and Oceanography*, 48(3), 951-956.
125. Sinno M, Denis E (2021) Vers la refondation de la cité méditerranéenne. *Urbanisme*, (421),22–25. HAL Id: halshs-03288046. <https://shs.hal.science/halshs-03288046>
126. Spaulding ML (2017) State of the art review and future directions in oil spill modeling. *Mar Pollut Bull* 115:7–19. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.001
127. Sun X, Fu H, Bao M, Liu W, Luo C, Li Y, ... & Lu, J. (2022). Development of a new hydrophobic magnetic biochar for removing oil spills on the water surface. *Biochar*, 4(1), 60
128. TALEB M Z (2007) Biosurveillance de la pollution au niveau de la côte occidentale Algérienne par l'utilisation d'une approche multimarqueurs chez la moule *Mytilus galloprovincialis* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella
129. Tephany Y (2022) La réparation du préjudice écologique résultant d'une pollution marine par hydrocarbures. *Le Droit Maritime Français*, 1043-1049
130. Toz AC, Koseoglu B, Sakar C (2016) Numerical modelling of oil spill in New York Bay. *Arch Environ Prot* 42:22–31. <https://doi.org/10.1515/aep-2016-0037>
131. Weinstein L C, LaNoue M D, Plumb J D, King H, Stein B, & Tsemberis S (2013) A primary care–public health partnership addressing homelessness, serious mental illness, and health disparities. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 26(3), 279-287
132. Zakaria S & Khadidja R (2019) Etude de l'évolution spatio-temporelle de l'agglomération du littoral Oranais par utilisation de la télédétection et des SIG. *Cadernos de Geografia*, (39), 17-27
133. Zaman KU, Abbas N, Irshad M (2022) Treatability study of synthesized silica

- nanoparticles to reduce pollution load of industrial wastewater. *Int J Environ Sci Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13762-022-03972-9>
134. Zelenke B, O'Connor C, Barker C. H, Beegle-Krause C. J & Eclipse L (2012) General NOAA operational modeling environment (GNOME) technical documentation. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 40. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA. [http://response.restoration.noaa.gov/gnome\\_manual](http://response.restoration.noaa.gov/gnome_manual)
135. Zelmat Kek (2018) Biometric characteristics and reproduction in the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Elasmobranchii: Scyliorhinidae) from the west coast of Algeria. doi: 10.21411/CBM.A.257575F2
136. Zoumenou M. P. R., Kiki tankpinou Y & Gbaguidi V. S (2020) Impact des ouvrages de protection du littoral contre l'érosion côtière sur la dynamique du trait de côte à l'Est de Cotonou.

# Annexe

1) Des mesures effectuées avec le navire océanographique ALPEL avec une sonde CTD, (ALgerian PELagique, Campagne d'évaluation des ressources pélagique du CNRDPA 2017) long de la baie d'Oran le 05/03/2017 (Bachari Houma Fouzia, 2017).

numéro d'enreg	date	Latitude	Longitude	Chlorophylle	Salinité	Température
1	05/03/2017	35.73092	-0.62000	0,321	36,0515	14,9325
2	05/03/2017	35.73210	-0.61910	0,328	35,1847	14,9347
3	05/03/2017	35.73550	-0.61656	0,335	36,5333	14,9333
4	05/03/2017	35.74630	-0.60846	0,339	36,2162	14,9175
5	05/03/2017	35.77598	-0.58652	0,298	36,543	14,929
6	05/03/2017	35.79672	-0.57174	0,283	36,3574	14,8797
7	05/03/2017	35.80064	-0.56908	0,277	36,389	14,9011
8	05/03/2017	35.80570	-0.56556	0,276	35,5614	14,9247
9	05/03/2017	35.80966	-0.56280	0,277	36,1643	14,9411
10	05/03/2017	35.81808	-0.55698	0,284	36,3082	14,9475
11	05/03/2017	35.84488	-0.53686	0,29	35,8526	15,0053
12	05/03/2017	35.86552	-0.52104	0,291	36,196	15,0188
13	05/03/2017	35.88066	-0.50914	0,292	36,41	15,0039
14	05/03/2017	35.90628	-0.48102	0,284	36,2979	14,9967
15	05/03/2017	35.90880	-0.47660	0,287	36,5073	14,991
16	05/03/2017	35.92702	-0.44338	0,286	36,2265	14,996
17	05/03/2017	35.93450	-0.42808	0,286	36,252	15,0088
18	05/03/2017	35.95142	-0.39418	0,288	36,2237	14,9497
19	05/03/2017	35.95182	-0.39336	0,291	36,2866	14,9475
20	05/03/2017	35.97218	-0.34988	0,299	36,5218	14,9226
21	05/03/2017	35.98472	-0.31714	0,275	35,5096	14,9047
22	05/03/2017	35.98770	-0.31388	0,275	36,5632	14,8955
23	05/03/2017	35.98798	-0.31058	0,269	36,635	14,899
24	05/03/2017	35.95884	-0.29156	0,276	36,3799	14,8847
25	05/03/2017	35.95380	-0.28772	0,283	36,7669	14,8747
26	05/03/2017	35.94422	-0.28028	0,294	36,301	14,8819
27	05/03/2017	35.92962	-0.26850	0,299	36,5792	14,8854
28	05/03/2017	35.89824	-0.24372	0,291	36,4958	15,0152
29	05/03/2017	35.89460	-0.24080	0,289	36,3331	15,0181
30	05/03/2017	35.87706	-0.22730	0,278	36,5839	14,9632
31	05/03/2017	35.87126	-0.22366	0,278	35,6753	14,9483
32	05/03/2017	35.86154	-0.21808	0,283	36,3009	14,894
33	05/03/2017	35.84962	-0.20992	0,26	36,5652	14,8983
34	05/03/2017	35.84442	-0.20500	0,256	36,4789	14,8983
35	05/03/2017	35.83920	-0.20020	0,255	36,5809	14,8976
36	05/03/2017	35.82746	-0.18456	0,256	36,5015	14,8661

37	05/03/2017	35.82126	-0.16488	0,26	36,545	14,8619
38	05/03/2017	35.82236	-0.14366	0,259	36,6324	14,8897
39	05/03/2017	35.82534	-0.13652	0,256	36,4871	14,8876
40	05/03/2017	35.83210	-0.11700	0,263	36,3254	14,8647
41	05/03/2017	35.83442	-0.10946	0,264	36,3704	14,8669
42	05/03/2017	35.84186	-0.08544	0,274	36,4686	14,8562
43	05/03/2017	35.84306	-0.08150	0,274	36,332	14,8547
44	05/03/2017	35.85058	-0.05766	0,273	36,5584	14,8426
45	05/03/2017	35.85294	-0.05006	0,276	36,3964	14,844
46	05/03/2017	35.85818	-0.03394	0,262	36,58	14,8576
47	05/03/2017	35.86180	-0.02274	0,26	36,0483	14,8633
48	05/03/2017	35.86720	-0.00634	0,255	36,6744	14,8562
49	05/03/2017	35.86962	0.00118	0,254	36,5968	14,8547
50	05/03/2017	35.86946	0.01680	0,255	36,6596	14,814
51	05/03/2017	35.86960	0.01872	0,257	36,5214	14,809
52	05/03/2017	35.87022	0.01942	0,323	36,5914	14,8026
53	05/03/2017	35.87026	0.01988	0,263	36,6033	14,789
54	05/03/2017	35.87030	0.02034	0,261	36,6645	14,784
56	05/03/2017	35.87426	0.01696	0,278	36,4304	14,7847

2) Des mesures effectuées avec le navire océanographique ALPEL avec une sonde CTD, (ALgerian PELagique, Campagne d'évaluation des ressources pélagique du CNRDPA 2017) long de la baie d'Oran le 07/03/2017 (Bachari Houma Fouzia, 2017)

numero d'enreg	Date	Latitude	Longitude	Chlorophylle	Salinité	Température
1	07/03/2017	35.85764	-0.28240	0,291	36,5884	15,0701
2	07/03/2017	35.85778	-0.28240	0,291	36,3573	15,0694
3	07/03/2017	35.85792	-0.28236	0,291	36,2763	15,0701
4	07/03/2017	35.85808	-0.28234	0,291	36,3396	15,0694
5	07/03/2017	35.85822	-0.28230	0,29	36,3594	15,0701
6	07/03/2017	35.85836	-0.28228	0,289	36,3944	15,0687
7	07/03/2017	35.85850	-0.28224	0,289	35,8842	15,0673
8	07/03/2017	35.85866	-0.28222	0,29	35,3582	15,0651
9	07/03/2017	35.85880	-0.28218	0,311	35,7723	15,0622
10	07/03/2017	35.85896	-0.28214	0,314	36,1403	15,0587
11	07/03/2017	35.85910	-0.28210	0,29	36,5114	15,0566
12	07/03/2017	35.85924	-0.28208	0,289	36,6224	15,0558
13	07/03/2017	35.85940	-0.28204	0,29	36,6272	15,0537
14	07/03/2017	35.85954	-0.28200	0,289	36,5996	15,0523
15	07/03/2017	35.85970	-0.28200	0,288	36,5092	15,0509
16	07/03/2017	35.85982	-0.28196	0,288	36,4734	15,0501
17	07/03/2017	35.85998	-0.28192	0,288	36,4304	15,0501

18	07/03/2017	35.86012	-0.28190	0,287	36,4929	15,0473
19	07/03/2017	35.86028	-0.28188	0,286	36,282	15,0459
20	07/03/2017	35.86042	-0.28186	0,288	36,1964	15,0445
21	07/03/2017	35.86058	-0.28182	0,289	35,8639	15,0437
22	07/03/2017	35.86072	-0.28180	0,289	36,4878	15,0437
23	07/03/2017	35.86088	-0.28178	0,287	36,2013	15,0423
24	07/03/2017	35.86102	-0.28174	0,286	36,5064	15,0409
25	07/03/2017	35.86118	-0.28170	0,285	36,1855	15,0402
26	07/03/2017	35.86130	-0.28168	0,285	36,4878	15,0388
27	07/03/2017	35.86148	-0.28166	0,285	36,3307	15,0388
28	07/03/2017	35.86160	-0.28160	0,286	36,2563	15,0373
29	07/03/2017	35.86176	-0.28160	0,285	35,4448	15,0373
30	07/03/2017	35.86190	-0.28156	0,286	36,541	15,0359
31	07/03/2017	35.86206	-0.28152	0,285	36,7015	15,0345
32	07/03/2017	35.86220	-0.28148	0,285	36,666	15,0324
33	07/03/2017	35.86236	-0.28146	0,286	36,6798	15,0316
34	07/03/2017	35.86250	-0.28142	0,285	36,6163	15,0295
35	07/03/2017	35.86266	-0.28140	0,285	36,6291	15,0288
36	07/03/2017	35.86280	-0.28138	0,286	36,641	15,0281
37	07/03/2017	35.86296	-0.28134	0,285	36,6211	15,0274
38	07/03/2017	35.86310	-0.28132	0,285	36,4931	15,0281
39	07/03/2017	35.86326	-0.28130	0,284	36,6119	15,0252
40	07/03/2017	35.86340	-0.28128	0,285	36,5089	15,0252
41	07/03/2017	35.86356	-0.28126	0,285	36,3306	15,0238
42	07/03/2017	35.86370	-0.28122	0,285	36,5378	15,0224
43	07/03/2017	35.86386	-0.28120	0,284	36,3925	15,0216
44	07/03/2017	35.86400	-0.28118	0,283	36,5398	15,0203
45	07/03/2017	35.86416	-0.28114	0,282	36,5004	15,0203
46	07/03/2017	35.86430	-0.28110	0,284	36,3468	15,0195
47	07/03/2017	35.86446	-0.28108	0,282	36,3315	15,0188
48	07/03/2017	35.86460	-0.28106	0,283	36,1608	15,0174
49	07/03/2017	35.86476	-0.28102	0,283	36,1917	15,0174
50	07/03/2017	35.86490	-0.28100	0,283	36,2985	15,0181
51	07/03/2017	35.86506	-0.28098	0,283	36,3494	15,0167
52	07/03/2017	35.86520	-0.28094	0,283	36,0696	15,016
53	07/03/2017	35.86536	-0.28090	0,284	35,693	15,0146
54	07/03/2017	35.86550	-0.28090	0,284	36,5795	15,0138
55	07/03/2017	35.86564	-0.28086	0,285	36,6951	15,0124
56	07/03/2017	35.86580	-0.28084	0,283	36,6771	15,0117
57	07/03/2017	35.86596	-0.28080	0,284	36,7089	15,0117
58	07/03/2017	35.86610	-0.28078	0,284	36,6834	15,011
59	07/03/2017	35.86624	-0.28076	0,282	36,6697	15,0095
60	07/03/2017	35.86640	-0.28072	0,282	36,6807	15,0088
61	07/03/2017	35.86654	-0.28070	0,282	36,661	15,0088
62	07/03/2017	35.86670	-0.28068	0,281	36,6095	15,0088
63	07/03/2017	35.86684	-0.28064	0,282	36,5746	15,0081

64	07/03/2017	35.86700	-0.28060	0,282	36,6049	15,0067
65	07/03/2017	35.86714	-0.28058	0,282	36,53	15,0067
66	07/03/2017	35.86728	-0.28054	0,282	36,4443	15,0053
67	07/03/2017	35.86744	-0.28052	0,282	36,5223	15,006
68	07/03/2017	35.86760	-0.28050	0,282	36,4896	15,0039
69	07/03/2017	35.86774	-0.28046	0,282	36,4609	15,0046
70	07/03/2017	35.86790	-0.28042	0,283	36,3405	15,0031
71	07/03/2017	35.86804	-0.28038	0,281	36,4179	15,0024
72	07/03/2017	35.86818	-0.28038	0,28	36,451	15,0031
73	07/03/2017	35.86834	-0.28034	0,28	36,3097	15,0031
74	07/03/2017	35.86850	-0.28032	0,281	36,3052	15,0039
75	07/03/2017	35.86864	-0.28030	0,28	36,2747	15,0046
76	07/03/2017	35.86880	-0.28030	0,282	36,1968	15,0039
77	07/03/2017	35.86894	-0.28028	0,282	36,0962	15,0024
78	07/03/2017	35.86908	-0.28026	0,283	35,5565	15,0017
79	07/03/2017	35.86924	-0.28022	0,281	35,5624	15,0003
80	07/03/2017	35.86938	-0.28022	0,281	35,8252	14,9996
81	07/03/2017	35.86954	-0.28020	0,281	35,9908	14,9982
82	07/03/2017	35.86970	-0.28018	0,281	36,568	14,9982
83	07/03/2017	35.86982	-0.28016	0,281	36,5041	14,9974
84	07/03/2017	35.86998	-0.28014	0,28	36,5534	14,9967
85	07/03/2017	35.87012	-0.28012	0,281	36,5675	14,9967
86	07/03/2017	35.87028	-0.28010	0,282	36,5391	14,996
87	07/03/2017	35.87042	-0.28008	0,282	36,5922	14,9953
88	07/03/2017	35.87058	-0.28004	0,281	36,474	14,9946
89	07/03/2017	35.87072	-0.28002	0,281	36,3776	14,9946
90	07/03/2017	35.87086	-0.28000	0,281	36,3052	14,9939
91	07/03/2017	35.87100	-0.27998	0,281	36,3386	14,9932
92	07/03/2017	35.87116	-0.27994	0,28	36,4603	14,9932
93	07/03/2017	35.87130	-0.27992	0,28	36,333	14,9932
94	07/03/2017	35.87144	-0.27990	0,282	36,0447	14,9924
95	07/03/2017	35.87160	-0.27986	0,281	35,6143	14,9924
96	07/03/2017	35.87174	-0.27988	0,28	35,572	14,9918
97	07/03/2017	35.87188	-0.27990	0,281	36,2524	14,9903
98	07/03/2017	35.87200	-0.27994	0,28	36,4211	14,991
99	07/03/2017	35.87212	-0.28000	0,281	36,4318	14,9896
100	07/03/2017	35.87226	-0.28008	0,281	36,3151	14,9903
101	07/03/2017	35.87238	-0.28016	0,282	36,0742	14,9889
102	07/03/2017	35.87250	-0.28024	0,282	35,6288	14,9889
103	07/03/2017	35.87260	-0.28034	0,281	36,076	14,9889
104	07/03/2017	35.87274	-0.28042	0,281	36,5334	14,9882
105	07/03/2017	35.87286	-0.28050	0,281	36,3954	14,9875
106	07/03/2017	35.87300	-0.28060	0,28	36,535	14,9875
107	07/03/2017	35.87310	-0.28066	0,281	36,4179	14,9875
108	07/03/2017	35.87324	-0.28074	0,28	36,2822	14,9875
109	07/03/2017	35.87338	-0.28078	0,279	36,5617	14,9889

110	07/03/2017	35.87350	-0.28086	0,28	36,0156	14,9896
111	07/03/2017	35.87366	-0.28092	0,281	36,3996	14,991
112	07/03/2017	35.87378	-0.28100	0,281	36,5937	14,9918
113	07/03/2017	35.87390	-0.28108	0,281	36,2928	14,9932
114	07/03/2017	35.87404	-0.28116	0,281	36,068	14,9946
115	07/03/2017	35.87418	-0.28124	0,281	35,9901	14,996
116	07/03/2017	35.87430	-0.28134	0,281	35,5336	14,9982
117	07/03/2017	35.87442	-0.28142	0,281	36,0646	15,0003
118	07/03/2017	35.87454	-0.28150	0,281	36,4898	15,0017
119	07/03/2017	35.87468	-0.28160	0,28	36,5477	15,0039
120	07/03/2017	35.87480	-0.28170	0,28	36,6066	15,006
121	07/03/2017	35.87492	-0.28180	0,28	36,5512	15,0081
122	07/03/2017	35.87506	-0.28188	0,279	36,5482	15,0103
123	07/03/2017	35.87518	-0.28196	0,28	36,5153	15,0124
124	07/03/2017	35.87530	-0.28204	0,28	36,5376	15,0146
125	07/03/2017	35.87544	-0.28214	0,277	36,4249	15,016
126	07/03/2017	35.87558	-0.28222	0,277	36,4828	15,0181
127	07/03/2017	35.87570	-0.28230	0,277	36,5725	15,0203
128	07/03/2017	35.87584	-0.28240	0,278	36,5488	15,0216
129	07/03/2017	35.87598	-0.28248	0,278	36,5905	15,0231
130	07/03/2017	35.87608	-0.28254	0,278	36,4228	15,0252
131	07/03/2017	35.87622	-0.28262	0,278	36,1831	15,0267
132	07/03/2017	35.87636	-0.28272	0,278	36,0858	15,0288
133	07/03/2017	35.87650	-0.28280	0,277	35,9927	15,0295
134	07/03/2017	35.87660	-0.28290	0,277	36,3261	15,0316
135	07/03/2017	35.87674	-0.28298	0,277	36,4361	15,0331
136	07/03/2017	35.87688	-0.28308	0,277	36,46	15,0345
137	07/03/2017	35.87700	-0.28316	0,277	36,4384	15,0366
138	07/03/2017	35.87714	-0.28324	0,278	36,3966	15,0373
139	07/03/2017	35.87726	-0.28332	0,279	36,2139	15,0388
140	07/03/2017	35.87740	-0.28340	0,279	36,4247	15,0402
141	07/03/2017	35.87752	-0.28350	0,277	36,4886	15,0409
142	07/03/2017	35.87766	-0.28358	0,277	36,0182	15,0423
143	07/03/2017	35.87780	-0.28368	0,277	35,9681	15,0431
144	07/03/2017	35.87790	-0.28376	0,277	36,3693	15,0445
145	07/03/2017	35.87804	-0.28384	0,277	36,0371	15,0452
146	07/03/2017	35.87818	-0.28394	0,277	35,9925	15,0459
147	07/03/2017	35.87830	-0.28402	0,277	35,3089	15,0466
148	07/03/2017	35.87842	-0.28412	0,277	35,9016	15,0473
149	07/03/2017	35.87856	-0.28420	0,277	36,4215	15,0487
150	07/03/2017	35.87870	-0.28430	0,277	36,5608	15,0487
151	07/03/2017	35.87880	-0.28438	0,276	36,5414	15,0494
152	07/03/2017	35.87894	-0.28448	0,275	36,5887	15,0509
153	07/03/2017	35.87908	-0.28456	0,276	36,426	15,0509
154	07/03/2017	35.87920	-0.28464	0,276	36,5806	15,0516
155	07/03/2017	35.87934	-0.28472	0,274	36,1855	15,0523

156	07/03/2017	35.87948	-0.28480	0,275	36,4726	15,053
157	07/03/2017	35.87960	-0.28490	0,276	36,4371	15,053
158	07/03/2017	35.87972	-0.28498	0,276	36,4259	15,053
159	07/03/2017	35.87986	-0.28506	0,274	36,4065	15,0537
160	07/03/2017	35.88000	-0.28514	0,275	36,4825	15,0544
161	07/03/2017	35.88012	-0.28524	0,277	36,393	15,0552
162	07/03/2017	35.88026	-0.28532	0,277	36,4014	15,0552
163	07/03/2017	35.88038	-0.28540	0,277	35,9806	15,0558
164	07/03/2017	35.88050	-0.28550	0,276	35,9778	15,0558
165	07/03/2017	35.88064	-0.28560	0,275	36,0004	15,0566
166	07/03/2017	35.88078	-0.28568	0,274	36,2076	15,0566
167	07/03/2017	35.88090	-0.28576	0,276	36,3518	15,0573
168	07/03/2017	35.88102	-0.28586	0,277	36,4013	15,0573
169	07/03/2017	35.88116	-0.28592	0,277	36,2511	15,058
170	07/03/2017	35.88130	-0.28602	0,275	36,2577	15,058
171	07/03/2017	35.88142	-0.28610	0,276	35,9244	15,058
172	07/03/2017	35.88156	-0.28620	0,276	36,2044	15,058
173	07/03/2017	35.88168	-0.28628	0,276	36,3707	15,058
174	07/03/2017	35.88182	-0.28636	0,275	36,2215	15,0587
175	07/03/2017	35.88194	-0.28646	0,275	36,2374	15,0587
176	07/03/2017	35.88208	-0.28654	0,276	36,0572	15,0587
177	07/03/2017	35.88220	-0.28662	0,277	36,2059	15,0594
178	07/03/2017	35.88232	-0.28672	0,277	35,5616	15,0594
179	07/03/2017	35.88246	-0.28680	0,276	36,6967	15,0594
180	07/03/2017	35.88260	-0.28690	0,277	36,7298	15,0601
181	07/03/2017	35.88272	-0.28700	0,277	36,7154	15,0594
182	07/03/2017	35.88286	-0.28708	0,276	36,7045	15,0601
183	07/03/2017	35.88298	-0.28716	0,275	36,7157	15,0601
184	07/03/2017	35.88310	-0.28724	0,274	36,7213	15,0601
185	07/03/2017	35.88324	-0.28734	0,275	36,7101	15,0601
186	07/03/2017	35.88338	-0.28742	0,276	36,6904	15,0601
187	07/03/2017	35.88350	-0.28750	0,276	36,6811	15,0601
188	07/03/2017	35.88364	-0.28760	0,277	36,6961	15,0601
189	07/03/2017	35.88378	-0.28768	0,276	36,6642	15,0601
190	07/03/2017	35.88390	-0.28776	0,276	36,6549	15,0601
191	07/03/2017	35.88404	-0.28784	0,277	36,6539	15,0601
192	07/03/2017	35.88418	-0.28792	0,277	36,6364	15,0609
193	07/03/2017	35.88430	-0.28802	0,278	36,6346	15,0609
194	07/03/2017	35.88442	-0.28810	0,277	36,585	15,0609
195	07/03/2017	35.88456	-0.28820	0,276	36,5896	15,0609
196	07/03/2017	35.88470	-0.28830	0,276	36,5694	15,0616
197	07/03/2017	35.88482	-0.28838	0,276	36,503	15,0616
198	07/03/2017	35.88494	-0.28848	0,275	36,5357	15,0616
199	07/03/2017	35.88508	-0.28856	0,274	36,5481	15,0622
200	07/03/2017	35.88520	-0.28866	0,276	36,5556	15,0622
201	07/03/2017	35.88534	-0.28874	0,276	36,5379	15,0622

202	07/03/2017	35.88546	-0.28884	0,276	36,4135	15,0622
203	07/03/2017	35.88560	-0.28892	0,276	36,58	15,0622
204	07/03/2017	35.88572	-0.28902	0,276	36,464	15,0622
205	07/03/2017	35.88584	-0.28910	0,275	36,5584	15,0622
206	07/03/2017	35.88598	-0.28918	0,275	36,4967	15,0622
207	07/03/2017	35.88610	-0.28930	0,275	36,3128	15,063
208	07/03/2017	35.88624	-0.28938	0,275	36,4063	15,063
209	07/03/2017	35.88638	-0.28946	0,275	36,41	15,063
210	07/03/2017	35.88650	-0.28954	0,275	36,1961	15,063
211	07/03/2017	35.88664	-0.28962	0,274	36,1202	15,0622
212	07/03/2017	35.88676	-0.28970	0,274	36,3904	15,063
213	07/03/2017	35.88690	-0.28980	0,275	35,7425	15,0622
214	07/03/2017	35.88702	-0.28988	0,275	35,7707	15,063
215	07/03/2017	35.88716	-0.28996	0,276	35,9299	15,0622
216	07/03/2017	35.88728	-0.29006	0,276	36,4997	15,063
217	07/03/2017	35.88742	-0.29014	0,276	36,4285	15,0622
218	07/03/2017	35.88756	-0.29024	0,275	36,4724	15,0622
219	07/03/2017	35.88768	-0.29032	0,276	36,2194	15,063
220	07/03/2017	35.88780	-0.29042	0,275	36,2166	15,063
221	07/03/2017	35.88794	-0.29050	0,274	36,0869	15,063
222	07/03/2017	35.88808	-0.29060	0,274	36,4605	15,063
223	07/03/2017	35.88820	-0.29068	0,276	35,8108	15,063
224	07/03/2017	35.88832	-0.29078	0,274	36,4764	15,063
225	07/03/2017	35.88846	-0.29086	0,275	36,5047	15,0637
226	07/03/2017	35.88860	-0.29096	0,277	36,4764	15,063
227	07/03/2017	35.88872	-0.29104	0,275	36,4813	15,0637
228	07/03/2017	35.88884	-0.29112	0,275	36,3925	15,0637
229	07/03/2017	35.88898	-0.29120	0,277	36,4147	15,063
230	07/03/2017	35.88910	-0.29130	0,276	36,2568	15,063
231	07/03/2017	35.88924	-0.29138	0,275	35,6729	15,063
232	07/03/2017	35.88938	-0.29148	0,276	36,0701	15,063
233	07/03/2017	35.88950	-0.29156	0,277	35,9721	15,063
234	07/03/2017	35.88964	-0.29166	0,276	36,4252	15,0637
235	07/03/2017	35.88976	-0.29174	0,276	36,4215	15,0637
236	07/03/2017	35.88990	-0.29182	0,275	36,3589	15,0637
237	07/03/2017	35.89002	-0.29190	0,274	35,8645	15,0644
238	07/03/2017	35.89016	-0.29200	0,274	36,1777	15,0637
239	07/03/2017	35.89030	-0.29210	0,275	36,1217	15,0637
240	07/03/2017	35.89042	-0.29218	0,275	35,4163	15,0637
241	07/03/2017	35.89054	-0.29228	0,275	36,0274	15,0637
242	07/03/2017	35.89068	-0.29236	0,275	36,4582	15,0644
243	07/03/2017	35.89080	-0.29242	0,275	36,6244	15,0637
244	07/03/2017	35.89094	-0.29252	0,276	36,6635	15,063
245	07/03/2017	35.89108	-0.29260	0,276	36,6669	15,0622
246	07/03/2017	35.89120	-0.29270	0,274	36,6323	15,0622
247	07/03/2017	35.89134	-0.29280	0,276	36,5425	15,0622

248	07/03/2017	35.89146	-0.29288	0,277	36,4515	15,0616
249	07/03/2017	35.89160	-0.29296	0,277	36,1902	15,0622
250	07/03/2017	35.89172	-0.29304	0,275	36,3565	15,0622
251	07/03/2017	35.89186	-0.29312	0,276	36,1442	15,0616
252	07/03/2017	35.89198	-0.29320	0,275	36,4849	15,0609
253	07/03/2017	35.89212	-0.29330	0,274	36,4746	15,0609
254	07/03/2017	35.89224	-0.29338	0,273	36,4643	15,0609
255	07/03/2017	35.89238	-0.29348	0,274	36,58	15,0601
256	07/03/2017	35.89250	-0.29358	0,274	36,383	15,0609
257	07/03/2017	35.89264	-0.29366	0,274	36,2933	15,0609
258	07/03/2017	35.89278	-0.29374	0,275	35,8407	15,0609
259	07/03/2017	35.89290	-0.29382	0,277	35,9421	15,0601
260	07/03/2017	35.89304	-0.29390	0,276	36,2949	15,0601
261	07/03/2017	35.89318	-0.29400	0,275	36,4884	15,0601
262	07/03/2017	35.89330	-0.29408	0,276	36,5171	15,0594
263	07/03/2017	35.89342	-0.29418	0,274	36,505	15,0594
264	07/03/2017	35.89356	-0.29426	0,274	36,4713	15,0594
265	07/03/2017	35.89370	-0.29434	0,275	36,4591	15,0594
266	07/03/2017	35.89382	-0.29444	0,275	36,515	15,0587
267	07/03/2017	35.89396	-0.29452	0,275	36,547	15,0594
268	07/03/2017	35.89408	-0.29462	0,274	36,4439	15,0587
269	07/03/2017	35.89420	-0.29470	0,273	36,529	15,0587
270	07/03/2017	35.89434	-0.29480	0,274	36,386	15,0587
271	07/03/2017	35.89446	-0.29490	0,275	36,1711	15,0587
272	07/03/2017	35.89460	-0.29498	0,275	35,5576	15,0587
273	07/03/2017	35.89472	-0.29506	0,275	35,7774	15,0587
274	07/03/2017	35.89486	-0.29514	0,276	36,4988	15,058
275	07/03/2017	35.89500	-0.29524	0,276	36,4305	15,058
276	07/03/2017	35.89512	-0.29530	0,276	36,4941	15,058
277	07/03/2017	35.89526	-0.29540	0,275	36,5259	15,058
278	07/03/2017	35.89540	-0.29548	0,274	36,4034	15,058
279	07/03/2017	35.89552	-0.29558	0,275	36,464	15,0573
280	07/03/2017	35.89564	-0.29566	0,277	36,4368	15,0573
281	07/03/2017	35.89578	-0.29574	0,277	36,4013	15,0573
282	07/03/2017	35.89590	-0.29584	0,278	36,1547	15,0573
283	07/03/2017	35.89604	-0.29592	0,278	36,3733	15,0573
284	07/03/2017	35.89618	-0.29600	0,274	36,474	15,0566
285	07/03/2017	35.89630	-0.29610	0,275	36,3303	15,0573
286	07/03/2017	35.89642	-0.29620	0,275	36,4001	15,0566
287	07/03/2017	35.89656	-0.29630	0,275	36,1799	15,0573
288	07/03/2017	35.89670	-0.29638	0,275	35,9279	15,0573
289	07/03/2017	35.89680	-0.29648	0,276	36,0138	15,0573
290	07/03/2017	35.89694	-0.29656	0,275	35,4128	15,0573
291	07/03/2017	35.89708	-0.29664	0,276	36,0735	15,0573
292	07/03/2017	35.89720	-0.29672	0,276	36,5369	15,0573
293	07/03/2017	35.89730	-0.29680	0,275	36,6045	15,058

294	07/03/2017	35.89742	-0.29688	0,275	36,597	15,058
295	07/03/2017	35.89754	-0.29694	0,274	36,6052	15,0573
296	07/03/2017	35.89766	-0.29700	0,275	36,4852	15,0566
297	07/03/2017	35.89778	-0.29708	0,275	36,1833	15,0566
298	07/03/2017	35.89788	-0.29712	0,274	36,4123	15,0566
299	07/03/2017	35.89798	-0.29718	0,276	36,1451	15,0566
300	07/03/2017	35.89808	-0.29722	0,276	35,8931	15,0566
301	07/03/2017	35.89818	-0.29728	0,277	36,3365	15,0566
302	07/03/2017	35.89828	-0.29732	0,276	36,1949	15,0573
303	07/03/2017	35.89836	-0.29738	0,275	36,3973	15,0566
304	07/03/2017	35.89844	-0.29742	0,274	36,5366	15,0566
305	07/03/2017	35.89854	-0.29748	0,273	36,6049	15,0566
306	07/03/2017	35.89862	-0.29752	0,273	36,4926	15,0566
307	07/03/2017	35.89870	-0.29758	0,274	36,4824	15,0566
308	07/03/2017	35.89878	-0.29762	0,275	36,4478	15,0566
309	07/03/2017	35.89886	-0.29768	0,274	36,4693	15,0566
310	07/03/2017	35.89894	-0.29772	0,274	36,3496	15,0566
311	07/03/2017	35.89900	-0.29778	0,275	36,487	15,0566
312	07/03/2017	35.89910	-0.29782	0,276	36,3447	15,0558
313	07/03/2017	35.89916	-0.29788	0,276	35,9572	15,0558
314	07/03/2017	35.89922	-0.29792	0,277	35,6925	15,0558
315	07/03/2017	35.89930	-0.29798	0,277	35,7698	15,0558
316	07/03/2017	35.89936	-0.29800	0,276	36,5523	15,0558
317	07/03/2017	35.89942	-0.29806	0,276	36,6411	15,0558
318	07/03/2017	35.89950	-0.29810	0,276	36,6152	15,0566
319	07/03/2017	35.89956	-0.29816	0,276	36,6779	15,0566
320	07/03/2017	35.89962	-0.29820	0,276	36,5803	15,0558
321	07/03/2017	35.89970	-0.29824	0,275	36,4419	15,0558
322	07/03/2017	35.89974	-0.29828	0,276	36,5205	15,0558
323	07/03/2017	35.89980	-0.29832	0,275	36,5036	15,0558
324	07/03/2017	35.89988	-0.29836	0,276	36,5263	15,0566
325	07/03/2017	35.89994	-0.29838	0,274	36,5432	15,0566
326	07/03/2017	35.90000	-0.29844	0,275	36,5619	15,0566
327	07/03/2017	35.90006	-0.29848	0,275	36,392	15,0573
328	07/03/2017	35.90012	-0.29850	0,276	36,4132	15,0566
329	07/03/2017	35.90018	-0.29854	0,278	36,3991	15,0566
330	07/03/2017	35.90024	-0.29858	0,278	36,4443	15,0573
331	07/03/2017	35.90030	-0.29860	0,277	36,3293	15,0573
332	07/03/2017	35.90036	-0.29864	0,277	36,402	15,0566
333	07/03/2017	35.90040	-0.29868	0,275	36,3319	15,0566
334	07/03/2017	35.90048	-0.29870	0,273	36,2618	15,0566
335	07/03/2017	35.90052	-0.29874	0,274	36,3851	15,0566
336	07/03/2017	35.90060	-0.29878	0,274	36,1902	15,0573
337	07/03/2017	35.90064	-0.29880	0,273	36,1575	15,0573
338	07/03/2017	35.90070	-0.29884	0,274	36,1351	15,0573
339	07/03/2017	35.90076	-0.29888	0,275	36,0968	15,0573

340	07/03/2017	35.90080	-0.29890	0,275	36,0389	15,0573
341	07/03/2017	35.90086	-0.29894	0,274	35,8822	15,0573
342	07/03/2017	35.90090	-0.29898	0,274	35,584	15,0573
343	07/03/2017	35.90098	-0.29900	0,274	36,1885	15,058
344	07/03/2017	35.90102	-0.29904	0,341	36,3079	15,0573
345	07/03/2017	35.90108	-0.29908	0,315	35,968	15,0573
346	07/03/2017	35.90112	-0.29910	0,275	36,5661	15,058
347	07/03/2017	35.90118	-0.29916	0,276	36,5867	15,058
348	07/03/2017	35.90122	-0.29920	0,275	36,4159	15,0587
349	07/03/2017	35.90128	-0.29922	0,273	36,5898	15,0587
350	07/03/2017	35.90132	-0.29926	0,274	36,4804	15,0587
351	07/03/2017	35.90138	-0.29930	0,273	36,4804	15,0587
352	07/03/2017	35.90142	-0.29934	0,274	36,4822	15,0587
353	07/03/2017	35.90148	-0.29938	0,274	36,5655	15,0587
354	07/03/2017	35.90152	-0.29942	0,273	36,4308	15,0587
355	07/03/2017	35.90156	-0.29946	0,273	36,2253	15,0587
356	07/03/2017	35.90160	-0.29948	0,273	35,938	15,0594
357	07/03/2017	35.90166	-0.29954	0,274	36,5477	15,0587
358	07/03/2017	35.90170	-0.29958	0,273	36,6396	15,0594
359	07/03/2017	35.90176	-0.29960	0,272	36,5769	15,0594
360	07/03/2017	35.90180	-0.29964	0,273	36,5947	15,0594
361	07/03/2017	35.90184	-0.29970	0,274	36,5324	15,0601
362	07/03/2017	35.90190	-0.29972	0,279	36,4716	15,0601
363	07/03/2017	35.90194	-0.29976	0,28	36,6219	15,0594
364	07/03/2017	35.90200	-0.29980	0,274	36,6006	15,0601
365	07/03/2017	35.90204	-0.29984	0,273	36,5754	15,0601
366	07/03/2017	35.90208	-0.29986	0,272	36,5211	15,0601
367	07/03/2017	35.90212	-0.29990	0,273	36,6177	15,0609
368	07/03/2017	35.90218	-0.29994	0,272	36,5301	15,0616
369	07/03/2017	35.90222	-0.29998	0,273	36,5151	15,0616
370	07/03/2017	35.90228	-0.30000	0,273	36,0191	15,0616
371	07/03/2017	35.90232	-0.30002	0,273	36,1675	15,0616
372	07/03/2017	35.90238	-0.30006	0,274	35,7527	15,0622
373	07/03/2017	35.90242	-0.30010	0,28	36,4415	15,0622
374	07/03/2017	35.90248	-0.30012	0,3	36,2836	15,0622
375	07/03/2017	35.90252	-0.30016	0,286	36,363	15,0622
376	07/03/2017	35.90256	-0.30018	0,278	36,1968	15,0622
377	07/03/2017	35.90260	-0.30022	0,279	36,1127	15,0622
378	07/03/2017	35.90268	-0.30024	0,274	36,2138	15,063
379	07/03/2017	35.90270	-0.30030	0,416	35,7716	15,063
380	07/03/2017	35.90276	-0.30032	0,522	36,1251	15,063
381	07/03/2017	35.90280	-0.30034	0,301	36,5839	15,063
382	07/03/2017	35.90286	-0.30038	0,274	36,6918	15,0637
383	07/03/2017	35.90290	-0.30040	0,275	36,6703	15,0637
384	07/03/2017	35.90296	-0.30044	0,275	36,6647	15,0637
385	07/03/2017	35.90302	-0.30048	0,275	36,6984	15,0637

386	07/03/2017	35.90308	-0.30050	0,275	36,5587	15,063
387	07/03/2017	35.90312	-0.30056	0,275	36,6001	15,0637
388	07/03/2017	35.90318	-0.30060	0,275	36,4897	15,0637
389	07/03/2017	35.90326	-0.30062	0,274	36,5362	15,063
390	07/03/2017	35.90332	-0.30068	0,276	36,4558	15,063
391	07/03/2017	35.90338	-0.30072	0,275	36,381	15,063
392	07/03/2017	35.90346	-0.30078	0,275	36,5138	15,063
393	07/03/2017	35.90354	-0.30080	0,275	36,449	15,0622
394	07/03/2017	35.90360	-0.30088	0,274	36,1137	15,0622
395	07/03/2017	35.90370	-0.30094	0,274	35,7677	15,0622
396	07/03/2017	35.90378	-0.30100	0,274	36,1405	15,0616
397	07/03/2017	35.90386	-0.30104	0,275	36,1183	15,0622
398	07/03/2017	35.90394	-0.30112	0,274	36,4497	15,0616
399	07/03/2017	35.90404	-0.30118	0,274	36,5079	15,0622
400	07/03/2017	35.90412	-0.30124	0,275	36,5079	15,0622
401	07/03/2017	35.90422	-0.30130	0,273	36,3599	15,0616
402	07/03/2017	35.90432	-0.30138	0,272	36,4369	15,0622
403	07/03/2017	35.90440	-0.30142	0,272	36,5731	15,0616
404	07/03/2017	35.90450	-0.30150	0,273	36,4815	15,0616
405	07/03/2017	35.90460	-0.30158	0,274	36,5563	15,0616
406	07/03/2017	35.90470	-0.30162	0,276	36,4207	15,0616
407	07/03/2017	35.90480	-0.30170	0,275	36,5098	15,0622
408	07/03/2017	35.90490	-0.30178	0,273	36,4967	15,0622
409	07/03/2017	35.90500	-0.30184	0,274	36,4091	15,063
410	07/03/2017	35.90512	-0.30190	0,273	36,3063	15,063
411	07/03/2017	35.90522	-0.30198	0,273	36,3299	15,0637
412	07/03/2017	35.90532	-0.30204	0,272	36,5187	15,0637
413	07/03/2017	35.90542	-0.30210	0,272	36,4124	15,0644
414	07/03/2017	35.90554	-0.30218	0,275	36,343	15,0637
415	07/03/2017	35.90564	-0.30226	0,275	36,0657	15,0637
416	07/03/2017	35.90574	-0.30232	0,274	36,1786	15,0637
417	07/03/2017	35.90584	-0.30240	0,275	36,2393	15,0637
418	07/03/2017	35.90596	-0.30248	0,273	36,047	15,0637
419	07/03/2017	35.90606	-0.30254	0,273	35,8353	15,0637
420	07/03/2017	35.90618	-0.30262	0,273	35,3025	15,063
421	07/03/2017	35.90628	-0.30270	0,273	36,2095	15,0637
422	07/03/2017	35.90638	-0.30278	0,274	36,4698	15,063
423	07/03/2017	35.90650	-0.30284	0,274	36,4252	15,0637
424	07/03/2017	35.90660	-0.30292	0,273	36,4963	15,0637
425	07/03/2017	35.90670	-0.30300	0,274	36,3395	15,0644
426	07/03/2017	35.90680	-0.30306	0,275	36,2748	15,0637
427	07/03/2017	35.90692	-0.30314	0,275	36,1105	15,0637
428	07/03/2017	35.90702	-0.30320	0,274	35,9565	15,0637
429	07/03/2017	35.90714	-0.30330	0,274	36,3066	15,0637
430	07/03/2017	35.90724	-0.30336	0,274	36,4084	15,0637
431	07/03/2017	35.90736	-0.30342	0,275	36,4467	15,0637

432	07/03/2017	35.90746	-0.30350	0,275	36,5085	15,0637
433	07/03/2017	35.90758	-0.30358	0,276	36,4505	15,0637
434	07/03/2017	35.90770	-0.30364	0,275	36,3253	15,0637
435	07/03/2017	35.90780	-0.30370	0,276	36,2325	15,063
436	07/03/2017	35.90790	-0.30380	0,277	36,3605	15,063
437	07/03/2017	35.90800	-0.30386	0,275	36,4212	15,063
438	07/03/2017	35.90812	-0.30392	0,278	35,9719	15,0622
439	07/03/2017	35.90822	-0.30400	0,28	35,8889	15,0622
440	07/03/2017	35.90834	-0.30408	0,274	35,9007	15,0616
441	07/03/2017	35.90844	-0.30414	0,308	35,9659	15,0616
442	07/03/2017	35.90856	-0.30422	0,295	36,2198	15,0616
443	07/03/2017	35.90868	-0.30428	0,274	36,5481	15,0622
444	07/03/2017	35.90878	-0.30436	0,277	35,8988	15,0616
445	07/03/2017	35.90890	-0.30444	0,277	35,9445	15,0616
446	07/03/2017	35.90900	-0.30450	0,277	36,4266	15,0622
447	07/03/2017	35.90910	-0.30458	0,276	35,5329	15,0622
448	07/03/2017	35.90920	-0.30466	0,276	35,8879	15,0622
449	07/03/2017	35.90932	-0.30472	0,276	36,3843	15,0616
450	07/03/2017	35.90942	-0.30480	0,275	36,4556	15,0622
451	07/03/2017	35.90954	-0.30488	0,275	36,4462	15,0622
452	07/03/2017	35.90966	-0.30494	0,277	36,4481	15,0622
453	07/03/2017	35.90976	-0.30502	0,277	36,3995	15,0622
454	07/03/2017	35.90988	-0.30510	0,276	36,2874	15,0622
455	07/03/2017	35.90998	-0.30516	0,276	36,6741	15,0616
456	07/03/2017	35.91008	-0.30526	0,275	36,6754	15,0622
457	07/03/2017	35.91018	-0.30534	0,275	36,6994	15,0616
458	07/03/2017	35.91030	-0.30542	0,275	36,6779	15,0616
459	07/03/2017	35.91038	-0.30552	0,275	36,6607	15,0609
460	07/03/2017	35.91048	-0.30562	0,276	36,6374	15,0609
461	07/03/2017	35.91056	-0.30572	0,276	36,6137	15,0601
462	07/03/2017	35.91066	-0.30582	0,276	36,6109	15,0601
463	07/03/2017	35.91074	-0.30592	0,276	36,5604	15,0601
464	07/03/2017	35.91082	-0.30602	0,278	36,5221	15,0601
465	07/03/2017	35.91092	-0.30612	0,277	36,5283	15,0594
466	07/03/2017	35.91100	-0.30622	0,277	36,4741	15,0594
467	07/03/2017	35.91110	-0.30632	0,276	36,5797	15,0594
468	07/03/2017	35.91120	-0.30642	0,276	36,5617	15,0587
469	07/03/2017	35.91130	-0.30652	0,277	36,4956	15,0594
470	07/03/2017	35.91140	-0.30660	0,276	36,5059	15,0594
471	07/03/2017	35.91150	-0.30670	0,274	36,5473	15,0601
472	07/03/2017	35.91158	-0.30680	0,275	36,3348	15,0594
473	07/03/2017	35.91170	-0.30690	0,277	36,2321	15,0594
474	07/03/2017	35.91178	-0.30698	0,277	36,233	15,0594
475	07/03/2017	35.91188	-0.30708	0,276	36,3283	15,0594
476	07/03/2017	35.91198	-0.30716	0,277	36,4697	15,0601
477	07/03/2017	35.91208	-0.30726	0,277	36,366	15,0601

478	07/03/2017	35.91218	-0.30736	0,275	36,2202	15,0601
479	07/03/2017	35.91228	-0.30746	0,274	35,8143	15,0601
480	07/03/2017	35.91236	-0.30754	0,275	35,5693	15,0601
481	07/03/2017	35.91246	-0.30764	0,276	35,6382	15,0601
482	07/03/2017	35.91254	-0.30774	0,279	36,3529	15,0601
483	07/03/2017	35.91264	-0.30784	0,278	36,5333	15,0601
484	07/03/2017	35.91274	-0.30794	0,274	36,6624	15,0601
485	07/03/2017	35.91282	-0.30804	0,275	36,6586	15,0601
486	07/03/2017	35.91292	-0.30814	0,278	36,6406	15,0594
487	07/03/2017	35.91302	-0.30824	0,278	36,4744	15,0601
488	07/03/2017	35.91310	-0.30834	0,277	36,5062	15,0601
489	07/03/2017	35.91320	-0.30844	0,278	36,3491	15,0601
490	07/03/2017	35.91330	-0.30852	0,278	36,5031	15,0594
491	07/03/2017	35.91340	-0.30862	0,276	36,3392	15,0587
492	07/03/2017	35.91350	-0.30872	0,278	36,4788	15,0594
493	07/03/2017	35.91360	-0.30882	0,276	36,1135	15,0594
494	07/03/2017	35.91370	-0.30892	0,276	36,3495	15,0587
495	07/03/2017	35.91380	-0.30900	0,276	36,3542	15,0587
496	07/03/2017	35.91388	-0.30910	0,276	35,963	15,0587
497	07/03/2017	35.91400	-0.30918	0,277	35,8418	15,0587
498	07/03/2017	35.91410	-0.30928	0,277	35,9555	15,0587
499	07/03/2017	35.91420	-0.30938	0,276	36,0603	15,0594
500	07/03/2017	35.91430	-0.30948	0,277	36,5374	15,0587
501	07/03/2017	35.91438	-0.30956	0,276	36,5208	15,0594
502	07/03/2017	35.91448	-0.30964	0,276	36,4834	15,0594
503	07/03/2017	35.91458	-0.30974	0,275	36,4161	15,0594
504	07/03/2017	35.91466	-0.30982	0,276	35,9119	15,0594
505	07/03/2017	35.91476	-0.30992	0,277	35,7917	15,0594
506	07/03/2017	35.91486	-0.31000	0,275	35,9241	15,0594
507	07/03/2017	35.91494	-0.31010	0,276	36,4598	15,0587
508	07/03/2017	35.91504	-0.31020	0,276	36,4738	15,0587
509	07/03/2017	35.91514	-0.31030	0,276	36,6066	15,0587
510	07/03/2017	35.91524	-0.31040	0,277	36,3215	15,0587
511	07/03/2017	35.91532	-0.31050	0,276	36,4561	15,0587
512	07/03/2017	35.91542	-0.31058	0,277	36,4467	15,0587
513	07/03/2017	35.91550	-0.31068	0,292	36,5362	15,058
514	07/03/2017	35.91560	-0.31078	0,297	36,2044	15,058
515	07/03/2017	35.91570	-0.31088	0,294	36,2738	15,0587
516	07/03/2017	35.91578	-0.31096	0,276	36,2773	15,058
517	07/03/2017	35.91590	-0.31106	0,276	36,2262	15,0587
518	07/03/2017	35.91600	-0.31116	0,277	36,3174	15,058
519	07/03/2017	35.91608	-0.31126	0,278	36,4558	15,058
520	07/03/2017	35.91618	-0.31134	0,277	36,2922	15,058
521	07/03/2017	35.91628	-0.31144	0,275	36,4287	15,058
522	07/03/2017	35.91636	-0.31154	0,275	35,6383	15,058
523	07/03/2017	35.91646	-0.31164	0,274	35,6579	15,058

524	07/03/2017	35.91654	-0.31174	0,275	35,6662	15,058
525	07/03/2017	35.91666	-0.31182	0,275	36,4664	15,0587
526	07/03/2017	35.91674	-0.31192	0,276	36,5234	15,0587
527	07/03/2017	35.91682	-0.31200	0,277	36,2066	15,0587
528	07/03/2017	35.91692	-0.31210	0,276	36,4427	15,058
529	07/03/2017	35.91702	-0.31220	0,275	36,5126	15,0573
530	07/03/2017	35.91710	-0.31230	0,275	36,2827	15,0573
531	07/03/2017	35.91720	-0.31238	0,277	36,482	15,058
532	07/03/2017	35.91730	-0.31250	0,277	36,4593	15,0573
533	07/03/2017	35.91740	-0.31260	0,277	36,291	15,0573
534	07/03/2017	35.91750	-0.31268	0,275	36,2686	15,0573
535	07/03/2017	35.91758	-0.31278	0,276	36,4677	15,0573
536	07/03/2017	35.91764	-0.31282	0,277	36,2714	15,0573
537	07/03/2017	35.91778	-0.31294	0,276	36,0866	15,0573
538	07/03/2017	35.91788	-0.31304	0,277	35,7042	15,0573
539	07/03/2017	35.91798	-0.31312	0,276	36,1724	15,0573
540	07/03/2017	35.91808	-0.31322	0,277	35,9895	15,0573
541	07/03/2017	35.91816	-0.31330	0,278	36,0744	15,0573
542	07/03/2017	35.91826	-0.31340	0,278	36,0735	15,0573
543	07/03/2017	35.91836	-0.31348	0,277	35,5691	15,0573
544	07/03/2017	35.91846	-0.31358	0,277	35,24	15,058
545	07/03/2017	35.91856	-0.31368	0,279	35,8281	15,0573
546	07/03/2017	35.91864	-0.31376	0,277	36,0261	15,058
547	07/03/2017	35.91874	-0.31386	0,276	36,0221	15,0573
548	07/03/2017	35.91884	-0.31396	0,277	35,8645	15,0573
549	07/03/2017	35.91892	-0.31404	0,278	35,8608	15,0573
550	07/03/2017	35.91902	-0.31416	0,278	36,0977	15,0573
551	07/03/2017	35.91910	-0.31424	0,281	35,7182	15,0573
552	07/03/2017	35.91920	-0.31434	0,278	35,9491	15,0566
553	07/03/2017	35.91930	-0.31444	0,276	35,9037	15,0573
554	07/03/2017	35.91940	-0.31454	0,277	36,0287	15,0573
555	07/03/2017	35.91946	-0.31460	0,278	35,8785	15,0573
556	07/03/2017	35.91958	-0.31472	0,277	35,9643	15,0573
557	07/03/2017	35.91970	-0.31482	0,277	35,8253	15,0573
558	07/03/2017	35.91978	-0.31492	0,277	35,6539	15,0573
559	07/03/2017	35.91984	-0.31500	0,279	36,0205	15,058
560	07/03/2017	35.91998	-0.31510	0,278	36,0168	15,058
561	07/03/2017	35.92006	-0.31520	0,287	35,8188	15,0573
562	07/03/2017	35.92012	-0.31528	0,363	35,7843	15,0573
563	07/03/2017	35.92026	-0.31540	0,312	35,5514	15,0573
564	07/03/2017	35.92036	-0.31548	0,376	35,7265	15,0573
565	07/03/2017	35.92040	-0.31556	0,477	35,2091	15,0573
567	07/03/2017	35.92064	-0.31576	0,28	35,0671	15,058
568	07/03/2017	35.92070	-0.31582	0,293	35,4984	15,0573
569	07/03/2017	35.92080	-0.31592	0,298	34,8564	15,058
570	07/03/2017	35.92094	-0.31604	0,282	35,5629	15,058

571	07/03/2017	35.92102	-0.31612	0,289	35,6346	15,058
572	07/03/2017	35.92110	-0.31618	0,298	35,6802	15,058
573	07/03/2017	35.92120	-0.31630	0,279	34,7524	15,058
574	07/03/2017	35.92130	-0.31640	0,279	35,369	15,0573
575	07/03/2017	35.92140	-0.31650	0,279	35,1703	15,058
576	07/03/2017	35.92146	-0.31658	0,277	35,4574	15,0573
577	07/03/2017	35.92160	-0.31670	0,278	34,7586	15,0573
578	07/03/2017	35.92166	-0.31676	0,279	34,7447	15,0573
580	07/03/2017	35.92186	-0.31698	0,278	34,8387	15,058
581	07/03/2017	35.92196	-0.31706	0,277	34,5361	15,0573
582	07/03/2017	35.92200	-0.31712	0,276	34,3551	15,0566
583	07/03/2017	35.92210	-0.31722	0,276	34,7602	15,0566
585	07/03/2017	35.92228	-0.31740	0,277	35,2664	15,0566
586	07/03/2017	35.92236	-0.31750	0,277	34,7926	15,0566
588	07/03/2017	35.92256	-0.31770	0,276	34,619	15,0558
589	07/03/2017	35.92264	-0.31778	0,276	34,9158	15,0558
590	07/03/2017	35.92276	-0.31790	0,276	34,2808	15,0558
591	07/03/2017	35.92282	-0.31796	0,276	34,1568	15,0558
593	07/03/2017	35.92300	-0.31816	0,277	34,4864	15,0558
594	07/03/2017	35.92312	-0.31828	0,277	34,4231	15,0552
595	07/03/2017	35.92318	-0.31832	0,276	34,2854	15,0558
596	07/03/2017	35.92330	-0.31840	0,276	34,6455	15,0552
597	07/03/2017	35.92342	-0.31850	0,276	34,7466	15,0552
598	07/03/2017	35.92350	-0.31854	0,275	34,7151	15,0552
599	07/03/2017	35.92360	-0.31858	0,276	34,5176	15,0552
600	07/03/2017	35.92372	-0.31862	0,276	34,1315	15,0552
601	07/03/2017	35.92388	-0.31864	0,276	34,8542	15,0552
602	07/03/2017	35.92400	-0.31864	0,277	34,5791	15,0558
604	07/03/2017	35.92418	-0.31862	0,278	34,5092	15,0552
607	07/03/2017	35.92450	-0.31854	0,283	34,4626	15,0544
610	07/03/2017	35.92480	-0.31840	0,291	36,6823	15,0558
611	07/03/2017	35.92486	-0.31834	0,292	36,6689	15,0552
612	07/03/2017	35.92494	-0.31828	0,295	36,7204	15,0552
613	07/03/2017	35.92500	-0.31820	0,297	36,7132	15,0558
614	07/03/2017	35.92506	-0.31814	0,299	36,7207	15,0558
615	07/03/2017	35.92510	-0.31806	0,301	36,7095	15,0558
616	07/03/2017	35.92518	-0.31798	0,301	36,6964	15,0558
617	07/03/2017	35.92520	-0.31790	0,304	36,7057	15,0558
618	07/03/2017	35.92524	-0.31782	0,302	36,6879	15,0558
619	07/03/2017	35.92528	-0.31774	0,302	36,6889	15,0558
620	07/03/2017	35.92530	-0.31768	0,303	36,6704	15,0566
621	07/03/2017	35.92532	-0.31758	0,3	36,6159	15,0558
622	07/03/2017	35.92534	-0.31750	0,299	36,6823	15,0558
623	07/03/2017	35.92536	-0.31742	0,3	36,6582	15,0566
624	07/03/2017	35.92538	-0.31734	0,299	36,6171	15,0566
625	07/03/2017	35.92538	-0.31726	0,296	36,4625	15,0558

626	07/03/2017	35.92538	-0.31720	0,297	36,4562	15,0566
627	07/03/2017	35.92540	-0.31710	0,296	36,4509	15,0573
628	07/03/2017	35.92538	-0.31702	0,296	36,4181	15,0573
629	07/03/2017	35.92538	-0.31694	0,294	36,6152	15,0566
630	07/03/2017	35.92538	-0.31688	0,292	36,5518	15,0573
631	07/03/2017	35.92536	-0.31680	0,291	36,5637	15,0566
632	07/03/2017	35.92536	-0.31672	0,291	36,4702	15,0566
633	07/03/2017	35.92536	-0.31664	0,291	36,4565	15,0573
634	07/03/2017	35.92534	-0.31658	0,288	36,4132	15,0566
635	07/03/2017	35.92534	-0.31650	0,289	36,3375	15,0566
636	07/03/2017	35.92532	-0.31642	0,289	36,3823	15,0566
637	07/03/2017	35.92532	-0.31634	0,289	36,4027	15,0558
638	07/03/2017	35.92530	-0.31628	0,288	36,3746	15,0558
639	07/03/2017	35.92530	-0.31618	0,286	35,9227	15,0558
640	07/03/2017	35.92528	-0.31612	0,285	35,7536	15,0552
641	07/03/2017	35.92526	-0.31606	0,285	36,6418	15,0552
642	07/03/2017	35.92526	-0.31598	0,284	36,3722	15,0544
643	07/03/2017	35.92524	-0.31590	0,284	36,3189	15,0544
644	07/03/2017	35.92522	-0.31584	0,284	36,4769	15,0544
645	07/03/2017	35.92520	-0.31578	0,284	36,5124	15,0544
646	07/03/2017	35.92520	-0.31570	0,283	36,4743	15,0552
647	07/03/2017	35.92520	-0.31562	0,282	36,5215	15,0537
648	07/03/2017	35.92520	-0.31556	0,283	36,4573	15,0544
649	07/03/2017	35.92520	-0.31548	0,281	36,591	15,0544
650	07/03/2017	35.92518	-0.31540	0,28	36,172	15,0537
651	07/03/2017	35.92518	-0.31534	0,281	36,3894	15,053
652	07/03/2017	35.92520	-0.31528	0,281	36,6073	15,053
653	07/03/2017	35.92520	-0.31520	0,28	36,569	15,053
654	07/03/2017	35.92520	-0.31512	0,281	36,4901	15,0523
655	07/03/2017	35.92520	-0.31506	0,279	36,3263	15,0516
656	07/03/2017	35.92522	-0.31500	0,277	36,3396	15,0523
657	07/03/2017	35.92524	-0.31492	0,279	36,0442	15,0516
658	07/03/2017	35.92526	-0.31486	0,28	36,2431	15,0516
659	07/03/2017	35.92530	-0.31478	0,279	36,0813	15,0509
660	07/03/2017	35.92530	-0.31474	0,279	35,9553	15,0509
661	07/03/2017	35.92532	-0.31468	0,278	36,2064	15,0509
662	07/03/2017	35.92534	-0.31460	0,277	36,5061	15,0501
663	07/03/2017	35.92536	-0.31454	0,277	36,3472	15,0501
664	07/03/2017	35.92540	-0.31450	0,277	36,4201	15,0501
665	07/03/2017	35.92540	-0.31442	0,276	36,4797	15,0494
666	07/03/2017	35.92544	-0.31436	0,276	36,4987	15,0501
667	07/03/2017	35.92546	-0.31430	0,276	36,3584	15,0501
668	07/03/2017	35.92550	-0.31424	0,277	36,4173	15,0501
669	07/03/2017	35.92550	-0.31418	0,277	36,6297	15,0501
670	07/03/2017	35.92552	-0.31410	0,275	36,251	15,0501
671	07/03/2017	35.92556	-0.31404	0,276	35,9308	15,0501

795	07/03/2017	35.92700	-0.30668	0,269	35,902	15,0459
796	07/03/2017	35.92700	-0.30662	0,27	36,5176	15,0459
797	07/03/2017	35.92702	-0.30656	0,269	36,5307	15,0459
798	07/03/2017	35.92704	-0.30650	0,269	36,4173	15,0452
799	07/03/2017	35.92704	-0.30646	0,269	36,4241	15,0459
800	07/03/2017	35.92704	-0.30640	0,271	36,2696	15,0452
801	07/03/2017	35.92708	-0.30634	0,27	36,4061	15,0452
802	07/03/2017	35.92708	-0.30630	0,271	36,3276	15,0452
803	07/03/2017	35.92708	-0.30624	0,273	35,9745	15,0452
804	07/03/2017	35.92710	-0.30618	0,272	36,1743	15,0452
805	07/03/2017	35.92710	-0.30612	0,271	35,8234	15,0452
806	07/03/2017	35.92710	-0.30608	0,27	35,7714	15,0459
807	07/03/2017	35.92712	-0.30602	0,269	36,426	15,0459
808	07/03/2017	35.92714	-0.30596	0,27	36,5129	15,0459
809	07/03/2017	35.92714	-0.30590	0,268	36,5214	15,0459
810	07/03/2017	35.92714	-0.30586	0,269	36,3614	15,0459
811	07/03/2017	35.92716	-0.30580	0,27	36,2717	15,0459
812	07/03/2017	35.92718	-0.30574	0,269	36,3197	15,0466
813	07/03/2017	35.92718	-0.30570	0,269	36,4708	15,0459
814	07/03/2017	35.92718	-0.30564	0,27	36,3989	15,0459
815	07/03/2017	35.92720	-0.30560	0,27	36,3998	15,0459
816	07/03/2017	35.92720	-0.30552	0,27	35,6205	15,0459
817	07/03/2017	35.92720	-0.30548	0,27	35,7929	15,0459
818	07/03/2017	35.92720	-0.30542	0,27	35,9629	15,0466
819	07/03/2017	35.92722	-0.30538	0,27	36,0376	15,0466
820	07/03/2017	35.92724	-0.30530	0,269	36,5537	15,0473
821	07/03/2017	35.92724	-0.30526	0,269	36,4555	15,0473
822	07/03/2017	35.92726	-0.30520	0,269	36,4078	15,0473
823	07/03/2017	35.92726	-0.30516	0,269	36,4826	15,0473
824	07/03/2017	35.92728	-0.30510	0,269	36,1511	15,048
825	07/03/2017	35.92728	-0.30504	0,27	35,9178	15,048
826	07/03/2017	35.92730	-0.30498	0,272	35,9047	15,048
827	07/03/2017	35.92730	-0.30494	0,271	36,5465	15,048
828	07/03/2017	35.92730	-0.30490	0,27	36,4364	15,0487
829	07/03/2017	35.92732	-0.30482	0,271	36,3286	15,048
830	07/03/2017	35.92732	-0.30478	0,27	36,073	15,0487
831	07/03/2017	35.92734	-0.30472	0,271	35,9815	15,0487
832	07/03/2017	35.92734	-0.30468	0,269	36,4636	15,0487
833	07/03/2017	35.92736	-0.30462	0,269	36,1066	15,0487
834	07/03/2017	35.92738	-0.30458	0,269	36,3441	15,0494
835	07/03/2017	35.92738	-0.30450	0,269	36,3276	15,0501
836	07/03/2017	35.92738	-0.30446	0,269	35,8067	15,0501
837	07/03/2017	35.92740	-0.30440	0,269	36,0393	15,0509
838	07/03/2017	35.92742	-0.30436	0,27	36,1955	15,0516
839	07/03/2017	35.92742	-0.30430	0,27	36,4702	15,0516
840	07/03/2017	35.92744	-0.30426	0,269	36,4394	15,0516

841	07/03/2017	35.92746	-0.30420	0,27	36,4796	15,0516
842	07/03/2017	35.92746	-0.30416	0,269	36,3919	15,0523
843	07/03/2017	35.92748	-0.30410	0,27	36,3901	15,0523
844	07/03/2017	35.92750	-0.30404	0,269	36,3866	15,053
845	07/03/2017	35.92750	-0.30398	0,269	36,5144	15,0523
846	07/03/2017	35.92750	-0.30394	0,269	36,3069	15,0523
847	07/03/2017	35.92752	-0.30388	0,268	36,0205	15,053
848	07/03/2017	35.92754	-0.30384	0,269	35,8305	15,0537
849	07/03/2017	35.92754	-0.30380	0,27	36,2588	15,0537
850	07/03/2017	35.92756	-0.30374	0,269	36,2022	15,0544
851	07/03/2017	35.92758	-0.30370	0,267	36,0052	15,0544
852	07/03/2017	35.92760	-0.30364	0,268	35,6804	15,0537
853	07/03/2017	35.92760	-0.30358	0,267	36,5692	15,0537
854	07/03/2017	35.92760	-0.30352	0,268	36,29	15,0544
855	07/03/2017	35.92762	-0.30350	0,267	36,4479	15,0544
856	07/03/2017	35.92762	-0.30342	0,27	36,5078	15,0544
857	07/03/2017	35.92762	-0.30338	0,269	36,606	15,0544
858	07/03/2017	35.92764	-0.30332	0,269	36,5461	15,0544
859	07/03/2017	35.92766	-0.30328	0,271	36,3357	15,0544
860	07/03/2017	35.92766	-0.30322	0,271	36,5361	15,0552
861	07/03/2017	35.92768	-0.30318	0,273	36,1181	15,0544
862	07/03/2017	35.92768	-0.30312	0,273	36,5115	15,0544
863	07/03/2017	35.92770	-0.30308	0,275	36,0642	15,0552
864	07/03/2017	35.92770	-0.30302	0,276	36,4145	15,0552
865	07/03/2017	35.92770	-0.30298	0,277	36,4229	15,0552
866	07/03/2017	35.92770	-0.30292	0,28	36,4339	15,0544
867	07/03/2017	35.92772	-0.30288	0,28	36,3724	15,0552
868	07/03/2017	35.92772	-0.30282	0,279	36,2174	15,0552
869	07/03/2017	35.92774	-0.30278	0,281	36,4601	15,0544
870	07/03/2017	35.92774	-0.30272	0,283	36,364	15,0552
871	07/03/2017	35.92774	-0.30268	0,283	35,5776	15,0552
872	07/03/2017	35.92776	-0.30262	0,283	36,1398	15,0552
873	07/03/2017	35.92778	-0.30258	0,285	36,5258	15,0552
874	07/03/2017	35.92778	-0.30252	0,285	36,6168	15,0558
875	07/03/2017	35.92778	-0.30248	0,286	36,4874	15,0552
876	07/03/2017	35.92780	-0.30244	0,287	36,3472	15,0552
877	07/03/2017	35.92780	-0.30240	0,287	36,0511	15,0552
878	07/03/2017	35.92780	-0.30234	0,287	36,2211	15,0552
879	07/03/2017	35.92782	-0.30230	0,286	36,6355	15,0558
880	07/03/2017	35.92784	-0.30224	0,286	36,4996	15,0552
881	07/03/2017	35.92784	-0.30218	0,287	36,5164	15,0552
882	07/03/2017	35.92786	-0.30214	0,286	36,3136	15,0552
883	07/03/2017	35.92786	-0.30210	0,287	36,3765	15,0558
884	07/03/2017	35.92788	-0.30206	0,289	36,4849	15,0558
885	07/03/2017	35.92788	-0.30200	0,289	36,427	15,0558
886	07/03/2017	35.92788	-0.30198	0,289	36,4777	15,0566

1122	07/03/2017	35.93060	-0.29116	0,272	36,3268	15,0851
1123	07/03/2017	35.93060	-0.29116	0,271	36,339	15,0851
1124	07/03/2017	35.93058	-0.29114	0,272	36,3072	15,0851
1125	07/03/2017	35.93058	-0.29114	0,272	36,3976	15,0843
1126	07/03/2017	35.93060	-0.29114	0,272	35,6918	15,0851
1127	07/03/2017	35.93060	-0.29112	0,271	35,9061	15,0851
1128	07/03/2017	35.93058	-0.29112	0,27	36,409	15,0851
1129	07/03/2017	35.93060	-0.29112	0,269	36,5492	15,0851
1130	07/03/2017	35.93060	-0.29110	0,27	36,5193	15,0851
1131	07/03/2017	35.93058	-0.29110	0,269	36,5632	15,0851
1132	07/03/2017	35.93058	-0.29110	0,271	36,6196	15,0858
1133	07/03/2017	35.93060	-0.29110	0,272	36,4869	15,0858
1134	07/03/2017	35.93060	-0.29110	0,271	36,5439	15,0858
1135	07/03/2017	35.93058	-0.29108	0,271	36,5364	15,0858
1136	07/03/2017	35.93060	-0.29108	0,271	36,5364	15,0858
1137	07/03/2017	35.93060	-0.29108	0,27	36,5167	15,0858
1138	07/03/2017	35.93060	-0.29106	0,269	36,5495	15,0858
1139	07/03/2017	35.93060	-0.29106	0,27	36,5635	15,0858
1140	07/03/2017	35.93060	-0.29106	0,272	36,5336	15,0858
1141	07/03/2017	35.93060	-0.29104	0,271	36,6037	15,0858
1142	07/03/2017	35.93060	-0.29104	0,27	36,5495	15,0858
1143	07/03/2017	35.93060	-0.29102	0,269	36,1448	15,0851
1144	07/03/2017	35.93060	-0.29102	0,27	36,1395	15,0858
1145	07/03/2017	35.93060	-0.29102	0,268	35,9182	15,0851
1146	07/03/2017	35.93060	-0.29100	0,269	36,2104	15,0858
1147	07/03/2017	35.93060	-0.29100	0,271	36,5738	15,0858
1148	07/03/2017	35.93060	-0.29100	0,27	36,5794	15,0858
1149	07/03/2017	35.93060	-0.29098	0,271	36,3558	15,0851
1150	07/03/2017	35.93060	-0.29098	0,271	36,5548	15,0851
1151	07/03/2017	35.93060	-0.29098	0,271	36,4539	15,0851
1152	07/03/2017	35.93060	-0.29098	0,27	36,6099	15,0851
1153	07/03/2017	35.93060	-0.29096	0,272	36,5798	15,0843
1154	07/03/2017	35.93060	-0.29096	0,271	36,3901	15,0843
1155	07/03/2017	35.93060	-0.29096	0,271	36,2092	15,0851
1156	07/03/2017	35.93060	-0.29094	0,271	36,1159	15,0851
1157	07/03/2017	35.93060	-0.29094	0,271	35,9023	15,0851
1158	07/03/2017	35.93060	-0.29094	0,27	36,0767	15,0851
1159	07/03/2017	35.93060	-0.29092	0,27	36,4314	15,0851
1160	07/03/2017	35.93060	-0.29092	0,271	36,5866	15,0851
1161	07/03/2017	35.93060	-0.29090	0,272	36,4548	15,0851
1162	07/03/2017	35.93060	-0.29090	0,272	36,3847	15,0851
1163	07/03/2017	35.93060	-0.29090	0,271	36,3523	15,0858
1164	07/03/2017	35.93060	-0.29090	0,27	36,2552	15,0858
1165	07/03/2017	35.93060	-0.29090	0,274	36,4385	15,0865
1166	07/03/2017	35.93060	-0.29088	0,273	36,2443	15,0865
1167	07/03/2017	35.93060	-0.29088	0,27	36,2655	15,0858

1168	07/03/2017	35.93060	-0.29088	0,27	36,5037	15,0858
1169	07/03/2017	35.93060	-0.29086	0,271	36,3719	15,0858
1170	07/03/2017	35.93060	-0.29086	0,271	35,6874	15,0858
1171	07/03/2017	35.93060	-0.29084	0,272	35,9782	15,0858
1172	07/03/2017	35.93060	-0.29084	0,272	36,4682	15,0858
1173	07/03/2017	35.93060	-0.29084	0,271	36,5525	15,0865
1174	07/03/2017	35.93060	-0.29082	0,27	36,3348	15,0865
1175	07/03/2017	35.93060	-0.29082	0,27	36,0857	15,0865
1176	07/03/2017	35.93060	-0.29080	0,272	36,2011	15,0858
1177	07/03/2017	35.93060	-0.29080	0,273	36,0651	15,0865
1178	07/03/2017	35.93060	-0.29080	0,272	36,2648	15,0865
1179	07/03/2017	35.93060	-0.29080	0,271	36,2097	15,0865
1180	07/03/2017	35.93060	-0.29080	0,272	36,4731	15,0865
1181	07/03/2017	35.93062	-0.29078	0,271	36,3825	15,0865
1182	07/03/2017	35.93062	-0.29078	0,271	36,4946	15,0865
1183	07/03/2017	35.93060	-0.29076	0,271	36,4497	15,0865
1184	07/03/2017	35.93062	-0.29076	0,272	36,3164	15,0872
1185	07/03/2017	35.93062	-0.29076	0,272	36,3706	15,0872
1186	07/03/2017	35.93062	-0.29074	0,271	36,5631	15,0872
1187	07/03/2017	35.93062	-0.29074	0,27	36,5164	15,0872
1188	07/03/2017	35.93062	-0.29074	0,271	36,4014	15,0872
1189	07/03/2017	35.93062	-0.29072	0,271	36,3772	15,0872
1190	07/03/2017	35.93062	-0.29072	0,273	35,8326	15,0879
1191	07/03/2017	35.93062	-0.29072	0,273	35,503	15,0879
1192	07/03/2017	35.93064	-0.29072	0,273	36,1602	15,0886
1193	07/03/2017	35.93064	-0.29070	0,273	36,3926	15,0886
1194	07/03/2017	35.93062	-0.29070	0,271	36,5188	15,0886
1195	07/03/2017	35.93064	-0.29070	0,271	36,5929	15,0893
1196	07/03/2017	35.93064	-0.29068	0,272	36,634	15,0893
1197	07/03/2017	35.93064	-0.29068	0,272	36,3848	15,09
1198	07/03/2017	35.93064	-0.29068	0,272	36,5187	15,0907
1199	07/03/2017	35.93066	-0.29068	0,271	36,414	15,0907
1200	07/03/2017	35.93064	-0.29068	0,272	36,3626	15,0907
1201	07/03/2017	35.93064	-0.29066	0,272	36,3517	15,0915
1202	07/03/2017	35.93066	-0.29068	0,271	36,2798	15,0915
1203	07/03/2017	35.93066	-0.29066	0,272	36,1205	15,0921
1204	07/03/2017	35.93064	-0.29064	0,271	36,3735	15,0921
1205	07/03/2017	35.93064	-0.29064	0,271	36,4064	15,0929
1206	07/03/2017	35.93066	-0.29064	0,271	35,9222	15,0929
1207	07/03/2017	35.93066	-0.29064	0,271	35,6766	15,0936
1208	07/03/2017	35.93066	-0.29062	0,27	36,5188	15,0936
1209	07/03/2017	35.93066	-0.29062	0,271	36,5125	15,0943
1210	07/03/2017	35.93068	-0.29062	0,27	36,3229	15,0943
1211	07/03/2017	35.93066	-0.29060	0,271	36,5399	15,095
1212	07/03/2017	35.93066	-0.29060	0,271	36,3528	15,0943
1213	07/03/2017	35.93068	-0.29060	0,269	36,0153	15,095

1214	07/03/2017	35.93068	-0.29060	0,269	36,5184	15,095
1215	07/03/2017	35.93066	-0.29060	0,27	36,5915	15,0957
1216	07/03/2017	35.93066	-0.29058	0,271	36,5813	15,0957
1217	07/03/2017	35.93068	-0.29060	0,269	36,589	15,0964
1218	07/03/2017	35.93068	-0.29058	0,268	36,5999	15,0957
1219	07/03/2017	35.93068	-0.29056	0,269	36,571	15,0957
1220	07/03/2017	35.93068	-0.29056	0,269	36,4869	15,0957
1221	07/03/2017	35.93068	-0.29056	0,269	36,3542	15,0957
1222	07/03/2017	35.93068	-0.29056	0,268	36,4831	15,0957
1223	07/03/2017	35.93068	-0.29054	0,269	36,3969	15,095
1224	07/03/2017	35.93068	-0.29054	0,271	36,3605	15,095
1225	07/03/2017	35.93068	-0.29054	0,271	36,2562	15,0957
1226	07/03/2017	35.93068	-0.29052	0,27	36,5523	15,0957
1227	07/03/2017	35.93068	-0.29052	0,269	36,2114	15,0957
1228	07/03/2017	35.93068	-0.29052	0,268	35,6846	15,095
1229	07/03/2017	35.93068	-0.29052	0,267	36,2898	15,0957
1230	07/03/2017	35.93068	-0.29050	0,269	36,3804	15,0957
1231	07/03/2017	35.93068	-0.29050	0,268	36,147	15,0957
1232	07/03/2017	35.93068	-0.29050	0,269	36,4579	15,0957
1233	07/03/2017	35.93068	-0.29050	0,27	36,5044	15,095
1234	07/03/2017	35.93068	-0.29050	0,269	36,429	15,0957
1235	07/03/2017	35.93070	-0.29050	0,269	36,3895	15,095
1236	07/03/2017	35.93070	-0.29048	0,27	36,1365	15,095
1237	07/03/2017	35.93068	-0.29048	0,269	36,3531	15,095
1238	07/03/2017	35.93070	-0.29048	0,27	36,2112	15,095
1239	07/03/2017	35.93070	-0.29048	0,271	36,0255	15,095
1240	07/03/2017	35.93068	-0.29046	0,272	35,386	15,095
1241	07/03/2017	35.93070	-0.29046	0,271	35,5862	15,0957
1242	07/03/2017	35.93070	-0.29046	0,27	36,242	15,095
1243	07/03/2017	35.93070	-0.29044	0,27	36,4604	15,095
1244	07/03/2017	35.93070	-0.29044	0,27	36,4913	15,095
1245	07/03/2017	35.93070	-0.29042	0,268	36,5838	15,095
1246	07/03/2017	35.93070	-0.29042	0,27	35,9883	15,095
1247	07/03/2017	35.93070	-0.29042	0,27	36,2883	15,0943
1248	07/03/2017	35.93070	-0.29042	0,269	36,3269	15,095
1249	07/03/2017	35.93072	-0.29040	0,269	36,4334	15,095
1250	07/03/2017	35.93070	-0.29040	0,27	36,4686	15,0943
1251	07/03/2017	35.93070	-0.29040	0,269	36,4717	15,095
1252	07/03/2017	35.93070	-0.29040	0,27	36,5817	15,0943
1253	07/03/2017	35.93072	-0.29040	0,269	36,2753	15,0943
1254	07/03/2017	35.93070	-0.29040	0,269	36,3472	15,0943
1255	07/03/2017	35.93070	-0.29038	0,269	36,5415	15,0943
1256	07/03/2017	35.93072	-0.29038	0,27	36,2781	15,0943
1257	07/03/2017	35.93072	-0.29038	0,269	35,8547	15,0943
1258	07/03/2017	35.93072	-0.29036	0,268	36,2704	15,0936
1259	07/03/2017	35.93072	-0.29036	0,269	36,1428	15,0943

1260	07/03/2017	35.93072	-0.29036	0,271	35,7811	15,0943
1261	07/03/2017	35.93072	-0.29036	0,27	35,1636	15,0943
1262	07/03/2017	35.93070	-0.29034	0,269	36,5352	15,095
1263	07/03/2017	35.93072	-0.29034	0,27	36,6109	15,095
1264	07/03/2017	35.93072	-0.29034	0,269	36,4994	15,0943
1265	07/03/2017	35.93072	-0.29032	0,269	36,5595	15,095
1266	07/03/2017	35.93072	-0.29032	0,269	36,6109	15,095
1267	07/03/2017	35.93072	-0.29032	0,269	36,5545	15,0943
1268	07/03/2017	35.93074	-0.29030	0,269	36,4303	15,0943
1269	07/03/2017	35.93072	-0.29030	0,27	36,4876	15,095
1270	07/03/2017	35.93072	-0.29028	0,268	36,4975	15,0943
1271	07/03/2017	35.93074	-0.29028	0,267	36,4614	15,095
1272	07/03/2017	35.93072	-0.29028	0,269	36,3502	15,095
1273	07/03/2017	35.93072	-0.29028	0,27	36,5511	15,095
1274	07/03/2017	35.93072	-0.29028	0,269	36,3668	15,0943
1275	07/03/2017	35.93074	-0.29028	0,269	36,2476	15,095
1276	07/03/2017	35.93074	-0.29028	0,27	36,117	15,095
1277	07/03/2017	35.93074	-0.29026	0,269	35,8382	15,095
1278	07/03/2017	35.93074	-0.29026	0,267	36,3409	15,095
1279	07/03/2017	35.93074	-0.29026	0,268	36,5221	15,095
1280	07/03/2017	35.93074	-0.29026	0,269	35,3714	15,0957
1281	07/03/2017	35.93074	-0.29024	0,268	35,9242	15,0957
1282	07/03/2017	35.93074	-0.29024	0,269	36,2329	15,0957
1283	07/03/2017	35.93074	-0.29024	0,27	36,3639	15,0964
1284	07/03/2017	35.93074	-0.29022	0,27	36,475	15,0964
1285	07/03/2017	35.93074	-0.29022	0,271	36,4423	15,0964
1286	07/03/2017	35.93074	-0.29022	0,27	36,5283	15,0964
1287	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,268	36,4638	15,0964
1288	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,268	36,5226	15,0964
1289	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,268	36,5332	15,0972
1290	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,268	36,5052	15,0972
1291	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,269	36,2953	15,0979
1292	07/03/2017	35.93074	-0.29020	0,268	36,3357	15,0986
1293	07/03/2017	35.93074	-0.29018	0,268	36,289	15,0986
1294	07/03/2017	35.93074	-0.29018	0,267	35,2842	15,0986
1295	07/03/2017	35.93074	-0.29018	0,267	36,5683	15,0986
1296	07/03/2017	35.93074	-0.29018	0,269	36,6864	15,0993
1297	07/03/2017	35.93074	-0.29016	0,27	36,6889	15,0986
1298	07/03/2017	35.93076	-0.29016	0,27	36,6331	15,0993
1299	07/03/2017	35.93074	-0.29014	0,27	36,6926	15,0986
1300	07/03/2017	35.93074	-0.29014	0,268	36,663	15,0993
1301	07/03/2017	35.93076	-0.29014	0,27	36,4135	15,0993
1302	07/03/2017	35.93074	-0.29014	0,269	36,3509	15,0993
1303	07/03/2017	35.93074	-0.29012	0,269	36,549	15,0993
1304	07/03/2017	35.93074	-0.29012	0,269	36,2056	15,1
1305	07/03/2017	35.93076	-0.29010	0,269	36,2298	15,1

1306	07/03/2017	35.93074	-0.29010	0,268	36,6321	15,0993
1307	07/03/2017	35.93074	-0.29010	0,268	36,5726	15,1
1308	07/03/2017	35.93074	-0.29010	0,268	36,5913	15,1
1309	07/03/2017	35.93076	-0.29010	0,268	35,9634	15,1007
1310	07/03/2017	35.93076	-0.29010	0,269	36,222	15,1014
1311	07/03/2017	35.93074	-0.29010	0,269	36,461	15,1014
1312	07/03/2017	35.93076	-0.29008	0,269	36,5236	15,1014
1313	07/03/2017	35.93076	-0.29008	0,269	36,3903	15,1021
1314	07/03/2017	35.93074	-0.29008	0,268	36,2699	15,1021
1315	07/03/2017	35.93074	-0.29006	0,268	36,2637	15,1028
1316	07/03/2017	35.93076	-0.29006	0,269	35,9512	15,1028
1317	07/03/2017	35.93076	-0.29006	0,27	36,1976	15,1036
1318	07/03/2017	35.93074	-0.29006	0,27	36,4845	15,1042
1319	07/03/2017	35.93076	-0.29004	0,269	36,5412	15,1036
1320	07/03/2017	35.93076	-0.29004	0,269	36,308	15,1042
1321	07/03/2017	35.93076	-0.29004	0,269	36,2026	15,1042
1322	07/03/2017	35.93076	-0.29002	0,269	36,4212	15,105
1323	07/03/2017	35.93076	-0.29002	0,269	36,3099	15,1042
1324	07/03/2017	35.93076	-0.29002	0,269	35,5589	15,1042
1325	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,0748	15,1042
1326	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,5256	15,1042
1327	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,3591	15,1036
1328	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,268	36,5263	15,1036
1329	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,5179	15,1036
1330	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,5468	15,1036
1331	07/03/2017	35.93076	-0.29000	0,27	36,3747	15,1028
1332	07/03/2017	35.93076	-0.28998	0,269	36,3299	15,1028
1333	07/03/2017	35.93076	-0.28998	0,27	36,371	15,1028
1334	07/03/2017	35.93076	-0.28998	0,272	36,3884	15,1021
1335	07/03/2017	35.93076	-0.28996	0,27	36,2251	15,1021
1336	07/03/2017	35.93076	-0.28996	0,269	36,2332	15,1014
1337	07/03/2017	35.93076	-0.28996	0,269	36,1315	15,1014
1338	07/03/2017	35.93076	-0.28996	0,27	36,2227	15,1007
1339	07/03/2017	35.93076	-0.28994	0,269	36,2208	15,1007
1340	07/03/2017	35.93076	-0.28994	0,27	35,9575	15,1
1341	07/03/2017	35.93076	-0.28994	0,271	36,0253	15,0993
1342	07/03/2017	35.93076	-0.28994	0,269	35,8576	15,0993
1343	07/03/2017	35.93076	-0.28992	0,27	34,928	15,0993
1344	07/03/2017	35.93076	-0.28992	0,268	36,0337	15,0993
1345	07/03/2017	35.93076	-0.28992	0,269	36,5041	15,0993
1346	07/03/2017	35.93076	-0.28990	0,269	36,5561	15,0986
1347	07/03/2017	35.93076	-0.28990	0,269	36,5477	15,0986
1348	07/03/2017	35.93076	-0.28990	0,27	36,612	15,0979
1349	07/03/2017	35.93076	-0.28990	0,27	36,5309	15,0986
1350	07/03/2017	35.93076	-0.28988	0,27	36,5496	15,0986
1351	07/03/2017	35.93078	-0.28988	0,27	36,5107	15,0993

1352	07/03/2017	35.93076	-0.28988	0,27	36,4537	15,0993
1353	07/03/2017	35.93076	-0.28988	0,271	36,4798	15,0993
1354	07/03/2017	35.93078	-0.28988	0,271	36,1394	15,1
1355	07/03/2017	35.93078	-0.28988	0,271	36,452	15,1
1356	07/03/2017	35.93076	-0.28988	0,271	36,4953	15,1007
1357	07/03/2017	35.93076	-0.28986	0,27	36,4579	15,1007
1358	07/03/2017	35.93078	-0.28986	0,271	36,1651	15,1014
1359	07/03/2017	35.93076	-0.28986	0,27	35,3829	15,1014
1360	07/03/2017	35.93076	-0.28984	0,269	36,3041	15,1014
1361	07/03/2017	35.93078	-0.28984	0,27	36,5086	15,1014
1653	07/03/2017	35.93500	-0.28230	0,25	36,4814	15,1306
1654	07/03/2017	35.93496	-0.28228	0,25	36,5878	15,1306
1655	07/03/2017	35.93494	-0.28224	0,251	36,4888	15,1306
1656	07/03/2017	35.93490	-0.28222	0,251	36,5633	15,1299
1657	07/03/2017	35.93488	-0.28218	0,249	36,4662	15,1299
1658	07/03/2017	35.93486	-0.28216	0,249	36,5845	15,1292
1659	07/03/2017	35.93482	-0.28214	0,251	36,4864	15,1292
1660	07/03/2017	35.93480	-0.28212	0,25	36,4513	15,1299
1661	07/03/2017	35.93476	-0.28210	0,249	36,1444	15,1299
1662	07/03/2017	35.93472	-0.28208	0,249	36,0763	15,1299
1663	07/03/2017	35.93470	-0.28206	0,25	36,4102	15,1299
1664	07/03/2017	35.93466	-0.28204	0,25	36,5901	15,1292
1665	07/03/2017	35.93462	-0.28202	0,249	36,4155	15,1292
1666	07/03/2017	35.93460	-0.28200	0,25	36,493	15,1292
1667	07/03/2017	35.93456	-0.28200	0,251	36,5728	15,1277
1668	07/03/2017	35.93452	-0.28200	0,251	36,4999	15,1277
1669	07/03/2017	35.93450	-0.28200	0,249	36,6138	15,1277
1670	07/03/2017	35.93444	-0.28198	0,25	36,3618	15,1277
1671	07/03/2017	35.93440	-0.28198	0,249	36,5911	15,1271
1672	07/03/2017	35.93438	-0.28198	0,25	36,5407	15,1271
1673	07/03/2017	35.93434	-0.28196	0,25	36,4455	15,1271
1674	07/03/2017	35.93430	-0.28196	0,25	36,5547	15,1271
1675	07/03/2017	35.93428	-0.28196	0,25	36,41	15,1271
1676	07/03/2017	35.93422	-0.28194	0,249	36,1528	15,1277
1677	07/03/2017	35.93420	-0.28194	0,25	36,4196	15,1277
1678	07/03/2017	35.93416	-0.28192	0,25	36,2334	15,1263
1679	07/03/2017	35.93412	-0.28190	0,252	36,2259	15,1263
1680	07/03/2017	35.93410	-0.28188	0,251	35,3688	15,1263
1681	07/03/2017	35.93406	-0.28188	0,252	36,2595	15,1263
1682	07/03/2017	35.93402	-0.28186	0,252	36,4228	15,1263
1683	07/03/2017	35.93400	-0.28184	0,251	36,5704	15,1263
1684	07/03/2017	35.93396	-0.28182	0,251	36,5479	15,1263
1685	07/03/2017	35.93392	-0.28180	0,251	36,5308	15,1256
1686	07/03/2017	35.93390	-0.28180	0,25	36,6115	15,1263
1687	07/03/2017	35.93386	-0.28178	0,249	36,5862	15,1263
1688	07/03/2017	35.93380	-0.28176	0,249	36,551	15,1271

1689	07/03/2017	35.93380	-0.28172	0,25	36,4128	15,1271
1690	07/03/2017	35.93374	-0.28170	0,249	36,4567	15,1271
1691	07/03/2017	35.93370	-0.28170	0,251	36,5491	15,1271
1692	07/03/2017	35.93368	-0.28168	0,251	36,2244	15,1271
1693	07/03/2017	35.93364	-0.28164	0,25	36,4	15,1277
1694	07/03/2017	35.93360	-0.28164	0,251	36,53	15,1285
1695	07/03/2017	35.93356	-0.28162	0,252	36,0254	15,1285
1696	07/03/2017	35.93352	-0.28160	0,251	36,2929	15,1285
1697	07/03/2017	35.93348	-0.28158	0,25	36,2892	15,1285
1698	07/03/2017	35.93344	-0.28156	0,251	36,2183	15,1285
1699	07/03/2017	35.93340	-0.28154	0,25	36,418	15,1285
1700	07/03/2017	35.93338	-0.28152	0,25	36,2127	15,1285
1701	07/03/2017	35.93334	-0.28150	0,248	36,2016	15,1285
1702	07/03/2017	35.93330	-0.28148	0,248	36,0906	15,1285
1703	07/03/2017	35.93326	-0.28146	0,247	36,2165	15,1285
1704	07/03/2017	35.93322	-0.28144	0,247	36,2538	15,1285
1705	07/03/2017	35.93320	-0.28142	0,248	36,1261	15,1285
1706	07/03/2017	35.93314	-0.28140	0,251	36,3172	15,1285
1707	07/03/2017	35.93310	-0.28140	0,25	36,2668	15,1285
1708	07/03/2017	35.93308	-0.28138	0,248	36,264	15,1285
1709	07/03/2017	35.93302	-0.28136	0,248	35,338	15,1285
1710	07/03/2017	35.93298	-0.28134	0,248	36,0003	15,1285
1711	07/03/2017	35.93296	-0.28132	0,248	36,3651	15,1292
1712	07/03/2017	35.93292	-0.28130	0,25	36,5381	15,1299
1713	07/03/2017	35.93288	-0.28130	0,25	36,2065	15,1292
1714	07/03/2017	35.93284	-0.28128	0,248	36,2895	15,1292
1715	07/03/2017	35.93280	-0.28124	0,249	35,931	15,1299
1716	07/03/2017	35.93278	-0.28122	0,25	36,2684	15,1299
1717	07/03/2017	35.93272	-0.28122	0,25	36,3725	15,1292
1718	07/03/2017	35.93270	-0.28120	0,249	36,4139	15,1299
1719	07/03/2017	35.93266	-0.28120	0,248	36,3838	15,1292
1720	07/03/2017	35.93262	-0.28118	0,248	35,8748	15,1292
1721	07/03/2017	35.93260	-0.28116	0,249	36,4242	15,1299
1722	07/03/2017	35.93256	-0.28114	0,249	36,5508	15,1292
1723	07/03/2017	35.93252	-0.28112	0,251	36,5228	15,1292
1724	07/03/2017	35.93250	-0.28110	0,25	36,4886	15,1299
1725	07/03/2017	35.93246	-0.28108	0,248	36,5549	15,1299
1726	07/03/2017	35.93240	-0.28108	0,249	36,3495	15,1299
1727	07/03/2017	35.93238	-0.28106	0,251	36,3327	15,1299
1728	07/03/2017	35.93234	-0.28104	0,248	36,4429	15,1299
1729	07/03/2017	35.93230	-0.28102	0,248	36,2503	15,1292
1730	07/03/2017	35.93228	-0.28100	0,25	36,339	15,1292
1731	07/03/2017	35.93224	-0.28098	0,249	36,3038	15,1299
1732	07/03/2017	35.93220	-0.28098	0,248	36,3458	15,1299
1733	07/03/2017	35.93216	-0.28096	0,25	36,1518	15,1299
1734	07/03/2017	35.93212	-0.28092	0,25	36,0766	15,1306

1735	07/03/2017	35.93208	-0.28090	0,25	36,5682	15,1306
1736	07/03/2017	35.93206	-0.28090	0,252	36,3796	15,1306
1737	07/03/2017	35.93202	-0.28088	0,253	35,6567	15,1306
1738	07/03/2017	35.93200	-0.28084	0,251	35,9303	15,1306
1739	07/03/2017	35.93194	-0.28084	0,25	36,402	15,1306
1740	07/03/2017	35.93190	-0.28082	0,248	36,4534	15,1306
1741	07/03/2017	35.93188	-0.28078	0,248	36,5822	15,1306
1742	07/03/2017	35.93184	-0.28078	0,249	36,5607	15,1306
1743	07/03/2017	35.93180	-0.28076	0,249	36,6065	15,1306
1744	07/03/2017	35.93176	-0.28074	0,248	36,5925	15,1306
1745	07/03/2017	35.93172	-0.28072	0,248	36,5094	15,1306
1746	07/03/2017	35.93170	-0.28070	0,248	36,5691	15,1306
1747	07/03/2017	35.93164	-0.28070	0,249	36,5925	15,1306
1748	07/03/2017	35.93160	-0.28068	0,249	36,4746	15,1299
1749	07/03/2017	35.93158	-0.28068	0,249	36,5094	15,1306
1750	07/03/2017	35.93154	-0.28066	0,25	36,0393	15,1306
1751	07/03/2017	35.93150	-0.28064	0,251	36,4515	15,1306
1752	07/03/2017	35.93146	-0.28062	0,249	36,4966	15,1313
1753	07/03/2017	35.93142	-0.28060	0,249	36,5355	15,1306
1754	07/03/2017	35.93140	-0.28060	0,247	36,4316	15,1299
1755	07/03/2017	35.93136	-0.28060	0,248	36,2052	15,1306
1756	07/03/2017	35.93132	-0.28056	0,249	35,8586	15,1306
1757	07/03/2017	35.93130	-0.28056	0,249	36,2397	15,1306
1758	07/03/2017	35.93126	-0.28054	0,249	36,2171	15,1299
1759	07/03/2017	35.93122	-0.28052	0,25	36,3533	15,1299
1760	07/03/2017	35.93120	-0.28050	0,249	36,2068	15,1299
1761	07/03/2017	35.93116	-0.28050	0,249	36,3523	15,1299
1762	07/03/2017	35.93112	-0.28050	0,249	35,6221	15,1299
1763	07/03/2017	35.93110	-0.28048	0,25	35,8633	15,1306
1764	07/03/2017	35.93106	-0.28046	0,252	35,6156	15,1299
1765	07/03/2017	35.93102	-0.28044	0,252	36,0197	15,1306
1766	07/03/2017	35.93100	-0.28042	0,25	36,4254	15,1306
1767	07/03/2017	35.93094	-0.28040	0,25	36,4135	15,1313
1768	07/03/2017	35.93092	-0.28038	0,252	36,3874	15,1313
1769	07/03/2017	35.93090	-0.28038	0,251	36,226	15,1313
1770	07/03/2017	35.93084	-0.28036	0,251	36,2046	15,1313
1771	07/03/2017	35.93082	-0.28034	0,251	35,9036	15,1313
1772	07/03/2017	35.93080	-0.28030	0,25	36,3783	15,132
1773	07/03/2017	35.93076	-0.28030	0,251	36,4252	15,1327
1774	07/03/2017	35.93072	-0.28030	0,251	36,2462	15,1327
1775	07/03/2017	35.93068	-0.28026	0,25	36,0264	15,1334
1776	07/03/2017	35.93066	-0.28026	0,25	36,5245	15,1334
1777	07/03/2017	35.93062	-0.28024	0,25	36,5826	15,1341
1778	07/03/2017	35.93058	-0.28022	0,25	36,5182	15,1341
1779	07/03/2017	35.93056	-0.28020	0,25	36,218	15,1349
1780	07/03/2017	35.93050	-0.28020	0,251	36,2995	15,1356

1781	07/03/2017	35.93048	-0.28020	0,25	36,32	15,1356
1782	07/03/2017	35.93044	-0.28018	0,25	36,4814	15,1356
1783	07/03/2017	35.93040	-0.28016	0,25	36,3771	15,1363
1784	07/03/2017	35.93038	-0.28014	0,25	35,8394	15,1363
1785	07/03/2017	35.93034	-0.28012	0,251	35,5784	15,137
1786	07/03/2017	35.93030	-0.28010	0,25	35,7792	15,137
1787	07/03/2017	35.93026	-0.28008	0,25	35,9256	15,1377
1788	07/03/2017	35.93022	-0.28008	0,252	36,3982	15,1377
1789	07/03/2017	35.93018	-0.28006	0,252	36,4321	15,1384
1790	07/03/2017	35.93016	-0.28004	0,253	36,4836	15,1391
1791	07/03/2017	35.93012	-0.28002	0,252	36,3595	15,1391
1792	07/03/2017	35.93010	-0.28000	0,25	36,3427	15,1391
1793	07/03/2017	35.93006	-0.28000	0,25	36,4363	15,1398
1794	07/03/2017	35.93000	-0.27998	0,252	36,568	15,1398
1795	07/03/2017	35.92998	-0.27996	0,252	36,5409	15,1398
1796	07/03/2017	35.92994	-0.27994	0,252	36,5465	15,1398
1797	07/03/2017	35.92990	-0.27992	0,251	36,6315	15,1398
1798	07/03/2017	35.92986	-0.27990	0,251	36,5309	15,1406
1799	07/03/2017	35.92984	-0.27990	0,251	36,5402	15,1406
1800	07/03/2017	35.92978	-0.27990	0,252	36,4459	15,1406
1801	07/03/2017	35.92976	-0.27988	0,252	36,5582	15,1413
1802	07/03/2017	35.92970	-0.27986	0,251	36,1254	15,1413
1803	07/03/2017	35.92968	-0.27984	0,25	36,2366	15,142
1804	07/03/2017	35.92964	-0.27984	0,252	36,3124	15,1427
1805	07/03/2017	35.92960	-0.27982	0,251	36,3817	15,1434
1806	07/03/2017	35.92958	-0.27980	0,252	36,3129	15,1441
1807	07/03/2017	35.92952	-0.27980	0,252	36,5051	15,1441
1808	07/03/2017	35.92950	-0.27980	0,252	36,4466	15,1448
1809	07/03/2017	35.92946	-0.27978	0,251	36,1923	15,1455
1810	07/03/2017	35.92940	-0.27976	0,252	36,4098	15,1462
1811	07/03/2017	35.92938	-0.27976	0,251	36,1723	15,147
1812	07/03/2017	35.92934	-0.27974	0,251	36,2889	15,147
1813	07/03/2017	35.92928	-0.27972	0,25	36,1425	15,147
1814	07/03/2017	35.92926	-0.27970	0,25	35,5711	15,147
1815	07/03/2017	35.92922	-0.27968	0,25	35,4504	15,147
1816	07/03/2017	35.92920	-0.27968	0,25	35,9612	15,1476
1817	07/03/2017	35.92914	-0.27966	0,249	36,4253	15,1476
1818	07/03/2017	35.92910	-0.27964	0,249	36,4344	15,147
1819	07/03/2017	35.92908	-0.27962	0,251	36,4801	15,147
1820	07/03/2017	35.92904	-0.27962	0,25	36,3112	15,147
1821	07/03/2017	35.92900	-0.27960	0,25	36,3886	15,147
1822	07/03/2017	35.92896	-0.27960	0,25	35,9588	15,1462
1823	07/03/2017	35.92892	-0.27958	0,251	36,4861	15,1455
1824	07/03/2017	35.92888	-0.27956	0,25	36,548	15,1462
1825	07/03/2017	35.92884	-0.27954	0,25	36,3819	15,1462
1826	07/03/2017	35.92880	-0.27952	0,25	36,0491	15,1462

1827	07/03/2017	35.92878	-0.27950	0,249	35,8068	15,1455
1828	07/03/2017	35.92872	-0.27950	0,254	35,7826	15,1455
1829	07/03/2017	35.92870	-0.27948	0,263	35,9154	15,1448
1830	07/03/2017	35.92866	-0.27946	0,253	36,2613	15,1455
1831	07/03/2017	35.92860	-0.27946	0,251	36,2818	15,1455
1832	07/03/2017	35.92858	-0.27944	0,252	36,5549	15,1448
1833	07/03/2017	35.92854	-0.27942	0,251	36,3904	15,1441
1834	07/03/2017	35.92850	-0.27940	0,248	36,3095	15,1448
1835	07/03/2017	35.92846	-0.27940	0,248	36,4047	15,1448
1836	07/03/2017	35.92842	-0.27940	0,25	36,5782	15,1448
1837	07/03/2017	35.92838	-0.27938	0,25	36,4504	15,1448
1838	07/03/2017	35.92834	-0.27938	0,249	36,3552	15,1448
1839	07/03/2017	35.92830	-0.27936	0,25	36,3424	15,1455
1840	07/03/2017	35.92826	-0.27936	0,251	35,8331	15,1462
1841	07/03/2017	35.92822	-0.27934	0,251	36,3644	15,147
1842	07/03/2017	35.92818	-0.27932	0,251	36,622	15,147
1843	07/03/2017	35.92814	-0.27932	0,251	36,6609	15,1462
1844	07/03/2017	35.92810	-0.27930	0,249	36,6068	15,1462
1845	07/03/2017	35.92806	-0.27930	0,25	36,6453	15,147
1846	07/03/2017	35.92802	-0.27930	0,25	36,6002	15,1462
1847	07/03/2017	35.92798	-0.27928	0,25	36,635	15,147
1848	07/03/2017	35.92794	-0.27928	0,25	36,608	15,147
1849	07/03/2017	35.92790	-0.27926	0,25	36,6089	15,147
1850	07/03/2017	35.92786	-0.27926	0,25	36,5697	15,147
1851	07/03/2017	35.92782	-0.27924	0,249	36,6145	15,147
1852	07/03/2017	35.92780	-0.27922	0,249	36,5284	15,1462
1853	07/03/2017	35.92774	-0.27922	0,249	36,4966	15,1462
1854	07/03/2017	35.92770	-0.27920	0,249	36,5446	15,1448
1855	07/03/2017	35.92766	-0.27920	0,25	36,5185	15,1448
1856	07/03/2017	35.92762	-0.27920	0,25	36,4047	15,1448
1857	07/03/2017	35.92758	-0.27920	0,248	36,4821	15,1448
1858	07/03/2017	35.92754	-0.27920	0,25	36,5574	15,1441
1859	07/03/2017	35.92750	-0.27918	0,268	36,5086	15,1434
1860	07/03/2017	35.92746	-0.27916	0,255	35,5326	15,1434
1861	07/03/2017	35.92740	-0.27918	0,25	36,1011	15,1434
1862	07/03/2017	35.92738	-0.27916	0,25	36,2987	15,1434
1863	07/03/2017	35.92734	-0.27914	0,249	36,4066	15,1427
1864	07/03/2017	35.92730	-0.27914	0,249	36,4231	15,142
1865	07/03/2017	35.92724	-0.27914	0,25	36,3352	15,1413
1866	07/03/2017	35.92720	-0.27912	0,25	36,1627	15,1413
1867	07/03/2017	35.92718	-0.27910	0,248	36,2606	15,1413
1868	07/03/2017	35.92712	-0.27912	0,249	36,2248	15,1406
1869	07/03/2017	35.92710	-0.27910	0,25	35,4803	15,1406
1870	07/03/2017	35.92704	-0.27908	0,252	35,8601	15,1391
1871	07/03/2017	35.92700	-0.27910	0,25	36,0342	15,1391
1872	07/03/2017	35.92696	-0.27910	0,248	35,7987	15,1391

1873	07/03/2017	35.92692	-0.27908	0,25	36,4286	15,1391
1874	07/03/2017	35.92688	-0.27906	0,25	35,8936	15,1391
1875	07/03/2017	35.92684	-0.27908	0,249	36,35	15,1384
1876	07/03/2017	35.92680	-0.27906	0,251	36,2933	15,1391
1877	07/03/2017	35.92676	-0.27904	0,253	36,0141	15,1377
1878	07/03/2017	35.92670	-0.27904	0,251	36,3208	15,1377
1879	07/03/2017	35.92668	-0.27904	0,251	36,3973	15,1377
1880	07/03/2017	35.92662	-0.27902	0,249	35,8139	15,1377
1881	07/03/2017	35.92660	-0.27900	0,251	35,3371	15,1377
1882	07/03/2017	35.92654	-0.27902	0,25	35,9604	15,1384
1883	07/03/2017	35.92648	-0.27900	0,249	36,5611	15,1391
1884	07/03/2017	35.92646	-0.27898	0,248	36,5369	15,1391
1885	07/03/2017	35.92642	-0.27898	0,249	36,6113	15,1384
1886	07/03/2017	35.92638	-0.27898	0,249	36,5992	15,1384
1887	07/03/2017	35.92634	-0.27898	0,25	36,5973	15,1384
1888	07/03/2017	35.92630	-0.27896	0,249	36,5908	15,1384
1889	07/03/2017	35.92626	-0.27896	0,251	36,6076	15,1384
1890	07/03/2017	35.92622	-0.27896	0,251	36,1644	15,1384
1891	07/03/2017	35.92620	-0.27894	0,251	36,5877	15,1377
1892	07/03/2017	35.92616	-0.27894	0,251	36,6194	15,1377
1893	07/03/2017	35.92612	-0.27894	0,252	36,5221	15,137
1894	07/03/2017	35.92608	-0.27894	0,252	36,5055	15,1377
1895	07/03/2017	35.92606	-0.27892	0,251	36,485	15,1377
1896	07/03/2017	35.92602	-0.27890	0,25	36,495	15,137
1897	07/03/2017	35.92598	-0.27890	0,251	36,4891	15,1363
1898	07/03/2017	35.92596	-0.27890	0,251	36,4396	15,1363
1899	07/03/2017	35.92592	-0.27890	0,25	36,3573	15,1356
1900	07/03/2017	35.92590	-0.27890	0,251	36,5654	15,1356
1901	07/03/2017	35.92588	-0.27890	0,25	36,4098	15,1363
1902	07/03/2017	35.92584	-0.27890	0,249	36,392	15,1363
1903	07/03/2017	35.92580	-0.27888	0,251	36,5059	15,1363
1904	07/03/2017	35.92580	-0.27888	0,251	36,4549	15,137
1905	07/03/2017	35.92576	-0.27888	0,252	36,2906	15,137
1906	07/03/2017	35.92574	-0.27886	0,251	36,2962	15,137
1907	07/03/2017	35.92570	-0.27886	0,25	36,457	15,1377
1908	07/03/2017	35.92570	-0.27886	0,251	36,1893	15,1377
1909	07/03/2017	35.92566	-0.27886	0,251	36,3282	15,1377
1910	07/03/2017	35.92564	-0.27884	0,251	35,7352	15,1384
1911	07/03/2017	35.92560	-0.27884	0,252	35,5975	15,1384
1912	07/03/2017	35.92558	-0.27884	0,253	35,9983	15,1377
1913	07/03/2017	35.92558	-0.27882	0,251	36,3776	15,1377
1914	07/03/2017	35.92554	-0.27884	0,251	36,5923	15,1377
1915	07/03/2017	35.92552	-0.27882	0,251	36,4913	15,137
1916	07/03/2017	35.92550	-0.27882	0,252	36,3504	15,137
1917	07/03/2017	35.92550	-0.27882	0,253	36,2689	15,1363
1918	07/03/2017	35.92546	-0.27880	0,253	35,8441	15,1363

1919	07/03/2017	35.92544	-0.27880	0,253	35,7731	15,1356
1920	07/03/2017	35.92542	-0.27880	0,252	36,1475	15,1356
1921	07/03/2017	35.92540	-0.27880	0,252	36,4739	15,1356
1922	07/03/2017	35.92540	-0.27880	0,251	36,2504	15,1341
1923	07/03/2017	35.92536	-0.27880	0,251	36,2896	15,1341
1924	07/03/2017	35.92536	-0.27880	0,251	36,4444	15,1341
1925	07/03/2017	35.92532	-0.27880	0,251	36,3829	15,1341
1926	07/03/2017	35.92530	-0.27880	0,252	36,3499	15,1334
1927	07/03/2017	35.92530	-0.27880	0,252	36,3098	15,1334
1928	07/03/2017	35.92528	-0.27880	0,252	36,289	15,1327
1929	07/03/2017	35.92526	-0.27880	0,252	36,165	15,1327
1930	07/03/2017	35.92524	-0.27878	0,251	35,7736	15,132
1931	07/03/2017	35.92522	-0.27878	0,252	35,5655	15,1327
1932	07/03/2017	35.92522	-0.27880	0,252	36,1004	15,132
1933	07/03/2017	35.92520	-0.27878	0,253	36,5109	15,132
1934	07/03/2017	35.92520	-0.27878	0,252	36,6273	15,1313
1935	07/03/2017	35.92518	-0.27878	0,252	36,6136	15,132
1936	07/03/2017	35.92516	-0.27878	0,254	36,5444	15,132
1937	07/03/2017	35.92514	-0.27878	0,258	36,4511	15,132
1938	07/03/2017	35.92512	-0.27876	0,264	36,463	15,1313
1939	07/03/2017	35.92510	-0.27878	0,253	36,3624	15,132
1940	07/03/2017	35.92508	-0.27878	0,253	36,4446	15,132
1941	07/03/2017	35.92508	-0.27876	0,253	36,5884	15,132
1942	07/03/2017	35.92508	-0.27876	0,253	36,5435	15,132
1943	07/03/2017	35.92506	-0.27876	0,253	36,5594	15,132
1944	07/03/2017	35.92504	-0.27876	0,252	36,5102	15,1327
1945	07/03/2017	35.92502	-0.27876	0,252	36,4785	15,1327
1946	07/03/2017	35.92502	-0.27876	0,253	36,5802	15,1327
1947	07/03/2017	35.92500	-0.27876	0,252	36,5037	15,1327
1948	07/03/2017	35.92500	-0.27876	0,252	36,4943	15,1327
1949	07/03/2017	35.92500	-0.27876	0,252	36,6117	15,132
1950	07/03/2017	35.92498	-0.27876	0,253	36,3124	15,1327
1951	07/03/2017	35.92496	-0.27876	0,254	36,4029	15,1327
1952	07/03/2017	35.92496	-0.27874	0,253	36,2564	15,1327
1953	07/03/2017	35.92494	-0.27876	0,252	36,3443	15,1334
1954	07/03/2017	35.92492	-0.27876	0,252	36,2956	15,1327
1955	07/03/2017	35.92490	-0.27876	0,262	36,0439	15,1327
1956	07/03/2017	35.92490	-0.27874	0,269	35,9858	15,132
1957	07/03/2017	35.92490	-0.27876	0,253	35,4676	15,132
1958	07/03/2017	35.92488	-0.27874	0,253	36,0098	15,1313
1959	07/03/2017	35.92488	-0.27874	0,252	36,537	15,132
1960	07/03/2017	35.92486	-0.27874	0,25	36,453	15,132
1961	07/03/2017	35.92486	-0.27874	0,252	36,505	15,1313
1962	07/03/2017	35.92484	-0.27874	0,253	36,4128	15,132
1963	07/03/2017	35.92482	-0.27874	0,253	36,4144	15,1313
1964	07/03/2017	35.92482	-0.27874	0,253	36,3902	15,1313

1965	07/03/2017	35.92480	-0.27874	0,253	36,3979	15,132
1966	07/03/2017	35.92480	-0.27876	0,253	36,4259	15,132
1967	07/03/2017	35.92476	-0.27874	0,253	36,2151	15,132
1968	07/03/2017	35.92476	-0.27876	0,252	36,4072	15,132
1969	07/03/2017	35.92472	-0.27876	0,253	36,3469	15,1327
1970	07/03/2017	35.92470	-0.27878	0,254	36,5401	15,1327
1971	07/03/2017	35.92470	-0.27876	0,254	36,488	15,1334
1972	07/03/2017	35.92466	-0.27878	0,254	36,4106	15,1334
1973	07/03/2017	35.92464	-0.27880	0,253	36,423	15,1341
1974	07/03/2017	35.92460	-0.27880	0,253	36,4774	15,1349
1975	07/03/2017	35.92458	-0.27880	0,252	36,5222	15,1349
1976	07/03/2017	35.92458	-0.27880	0,252	36,0968	15,1349
1977	07/03/2017	35.92454	-0.27882	0,252	36,4167	15,1349
1978	07/03/2017	35.92450	-0.27882	0,253	36,2488	15,1349
1979	07/03/2017	35.92448	-0.27884	0,254	36,3906	15,1349
1980	07/03/2017	35.92446	-0.27886	0,254	36,3206	15,1349
1981	07/03/2017	35.92442	-0.27888	0,253	36,1857	15,1356
1982	07/03/2017	35.92440	-0.27888	0,252	35,6197	15,1356
1983	07/03/2017	35.92436	-0.27890	0,252	35,8857	15,1356
1984	07/03/2017	35.92434	-0.27890	0,251	36,6429	15,1356
1985	07/03/2017	35.92430	-0.27890	0,252	36,6887	15,1356
1986	07/03/2017	35.92428	-0.27892	0,254	36,6759	15,1363
1987	07/03/2017	35.92424	-0.27894	0,253	36,7076	15,1363
1988	07/03/2017	35.92420	-0.27894	0,254	36,6843	15,1363
1989	07/03/2017	35.92418	-0.27896	0,254	36,6304	15,137
1990	07/03/2017	35.92414	-0.27898	0,253	36,6889	15,1363
1991	07/03/2017	35.92410	-0.27898	0,253	36,6827	15,137
1992	07/03/2017	35.92408	-0.27898	0,253	36,6923	15,1377
1993	07/03/2017	35.92404	-0.27898	0,253	36,6692	15,1384
1994	07/03/2017	35.92400	-0.27900	0,253	36,6433	15,1391
1995	07/03/2017	35.92398	-0.27902	0,253	36,6536	15,1391
1996	07/03/2017	35.92394	-0.27902	0,254	36,6697	15,1398
1997	07/03/2017	35.92390	-0.27902	0,253	36,6429	15,1406
1998	07/03/2017	35.92388	-0.27904	0,254	36,6523	15,1406
1999	07/03/2017	35.92384	-0.27906	0,253	36,4724	15,1413
2000	07/03/2017	35.92380	-0.27906	0,254	36,6046	15,1406
2001	07/03/2017	35.92378	-0.27908	0,253	36,6049	15,1413
2002	07/03/2017	35.92374	-0.27910	0,253	36,5592	15,1413
2003	07/03/2017	35.92370	-0.27910	0,254	36,4574	15,1413
2004	07/03/2017	35.92368	-0.27910	0,254	36,6126	15,142
2005	07/03/2017	35.92364	-0.27910	0,253	36,3177	15,142
2006	07/03/2017	35.92360	-0.27912	0,253	36,481	15,142
2007	07/03/2017	35.92358	-0.27914	0,254	36,4953	15,1427
2008	07/03/2017	35.92354	-0.27914	0,253	36,4411	15,1427
2009	07/03/2017	35.92350	-0.27916	0,253	36,3936	15,1427
2010	07/03/2017	35.92348	-0.27916	0,254	36,3705	15,1434

2011	07/03/2017	35.92342	-0.27918	0,254	36,4862	15,1434
2012	07/03/2017	35.92340	-0.27920	0,253	36,5448	15,1427
2582	07/03/2017	35.92710	-0.30722	0,252	36,5459	15,1235
2583	07/03/2017	35.92710	-0.30718	0,253	36,4877	15,1228
2584	07/03/2017	35.92712	-0.30712	0,253	36,5122	15,1206
2585	07/03/2017	35.92714	-0.30708	0,253	36,4575	15,1192
2586	07/03/2017	35.92714	-0.30702	0,253	36,5447	15,1178
2587	07/03/2017	35.92716	-0.30700	0,253	36,4863	15,1163
2588	07/03/2017	35.92718	-0.30694	0,252	36,4185	15,115
2589	07/03/2017	35.92720	-0.30690	0,253	36,5178	15,1135
2590	07/03/2017	35.92720	-0.30684	0,254	36,2513	15,1121
2591	07/03/2017	35.92720	-0.30680	0,253	36,4835	15,1114
2592	07/03/2017	35.92720	-0.30674	0,253	36,4421	15,1107
2593	07/03/2017	35.92722	-0.30670	0,254	36,3366	15,1107
2594	07/03/2017	35.92722	-0.30664	0,253	36,2477	15,1099
2595	07/03/2017	35.92724	-0.30660	0,254	36,0981	15,1093
2596	07/03/2017	35.92726	-0.30656	0,252	36,287	15,1078
2597	07/03/2017	35.92726	-0.30650	0,255	36,3427	15,1071
2598	07/03/2017	35.92728	-0.30646	0,257	36,4367	15,1064
2599	07/03/2017	35.92730	-0.30640	0,256	36,3334	15,1071
2600	07/03/2017	35.92730	-0.30636	0,256	35,8455	15,1064
2601	07/03/2017	35.92730	-0.30630	0,255	36,1341	15,1057
2602	07/03/2017	35.92730	-0.30626	0,255	36,4776	15,1057
2603	07/03/2017	35.92732	-0.30622	0,254	36,4605	15,105
2604	07/03/2017	35.92734	-0.30618	0,254	36,3895	15,105
2605	07/03/2017	35.92734	-0.30612	0,254	36,3862	15,1036
2606	07/03/2017	35.92736	-0.30608	0,256	36,3043	15,1042
2607	07/03/2017	35.92738	-0.30602	0,254	36,4098	15,1042
2608	07/03/2017	35.92738	-0.30598	0,252	36,2676	15,1036
2609	07/03/2017	35.92738	-0.30592	0,252	36,5179	15,1036
2610	07/03/2017	35.92740	-0.30590	0,254	36,4964	15,1036
2611	07/03/2017	35.92740	-0.30584	0,255	36,2797	15,1036
2612	07/03/2017	35.92740	-0.30580	0,252	36,4485	15,1028
2613	07/03/2017	35.92742	-0.30574	0,253	35,9671	15,1028
2614	07/03/2017	35.92744	-0.30570	0,254	36,3374	15,1028
2615	07/03/2017	35.92744	-0.30566	0,254	36,4609	15,1036
2616	07/03/2017	35.92746	-0.30560	0,253	36,4749	15,1036
2617	07/03/2017	35.92748	-0.30556	0,253	36,5621	15,1042
2618	07/03/2017	35.92748	-0.30550	0,252	36,4341	15,1042
2619	07/03/2017	35.92750	-0.30548	0,254	36,4238	15,1042
2620	07/03/2017	35.92750	-0.30542	0,255	36,4612	15,1042
2621	07/03/2017	35.92750	-0.30538	0,252	36,4808	15,1042
2622	07/03/2017	35.92754	-0.30532	0,252	36,0319	15,1042
2623	07/03/2017	35.92754	-0.30528	0,253	36,1578	15,1042
2624	07/03/2017	35.92756	-0.30522	0,252	36,5901	15,1042
2625	07/03/2017	35.92758	-0.30518	0,253	36,3678	15,1042

2626	07/03/2017	35.92758	-0.30514	0,253	36,4173	15,1042
2627	07/03/2017	35.92760	-0.30510	0,253	36,3715	15,1042
2628	07/03/2017	35.92760	-0.30504	0,254	36,2667	15,1036
2629	07/03/2017	35.92762	-0.30498	0,254	36,1752	15,1036
2630	07/03/2017	35.92762	-0.30494	0,253	36,2853	15,1036
2631	07/03/2017	35.92764	-0.30490	0,253	36,3122	15,1028
2632	07/03/2017	35.92764	-0.30486	0,253	36,4915	15,1028
2633	07/03/2017	35.92766	-0.30480	0,252	35,6216	15,1028
2634	07/03/2017	35.92768	-0.30476	0,253	35,8782	15,1021
2635	07/03/2017	35.92768	-0.30470	0,253	36,5653	15,1028
2636	07/03/2017	35.92770	-0.30468	0,252	36,4046	15,1028
2637	07/03/2017	35.92770	-0.30462	0,253	36,493	15,1021
2638	07/03/2017	35.92770	-0.30458	0,253	36,5369	15,1021
2639	07/03/2017	35.92772	-0.30452	0,253	36,4052	15,1021
2640	07/03/2017	35.92774	-0.30448	0,253	36,1887	15,1021
2641	07/03/2017	35.92776	-0.30444	0,253	36,2565	15,1014
2642	07/03/2017	35.92776	-0.30440	0,253	36,3249	15,1021
2643	07/03/2017	35.92778	-0.30434	0,253	35,8478	15,1028
2644	07/03/2017	35.92780	-0.30430	0,253	36,53	15,1036
2645	07/03/2017	35.92780	-0.30426	0,252	36,501	15,1036
2646	07/03/2017	35.92780	-0.30420	0,252	36,5294	15,1042
2647	07/03/2017	35.92782	-0.30418	0,253	36,5546	15,1042
2648	07/03/2017	35.92784	-0.30412	0,253	36,6212	15,105
2649	07/03/2017	35.92784	-0.30408	0,252	36,6415	15,1042
2650	07/03/2017	35.92784	-0.30402	0,253	36,5564	15,1042
2651	07/03/2017	35.92788	-0.30398	0,253	36,6191	15,1042
2652	07/03/2017	35.92788	-0.30392	0,253	36,5748	15,1036
2653	07/03/2017	35.92788	-0.30388	0,252	36,6107	15,1042
2654	07/03/2017	35.92790	-0.30382	0,252	36,563	15,1042
2655	07/03/2017	35.92790	-0.30378	0,251	36,5025	15,105
2656	07/03/2017	35.92792	-0.30372	0,251	36,4892	15,1042
2657	07/03/2017	35.92792	-0.30366	0,251	36,5667	15,1042
2658	07/03/2017	35.92796	-0.30360	0,252	36,5761	15,1042
2659	07/03/2017	35.92796	-0.30356	0,254	36,5595	15,105
2660	07/03/2017	35.92798	-0.30350	0,253	36,5738	15,1057
2661	07/03/2017	35.92800	-0.30344	0,252	36,5505	15,1057
2662	07/03/2017	35.92800	-0.30338	0,252	36,4613	15,1071
2663	07/03/2017	35.92800	-0.30332	0,253	36,3616	15,1078
2664	07/03/2017	35.92802	-0.30326	0,253	36,5104	15,1085
2665	07/03/2017	35.92804	-0.30320	0,253	36,577	15,1093
2666	07/03/2017	35.92806	-0.30314	0,253	36,4726	15,1099
2667	07/03/2017	35.92806	-0.30308	0,253	36,4913	15,1099
2668	07/03/2017	35.92808	-0.30302	0,254	36,5336	15,1107
2669	07/03/2017	35.92810	-0.30296	0,254	36,5021	15,1114
2670	07/03/2017	35.92810	-0.30290	0,253	36,5391	15,1128
2671	07/03/2017	35.92810	-0.30284	0,253	36,499	15,1128

2672	07/03/2017	35.92814	-0.30280	0,252	36,5038	15,1135
2673	07/03/2017	35.92816	-0.30272	0,251	36,152	15,1135
2674	07/03/2017	35.92816	-0.30266	0,252	36,267	15,1142
2675	07/03/2017	35.92816	-0.30260	0,252	36,5691	15,1156
2676	07/03/2017	35.92820	-0.30254	0,252	36,3329	15,1156
2677	07/03/2017	35.92820	-0.30248	0,251	36,2623	15,1163
2678	07/03/2017	35.92820	-0.30242	0,252	36,5111	15,1178
2679	07/03/2017	35.92822	-0.30236	0,253	36,5338	15,1185
2680	07/03/2017	35.92824	-0.30230	0,252	36,2795	15,1199
2681	07/03/2017	35.92824	-0.30224	0,252	36,4039	15,1206
2682	07/03/2017	35.92826	-0.30218	0,252	36,3223	15,122
2683	07/03/2017	35.92828	-0.30210	0,252	36,4021	15,1235
2684	07/03/2017	35.92828	-0.30206	0,252	36,4251	15,1249
2685	07/03/2017	35.92830	-0.30200	0,252	36,4975	15,1263
2686	07/03/2017	35.92830	-0.30192	0,251	36,3739	15,1277
2687	07/03/2017	35.92832	-0.30186	0,252	36,5191	15,1292
2688	07/03/2017	35.92832	-0.30178	0,252	36,6046	15,1306
2689	07/03/2017	35.92834	-0.30172	0,252	36,2384	15,132
2690	07/03/2017	35.92836	-0.30166	0,252	36,6107	15,1341
2691	07/03/2017	35.92838	-0.30160	0,252	36,3626	15,1349
2692	07/03/2017	35.92838	-0.30152	0,252	36,2866	15,1363
2693	07/03/2017	35.92840	-0.30146	0,252	36,4418	15,137
2694	07/03/2017	35.92842	-0.30140	0,251	36,3208	15,1377
2695	07/03/2017	35.92844	-0.30132	0,251	36,4433	15,1384
2696	07/03/2017	35.92846	-0.30126	0,251	36,4706	15,1391
2697	07/03/2017	35.92848	-0.30120	0,252	36,3558	15,1391
2698	07/03/2017	35.92850	-0.30112	0,25	36,3617	15,1398
2699	07/03/2017	35.92850	-0.30104	0,25	36,3132	15,1398
2700	07/03/2017	35.92854	-0.30098	0,25	36,306	15,1406
2701	07/03/2017	35.92856	-0.30090	0,25	36,3181	15,1406
2702	07/03/2017	35.92858	-0.30082	0,251	36,3741	15,1406
2703	07/03/2017	35.92860	-0.30076	0,251	36,389	15,1406
2704	07/03/2017	35.92860	-0.30070	0,252	36,2603	15,1406
2705	07/03/2017	35.92862	-0.30060	0,251	36,3461	15,1406
2706	07/03/2017	35.92864	-0.30052	0,249	36,4767	15,1406
2707	07/03/2017	35.92868	-0.30046	0,251	36,0292	15,1406
2708	07/03/2017	35.92870	-0.30038	0,251	35,9395	15,1398
2709	07/03/2017	35.92870	-0.30030	0,249	35,7906	15,1398
2710	07/03/2017	35.92874	-0.30020	0,249	35,983	15,1391
2711	07/03/2017	35.92876	-0.30012	0,25	36,1812	15,1384
2712	07/03/2017	35.92878	-0.30006	0,251	36,2965	15,1377
2713	07/03/2017	35.92880	-0.29998	0,251	36,4446	15,137
2714	07/03/2017	35.92882	-0.29990	0,25	36,4788	15,1363
2715	07/03/2017	35.92884	-0.29982	0,251	36,4273	15,1356
2716	07/03/2017	35.92886	-0.29976	0,252	36,3078	15,1356
2717	07/03/2017	35.92888	-0.29968	0,25	36,4534	15,1356

2718	07/03/2017	35.92890	-0.29960	0,25	36,4519	15,1341
2719	07/03/2017	35.92892	-0.29952	0,251	36,3711	15,1327
2720	07/03/2017	35.92894	-0.29946	0,25	36,537	15,132
2721	07/03/2017	35.92896	-0.29938	0,25	36,5491	15,132
2722	07/03/2017	35.92898	-0.29930	0,25	36,5601	15,1313
2723	07/03/2017	35.92900	-0.29922	0,25	36,1642	15,1306
2724	07/03/2017	35.92902	-0.29916	0,25	36,4849	15,1299
2725	07/03/2017	35.92902	-0.29908	0,25	36,3588	15,1299
2726	07/03/2017	35.92906	-0.29900	0,251	36,4351	15,1292
2727	07/03/2017	35.92908	-0.29890	0,25	36,4411	15,1277
2728	07/03/2017	35.92910	-0.29882	0,251	36,358	15,1277
2729	07/03/2017	35.92910	-0.29872	0,25	36,4688	15,1271
2730	07/03/2017	35.92914	-0.29864	0,25	36,4477	15,1256
2731	07/03/2017	35.92916	-0.29854	0,251	36,1518	15,1249
2732	07/03/2017	35.92918	-0.29844	0,25	36,4757	15,1256
2733	07/03/2017	35.92920	-0.29836	0,251	36,0371	15,1249
2734	07/03/2017	35.92922	-0.29826	0,252	36,3399	15,1242
2735	07/03/2017	35.92924	-0.29816	0,251	35,7947	15,1242
2736	07/03/2017	35.92926	-0.29806	0,249	35,9962	15,1228
2737	07/03/2017	35.92928	-0.29796	0,25	36,05	15,122
2738	07/03/2017	35.92930	-0.29786	0,251	36,0329	15,1214
2739	07/03/2017	35.92932	-0.29776	0,252	36,11	15,1206
2740	07/03/2017	35.92936	-0.29766	0,251	36,2732	15,1206
2741	07/03/2017	35.92938	-0.29754	0,251	36,2223	15,1192
2742	07/03/2017	35.92940	-0.29744	0,251	36,4556	15,1192
2743	07/03/2017	35.92940	-0.29734	0,25	36,4647	15,1185
2744	07/03/2017	35.92942	-0.29722	0,25	36,338	15,1192
2745	07/03/2017	35.92946	-0.29712	0,249	35,9474	15,1192
2746	07/03/2017	35.92948	-0.29702	0,25	35,8747	15,1192
2747	07/03/2017	35.92950	-0.29690	0,25	36,4282	15,1185
2748	07/03/2017	35.92952	-0.29680	0,25	36,3349	15,1185
2749	07/03/2017	35.92954	-0.29670	0,25	36,3853	15,1185
2750	07/03/2017	35.92958	-0.29658	0,249	36,2062	15,1185
2751	07/03/2017	35.92960	-0.29650	0,248	36,25	15,1185
2752	07/03/2017	35.92960	-0.29640	0,249	36,3716	15,1192
2753	07/03/2017	35.92964	-0.29630	0,251	36,4169	15,1206
2754	07/03/2017	35.92966	-0.29622	0,25	36,1212	15,1206
2755	07/03/2017	35.92968	-0.29614	0,25	36,2231	15,1214
2756	07/03/2017	35.92970	-0.29608	0,25	36,2561	15,122
2757	07/03/2017	35.92970	-0.29600	0,248	36,316	15,1228
2758	07/03/2017	35.92972	-0.29592	0,25	36,2246	15,1228
2759	07/03/2017	35.92974	-0.29586	0,251	36,0757	15,1235
2760	07/03/2017	35.92974	-0.29580	0,25	36,3564	15,1235
2761	07/03/2017	35.92976	-0.29574	0,248	35,5956	15,1242
2762	07/03/2017	35.92978	-0.29570	0,249	36,1918	15,1249
2763	07/03/2017	35.92978	-0.29562	0,25	36,525	15,1249

2764	07/03/2017	35.92978	-0.29558	0,251	36,4692	15,1256
2765	07/03/2017	35.92980	-0.29552	0,251	36,5467	15,1256
2766	07/03/2017	35.92982	-0.29546	0,249	36,5423	15,1263
2767	07/03/2017	35.92982	-0.29540	0,249	36,5087	15,1263
2768	07/03/2017	35.92984	-0.29536	0,248	36,532	15,1263
2769	07/03/2017	35.92986	-0.29530	0,248	36,5024	15,1271
2770	07/03/2017	35.92986	-0.29526	0,248	36,5815	15,1263
2771	07/03/2017	35.92986	-0.29520	0,248	36,5402	15,1256
2772	07/03/2017	35.92988	-0.29516	0,249	36,4916	15,1256
2773	07/03/2017	35.92990	-0.29510	0,248	36,5474	15,1249
2774	07/03/2017	35.92990	-0.29506	0,248	36,5633	15,1249
2775	07/03/2017	35.92990	-0.29500	0,25	36,2708	15,1242
2776	07/03/2017	35.92992	-0.29496	0,249	36,4939	15,1242
2777	07/03/2017	35.92994	-0.29490	0,25	36,4423	15,1235
2778	07/03/2017	35.92994	-0.29486	0,249	36,4336	15,1228
2779	07/03/2017	35.92996	-0.29480	0,25	36,4915	15,1228
2780	07/03/2017	35.92998	-0.29476	0,25	36,3813	15,1228
2781	07/03/2017	35.92998	-0.29470	0,25	36,3008	15,122
2782	07/03/2017	35.92998	-0.29464	0,25	36,4358	15,1214
2783	07/03/2017	35.93000	-0.29460	0,25	36,4931	15,122
2784	07/03/2017	35.93002	-0.29454	0,249	36,378	15,1214
2785	07/03/2017	35.93002	-0.29450	0,249	36,5059	15,1214
2786	07/03/2017	35.93002	-0.29444	0,248	36,5124	15,1214
2787	07/03/2017	35.93006	-0.29440	0,249	36,3108	15,1214
2788	07/03/2017	35.93006	-0.29432	0,249	36,2455	15,1214
2789	07/03/2017	35.93006	-0.29428	0,248	36,2906	15,122
2790	07/03/2017	35.93010	-0.29420	0,248	36,3064	15,122
2791	07/03/2017	35.93010	-0.29416	0,248	36,3291	15,1228
2792	07/03/2017	35.93010	-0.29408	0,249	36,3076	15,1228
2946	07/03/2017	35.93224	-0.28470	0,247	36,4026	15,169
2947	07/03/2017	35.93226	-0.28462	0,246	36,4697	15,169
2948	07/03/2017	35.93228	-0.28458	0,245	36,4063	15,169
2949	07/03/2017	35.93230	-0.28452	0,245	36,3824	15,1697
2950	07/03/2017	35.93230	-0.28446	0,245	36,4647	15,1704
2951	07/03/2017	35.93230	-0.28440	0,245	36,5216	15,1704
2952	07/03/2017	35.93232	-0.28434	0,244	36,2652	15,1704
2953	07/03/2017	35.93232	-0.28430	0,244	36,4974	15,1704
2954	07/03/2017	35.93234	-0.28422	0,246	36,4314	15,1711
2955	07/03/2017	35.93236	-0.28418	0,246	36,5415	15,1711
2956	07/03/2017	35.93238	-0.28410	0,245	36,4995	15,1711
2957	07/03/2017	35.93238	-0.28406	0,245	36,3848	15,1711
2958	07/03/2017	35.93240	-0.28400	0,245	36,1798	15,1711
2959	07/03/2017	35.93240	-0.28394	0,244	36,3307	15,1711
2960	07/03/2017	35.93240	-0.28390	0,245	35,9092	15,1718
2961	07/03/2017	35.93244	-0.28382	0,245	35,7601	15,1711
2962	07/03/2017	35.93244	-0.28378	0,245	35,9315	15,1718

2963	07/03/2017	35.93246	-0.28370	0,245	36,4025	15,1711
2964	07/03/2017	35.93248	-0.28366	0,246	36,396	15,1711
2965	07/03/2017	35.93250	-0.28360	0,247	36,4295	15,1711
2966	07/03/2017	35.93250	-0.28354	0,247	36,285	15,1711
2967	07/03/2017	35.93250	-0.28348	0,247	36,2229	15,1718
2968	07/03/2017	35.93252	-0.28342	0,247	36,3198	15,1718
2969	07/03/2017	35.93252	-0.28338	0,245	36,3922	15,1711
2970	07/03/2017	35.93254	-0.28330	0,245	36,3892	15,1704
2971	07/03/2017	35.93256	-0.28326	0,246	36,4358	15,1704
2972	07/03/2017	35.93258	-0.28320	0,246	36,2354	15,1704
2973	07/03/2017	35.93258	-0.28314	0,246	36,227	15,1704
2974	07/03/2017	35.93260	-0.28308	0,246	35,8447	15,1711
2975	07/03/2017	35.93260	-0.28302	0,246	36,268	15,1704
2976	07/03/2017	35.93262	-0.28296	0,246	36,3407	15,1704
2977	07/03/2017	35.93264	-0.28290	0,246	36,4085	15,1697
2978	07/03/2017	35.93264	-0.28284	0,245	36,3507	15,1697
3382	07/03/2017	35.93860	-0.25928	0,25	36,3577	15,1882
3383	07/03/2017	35.93862	-0.25922	0,25	36,4407	15,1882
3384	07/03/2017	35.93862	-0.25918	0,25	36,3925	15,1889
3385	07/03/2017	35.93864	-0.25910	0,25	36,3363	15,1882
3386	07/03/2017	35.93866	-0.25906	0,251	36,5526	15,1882
3387	07/03/2017	35.93868	-0.25900	0,252	36,3149	15,1882
3388	07/03/2017	35.93870	-0.25894	0,251	36,4652	15,1889
3389	07/03/2017	35.93870	-0.25888	0,25	36,3757	15,1889
3390	07/03/2017	35.93872	-0.25882	0,251	36,3962	15,1889
4160	07/03/2017	35.94244	-0.22718	0,243	36,4989	15,1967
4161	07/03/2017	35.94230	-0.22714	0,244	36,3668	15,1974
4162	07/03/2017	35.94214	-0.22710	0,242	36,5255	15,1981
4163	07/03/2017	35.94200	-0.22710	0,241	36,3609	15,1988
4164	07/03/2017	35.94184	-0.22706	0,241	36,4475	15,1988
4165	07/03/2017	35.94170	-0.22702	0,243	36,5006	15,1988
4166	07/03/2017	35.94154	-0.22700	0,243	36,564	15,1988
4167	07/03/2017	35.94140	-0.22698	0,242	36,5027	15,1996
4168	07/03/2017	35.94126	-0.22694	0,242	36,4795	15,1996
4169	07/03/2017	35.94110	-0.22692	0,243	36,418	15,1996
4170	07/03/2017	35.94096	-0.22690	0,244	36,4972	15,1996
4171	07/03/2017	35.94080	-0.22688	0,243	36,4776	15,1996
4172	07/03/2017	35.94066	-0.22684	0,242	36,4683	15,1996
4173	07/03/2017	35.94050	-0.22680	0,243	36,554	15,1996
4174	07/03/2017	35.94036	-0.22680	0,244	36,5251	15,1996
4175	07/03/2017	35.94020	-0.22678	0,243	36,482	15,1988
4176	07/03/2017	35.94008	-0.22674	0,242	36,4855	15,1981
4177	07/03/2017	35.93992	-0.22670	0,244	36,4516	15,1974
4178	07/03/2017	35.93978	-0.22668	0,245	36,5253	15,1974
4179	07/03/2017	35.93962	-0.22664	0,244	36,5719	15,1974
4180	07/03/2017	35.93948	-0.22660	0,243	36,4022	15,1974

4181	07/03/2017	35.93932	-0.22658	0,242	36,4905	15,1967
4182	07/03/2017	35.93918	-0.22656	0,241	36,4411	15,1967
4183	07/03/2017	35.93904	-0.22652	0,241	36,4287	15,196
4184	07/03/2017	35.93890	-0.22650	0,241	36,3809	15,1953
4185	07/03/2017	35.93874	-0.22646	0,241	36,4319	15,1946
4186	07/03/2017	35.93858	-0.22644	0,243	36,4764	15,1939
4187	07/03/2017	35.93844	-0.22640	0,243	36,5143	15,1932
4188	07/03/2017	35.93830	-0.22638	0,242	36,4087	15,1924
4189	07/03/2017	35.93816	-0.22634	0,243	36,4923	15,1918
4190	07/03/2017	35.93802	-0.22630	0,243	36,4091	15,191
4191	07/03/2017	35.93790	-0.22630	0,243	36,4871	15,1903
4192	07/03/2017	35.93776	-0.22626	0,242	36,3822	15,1889
4193	07/03/2017	35.93764	-0.22624	0,242	36,3465	15,1882
4194	07/03/2017	35.93750	-0.22622	0,241	36,4864	15,1882
4195	07/03/2017	35.93740	-0.22620	0,242	36,4075	15,1867
4196	07/03/2017	35.93728	-0.22620	0,244	36,4038	15,1867
4197	07/03/2017	35.93716	-0.22618	0,244	36,3234	15,1861
4198	07/03/2017	35.93704	-0.22618	0,243	36,4343	15,1861
4199	07/03/2017	35.93692	-0.22620	0,243	36,4694	15,1853
4200	07/03/2017	35.93682	-0.22620	0,243	36,3144	15,1846
4201	07/03/2017	35.93674	-0.22624	0,243	36,457	15,1846
4202	07/03/2017	35.93664	-0.22628	0,257	36,3806	15,1846
4203	07/03/2017	35.93656	-0.22634	0,268	35,7059	15,1846
4204	07/03/2017	35.93650	-0.22640	0,244	35,8723	15,1846
4205	07/03/2017	35.93642	-0.22648	0,243	35,9204	15,1839
4206	07/03/2017	35.93638	-0.22656	0,242	36,4102	15,1839
4207	07/03/2017	35.93632	-0.22664	0,243	36,0243	15,1832
4208	07/03/2017	35.93628	-0.22672	0,242	36,5227	15,1832
4209	07/03/2017	35.93628	-0.22680	0,241	36,5087	15,1832
4210	07/03/2017	35.93624	-0.22690	0,242	36,5136	15,1839
4211	07/03/2017	35.93622	-0.22700	0,242	36,6088	15,1839
4212	07/03/2017	35.93622	-0.22708	0,242	36,609	15,1846
4213	07/03/2017	35.93620	-0.22718	0,242	36,5459	15,1853
4214	07/03/2017	35.93620	-0.22726	0,245	36,6028	15,1853
4215	07/03/2017	35.93620	-0.22736	0,245	36,5033	15,1861
4216	07/03/2017	35.93620	-0.22746	0,244	36,5409	15,1867
4217	07/03/2017	35.93620	-0.22758	0,243	36,5896	15,1875
4218	07/03/2017	35.93620	-0.22770	0,245	36,2422	15,1882
4219	07/03/2017	35.93618	-0.22782	0,245	36,6396	15,1889
4220	07/03/2017	35.93614	-0.22794	0,244	36,3958	15,1903
4221	07/03/2017	35.93610	-0.22806	0,243	36,5741	15,191
4222	07/03/2017	35.93606	-0.22820	0,243	36,5532	15,1924
4223	07/03/2017	35.93600	-0.22832	0,242	36,505	15,1932
4224	07/03/2017	35.93594	-0.22844	0,243	36,4244	15,1946
4225	07/03/2017	35.93588	-0.22858	0,245	36,5436	15,1967
5406	07/03/2017	35.92678	-0.25836	0,244	36,62	15,3053

5407	07/03/2017	35.92680	-0.25830	0,246	36,5638	15,3046
5408	07/03/2017	35.92680	-0.25822	0,245	36,6122	15,3046
5409	07/03/2017	35.92682	-0.25816	0,245	36,6026	15,304
5410	07/03/2017	35.92684	-0.25810	0,246	36,5084	15,3032
5411	07/03/2017	35.92686	-0.25804	0,246	36,5267	15,3025
5412	07/03/2017	35.92688	-0.25798	0,246	36,6207	15,3025
5413	07/03/2017	35.92690	-0.25792	0,246	36,6179	15,3025
5414	07/03/2017	35.92690	-0.25788	0,248	36,6065	15,3018
5415	07/03/2017	35.92692	-0.25780	0,247	36,6162	15,3004
5416	07/03/2017	35.92694	-0.25776	0,246	36,6774	15,2997
5417	07/03/2017	35.92696	-0.25770	0,246	36,5884	15,2983
5418	07/03/2017	35.92698	-0.25766	0,246	36,6493	15,2968
5419	07/03/2017	35.92698	-0.25760	0,247	36,5823	15,2968
5420	07/03/2017	35.92700	-0.25754	0,247	36,6456	15,2968
5421	07/03/2017	35.92700	-0.25750	0,245	36,5969	15,2961
5422	07/03/2017	35.92704	-0.25744	0,247	36,6308	15,2947
5423	07/03/2017	35.92706	-0.25740	0,248	36,6433	15,2933
5424	07/03/2017	35.92706	-0.25734	0,249	36,6044	15,2912
5425	07/03/2017	35.92708	-0.25728	0,248	36,588	15,2897
5426	07/03/2017	35.92710	-0.25724	0,248	36,5607	15,289
5427	07/03/2017	35.92710	-0.25718	0,248	36,5551	15,289
5428	07/03/2017	35.92712	-0.25712	0,25	36,6005	15,2883
5429	07/03/2017	35.92714	-0.25708	0,249	36,487	15,2883
5430	07/03/2017	35.92716	-0.25702	0,247	36,6009	15,2869
5431	07/03/2017	35.92718	-0.25696	0,248	36,5544	15,2869
5432	07/03/2017	35.92720	-0.25690	0,249	36,603	15,2876
5433	07/03/2017	35.92720	-0.25684	0,249	36,59	15,2876
5434	07/03/2017	35.92722	-0.25680	0,248	36,5853	15,2876
5435	07/03/2017	35.92724	-0.25672	0,249	36,5732	15,2876
5436	07/03/2017	35.92726	-0.25666	0,25	36,523	15,2876

3) Des mesures effectuées avec le navire océanographique ALPEL avec une sonde CTD, (ALgerian PELagique, Campagne d'évaluation des ressources pélagique du CNRDPA 2017) long de la baie d'Oran le 08/03/2017 (Bachari Houma Fouzia, 2017).

numero d'enreg	Date	Latitude	Longitude	Salinité	Température
1	08-03-2017	35.84598	-0.29034	36,1874	15,4924
2	08-03-2017	35.84598	-0.29018	36,0485	15,4896
3	08-03-2017	35.84598	-0.29002	36,2988	15,486
4	08-03-2017	35.84600	-0.28988	36,1685	15,4817
5	08-03-2017	35.84600	-0.28970	35,6859	15,479
6	08-03-2017	35.84602	-0.28956	35,907	15,4775
7	08-03-2017	35.84606	-0.28940	35,5477	15,4747
8	08-03-2017	35.84608	-0.28924	35,7588	15,4719

9	08-03-2017	35.84610	-0.28910	36,2154	15,469
10	08-03-2017	35.84614	-0.28894	36,5051	15,4662
11	08-03-2017	35.84620	-0.28878	36,4713	15,4627
12	08-03-2017	35.84622	-0.28864	36,1725	15,4563
13	08-03-2017	35.84628	-0.28848	35,8604	15,4528
14	08-03-2017	35.84630	-0.28834	35,9381	15,4507
15	08-03-2017	35.84632	-0.28820	36,0653	15,4471
16	08-03-2017	35.84634	-0.28802	36,3034	15,44
17	08-03-2017	35.84636	-0.28788	36,3585	15,4365
18	08-03-2017	35.84636	-0.28770	36,1255	15,435
19	08-03-2017	35.84636	-0.28756	36,1513	15,4301
20	08-03-2017	35.84638	-0.28738	36,213	15,4265
21	08-03-2017	35.84638	-0.28724	36,1733	15,4223
22	08-03-2017	35.84640	-0.28708	36,0533	15,4159
23	08-03-2017	35.84640	-0.28690	35,6532	15,4103
24	08-03-2017	35.84640	-0.28676	36,4259	15,4039
25	08-03-2017	35.84644	-0.28660	36,6246	15,3968
26	08-03-2017	35.84646	-0.28644	36,3488	15,389
27	08-03-2017	35.84650	-0.28628	36,5987	15,3798
28	08-03-2017	35.84650	-0.28614	36,5204	15,3692
29	08-03-2017	35.84652	-0.28598	36,4352	15,3579
30	08-03-2017	35.84656	-0.28586	35,4407	15,3479
31	08-03-2017	35.84658	-0.28572	35,0668	15,3394
32	08-03-2017	35.84660	-0.28560	36,1732	15,333
33	08-03-2017	35.84660	-0.28546	34,8647	15,3238
34	08-03-2017	35.84662	-0.28534	36,4103	15,3167
35	08-03-2017	35.84664	-0.28520	36,6384	15,3124
36	08-03-2017	35.84664	-0.28510	36,6463	15,3061
37	08-03-2017	35.84666	-0.28498	36,5967	15,3004
38	08-03-2017	35.84666	-0.28486	36,2445	15,2961
39	08-03-2017	35.84668	-0.28474	36,153	15,2926
40	08-03-2017	35.84668	-0.28462	36,1479	15,289
41	08-03-2017	35.84670	-0.28452	36,1337	15,2883
42	08-03-2017	35.84670	-0.28440	36,2765	15,2876
43	08-03-2017	35.84670	-0.28430	36,101	15,2855
44	08-03-2017	35.84672	-0.28420	35,8885	15,2855
45	08-03-2017	35.84674	-0.28410	36,2955	15,2862
46	08-03-2017	35.84676	-0.28400	36,3713	15,2876
47	08-03-2017	35.84676	-0.28390	35,9906	15,2905
48	08-03-2017	35.84678	-0.28380	35,7682	15,2933
49	08-03-2017	35.84680	-0.28370	36,0725	15,2933
50	08-03-2017	35.84680	-0.28362	36,6082	15,294
51	08-03-2017	35.84682	-0.28352	36,6513	15,2947
52	08-03-2017	35.84684	-0.28344	36,277	15,2961
53	08-03-2017	35.84684	-0.28334	36,2215	15,2968
54	08-03-2017	35.84686	-0.28326	36,4284	15,2983

55	08-03-2017	35.84686	-0.28318	36,4603	15,299
56	08-03-2017	35.84688	-0.28310	36,0569	15,3011
57	08-03-2017	35.84688	-0.28300	36,0039	15,3032
58	08-03-2017	35.84688	-0.28290	35,9927	15,3053
59	08-03-2017	35.84688	-0.28282	36,2008	15,3082
60	08-03-2017	35.84688	-0.28274	36,3661	15,3103
61	08-03-2017	35.84688	-0.28266	36,2146	15,3103
62	08-03-2017	35.84688	-0.28258	36,2995	15,3089
63	08-03-2017	35.84688	-0.28250	36,064	15,3096
64	08-03-2017	35.84688	-0.28242	35,961	15,3096
65	08-03-2017	35.84688	-0.28234	36,2915	15,3096
66	08-03-2017	35.84686	-0.28228	36,5425	15,3096
67	08-03-2017	35.84686	-0.28218	36,3832	15,3089
68	08-03-2017	35.84686	-0.28210	36,4357	15,3075
69	08-03-2017	35.84686	-0.28204	36,4828	15,3067
70	08-03-2017	35.84684	-0.28196	35,4839	15,3053
71	08-03-2017	35.84684	-0.28188	35,7195	15,304
72	08-03-2017	35.84684	-0.28180	36,1838	15,3025
73	08-03-2017	35.84684	-0.28174	36,0694	15,2997
74	08-03-2017	35.84684	-0.28168	36,1221	15,2968
75	08-03-2017	35.84686	-0.28160	36,213	15,294
76	08-03-2017	35.84686	-0.28152	35,9993	15,289
77	08-03-2017	35.84686	-0.28146	35,9459	15,2805
78	08-03-2017	35.84688	-0.28138	36,0898	15,2756
79	08-03-2017	35.84688	-0.28130	36,0382	15,272
80	08-03-2017	35.84690	-0.28124	35,9785	15,2642
81	08-03-2017	35.84690	-0.28118	35,9092	15,2578
82	08-03-2017	35.84690	-0.28110	35,3941	15,2521
83	08-03-2017	35.84692	-0.28104	35,8534	15,2457
84	08-03-2017	35.84694	-0.28098	34,6365	15,2386
86	08-03-2017	35.84698	-0.28082	35,1093	15,228
88	08-03-2017	35.84700	-0.28070	35,0259	15,2188
89	08-03-2017	35.84700	-0.28062	34,9903	15,2109
90	08-03-2017	35.84702	-0.28056	34,5964	15,2067
91	08-03-2017	35.84704	-0.28050	34,8594	15,2031
93	08-03-2017	35.84708	-0.28036	34,5173	15,1896
97	08-03-2017	35.84712	-0.28008	34,1355	15,1797
98	08-03-2017	35.84712	-0.28000	34,4236	15,1775
99	08-03-2017	35.84714	-0.27994	34,6765	15,1768
101	08-03-2017	35.84716	-0.27980	34,5082	15,1768
108	08-03-2017	35.84720	-0.27914	36,7012	15,174
109	08-03-2017	35.84722	-0.27902	36,7199	15,174
110	08-03-2017	35.84724	-0.27890	36,7255	15,174
111	08-03-2017	35.84726	-0.27880	36,7211	15,1747
112	08-03-2017	35.84728	-0.27868	36,7181	15,1768
113	08-03-2017	35.84730	-0.27856	36,7006	15,1775

114	08-03-2017	35.84732	-0.27842	36,7034	15,1775
115	08-03-2017	35.84736	-0.27828	36,6284	15,1789
116	08-03-2017	35.84738	-0.27816	36,6261	15,1804
117	08-03-2017	35.84740	-0.27800	36,6169	15,1832
118	08-03-2017	35.84744	-0.27788	36,6399	15,1846
119	08-03-2017	35.84748	-0.27772	36,5853	15,1861
120	08-03-2017	35.84750	-0.27758	36,6048	15,1882
121	08-03-2017	35.84754	-0.27742	36,3449	15,1889
122	08-03-2017	35.84758	-0.27728	36,2901	15,1918
123	08-03-2017	35.84760	-0.27710	35,7576	15,1932
124	08-03-2017	35.84762	-0.27696	35,7436	15,1953
125	08-03-2017	35.84764	-0.27680	35,3861	15,1974
126	08-03-2017	35.84766	-0.27660	36,4727	15,1988
127	08-03-2017	35.84768	-0.27644	36,5375	15,2002
128	08-03-2017	35.84770	-0.27628	36,567	15,2017
129	08-03-2017	35.84772	-0.27610	36,5778	15,2031
130	08-03-2017	35.84774	-0.27592	36,5345	15,2045
131	08-03-2017	35.84776	-0.27574	36,4017	15,2059
132	08-03-2017	35.84778	-0.27558	36,3123	15,2059
133	08-03-2017	35.84780	-0.27540	36,4532	15,2067
134	08-03-2017	35.84780	-0.27520	36,5672	15,2074
135	08-03-2017	35.84784	-0.27504	36,6104	15,2081
136	08-03-2017	35.84786	-0.27486	36,3488	15,2088
137	08-03-2017	35.84790	-0.27468	36,2261	15,2095
138	08-03-2017	35.84790	-0.27448	35,1721	15,2116
139	08-03-2017	35.84792	-0.27432	34,2389	15,2123
140	08-03-2017	35.84796	-0.27414	35,5123	15,2137
141	08-03-2017	35.84798	-0.27396	35,6545	15,2145
142	08-03-2017	35.84800	-0.27378	34,7703	15,2159
143	08-03-2017	35.84802	-0.27360	35,7309	15,2173
144	08-03-2017	35.84804	-0.27340	34,5716	15,218
145	08-03-2017	35.84806	-0.27322	35,0299	15,2194
146	08-03-2017	35.84808	-0.27304	34,2009	15,2209
147	08-03-2017	35.84810	-0.27286	34,9993	15,2216
148	08-03-2017	35.84810	-0.27268	35,4018	15,223
149	08-03-2017	35.84812	-0.27250	34,858	15,2244
150	08-03-2017	35.84814	-0.27230	35,3805	15,2251
151	08-03-2017	35.84816	-0.27212	35,2318	15,2266
152	08-03-2017	35.84818	-0.27194	34,5026	15,2272
154	08-03-2017	35.84820	-0.27158	36,679	15,2294
155	08-03-2017	35.84822	-0.27138	36,7147	15,2301
156	08-03-2017	35.84822	-0.27120	36,7237	15,2294
157	08-03-2017	35.84824	-0.27100	36,6392	15,2301
158	08-03-2017	35.84826	-0.27082	36,6233	15,2301
159	08-03-2017	35.84828	-0.27064	36,6292	15,2308
160	08-03-2017	35.84830	-0.27046	36,645	15,2308

161	08-03-2017	35.84830	-0.27028	36,5102	15,2315
162	08-03-2017	35.84832	-0.27010	36,2783	15,2315
163	08-03-2017	35.84834	-0.26990	36,432	15,2315
164	08-03-2017	35.84836	-0.26970	36,472	15,2315
165	08-03-2017	35.84838	-0.26952	36,4646	15,2315
166	08-03-2017	35.84838	-0.26934	36,4916	15,2315
167	08-03-2017	35.84840	-0.26916	36,1881	15,2315
168	08-03-2017	35.84840	-0.26898	36,2597	15,2315
169	08-03-2017	35.84842	-0.26880	36,3416	15,2315
170	08-03-2017	35.84844	-0.26860	35,7457	15,2315
171	08-03-2017	35.84846	-0.26842	36,0737	15,2315
172	08-03-2017	35.84848	-0.26824	36,5775	15,2322
173	08-03-2017	35.84850	-0.26804	36,5797	15,2329
174	08-03-2017	35.84850	-0.26786	36,1105	15,2329
175	08-03-2017	35.84852	-0.26768	36,2156	15,2329
176	08-03-2017	35.84854	-0.26748	36,3443	15,2337
177	08-03-2017	35.84856	-0.26730	36,4423	15,2344
178	08-03-2017	35.84858	-0.26712	35,8669	15,2351
179	08-03-2017	35.84858	-0.26694	36,2694	15,2351
180	08-03-2017	35.84860	-0.26676	36,4191	15,2344
181	08-03-2017	35.84860	-0.26656	36,2986	15,2358
182	08-03-2017	35.84862	-0.26638	35,5498	15,2358
183	08-03-2017	35.84864	-0.26620	36,2976	15,2358
184	08-03-2017	35.84866	-0.26600	36,6255	15,2358
185	08-03-2017	35.84866	-0.26582	36,6423	15,2358
186	08-03-2017	35.84868	-0.26564	36,6423	15,2358
187	08-03-2017	35.84870	-0.26544	36,6367	15,2358
188	08-03-2017	35.84870	-0.26526	36,6553	15,2358
189	08-03-2017	35.84870	-0.26508	36,6115	15,2358
190	08-03-2017	35.84872	-0.26490	36,5136	15,2358
191	08-03-2017	35.84874	-0.26470	36,59	15,2358
192	08-03-2017	35.84876	-0.26452	36,5863	15,2358
193	08-03-2017	35.84876	-0.26434	36,12	15,2358
194	08-03-2017	35.84878	-0.26416	35,1291	15,2358
195	08-03-2017	35.84880	-0.26398	36,0207	15,2365
196	08-03-2017	35.84880	-0.26378	36,0196	15,2358
197	08-03-2017	35.84882	-0.26360	35,791	15,2358
198	08-03-2017	35.84884	-0.26340	34,7213	15,2358
199	08-03-2017	35.84884	-0.26322	34,689	15,2358
200	08-03-2017	35.84886	-0.26304	35,3229	15,2365
201	08-03-2017	35.84888	-0.26286	35,0378	15,2365
202	08-03-2017	35.84890	-0.26268	34,7724	15,2365
203	08-03-2017	35.84890	-0.26248	36,293	15,2358
204	08-03-2017	35.84892	-0.26228	36,6432	15,2358
205	08-03-2017	35.84894	-0.26210	36,6832	15,2358
206	08-03-2017	35.84896	-0.26192	36,6324	15,2344

207	08-03-2017	35.84898	-0.26174	36,651	15,2344
208	08-03-2017	35.84900	-0.26156	36,6818	15,2344
209	08-03-2017	35.84900	-0.26136	36,6358	15,2337
210	08-03-2017	35.84900	-0.26118	36,5505	15,2322
211	08-03-2017	35.84902	-0.26100	36,543	15,2322
212	08-03-2017	35.84904	-0.26080	36,4785	15,2315
213	08-03-2017	35.84906	-0.26062	36,3988	15,2301
214	08-03-2017	35.84906	-0.26042	36,3476	15,2301
215	08-03-2017	35.84908	-0.26024	36,4479	15,2294
216	08-03-2017	35.84908	-0.26006	35,9081	15,2287
217	08-03-2017	35.84910	-0.25988	35,8604	15,228
218	08-03-2017	35.84910	-0.25970	36,4536	15,2272
219	08-03-2017	35.84912	-0.25950	36,1313	15,2266
220	08-03-2017	35.84912	-0.25930	35,986	15,2258
221	08-03-2017	35.84914	-0.25912	36,5115	15,2251
222	08-03-2017	35.84916	-0.25894	36,207	15,2251
223	08-03-2017	35.84918	-0.25876	36,4305	15,223
224	08-03-2017	35.84920	-0.25858	36,5207	15,2223
225	08-03-2017	35.84920	-0.25840	36,4754	15,2209
226	08-03-2017	35.84920	-0.25818	36,3755	15,2202
227	08-03-2017	35.84922	-0.25800	36,0622	15,2188
228	08-03-2017	35.84924	-0.25782	35,8092	15,218
229	08-03-2017	35.84926	-0.25764	36,2105	15,2173
230	08-03-2017	35.84928	-0.25746	36,0558	15,2166
231	08-03-2017	35.84928	-0.25726	36,49	15,2152
232	08-03-2017	35.84930	-0.25708	36,4422	15,2145
233	08-03-2017	35.84930	-0.25688	35,9971	15,2137
234	08-03-2017	35.84932	-0.25670	36,4191	15,2123
235	08-03-2017	35.84934	-0.25652	36,539	15,2116
236	08-03-2017	35.84936	-0.25634	36,5944	15,2102
237	08-03-2017	35.84936	-0.25614	36,5006	15,2088
238	08-03-2017	35.84938	-0.25596	36,5754	15,2067
239	08-03-2017	35.84940	-0.25578	36,2273	15,2053
240	08-03-2017	35.84940	-0.25560	36,2689	15,2045
241	08-03-2017	35.84940	-0.25540	36,075	15,2038
242	08-03-2017	35.84942	-0.25520	36,306	15,2017
243	08-03-2017	35.84944	-0.25502	36,439	15,201
244	08-03-2017	35.84946	-0.25484	36,4226	15,1996
245	08-03-2017	35.84948	-0.25466	36,1985	15,1981
246	08-03-2017	35.84948	-0.25448	36,0943	15,196
247	08-03-2017	35.84950	-0.25428	36,1211	15,1953
248	08-03-2017	35.84952	-0.25410	36,1999	15,1946
249	08-03-2017	35.84952	-0.25390	36,164	15,1932
250	08-03-2017	35.84954	-0.25372	36,2246	15,191
251	08-03-2017	35.84956	-0.25354	35,6001	15,1896
252	08-03-2017	35.84958	-0.25334	36,4894	15,1889

253	08-03-2017	35.84960	-0.25316	36,4867	15,1867
254	08-03-2017	35.84960	-0.25298	36,3671	15,1861
255	08-03-2017	35.84960	-0.25280	36,3806	15,1846
256	08-03-2017	35.84962	-0.25260	36,2053	15,1818
257	08-03-2017	35.84964	-0.25242	36,3184	15,1804
258	08-03-2017	35.84966	-0.25222	36,2486	15,1782
259	08-03-2017	35.84966	-0.25204	35,6617	15,1761
260	08-03-2017	35.84968	-0.25186	36,0045	15,1754
261	08-03-2017	35.84970	-0.25168	36,4882	15,1732
262	08-03-2017	35.84970	-0.25150	36,5749	15,1732
263	08-03-2017	35.84970	-0.25130	36,0997	15,1711
264	08-03-2017	35.84972	-0.25110	35,8314	15,1704
265	08-03-2017	35.84972	-0.25092	36,1482	15,169
266	08-03-2017	35.84974	-0.25074	36,6338	15,1662
267	08-03-2017	35.84976	-0.25056	36,5172	15,1662
268	08-03-2017	35.84978	-0.25038	36,2941	15,1654
269	08-03-2017	35.84980	-0.25020	36,4485	15,1647
270	08-03-2017	35.84980	-0.25000	36,1795	15,1633
271	08-03-2017	35.84980	-0.24980	36,4216	15,1626
272	08-03-2017	35.84984	-0.24962	36,2779	15,1597
273	08-03-2017	35.84984	-0.24944	36,4163	15,1583
274	08-03-2017	35.84986	-0.24926	36,1622	15,1569
275	08-03-2017	35.84988	-0.24908	36,1775	15,1555
276	08-03-2017	35.84990	-0.24890	36,3627	15,1548
277	08-03-2017	35.84990	-0.24870	36,4146	15,1541
278	08-03-2017	35.84992	-0.24850	36,4533	15,1527
279	08-03-2017	35.84994	-0.24832	36,2239	15,1527
280	08-03-2017	35.84994	-0.24814	36,1724	15,1519
281	08-03-2017	35.84996	-0.24796	36,2901	15,1527
282	08-03-2017	35.84998	-0.24778	36,0373	15,1519
283	08-03-2017	35.84998	-0.24758	35,3877	15,1505
284	08-03-2017	35.84998	-0.24740	36,3683	15,1498
285	08-03-2017	35.85000	-0.24720	36,5462	15,1491
286	08-03-2017	35.85000	-0.24702	36,4473	15,1491
287	08-03-2017	35.85002	-0.24684	36,5553	15,1484
288	08-03-2017	35.85004	-0.24666	36,5438	15,1476
289	08-03-2017	35.85004	-0.24648	36,3299	15,147
290	08-03-2017	35.85006	-0.24628	36,2001	15,1462
291	08-03-2017	35.85006	-0.24610	35,8155	15,1462
292	08-03-2017	35.85008	-0.24590	35,6831	15,1455
293	08-03-2017	35.85010	-0.24572	36,1913	15,1455
294	08-03-2017	35.85010	-0.24554	36,6112	15,1455
295	08-03-2017	35.85012	-0.24536	36,7134	15,1441
296	08-03-2017	35.85014	-0.24518	36,677	15,1441
297	08-03-2017	35.85016	-0.24498	36,5434	15,1441
298	08-03-2017	35.85018	-0.24480	36,6791	15,1448

299	08-03-2017	35.85020	-0.24462	36,619	15,1441
300	08-03-2017	35.85020	-0.24442	36,6499	15,1441
301	08-03-2017	35.85020	-0.24424	36,5559	15,1427
302	08-03-2017	35.85022	-0.24406	36,4586	15,142
303	08-03-2017	35.85024	-0.24388	36,5215	15,1406
304	08-03-2017	35.85026	-0.24370	36,5318	15,1406
305	08-03-2017	35.85026	-0.24350	36,4074	15,1398
306	08-03-2017	35.85028	-0.24332	36,4998	15,1398
307	08-03-2017	35.85028	-0.24314	36,3328	15,1398
308	08-03-2017	35.85030	-0.24294	36,4519	15,1391
309	08-03-2017	35.85030	-0.24276	36,4137	15,1391
310	08-03-2017	35.85032	-0.24258	36,4171	15,1384
311	08-03-2017	35.85032	-0.24240	36,0724	15,1391
312	08-03-2017	35.85034	-0.24220	35,5569	15,1391
313	08-03-2017	35.85036	-0.24202	36,2628	15,1398
314	08-03-2017	35.85038	-0.24184	36,638	15,1398
315	08-03-2017	35.85038	-0.24164	36,613	15,1406
316	08-03-2017	35.85040	-0.24146	36,6918	15,1413
317	08-03-2017	35.85040	-0.24128	36,5557	15,142
318	08-03-2017	35.85042	-0.24110	36,4772	15,142
319	08-03-2017	35.85042	-0.24090	36,4278	15,142
320	08-03-2017	35.85046	-0.24072	36,6154	15,142
321	08-03-2017	35.85046	-0.24054	36,2891	15,1427
322	08-03-2017	35.85048	-0.24034	36,5186	15,1427
323	08-03-2017	35.85048	-0.24016	36,4533	15,1427
324	08-03-2017	35.85050	-0.23998	36,2341	15,1427
325	08-03-2017	35.85050	-0.23980	36,0685	15,1434
326	08-03-2017	35.85052	-0.23960	36,2913	15,1434
327	08-03-2017	35.85052	-0.23942	36,3593	15,1434
328	08-03-2017	35.85054	-0.23924	36,0771	15,1441
329	08-03-2017	35.85056	-0.23906	35,7792	15,1441
330	08-03-2017	35.85056	-0.23886	35,6054	15,1441
331	08-03-2017	35.85058	-0.23868	35,9759	15,1448
332	08-03-2017	35.85060	-0.23850	36,0548	15,1441
333	08-03-2017	35.85060	-0.23830	36,2228	15,1448
334	08-03-2017	35.85060	-0.23812	36,2598	15,1441
335	08-03-2017	35.85064	-0.23794	35,971	15,1441
336	08-03-2017	35.85064	-0.23776	36,3829	15,1441
337	08-03-2017	35.85066	-0.23758	36,6445	15,1448
338	08-03-2017	35.85068	-0.23738	36,6032	15,1441
339	08-03-2017	35.85070	-0.23720	36,6013	15,1441
340	08-03-2017	35.85070	-0.23700	36,6573	15,1441
341	08-03-2017	35.85070	-0.23682	36,6032	15,1441
342	08-03-2017	35.85072	-0.23664	36,6698	15,1448
343	08-03-2017	35.85074	-0.23646	36,0389	15,1441
344	08-03-2017	35.85074	-0.23628	36,011	15,1441

345	08-03-2017	35.85076	-0.23610	35,8825	15,1441
346	08-03-2017	35.85078	-0.23590	35,7402	15,1441
347	08-03-2017	35.85078	-0.23570	36,2001	15,1441
348	08-03-2017	35.85080	-0.23552	36,6265	15,1441
349	08-03-2017	35.85080	-0.23534	36,6788	15,1441
350	08-03-2017	35.85082	-0.23516	36,6776	15,1434
351	08-03-2017	35.85084	-0.23498	36,662	15,1441
352	08-03-2017	35.85086	-0.23480	36,3565	15,1434
353	08-03-2017	35.85088	-0.23460	36,2521	15,1434
354	08-03-2017	35.85088	-0.23440	36,2807	15,1427
355	08-03-2017	35.85088	-0.23422	36,2854	15,1427
356	08-03-2017	35.85090	-0.23404	36,2991	15,142
357	08-03-2017	35.85090	-0.23386	36,1042	15,142
358	08-03-2017	35.85092	-0.23368	36,3811	15,142
359	08-03-2017	35.85092	-0.23350	36,508	15,142
360	08-03-2017	35.85094	-0.23330	36,4437	15,142
361	08-03-2017	35.85096	-0.23310	36,449	15,1413
362	08-03-2017	35.85096	-0.23292	36,3333	15,1413
363	08-03-2017	35.85098	-0.23274	36,3946	15,1406
364	08-03-2017	35.85100	-0.23256	36,3218	15,1406
365	08-03-2017	35.85100	-0.23238	36,2621	15,1406
366	08-03-2017	35.85102	-0.23220	36,3912	15,1413
367	08-03-2017	35.85104	-0.23200	35,515	15,1413
368	08-03-2017	35.85106	-0.23182	35,7511	15,1413
369	08-03-2017	35.85108	-0.23162	36,1375	15,1413
370	08-03-2017	35.85110	-0.23144	36,2515	15,142
371	08-03-2017	35.85110	-0.23126	36,3037	15,142
372	08-03-2017	35.85110	-0.23108	36,1555	15,142
373	08-03-2017	35.85112	-0.23090	36,2785	15,142
374	08-03-2017	35.85112	-0.23070	36,1841	15,1413
375	08-03-2017	35.85114	-0.23050	36,6012	15,1413
376	08-03-2017	35.85116	-0.23032	36,6257	15,142
377	08-03-2017	35.85116	-0.23014	36,519	15,1413
378	08-03-2017	35.85118	-0.22996	36,4819	15,142
379	08-03-2017	35.85120	-0.22976	36,4306	15,142
380	08-03-2017	35.85120	-0.22958	36,1986	15,1427
381	08-03-2017	35.85120	-0.22940	36,1495	15,1434
382	08-03-2017	35.85122	-0.22920	36,4984	15,1434
383	08-03-2017	35.85124	-0.22902	36,2803	15,1441
384	08-03-2017	35.85126	-0.22882	36,2952	15,1441
385	08-03-2017	35.85128	-0.22864	36,3879	15,1448
386	08-03-2017	35.85130	-0.22846	36,4618	15,1455
387	08-03-2017	35.85130	-0.22828	36,4375	15,1455
388	08-03-2017	35.85130	-0.22810	36,3791	15,1462
389	08-03-2017	35.85132	-0.22790	36,4362	15,147
390	08-03-2017	35.85134	-0.22770	36,3479	15,1476

391	08-03-2017	35.85134	-0.22752	36,3174	15,1484
392	08-03-2017	35.85136	-0.22734	36,0285	15,1484
393	08-03-2017	35.85138	-0.22716	35,941	15,1484
394	08-03-2017	35.85138	-0.22698	35,9962	15,1491
395	08-03-2017	35.85138	-0.22678	36,0493	15,1491
396	08-03-2017	35.85140	-0.22660	36,2638	15,1498
397	08-03-2017	35.85142	-0.22640	36,3005	15,1505
398	08-03-2017	35.85142	-0.22622	36,2839	15,1512
399	08-03-2017	35.85144	-0.22604	36,2308	15,1512
400	08-03-2017	35.85146	-0.22586	36,0615	15,1519
401	08-03-2017	35.85146	-0.22568	35,853	15,1519
402	08-03-2017	35.85146	-0.22548	36,1652	15,1527
403	08-03-2017	35.85150	-0.22530	36,1646	15,1533
404	08-03-2017	35.85150	-0.22510	35,2335	15,1548
405	08-03-2017	35.85150	-0.22492	35,4974	15,1555
406	08-03-2017	35.85150	-0.22474	36,4096	15,1555
407	08-03-2017	35.85154	-0.22456	36,5424	15,1562
408	08-03-2017	35.85154	-0.22438	36,6217	15,1562
409	08-03-2017	35.85154	-0.22418	36,5536	15,1562
410	08-03-2017	35.85156	-0.22400	36,3813	15,1569
411	08-03-2017	35.85158	-0.22380	36,4018	15,1569
412	08-03-2017	35.85158	-0.22362	36,426	15,1569
413	08-03-2017	35.85160	-0.22344	36,1563	15,1562
414	08-03-2017	35.85160	-0.22326	35,7489	15,1569
415	08-03-2017	35.85160	-0.22308	36,0507	15,1576
416	08-03-2017	35.85162	-0.22288	36,5208	15,1583
417	08-03-2017	35.85164	-0.22270	36,6178	15,1583
418	08-03-2017	35.85166	-0.22250	36,5647	15,1583
419	08-03-2017	35.85168	-0.22232	36,6106	15,159
420	08-03-2017	35.85168	-0.22214	36,452	15,159
421	08-03-2017	35.85170	-0.22196	36,4495	15,1597
422	08-03-2017	35.85170	-0.22178	36,4964	15,1605
423	08-03-2017	35.85172	-0.22158	36,3229	15,1605
424	08-03-2017	35.85172	-0.22140	36,2263	15,1612
425	08-03-2017	35.85174	-0.22120	36,2337	15,1612
426	08-03-2017	35.85176	-0.22102	36,1865	15,1619
427	08-03-2017	35.85176	-0.22084	35,6374	15,1619
428	08-03-2017	35.85178	-0.22066	36,0514	15,1619
429	08-03-2017	35.85180	-0.22048	36,5243	15,1626
430	08-03-2017	35.85180	-0.22028	36,5805	15,1633
431	08-03-2017	35.85180	-0.22010	36,5684	15,1633
432	08-03-2017	35.85182	-0.21990	36,4651	15,164
433	08-03-2017	35.85184	-0.21972	36,2199	15,164
434	08-03-2017	35.85184	-0.21954	36,3077	15,1647
435	08-03-2017	35.85186	-0.21936	35,9305	15,1647
436	08-03-2017	35.85188	-0.21918	35,8964	15,1654

437	08-03-2017	35.85188	-0.21900	36,1804	15,1654
438	08-03-2017	35.85188	-0.21880	36,0481	15,1654
439	08-03-2017	35.85190	-0.21860	36,2149	15,1654
440	08-03-2017	35.85192	-0.21842	35,8434	15,1654
441	08-03-2017	35.85192	-0.21824	36,1462	15,1662
442	08-03-2017	35.85194	-0.21806	35,9295	15,1669
443	08-03-2017	35.85196	-0.21788	35,5759	15,1662
444	08-03-2017	35.85196	-0.21770	36,1192	15,1662
445	08-03-2017	35.85198	-0.21750	36,5697	15,1669
446	08-03-2017	35.85200	-0.21732	36,5781	15,1669
447	08-03-2017	35.85200	-0.21714	36,5532	15,1676
448	08-03-2017	35.85200	-0.21694	36,6558	15,1676
449	08-03-2017	35.85202	-0.21676	36,5849	15,1676
450	08-03-2017	35.85202	-0.21658	36,6623	15,1676
451	08-03-2017	35.85204	-0.21640	36,4991	15,1676
452	08-03-2017	35.85206	-0.21620	36,5168	15,1676
453	08-03-2017	35.85208	-0.21602	36,4338	15,1676
454	08-03-2017	35.85210	-0.21584	36,1849	15,1676
455	08-03-2017	35.85210	-0.21566	36,3744	15,1683
456	08-03-2017	35.85212	-0.21548	36,2662	15,1683
457	08-03-2017	35.85214	-0.21530	36,3498	15,1676
458	08-03-2017	35.85214	-0.21510	36,1968	15,1669
459	08-03-2017	35.85218	-0.21490	35,6636	15,1669
460	08-03-2017	35.85218	-0.21472	36,3403	15,1669
461	08-03-2017	35.85220	-0.21454	36,7107	15,1669
462	08-03-2017	35.85220	-0.21436	36,7014	15,1669
463	08-03-2017	35.85220	-0.21418	36,7191	15,1669
464	08-03-2017	35.85220	-0.21400	36,7116	15,1669
465	08-03-2017	35.85222	-0.21380	36,7057	15,1662
466	08-03-2017	35.85222	-0.21362	36,7111	15,1654
467	08-03-2017	35.85224	-0.21342	36,6868	15,1654
468	08-03-2017	35.85226	-0.21324	36,6877	15,1654
469	08-03-2017	35.85226	-0.21306	36,7176	15,1654
470	08-03-2017	35.85228	-0.21288	36,6725	15,1647
471	08-03-2017	35.85228	-0.21270	36,6831	15,1654
472	08-03-2017	35.85228	-0.21250	36,6296	15,1647
473	08-03-2017	35.85230	-0.21232	36,5176	15,1647
474	08-03-2017	35.85232	-0.21212	36,4936	15,1654
475	08-03-2017	35.85234	-0.21194	36,4927	15,1654
476	08-03-2017	35.85234	-0.21176	36,4834	15,1654
477	08-03-2017	35.85236	-0.21158	35,7324	15,1647
478	08-03-2017	35.85238	-0.21140	35,761	15,164
479	08-03-2017	35.85240	-0.21120	35,5206	15,1647
480	08-03-2017	35.85240	-0.21102	35,4952	15,164
481	08-03-2017	35.85240	-0.21084	36,6066	15,1633
482	08-03-2017	35.85242	-0.21066	36,6234	15,1633

483	08-03-2017	35.85244	-0.21046	36,5383	15,1626
484	08-03-2017	35.85244	-0.21028	36,5485	15,1626
485	08-03-2017	35.85246	-0.21010	36,5401	15,1626
486	08-03-2017	35.85248	-0.20990	36,3713	15,1626
487	08-03-2017	35.85248	-0.20972	36,5607	15,1626
488	08-03-2017	35.85250	-0.20954	36,4888	15,1626
489	08-03-2017	35.85250	-0.20936	36,3638	15,1626
490	08-03-2017	35.85250	-0.20916	36,2976	15,1626
491	08-03-2017	35.85250	-0.20898	36,2063	15,1626
492	08-03-2017	35.85252	-0.20880	35,6712	15,1626
493	08-03-2017	35.85254	-0.20860	36,2498	15,1619
494	08-03-2017	35.85254	-0.20842	36,5336	15,1626
495	08-03-2017	35.85256	-0.20824	36,6052	15,1619
496	08-03-2017	35.85258	-0.20806	36,3728	15,1619
497	08-03-2017	35.85258	-0.20788	36,1166	15,1619
498	08-03-2017	35.85260	-0.20770	36,4503	15,1619
499	08-03-2017	35.85260	-0.20750	35,8997	15,1619
500	08-03-2017	35.85262	-0.20730	36,3999	15,1619
501	08-03-2017	35.85262	-0.20712	36,6544	15,1612
502	08-03-2017	35.85264	-0.20694	36,5191	15,1612
503	08-03-2017	35.85266	-0.20676	36,4584	15,1612
504	08-03-2017	35.85268	-0.20658	36,0616	15,1619
505	08-03-2017	35.85270	-0.20640	36,3113	15,1619
506	08-03-2017	35.85270	-0.20620	36,3542	15,1619
507	08-03-2017	35.85270	-0.20602	35,9434	15,1619
508	08-03-2017	35.85272	-0.20584	36,6313	15,1619
509	08-03-2017	35.85272	-0.20564	36,5828	15,1619
510	08-03-2017	35.85274	-0.20548	36,5706	15,1619
511	08-03-2017	35.85276	-0.20528	36,5902	15,1619
512	08-03-2017	35.85276	-0.20510	36,5611	15,1612
513	08-03-2017	35.85278	-0.20490	36,2209	15,1619
514	08-03-2017	35.85278	-0.20472	36,4372	15,1619
515	08-03-2017	35.85278	-0.20454	36,495	15,1619
516	08-03-2017	35.85278	-0.20436	36,4668	15,1612
517	08-03-2017	35.85280	-0.20418	36,45	15,1612
518	08-03-2017	35.85280	-0.20400	36,357	15,1619
519	08-03-2017	35.85280	-0.20380	36,385	15,1619
520	08-03-2017	35.85282	-0.20362	36,2936	15,1619
521	08-03-2017	35.85282	-0.20344	36,265	15,1626
522	08-03-2017	35.85284	-0.20326	36,3554	15,1626
523	08-03-2017	35.85286	-0.20308	35,98	15,1626
524	08-03-2017	35.85286	-0.20290	35,31	15,1626
525	08-03-2017	35.85288	-0.20270	36,1166	15,1619
526	08-03-2017	35.85290	-0.20252	36,22	15,1619
527	08-03-2017	35.85290	-0.20234	36,5495	15,1626
528	08-03-2017	35.85292	-0.20216	36,5317	15,1626

529	08-03-2017	35.85294	-0.20198	36,5529	15,1619
530	08-03-2017	35.85296	-0.20180	36,5529	15,1619
531	08-03-2017	35.85296	-0.20160	36,5174	15,1619
532	08-03-2017	35.85298	-0.20142	36,5128	15,1619
533	08-03-2017	35.85300	-0.20124	35,8141	15,1619
534	08-03-2017	35.85300	-0.20106	36,357	15,1619
535	08-03-2017	35.85300	-0.20088	36,5893	15,1619
536	08-03-2017	35.85300	-0.20068	36,6136	15,1619
537	08-03-2017	35.85302	-0.20050	36,4674	15,1626
538	08-03-2017	35.85302	-0.20030	36,5158	15,1626
539	08-03-2017	35.85304	-0.20012	36,2641	15,1626
540	08-03-2017	35.85304	-0.19994	36,5093	15,1626
541	08-03-2017	35.85306	-0.19976	36,1355	15,1626
542	08-03-2017	35.85308	-0.19958	35,8079	15,1626
543	08-03-2017	35.85308	-0.19940	35,8165	15,1633
544	08-03-2017	35.85310	-0.19920	35,975	15,164
545	08-03-2017	35.85310	-0.19902	36,0525	15,1647
546	08-03-2017	35.85312	-0.19884	35,7448	15,1654
547	08-03-2017	35.85312	-0.19866	36,0065	15,1662
548	08-03-2017	35.85314	-0.19848	36,0568	15,1662
549	08-03-2017	35.85316	-0.19828	36,2471	15,1669
550	08-03-2017	35.85318	-0.19810	35,6127	15,1676
551	08-03-2017	35.85318	-0.19792	35,597	15,1676
552	08-03-2017	35.85320	-0.19774	35,8882	15,1683
553	08-03-2017	35.85320	-0.19756	36,1545	15,1683
554	08-03-2017	35.85320	-0.19738	35,9908	15,169
555	08-03-2017	35.85320	-0.19720	36,1258	15,169
556	08-03-2017	35.85322	-0.19700	36,526	15,1697
557	08-03-2017	35.85324	-0.19682	36,3137	15,1704
558	08-03-2017	35.85324	-0.19664	36,3146	15,1704
559	08-03-2017	35.85326	-0.19646	36,5142	15,1704
560	08-03-2017	35.85326	-0.19628	36,4787	15,1704
561	08-03-2017	35.85328	-0.19610	36,4687	15,1711
562	08-03-2017	35.85328	-0.19590	36,4044	15,1711
563	08-03-2017	35.85328	-0.19572	36,3394	15,1718
564	08-03-2017	35.85330	-0.19554	36,2443	15,1718
565	08-03-2017	35.85330	-0.19536	36,1812	15,1725
566	08-03-2017	35.85332	-0.19518	36,3468	15,1718
567	08-03-2017	35.85334	-0.19500	35,7495	15,1725
568	08-03-2017	35.85336	-0.19480	35,5485	15,1718
569	08-03-2017	35.85336	-0.19462	36,29	15,1718
570	08-03-2017	35.85338	-0.19444	36,3804	15,1718
571	08-03-2017	35.85340	-0.19426	36,4429	15,1718
572	08-03-2017	35.85340	-0.19408	35,8028	15,1711
573	08-03-2017	35.85340	-0.19390	36,4286	15,1711
574	08-03-2017	35.85342	-0.19370	36,065	15,1704

575	08-03-2017	35.85344	-0.19352	35,5802	15,1697
576	08-03-2017	35.85344	-0.19334	36,0312	15,1697
577	08-03-2017	35.85344	-0.19316	35,5706	15,169
578	08-03-2017	35.85346	-0.19298	35,7283	15,1683
579	08-03-2017	35.85348	-0.19280	35,9999	15,1683
580	08-03-2017	35.85350	-0.19260	36,3408	15,1683
581	08-03-2017	35.85350	-0.19242	36,431	15,1676
582	08-03-2017	35.85350	-0.19226	36,1365	15,1676
583	08-03-2017	35.85352	-0.19206	36,2026	15,1676
584	08-03-2017	35.85354	-0.19188	36,307	15,1676
585	08-03-2017	35.85356	-0.19170	35,8396	15,1676
586	08-03-2017	35.85356	-0.19152	36,235	15,1669
587	08-03-2017	35.85356	-0.19134	36,3577	15,1662
588	08-03-2017	35.85358	-0.19116	36,2024	15,1669
589	08-03-2017	35.85360	-0.19098	36,2909	15,1669
590	08-03-2017	35.85360	-0.19080	36,2415	15,1669
591	08-03-2017	35.85360	-0.19060	36,2552	15,1662
592	08-03-2017	35.85362	-0.19042	35,7851	15,1662
593	08-03-2017	35.85364	-0.19024	35,261	15,1654
594	08-03-2017	35.85364	-0.19006	35,532	15,1654
595	08-03-2017	35.85366	-0.18988	36,6448	15,1654
596	08-03-2017	35.85366	-0.18970	36,5493	15,1647
597	08-03-2017	35.85368	-0.18950	36,5892	15,164
598	08-03-2017	35.85368	-0.18932	36,6178	15,1633
599	08-03-2017	35.85368	-0.18914	36,6029	15,1633
600	08-03-2017	35.85368	-0.18896	36,5712	15,1633
601	08-03-2017	35.85370	-0.18878	36,6904	15,1626
602	08-03-2017	35.85372	-0.18860	36,4988	15,1619
603	08-03-2017	35.85372	-0.18840	36,2051	15,1619
604	08-03-2017	35.85374	-0.18822	36,2815	15,1619
605	08-03-2017	35.85376	-0.18804	36,426	15,1619
606	08-03-2017	35.85378	-0.18786	36,4251	15,1619
607	08-03-2017	35.85380	-0.18768	36,0821	15,1619
608	08-03-2017	35.85380	-0.18750	36,1843	15,1612
609	08-03-2017	35.85380	-0.18730	36,0077	15,1619
610	08-03-2017	35.85382	-0.18712	36,0735	15,1612
611	08-03-2017	35.85382	-0.18694	36,5184	15,1619
612	08-03-2017	35.85384	-0.18676	35,6428	15,1612
613	08-03-2017	35.85386	-0.18658	35,6223	15,1612
614	08-03-2017	35.85386	-0.18640	36,5041	15,1612
615	08-03-2017	35.85388	-0.18620	36,7188	15,1612
616	08-03-2017	35.85390	-0.18602	36,7039	15,1612
617	08-03-2017	35.85390	-0.18584	36,7163	15,1619
618	08-03-2017	35.85390	-0.18566	36,7447	15,1605
619	08-03-2017	35.85392	-0.18548	36,4143	15,1605
620	08-03-2017	35.85394	-0.18530	36,3922	15,1612

621	08-03-2017	35.85394	-0.18510	36,185	15,1605
622	08-03-2017	35.85396	-0.18492	36,3322	15,1605
623	08-03-2017	35.85398	-0.18474	36,3043	15,1605
624	08-03-2017	35.85398	-0.18456	36,5337	15,1605
625	08-03-2017	35.85398	-0.18438	36,6373	15,1605
626	08-03-2017	35.85400	-0.18420	36,6578	15,1605
627	08-03-2017	35.85400	-0.18400	36,642	15,1605
628	08-03-2017	35.85400	-0.18382	36,4976	15,1612
629	08-03-2017	35.85400	-0.18364	36,5277	15,1619
630	08-03-2017	35.85402	-0.18346	36,589	15,1612
631	08-03-2017	35.85404	-0.18328	36,5471	15,1612
632	08-03-2017	35.85406	-0.18310	36,5944	15,1605
633	08-03-2017	35.85406	-0.18290	36,2884	15,1605
634	08-03-2017	35.85408	-0.18272	36,28	15,1605
635	08-03-2017	35.85410	-0.18254	36,331	15,1597
636	08-03-2017	35.85410	-0.18236	36,3217	15,1597
637	08-03-2017	35.85410	-0.18218	36,0276	15,1605
638	08-03-2017	35.85410	-0.18200	35,3679	15,159
639	08-03-2017	35.85410	-0.18180	35,813	15,159
640	08-03-2017	35.85412	-0.18162	36,5905	15,1576
641	08-03-2017	35.85414	-0.18144	36,6615	15,1576
642	08-03-2017	35.85414	-0.18126	36,6939	15,1569
643	08-03-2017	35.85416	-0.18108	36,6939	15,1569
644	08-03-2017	35.85418	-0.18090	36,6591	15,1562
645	08-03-2017	35.85418	-0.18070	36,5704	15,1562
646	08-03-2017	35.85420	-0.18052	36,628	15,1555
647	08-03-2017	35.85422	-0.18034	36,6081	15,1548
648	08-03-2017	35.85422	-0.18016	36,4781	15,1541
649	08-03-2017	35.85424	-0.17998	36,5466	15,1527
650	08-03-2017	35.85426	-0.17980	36,3693	15,1527
651	08-03-2017	35.85428	-0.17960	36,3143	15,1527
652	08-03-2017	35.85428	-0.17942	36,2824	15,1519
653	08-03-2017	35.85430	-0.17924	36,2206	15,1512
654	08-03-2017	35.85430	-0.17906	36,4357	15,1505
655	08-03-2017	35.85430	-0.17888	36,536	15,1491
656	08-03-2017	35.85432	-0.17870	36,5851	15,1484
657	08-03-2017	35.85432	-0.17850	36,5436	15,147
658	08-03-2017	35.85434	-0.17832	36,2681	15,1462
659	08-03-2017	35.85436	-0.17814	35,7767	15,1448
660	08-03-2017	35.85436	-0.17796	35,7504	15,1441
661	08-03-2017	35.85436	-0.17778	36,5506	15,1434
662	08-03-2017	35.85438	-0.17760	36,3808	15,1434
663	08-03-2017	35.85440	-0.17740	36,5139	15,1427
664	08-03-2017	35.85440	-0.17722	36,4145	15,1413
665	08-03-2017	35.85440	-0.17702	36,5281	15,1406
666	08-03-2017	35.85442	-0.17686	36,5443	15,1391

667	08-03-2017	35.85442	-0.17668	36,4383	15,1377
668	08-03-2017	35.85444	-0.17650	36,3177	15,137
669	08-03-2017	35.85444	-0.17630	36,4144	15,1363
670	08-03-2017	35.85446	-0.17612	36,191	15,1349
671	08-03-2017	35.85448	-0.17594	36,1842	15,1341
672	08-03-2017	35.85446	-0.17576	36,3313	15,1334
673	08-03-2017	35.85448	-0.17558	36,069	15,1327
674	08-03-2017	35.85450	-0.17540	35,4453	15,132
675	08-03-2017	35.85450	-0.17520	36,2024	15,1306
676	08-03-2017	35.85450	-0.17502	36,6268	15,1299
677	08-03-2017	35.85450	-0.17484	36,6505	15,1285
678	08-03-2017	35.85454	-0.17466	36,5818	15,1271
679	08-03-2017	35.85454	-0.17450	36,5909	15,1263
680	08-03-2017	35.85454	-0.17430	36,6359	15,1242
681	08-03-2017	35.85456	-0.17410	36,6263	15,1235
682	08-03-2017	35.85458	-0.17394	36,5926	15,1235
683	08-03-2017	35.85460	-0.17376	36,5503	15,1228
684	08-03-2017	35.85460	-0.17358	36,0165	15,122
685	08-03-2017	35.85460	-0.17340	35,5108	15,1214
686	08-03-2017	35.85462	-0.17320	35,2872	15,1199
687	08-03-2017	35.85462	-0.17302	36,0728	15,1185
688	08-03-2017	35.85464	-0.17284	35,3855	15,1171
689	08-03-2017	35.85464	-0.17266	36,4041	15,1163
690	08-03-2017	35.85466	-0.17248	36,3929	15,1163
691	08-03-2017	35.85468	-0.17230	36,3796	15,1156
692	08-03-2017	35.85468	-0.17210	36,3298	15,115
693	08-03-2017	35.85468	-0.17192	36,324	15,1142
694	08-03-2017	35.85468	-0.17174	36,4074	15,1128
695	08-03-2017	35.85470	-0.17156	36,5491	15,1121
696	08-03-2017	35.85474	-0.17138	36,4704	15,1114
697	08-03-2017	35.85474	-0.17120	36,5102	15,1107
698	08-03-2017	35.85476	-0.17100	36,4521	15,1099
699	08-03-2017	35.85478	-0.17082	35,6034	15,1085
700	08-03-2017	35.85480	-0.17064	35,8528	15,1085
701	08-03-2017	35.85480	-0.17046	36,5085	15,1085
702	08-03-2017	35.85480	-0.17028	36,4793	15,1078
703	08-03-2017	35.85482	-0.17010	36,427	15,1078
704	08-03-2017	35.85484	-0.16990	36,4167	15,1078
705	08-03-2017	35.85484	-0.16972	36,603	15,1064
706	08-03-2017	35.85484	-0.16954	36,3951	15,105
707	08-03-2017	35.85484	-0.16936	36,4353	15,105
708	08-03-2017	35.85486	-0.16918	36,3619	15,1036
709	08-03-2017	35.85486	-0.16900	36,2851	15,1028
710	08-03-2017	35.85488	-0.16880	35,8773	15,1021
711	08-03-2017	35.85490	-0.16862	35,5073	15,1007
712	08-03-2017	35.85490	-0.16844	36,2784	15,1

713	08-03-2017	35.85490	-0.16826	36,5702	15,0986
714	08-03-2017	35.85492	-0.16808	36,3299	15,0979
715	08-03-2017	35.85492	-0.16790	36,4765	15,0979
716	08-03-2017	35.85494	-0.16770	36,2216	15,0979
717	08-03-2017	35.85494	-0.16752	36,0235	15,0972
718	08-03-2017	35.85496	-0.16734	36,1072	15,0964
719	08-03-2017	35.85498	-0.16716	36,1147	15,0964
720	08-03-2017	35.85498	-0.16698	36,4103	15,0957
721	08-03-2017	35.85500	-0.16680	36,4773	15,095
722	08-03-2017	35.85500	-0.16660	36,4583	15,0943
723	08-03-2017	35.85500	-0.16642	35,761	15,0929
724	08-03-2017	35.85500	-0.16624	36,0729	15,0921
725	08-03-2017	35.85502	-0.16606	36,5183	15,0921
726	08-03-2017	35.85504	-0.16588	35,9887	15,0915
727	08-03-2017	35.85504	-0.16570	36,0612	15,0907
728	08-03-2017	35.85506	-0.16550	36,3701	15,0907
729	08-03-2017	35.85508	-0.16532	36,0208	15,09
730	08-03-2017	35.85508	-0.16514	36,4163	15,0893
731	08-03-2017	35.85508	-0.16496	36,4468	15,0886
732	08-03-2017	35.85510	-0.16478	35,9084	15,0886
733	08-03-2017	35.85512	-0.16460	36,3836	15,0893
734	08-03-2017	35.85512	-0.16440	36,0119	15,0886
735	08-03-2017	35.85514	-0.16422	36,0175	15,0886
736	08-03-2017	35.85514	-0.16404	35,91	15,0879
737	08-03-2017	35.85516	-0.16386	35,7224	15,0872
738	08-03-2017	35.85518	-0.16368	35,3581	15,0858
739	08-03-2017	35.85520	-0.16350	36,0814	15,0851
740	08-03-2017	35.85520	-0.16330	36,4461	15,0843
741	08-03-2017	35.85520	-0.16312	36,5047	15,0836
742	08-03-2017	35.85522	-0.16296	36,5003	15,0843
743	08-03-2017	35.85522	-0.16276	36,5496	15,0836
744	08-03-2017	35.85524	-0.16258	36,4951	15,0829
745	08-03-2017	35.85524	-0.16240	36,4381	15,0829
746	08-03-2017	35.85526	-0.16220	36,0815	15,0829
747	08-03-2017	35.85526	-0.16202	36,5498	15,0815
748	08-03-2017	35.85528	-0.16184	36,3084	15,0808
749	08-03-2017	35.85528	-0.16166	36,4965	15,0815
750	08-03-2017	35.85530	-0.16148	36,2073	15,08
751	08-03-2017	35.85530	-0.16130	36,4969	15,08
752	08-03-2017	35.85530	-0.16110	36,491	15,0794
753	08-03-2017	35.85532	-0.16092	35,9689	15,0786
754	08-03-2017	35.85534	-0.16074	35,5121	15,0779
755	08-03-2017	35.85534	-0.16056	35,8353	15,0779
756	08-03-2017	35.85536	-0.16038	35,9919	15,0779
757	08-03-2017	35.85536	-0.16020	35,7074	15,0772
758	08-03-2017	35.85538	-0.16000	36,1567	15,0772

759	08-03-2017	35.85538	-0.15982	36,4783	15,0779
760	08-03-2017	35.85540	-0.15964	36,6643	15,0779
761	08-03-2017	35.85540	-0.15946	36,6367	15,0765
762	08-03-2017	35.85540	-0.15926	36,5972	15,0758
763	08-03-2017	35.85540	-0.15908	36,5648	15,0744
764	08-03-2017	35.85542	-0.15890	36,6144	15,0744
765	08-03-2017	35.85544	-0.15870	36,6095	15,0737
766	08-03-2017	35.85544	-0.15852	36,6185	15,073
767	08-03-2017	35.85546	-0.15834	36,6335	15,073
768	08-03-2017	35.85550	-0.15816	36,4801	15,073
769	08-03-2017	35.85550	-0.15798	36,565	15,0722
770	08-03-2017	35.85552	-0.15780	36,5126	15,0722
771	08-03-2017	35.85554	-0.15760	36,4466	15,0708
772	08-03-2017	35.85556	-0.15742	36,5763	15,0701
773	08-03-2017	35.85556	-0.15724	36,0209	15,0687
774	08-03-2017	35.85558	-0.15706	35,6419	15,0694
775	08-03-2017	35.85558	-0.15688	35,6854	15,0687
776	08-03-2017	35.85558	-0.15670	36,4848	15,0679
777	08-03-2017	35.85558	-0.15650	36,6267	15,0673
778	08-03-2017	35.85560	-0.15632	36,6461	15,0665
779	08-03-2017	35.85560	-0.15614	36,7013	15,0665
780	08-03-2017	35.85560	-0.15596	36,6246	15,0665
781	08-03-2017	35.85562	-0.15578	36,6084	15,0658
782	08-03-2017	35.85564	-0.15560	36,6149	15,0658
783	08-03-2017	35.85564	-0.15540	36,3146	15,0651
784	08-03-2017	35.85566	-0.15522	35,4984	15,0644
785	08-03-2017	35.85568	-0.15504	35,3495	15,0644
786	08-03-2017	35.85570	-0.15486	35,9509	15,0637
787	08-03-2017	35.85570	-0.15468	36,4278	15,063
788	08-03-2017	35.85570	-0.15450	36,579	15,0622
789	08-03-2017	35.85570	-0.15430	36,56	15,0616
790	08-03-2017	35.85570	-0.15414	36,4618	15,0616
791	08-03-2017	35.85570	-0.15396	36,5335	15,0609
792	08-03-2017	35.85572	-0.15378	36,18	15,0601
793	08-03-2017	35.85574	-0.15358	36,0752	15,0594
794	08-03-2017	35.85574	-0.15340	36,5477	15,0587
795	08-03-2017	35.85576	-0.15322	36,5484	15,058
796	08-03-2017	35.85578	-0.15304	36,4583	15,0573
797	08-03-2017	35.85578	-0.15284	36,6033	15,0573
798	08-03-2017	35.85580	-0.15268	36,6423	15,0566
799	08-03-2017	35.85580	-0.15248	36,6311	15,0566
800	08-03-2017	35.85582	-0.15230	36,4827	15,0573
801	08-03-2017	35.85582	-0.15212	36,5721	15,0566
802	08-03-2017	35.85584	-0.15194	36,2172	15,0573
803	08-03-2017	35.85586	-0.15176	36,3331	15,0573
804	08-03-2017	35.85586	-0.15158	36,449	15,0573

805	08-03-2017	35.85586	-0.15140	36,0573	15,0566
806	08-03-2017	35.85588	-0.15120	36,3851	15,0566
807	08-03-2017	35.85588	-0.15102	36,2098	15,0573
808	08-03-2017	35.85590	-0.15084	36,3524	15,0566
809	08-03-2017	35.85590	-0.15066	36,1535	15,0566
810	08-03-2017	35.85592	-0.15048	36,3293	15,0573
811	08-03-2017	35.85592	-0.15030	36,1864	15,0573
812	08-03-2017	35.85594	-0.15010	35,1517	15,058
813	08-03-2017	35.85596	-0.14992	35,4754	15,058
814	08-03-2017	35.85598	-0.14974	36,1279	15,058
815	08-03-2017	35.85600	-0.14956	36,4881	15,0594
816	08-03-2017	35.85600	-0.14938	36,5582	15,0594
817	08-03-2017	35.85600	-0.14918	36,5155	15,0601
818	08-03-2017	35.85602	-0.14900	36,5039	15,0616
819	08-03-2017	35.85602	-0.14882	36,5815	15,0616
820	08-03-2017	35.85604	-0.14864	36,4126	15,0622
821	08-03-2017	35.85604	-0.14846	36,482	15,063
822	08-03-2017	35.85606	-0.14828	36,0788	15,0637
823	08-03-2017	35.85606	-0.14808	36,3832	15,0637
824	08-03-2017	35.85608	-0.14790	35,9767	15,0651
825	08-03-2017	35.85608	-0.14770	35,8396	15,0651
826	08-03-2017	35.85608	-0.14752	35,7706	15,0651
827	08-03-2017	35.85608	-0.14734	35,8622	15,0658
828	08-03-2017	35.85610	-0.14716	35,8374	15,0665
829	08-03-2017	35.85610	-0.14698	35,8395	15,0673
830	08-03-2017	35.85612	-0.14680	36,1305	15,0673
831	08-03-2017	35.85614	-0.14660	36,3428	15,0679
832	08-03-2017	35.85616	-0.14642	36,4212	15,0679
833	08-03-2017	35.85618	-0.14624	36,3001	15,0687
834	08-03-2017	35.85618	-0.14606	35,7089	15,0694
835	08-03-2017	35.85620	-0.14588	35,9674	15,0701
836	08-03-2017	35.85620	-0.14568	36,4822	15,0708
837	08-03-2017	35.85622	-0.14550	36,4123	15,0715
838	08-03-2017	35.85624	-0.14532	36,4743	15,0722
839	08-03-2017	35.85624	-0.14514	36,3895	15,073
840	08-03-2017	35.85624	-0.14496	36,4166	15,073
841	08-03-2017	35.85628	-0.14476	36,0415	15,0737
842	08-03-2017	35.85630	-0.14458	35,5498	15,0744
843	08-03-2017	35.85630	-0.14440	36,4414	15,0744
844	08-03-2017	35.85630	-0.14420	36,1512	15,0751
845	08-03-2017	35.85632	-0.14402	36,3121	15,0758
846	08-03-2017	35.85632	-0.14384	36,4943	15,0758
847	08-03-2017	35.85634	-0.14366	36,5095	15,0765
848	08-03-2017	35.85634	-0.14348	36,3127	15,0772
849	08-03-2017	35.85636	-0.14330	36,4883	15,0772
850	08-03-2017	35.85636	-0.14310	36,3923	15,0779

851	08-03-2017	35.85638	-0.14292	36,1953	15,0779
852	08-03-2017	35.85640	-0.14272	35,5609	15,0786
853	08-03-2017	35.85640	-0.14254	36,501	15,0786
854	08-03-2017	35.85642	-0.14236	36,5097	15,0794
855	08-03-2017	35.85644	-0.14218	36,2714	15,0794
856	08-03-2017	35.85646	-0.14200	36,6409	15,08
857	08-03-2017	35.85646	-0.14180	36,6998	15,08
858	08-03-2017	35.85648	-0.14162	36,6626	15,0808
859	08-03-2017	35.85648	-0.14144	36,6822	15,0808
860	08-03-2017	35.85648	-0.14126	36,5339	15,0815
861	08-03-2017	35.85652	-0.14108	36,3003	15,0815
862	08-03-2017	35.85654	-0.14090	36,417	15,0815
863	08-03-2017	35.85652	-0.14070	36,4902	15,0822
864	08-03-2017	35.85654	-0.14052	36,2483	15,0822
865	08-03-2017	35.85656	-0.14034	36,3316	15,0829
866	08-03-2017	35.85656	-0.14016	36,144	15,0829
867	08-03-2017	35.85658	-0.13998	36,2177	15,0829
868	08-03-2017	35.85658	-0.13980	36,326	15,0829
869	08-03-2017	35.85660	-0.13960	36,2877	15,0829
870	08-03-2017	35.85662	-0.13942	35,7238	15,0836
871	08-03-2017	35.85662	-0.13924	35,6047	15,0836
872	08-03-2017	35.85662	-0.13904	35,9764	15,0836
873	08-03-2017	35.85664	-0.13888	36,6936	15,0836
874	08-03-2017	35.85666	-0.13868	36,6163	15,0843
875	08-03-2017	35.85666	-0.13850	36,5926	15,0836
876	08-03-2017	35.85668	-0.13830	36,659	15,0836
877	08-03-2017	35.85670	-0.13814	36,644	15,0836
878	08-03-2017	35.85670	-0.13794	36,6665	15,0836
879	08-03-2017	35.85670	-0.13776	36,6618	15,0836
880	08-03-2017	35.85672	-0.13758	36,3702	15,0836
881	08-03-2017	35.85672	-0.13740	36,5882	15,0843
882	08-03-2017	35.85674	-0.13720	36,4798	15,0843
883	08-03-2017	35.85676	-0.13702	36,5742	15,0843
884	08-03-2017	35.85678	-0.13684	36,3546	15,0843
885	08-03-2017	35.85678	-0.13666	36,2612	15,0843
886	08-03-2017	35.85680	-0.13648	36,2444	15,0843
887	08-03-2017	35.85680	-0.13630	36,4144	15,0843
888	08-03-2017	35.85682	-0.13610	36,1996	15,0843
889	08-03-2017	35.85682	-0.13592	36,3216	15,0836
890	08-03-2017	35.85684	-0.13574	36,3692	15,0836
891	08-03-2017	35.85684	-0.13556	36,3748	15,0836
892	08-03-2017	35.85686	-0.13538	35,9808	15,0829
893	08-03-2017	35.85686	-0.13520	36,3692	15,0836
894	08-03-2017	35.85688	-0.13500	36,4185	15,0829
895	08-03-2017	35.85690	-0.13480	36,0237	15,0829
896	08-03-2017	35.85690	-0.13462	36,098	15,0822

897	08-03-2017	35.85690	-0.13444	36,4257	15,0822
898	08-03-2017	35.85692	-0.13426	35,2867	15,0815
899	08-03-2017	35.85694	-0.13408	36,6289	15,0808
900	08-03-2017	35.85694	-0.13390	36,7561	15,0808
901	08-03-2017	35.85696	-0.13370	36,7318	15,0808
902	08-03-2017	35.85698	-0.13352	36,7197	15,0808
903	08-03-2017	35.85698	-0.13334	36,7234	15,0808
904	08-03-2017	35.85700	-0.13316	36,6785	15,0808
905	08-03-2017	35.85702	-0.13298	36,6748	15,0808
906	08-03-2017	35.85704	-0.13280	36,697	15,08
907	08-03-2017	35.85704	-0.13260	36,5212	15,08
908	08-03-2017	35.85706	-0.13240	36,4277	15,08
909	08-03-2017	35.85708	-0.13222	36,5013	15,0794
910	08-03-2017	35.85708	-0.13204	36,4826	15,0794
911	08-03-2017	35.85708	-0.13186	36,501	15,0786
912	08-03-2017	35.85710	-0.13168	36,5854	15,0794
913	08-03-2017	35.85710	-0.13148	36,0316	15,0794
914	08-03-2017	35.85712	-0.13130	36,1202	15,0794
915	08-03-2017	35.85714	-0.13112	36,0307	15,0794
916	08-03-2017	35.85716	-0.13094	36,5452	15,0794
917	08-03-2017	35.85718	-0.13076	36,5873	15,0794
918	08-03-2017	35.85720	-0.13058	36,6574	15,0794
919	08-03-2017	35.85720	-0.13040	36,4835	15,0794
920	08-03-2017	35.85722	-0.13020	36,4078	15,0794
921	08-03-2017	35.85722	-0.13002	36,4627	15,0786
922	08-03-2017	35.85724	-0.12984	36,4143	15,0794
923	08-03-2017	35.85726	-0.12966	36,5328	15,0786
924	08-03-2017	35.85728	-0.12948	36,2584	15,0794
925	08-03-2017	35.85728	-0.12930	36,0146	15,0786
926	08-03-2017	35.85730	-0.12910	35,4343	15,0786
927	08-03-2017	35.85730	-0.12892	36,387	15,0786
928	08-03-2017	35.85730	-0.12874	36,6606	15,0779
929	08-03-2017	35.85732	-0.12856	36,7317	15,0779
930	08-03-2017	35.85734	-0.12838	36,7174	15,0772
931	08-03-2017	35.85736	-0.12818	36,6641	15,0772
932	08-03-2017	35.85736	-0.12798	36,7518	15,0765
933	08-03-2017	35.85738	-0.12780	36,7653	15,0751
934	08-03-2017	35.85740	-0.12762	36,6773	15,0751
935	08-03-2017	35.85740	-0.12746	36,703	15,0737
936	08-03-2017	35.85740	-0.12726	36,7133	15,0737
937	08-03-2017	35.85742	-0.12708	36,4147	15,073
938	08-03-2017	35.85742	-0.12690	36,4462	15,0722
939	08-03-2017	35.85744	-0.12670	36,3824	15,0715
940	08-03-2017	35.85746	-0.12652	36,285	15,0708
941	08-03-2017	35.85748	-0.12634	36,57	15,0708
942	08-03-2017	35.85748	-0.12616	36,4952	15,0708

943	08-03-2017	35.85750	-0.12598	36,5686	15,0694
944	08-03-2017	35.85750	-0.12580	36,4766	15,0687
945	08-03-2017	35.85752	-0.12560	36,368	15,0679
946	08-03-2017	35.85754	-0.12542	36,3995	15,0673
947	08-03-2017	35.85756	-0.12524	36,4705	15,0673
948	08-03-2017	35.85756	-0.12506	36,4345	15,0658
949	08-03-2017	35.85758	-0.12488	35,6302	15,0658
950	08-03-2017	35.85760	-0.12468	35,7883	15,0651
951	08-03-2017	35.85760	-0.12450	36,5957	15,0644
952	08-03-2017	35.85760	-0.12432	36,6995	15,0644
953	08-03-2017	35.85762	-0.12414	36,6974	15,0637
954	08-03-2017	35.85764	-0.12396	36,5954	15,0637
955	08-03-2017	35.85766	-0.12378	36,719	15,0637
956	08-03-2017	35.85768	-0.12360	36,5767	15,0637
957	08-03-2017	35.85768	-0.12340	36,6032	15,0644
958	08-03-2017	35.85770	-0.12322	36,6859	15,063
959	08-03-2017	35.85770	-0.12302	36,1544	15,0637
960	08-03-2017	35.85770	-0.12284	36,1137	15,0622
961	08-03-2017	35.85772	-0.12266	36,1464	15,0622
962	08-03-2017	35.85774	-0.12248	36,1918	15,0616
963	08-03-2017	35.85774	-0.12230	36,5569	15,0609
964	08-03-2017	35.85776	-0.12210	36,4657	15,0594
965	08-03-2017	35.85778	-0.12192	36,547	15,0594
966	08-03-2017	35.85780	-0.12174	36,3245	15,0594
967	08-03-2017	35.85780	-0.12156	36,3617	15,0587
968	08-03-2017	35.85780	-0.12138	36,1783	15,058
969	08-03-2017	35.85782	-0.12120	36,0016	15,0573
970	08-03-2017	35.85784	-0.12100	35,7542	15,0566
971	08-03-2017	35.85784	-0.12082	36,6002	15,0566
972	08-03-2017	35.85784	-0.12064	36,5432	15,0566
973	08-03-2017	35.85788	-0.12046	35,9488	15,0558
974	08-03-2017	35.85788	-0.12028	36,3858	15,0558
975	08-03-2017	35.85790	-0.12010	36,4285	15,0552
976	08-03-2017	35.85790	-0.11990	36,4051	15,0552
977	08-03-2017	35.85792	-0.11972	36,3859	15,0537
978	08-03-2017	35.85794	-0.11954	36,5187	15,0537
979	08-03-2017	35.85796	-0.11936	36,6766	15,053
980	08-03-2017	35.85796	-0.11918	36,6061	15,0523
981	08-03-2017	35.85798	-0.11900	36,5338	15,0516
982	08-03-2017	35.85800	-0.11880	36,4506	15,0516
983	08-03-2017	35.85800	-0.11862	36,5469	15,0516
984	08-03-2017	35.85800	-0.11844	36,5422	15,0516
985	08-03-2017	35.85800	-0.11826	36,4964	15,0516
986	08-03-2017	35.85802	-0.11808	36,4496	15,0516
987	08-03-2017	35.85804	-0.11790	36,0358	15,0516
988	08-03-2017	35.85802	-0.11770	36,2244	15,0516

989	08-03-2017	35.85804	-0.11752	36,4434	15,0523
990	08-03-2017	35.85806	-0.11734	36,3268	15,053
991	08-03-2017	35.85806	-0.11716	36,2887	15,0537
992	08-03-2017	35.85806	-0.11696	35,501	15,0544
993	08-03-2017	35.85808	-0.11678	35,8298	15,0544
994	08-03-2017	35.85810	-0.11660	36,2769	15,0544
995	08-03-2017	35.85810	-0.11642	36,3921	15,0552
996	08-03-2017	35.85810	-0.11622	36,4774	15,0558
997	08-03-2017	35.85814	-0.11604	36,5326	15,0558
998	08-03-2017	35.85814	-0.11586	36,5151	15,0566
999	08-03-2017	35.85816	-0.11568	36,449	15,0573
1000	08-03-2017	35.85818	-0.11550	36,4623	15,058
1001	08-03-2017	35.85820	-0.11530	36,3523	15,0587
1002	08-03-2017	35.85820	-0.11512	36,1247	15,0594
1003	08-03-2017	35.85820	-0.11494	35,9691	15,0601
1004	08-03-2017	35.85822	-0.11476	36,0807	15,0616
1005	08-03-2017	35.85824	-0.11458	35,586	15,0622
1006	08-03-2017	35.85824	-0.11440	35,8083	15,0637
1007	08-03-2017	35.85826	-0.11420	36,5268	15,0651
1008	08-03-2017	35.85828	-0.11402	36,4728	15,0658
1009	08-03-2017	35.85828	-0.11384	36,5519	15,0673
1010	08-03-2017	35.85830	-0.11364	36,5412	15,0687
1011	08-03-2017	35.85830	-0.11346	36,5828	15,0701
1012	08-03-2017	35.85832	-0.11328	36,5235	15,0715
1013	08-03-2017	35.85834	-0.11310	36,5717	15,073
1014	08-03-2017	35.85834	-0.11290	36,5489	15,0744
1015	08-03-2017	35.85838	-0.11272	36,5479	15,0765
1016	08-03-2017	35.85838	-0.11254	35,7648	15,0786
1017	08-03-2017	35.85838	-0.11236	35,6815	15,08
1018	08-03-2017	35.85840	-0.11218	36,0793	15,0822
1019	08-03-2017	35.85842	-0.11200	36,3452	15,0843
1020	08-03-2017	35.85844	-0.11180	35,7641	15,0865
1021	08-03-2017	35.85844	-0.11160	36,0255	15,09
1022	08-03-2017	35.85844	-0.11142	35,2024	15,0915
1023	08-03-2017	35.85848	-0.11126	36,638	15,095
1024	08-03-2017	35.85848	-0.11108	36,6821	15,0979
1025	08-03-2017	35.85848	-0.11088	36,681	15,1
1026	08-03-2017	35.85850	-0.11070	36,6756	15,1028
1027	08-03-2017	35.85854	-0.11052	36,6523	15,1057
1028	08-03-2017	35.85854	-0.11034	36,6681	15,1078
1029	08-03-2017	35.85856	-0.11016	36,6689	15,1099
1030	08-03-2017	35.85858	-0.10998	36,5902	15,1121
1031	08-03-2017	35.85860	-0.10980	36,0227	15,1142
1032	08-03-2017	35.85860	-0.10960	36,4085	15,1156
1033	08-03-2017	35.85860	-0.10942	36,5295	15,1171
1034	08-03-2017	35.85862	-0.10924	36,6057	15,1185

1035	08-03-2017	35.85864	-0.10906	36,5658	15,1192
1036	08-03-2017	35.85864	-0.10888	36,3719	15,1199
1037	08-03-2017	35.85866	-0.10870	36,5287	15,1199
1038	08-03-2017	35.85868	-0.10852	36,5505	15,1206
1039	08-03-2017	35.85870	-0.10834	36,3071	15,1214
1040	08-03-2017	35.85870	-0.10816	36,3664	15,1228
1041	08-03-2017	35.85872	-0.10798	36,4871	15,1235
1042	08-03-2017	35.85876	-0.10780	35,8362	15,1256
1043	08-03-2017	35.85876	-0.10760	36,4878	15,1277
1044	08-03-2017	35.85878	-0.10742	35,9279	15,1292
1045	08-03-2017	35.85880	-0.10726	35,7354	15,132
1046	08-03-2017	35.85880	-0.10708	35,9075	15,1341
1047	08-03-2017	35.85880	-0.10690	36,6535	15,1363
1048	08-03-2017	35.85882	-0.10670	36,6884	15,1398
1049	08-03-2017	35.85884	-0.10652	36,6786	15,1434
1050	08-03-2017	35.85886	-0.10634	36,6808	15,147
1051	08-03-2017	35.85888	-0.10616	36,7074	15,1505
1052	08-03-2017	35.85888	-0.10598	36,6218	15,1541
1053	08-03-2017	35.85888	-0.10580	36,6381	15,1576
1054	08-03-2017	35.85890	-0.10560	36,6761	15,1619
1055	08-03-2017	35.85892	-0.10542	36,6597	15,1654
1056	08-03-2017	35.85894	-0.10524	36,6685	15,169
1057	08-03-2017	35.85894	-0.10504	36,5749	15,1732
1058	08-03-2017	35.85896	-0.10488	36,6469	15,1761
1059	08-03-2017	35.85898	-0.10470	36,6135	15,1789
1060	08-03-2017	35.85900	-0.10450	36,3727	15,1811
1061	08-03-2017	35.85900	-0.10432	36,4558	15,1839
1062	08-03-2017	35.85902	-0.10414	36,3802	15,1861
1063	08-03-2017	35.85904	-0.10396	35,6773	15,1875
1064	08-03-2017	35.85906	-0.10378	36,5158	15,1896
1065	08-03-2017	35.85906	-0.10360	36,6544	15,191
1066	08-03-2017	35.85910	-0.10340	36,5371	15,1918
1067	08-03-2017	35.85910	-0.10322	36,5805	15,1932
1068	08-03-2017	35.85910	-0.10304	36,4027	15,1939
1069	08-03-2017	35.85912	-0.10286	36,595	15,1946
1070	08-03-2017	35.85914	-0.10268	36,3486	15,196
1071	08-03-2017	35.85916	-0.10250	36,4874	15,196
1072	08-03-2017	35.85918	-0.10230	36,3535	15,1967
1073	08-03-2017	35.85920	-0.10214	36,3668	15,1974
1074	08-03-2017	35.85920	-0.10194	36,1662	15,1988
1075	08-03-2017	35.85920	-0.10176	36,2186	15,1996
1076	08-03-2017	35.85924	-0.10158	36,1956	15,2002
1077	08-03-2017	35.85924	-0.10140	36,3458	15,201
1078	08-03-2017	35.85926	-0.10120	35,7275	15,2017
1079	08-03-2017	35.85928	-0.10102	35,9043	15,2024
1080	08-03-2017	35.85928	-0.10084	35,9262	15,2038

1081	08-03-2017	35.85928	-0.10066	36,6315	15,2045
1082	08-03-2017	35.85930	-0.10050	36,641	15,2053
1083	08-03-2017	35.85932	-0.10030	36,5418	15,2067
1084	08-03-2017	35.85932	-0.10010	36,5535	15,2081
1085	08-03-2017	35.85936	-0.09994	36,5305	15,2088
1086	08-03-2017	35.85938	-0.09976	36,5953	15,2102
1087	08-03-2017	35.85938	-0.09958	36,5688	15,2116
1088	08-03-2017	35.85940	-0.09940	35,9928	15,2123
1089	08-03-2017	35.85940	-0.09920	36,2501	15,2137
1090	08-03-2017	35.85942	-0.09902	36,4903	15,2159
1091	08-03-2017	35.85944	-0.09884	36,4673	15,2166
1092	08-03-2017	35.85944	-0.09866	36,2713	15,218
1093	08-03-2017	35.85946	-0.09848	36,3752	15,2194
1094	08-03-2017	35.85948	-0.09830	36,4807	15,2202
1095	08-03-2017	35.85950	-0.09810	36,3916	15,2209
1096	08-03-2017	35.85950	-0.09792	35,7371	15,2216
1097	08-03-2017	35.85950	-0.09774	35,9176	15,2223
1098	08-03-2017	35.85952	-0.09756	36,5626	15,2223
1099	08-03-2017	35.85956	-0.09738	36,5414	15,223
1100	08-03-2017	35.85956	-0.09720	36,3914	15,223
1101	08-03-2017	35.85958	-0.09700	36,5843	15,223
1102	08-03-2017	35.85960	-0.09682	36,5908	15,223
1103	08-03-2017	35.85962	-0.09664	36,5449	15,2223
1104	08-03-2017	35.85964	-0.09646	36,4011	15,2216
1105	08-03-2017	35.85968	-0.09628	36,4913	15,2209
1106	08-03-2017	35.85968	-0.09608	36,5693	15,2202
1107	08-03-2017	35.85970	-0.09590	36,3699	15,2202
1108	08-03-2017	35.85972	-0.09572	36,0855	15,2188
1109	08-03-2017	35.85974	-0.09554	36,3641	15,2173
1110	08-03-2017	35.85974	-0.09536	36,1839	15,2159
1111	08-03-2017	35.85976	-0.09516	36,4786	15,2145
1112	08-03-2017	35.85978	-0.09500	36,2375	15,2123
1113	08-03-2017	35.85978	-0.09480	36,2069	15,2102
1114	08-03-2017	35.85980	-0.09462	36,2712	15,2081
1115	08-03-2017	35.85982	-0.09444	36,3281	15,2059
1116	08-03-2017	35.85986	-0.09426	36,2625	15,2024
1117	08-03-2017	35.85988	-0.09410	34,9641	15,201
1118	08-03-2017	35.85988	-0.09388	36,1808	15,1981
1119	08-03-2017	35.85990	-0.09370	36,5928	15,196
1120	08-03-2017	35.85992	-0.09352	36,4106	15,1924
1121	08-03-2017	35.85992	-0.09336	36,5722	15,1882
1122	08-03-2017	35.85994	-0.09318	36,5683	15,1853

3) Sortie en mer le 8-03-2020 dans la baie d'Arzew.

Stations	MES (mg/l)	Turbidité (NTU)	MOP (mg/l)				Température
			Chlorophylle-a	Ph	OD		
1	44,02	1,92	0,0015	0,356	8,46	8,2	15,09
2	29,22	1,02	0,0064	0,273	8,92	8,36	15,32
3	17,16	1,08	0,0088	0,254	8,74	7,66	15,3
4	19,90	1,25	0,0128	0,294	8,25	7,34	15,28
5	39,56	1,18	0,0078	0,273	8,15	11	15,08
6	28,99	1,57	0,0023	0,343	8,18	10,56	15,31
7	35,49	1,04	0,0226	0,279	8,23		15,29
8	31,20	2,9	0,0113	0,262	8,3	8,68	15,3
9	33,54	1,06	0,0922	0,266	8,4	7,7	15,32
10	34,61	1,21	0,0238	0,275	8,3	9	15,2
11	38,50	2,32	0,0144	0,254	8,5	8,28	15,24
12	25,86	3,39	0,0047	0,265	8,3	7,6	15,11
13	27,36	3,08	0,0065	0,257	8,2	8,76	15,57
14	30,36	3,12	0,0109	0,323	8,7	8,83	15,74
15	19,60	1,23	0,0077	0,273	8,32	8,8	15,14
16	35,52	1,09	0,0024	0,265	8,6	7,8	15,23
17	38,53	2,45	0,00143	0,253	8,24	7,68	15,35
18	17,53	1,17	0,0084	0,256	8,62	8,16	15,37
19	32,36	3,01	0,0911	0,23	8,14	8,2	15,7
20	34,24	3,2	0,0237	0,279	8,2	8,14	15,6
21	18,50	2,13	0,0066	0,254	8,42	8,21	15,5
22	35,60	2,4	0,0235	0,28	8,46	7,6	15,45
23	27,87	1,6	0,0025	0,267	8,28	7,9	15,6

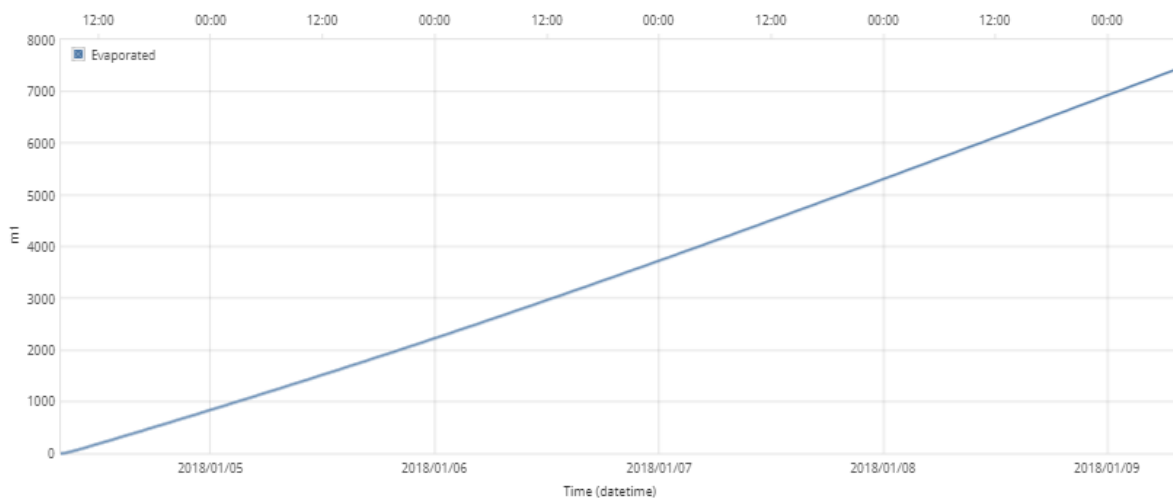
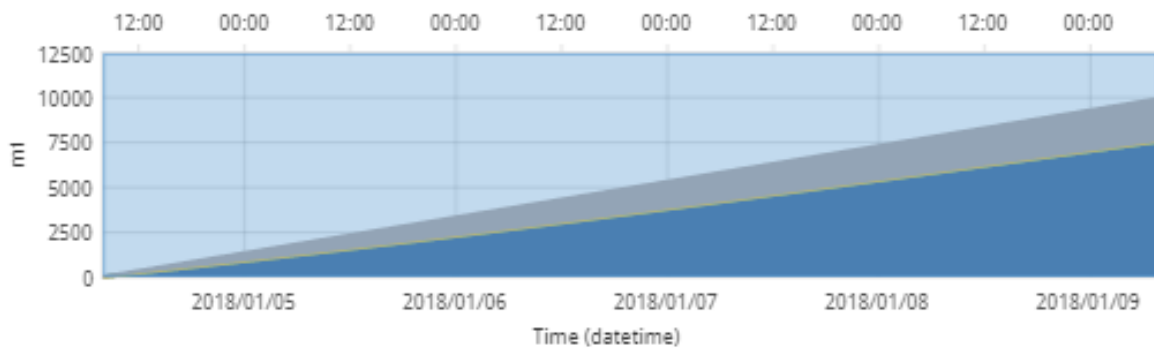
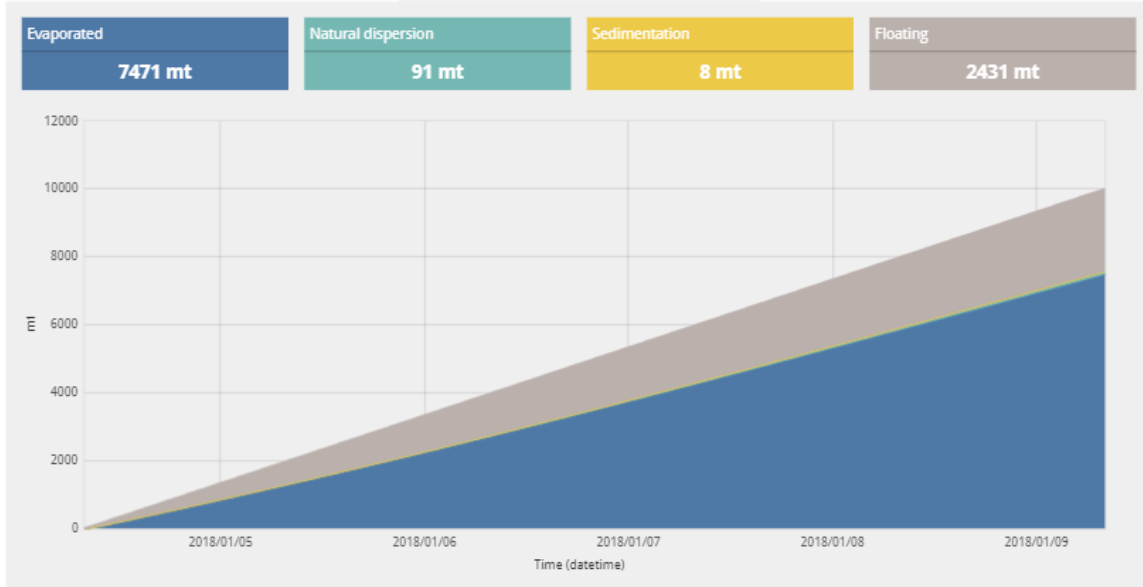
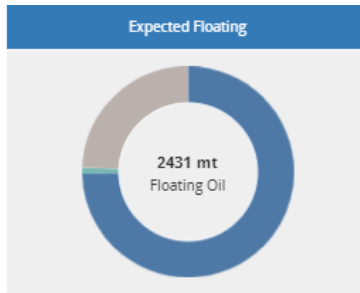
4) Sortie en mer le 8-03-2020 dans la baie d'Arzew (les sels nutritifs) (Chabi N, 2020).

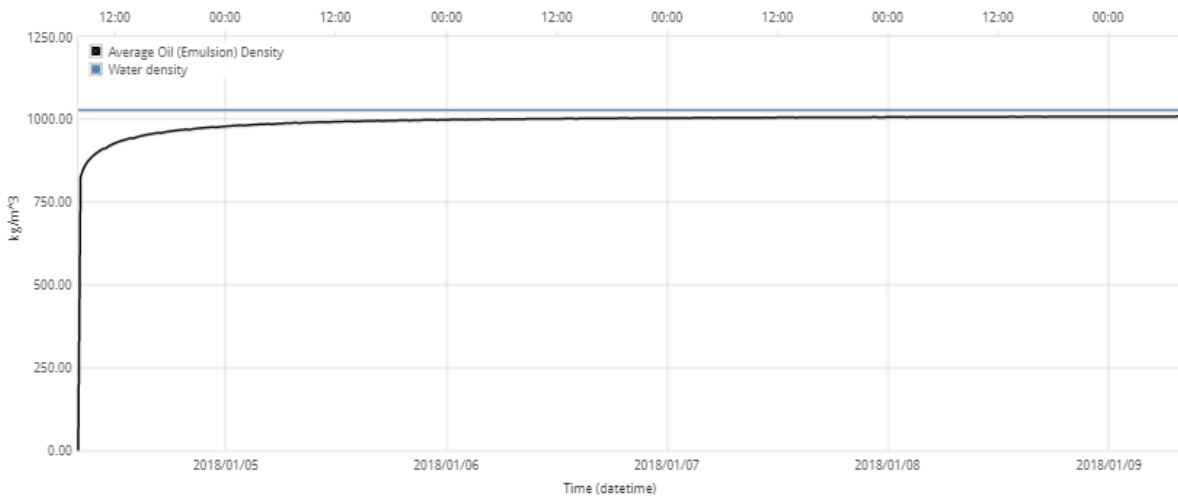
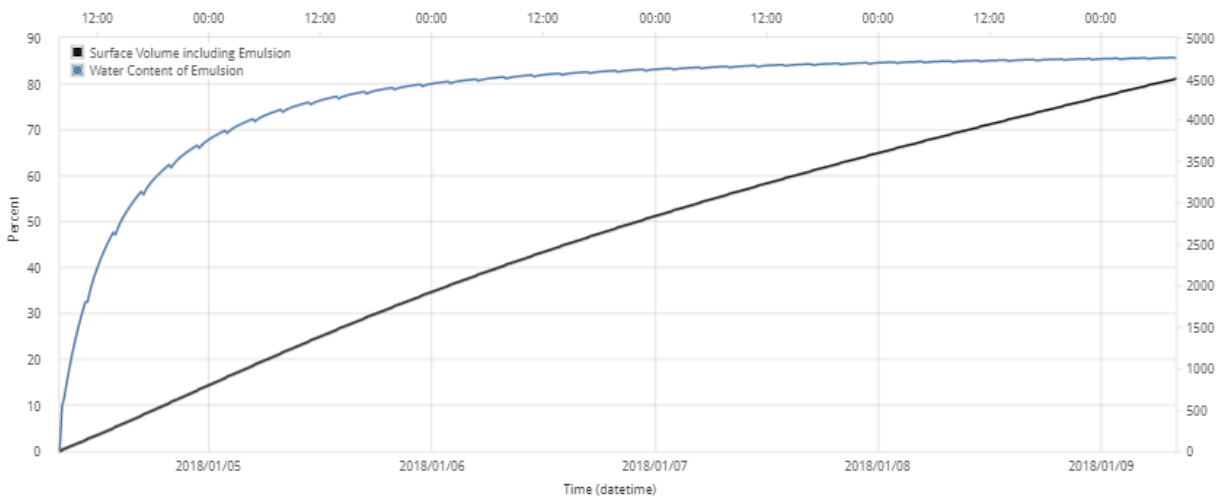
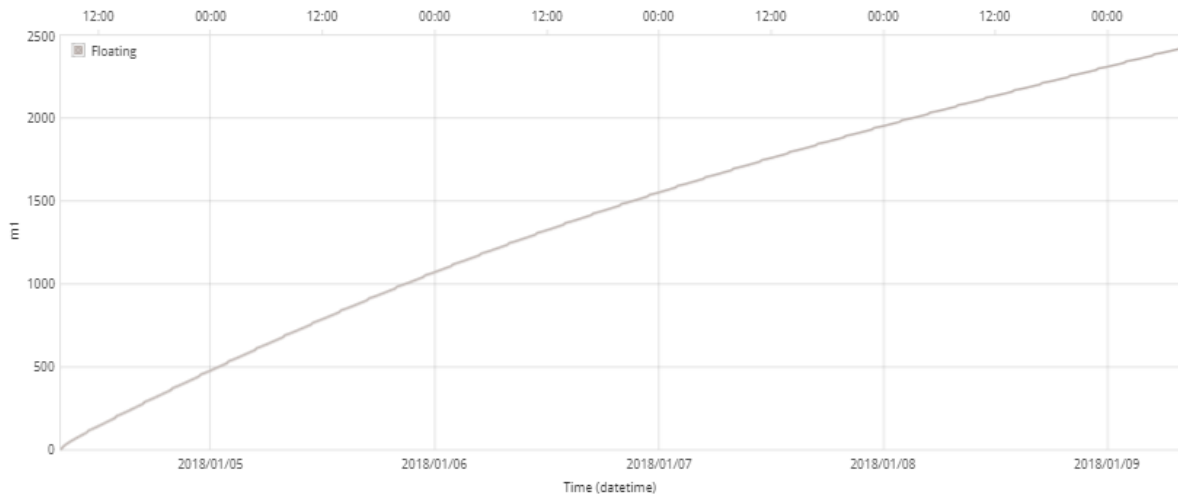
St	Salinité	NO3	NO2	PO4	SIO2
		µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
1	37,5	0,06045865	0,20025397	0,163975452	0,93647756
2	37,44	0,070452912	0,202531646	0,173384629	0,957061746
3	36,8	0,817253774	0,405063291	0,371950686	1,008516678
4	36,8	1,225880661	0,582278481	0,594648946	1,471611072
5	36,81	1,747232207	0,810126582	0,82469179	2,017033357
6	36,82	2,381308411	1,139240506	1,092506776	2,613910575
7	36,81	3,917181884	2,53164557	1,509311882	3,63271824
8	36,85	2,93546707	1,325987788	1,083623445	2,963554454
9	36,83	3,563987412	2,235649872	1,632649745	3,635494885
10	36,79	1,365487925	0,36549771	0,63169664	1,2364695
11	36,6	2,956315487	1,23156874	1,13659741	2,796581325
12	36,6	3,023156871	1,936258125	1,03269745	2,4569871
13	36,93	3,231649775	2,323164987	1,23659842	3,32659713
14	36,95	2,09367871	0,966871541	1,98653217	2,23659874

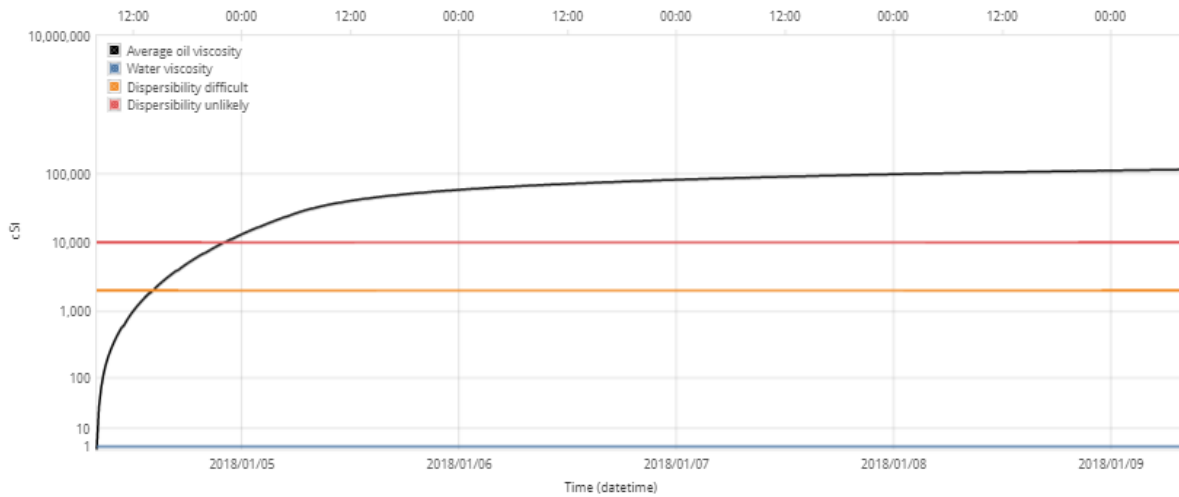
Anexe 4: Evolution de la quantité déversée après 5 jours pour les différents scénarios (bilan pétrolier selon le modèle ADIOS)

1. Scénarios 05-01-2018 à 09-01-218

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	80.0	40.9	0.4	0	58.7
2	160	50	0.5	0	49.5
3	250	53.3	0.6	0	46.1
4	330	56.8	0.7	0	42.5
5	410	58.3	0.7	0.1	41
6	500	58.7	0.7	0.1	40.5
9	750	60.8	0.8	0.1	38.4
12	1000	62	0.8	0.1	37.1
15	1250	62.8	0.8	0.1	36.3
18	1500	63.5	0.9	0.1	35.6
21	1750	64	0.9	0.1	35
24	2000	64.5	0.9	0.1	34.5
30	2500	65.4	0.9	0.1	33.6
36	3000	66.2	0.9	0.1	32.8
42	3500	67.1	0.9	0.1	32
48	4000	67.9	0.9	0.1	31.2
60	5000	69.4	0.9	0.1	29.7
72	6000	70.7	0.9	0.1	28.3
84	7000	71.9	0.9	0.1	27.1
96	8000	73	0.9	0.1	26
108	9000	73.9	0.9	0.1	25.1
120	10000	74.7	0.9	0.1	24.3

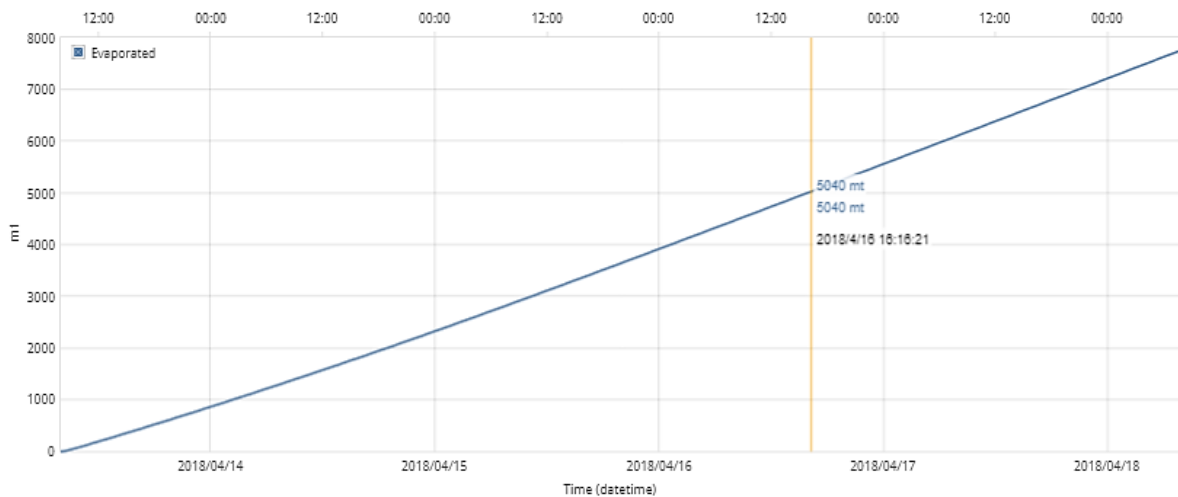
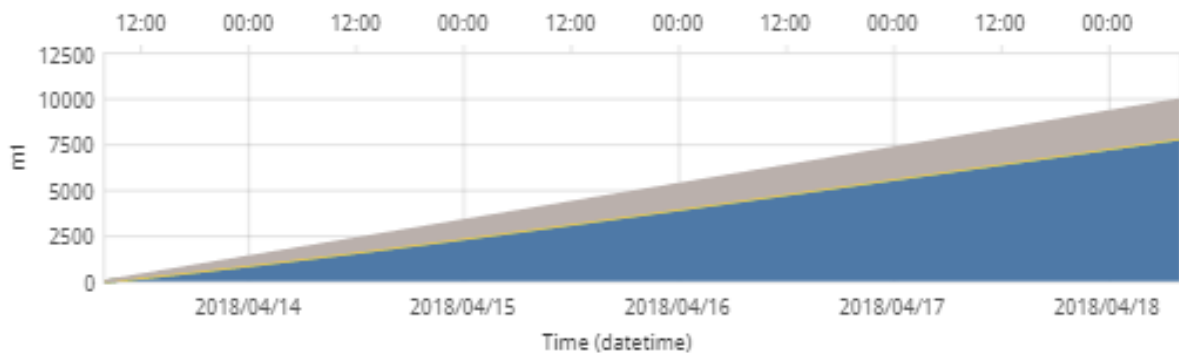
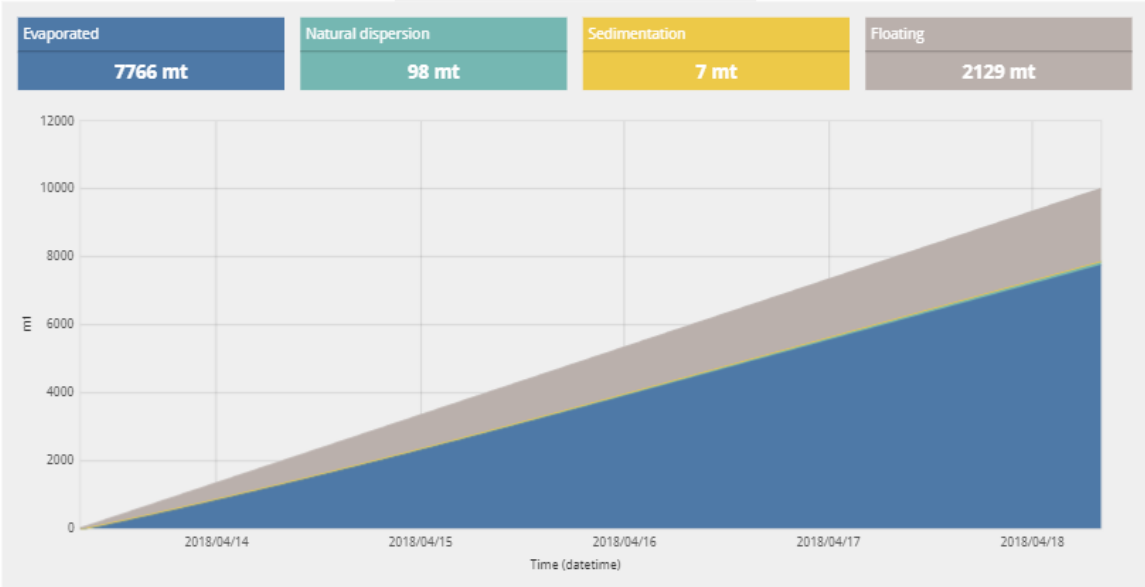
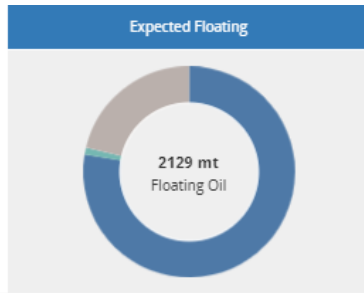


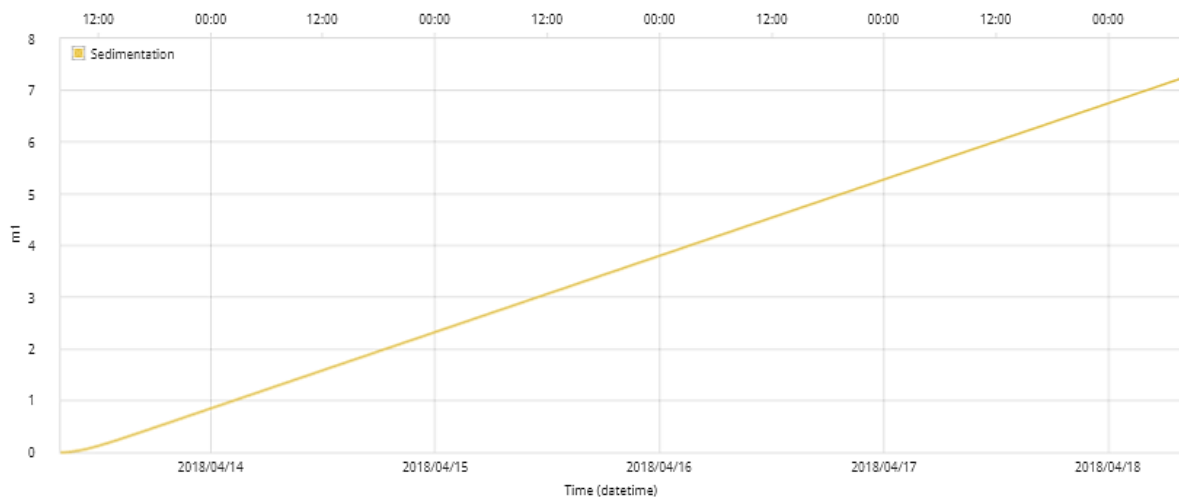
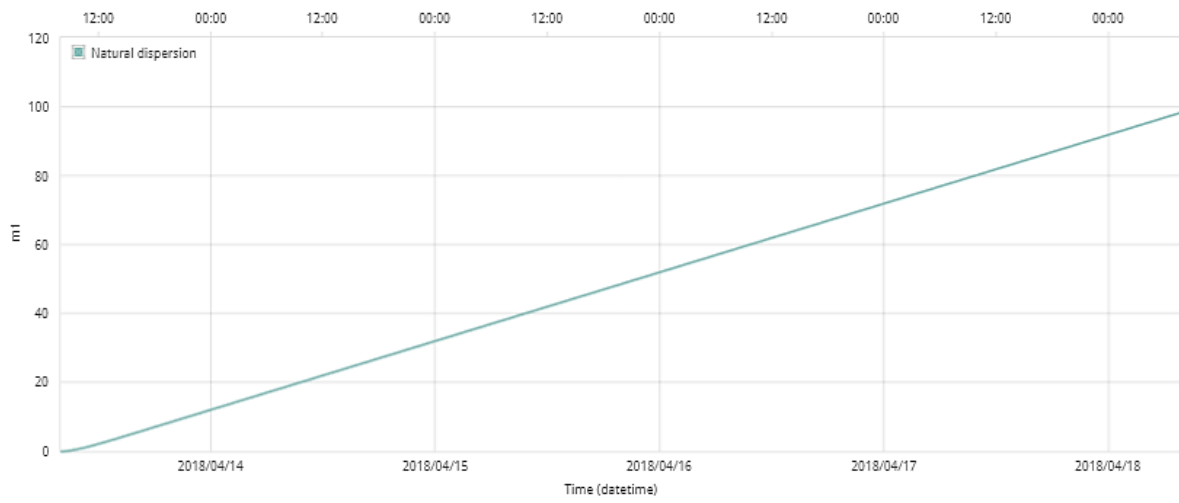
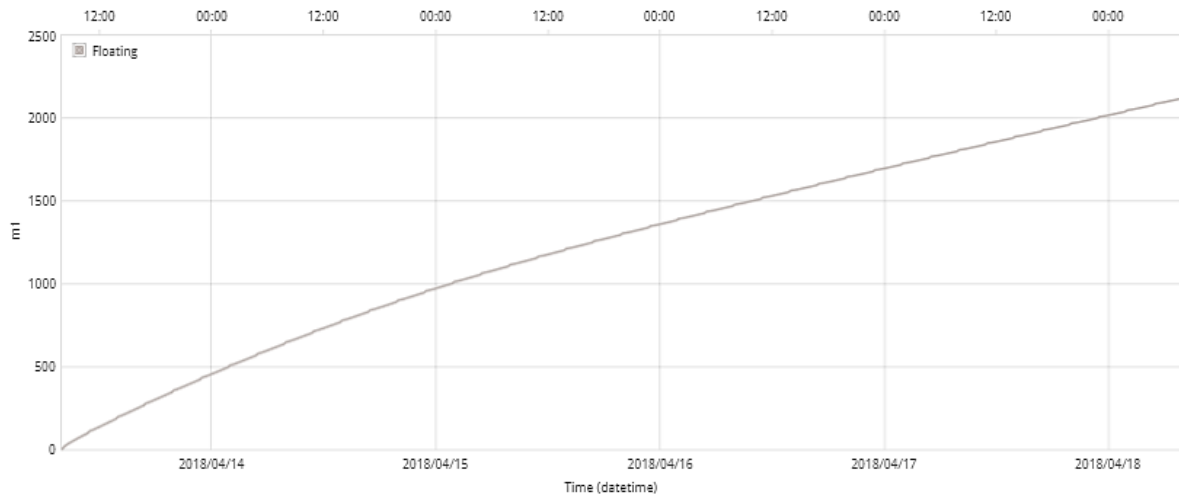




## 2. Scénarios 14-04-2018 à 18-04-2018

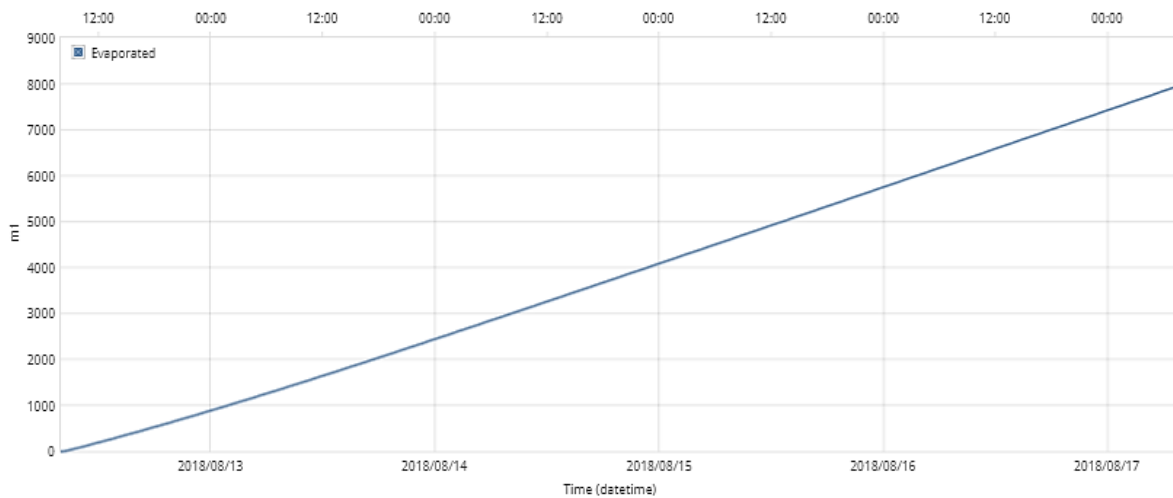
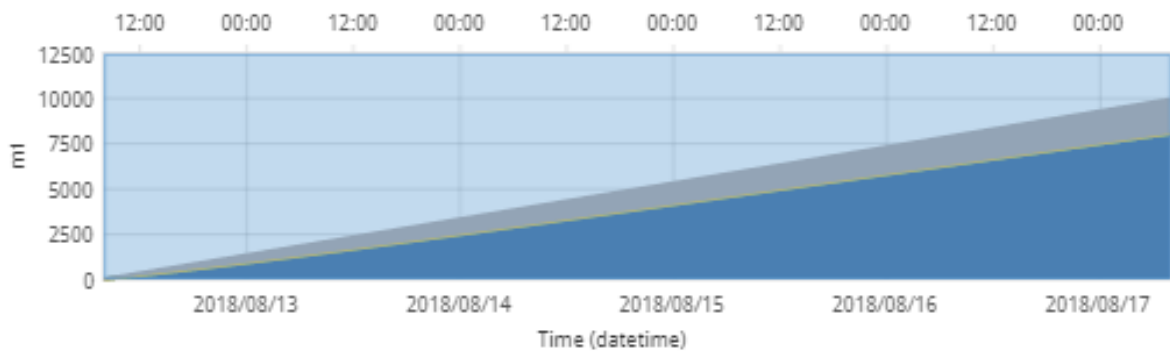
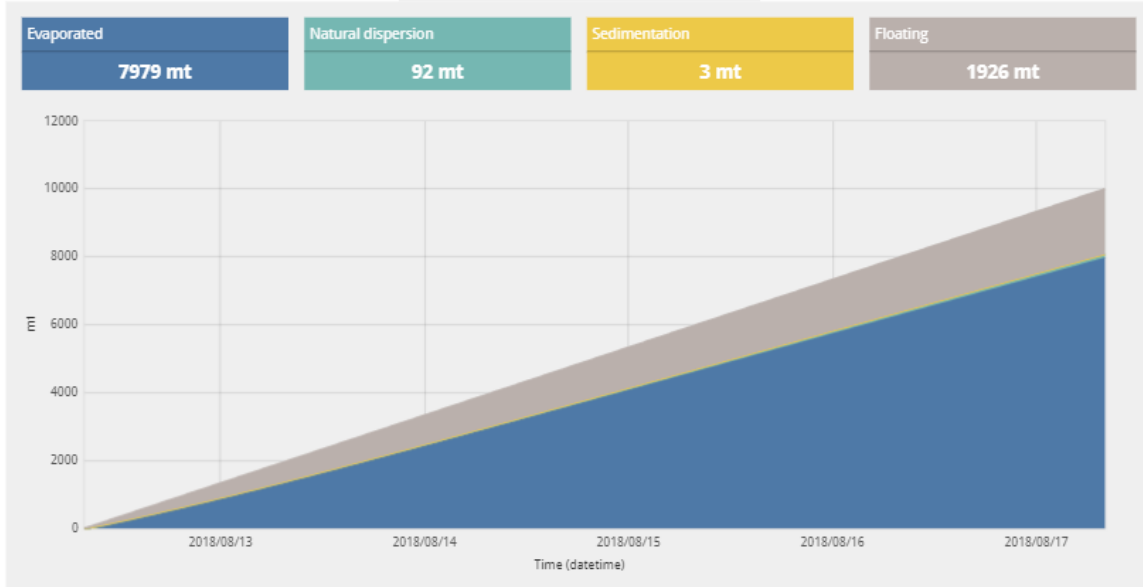
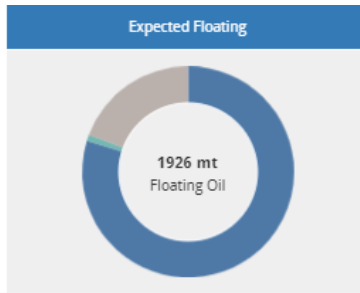
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	80.0	43.4	0.3	0	56.2
2	160	52.1	0.5	0	47.4
3	250	54.8	0.6	0	44.6
4	330	58.1	0.7	0	41.2
5	410	59.5	0.7	0	39.8
6	500	59.8	0.7	0	39.4
9	750	61.9	0.8	0.1	37.2
12	1000	63.3	0.9	0.1	35.8
15	1250	64.3	0.9	0.1	34.7
18	1500	65.2	0.9	0.1	33.9
21	1750	65.9	0.9	0.1	33.1
24	2000	66.6	0.9	0.1	32.4
30	2500	67.8	0.9	0.1	31.2
36	3000	68.9	1	0.1	30
42	3500	70	1	0.1	28.9
48	4000	71.1	1	0.1	27.9
60	5000	72.9	1	0.1	26.1
72	6000	74.3	1	0.1	24.7
84	7000	75.4	1	0.1	23.5
96	8000	76.3	1	0.1	22.6
108	9000	77.1	1	0.1	21.9
120	10000	77.7	1	0.1	21.3

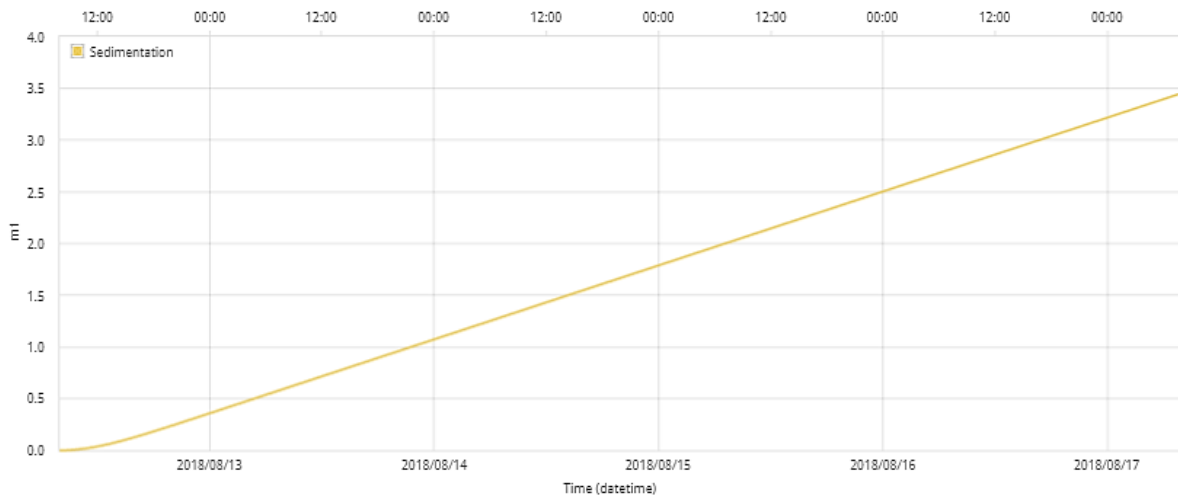
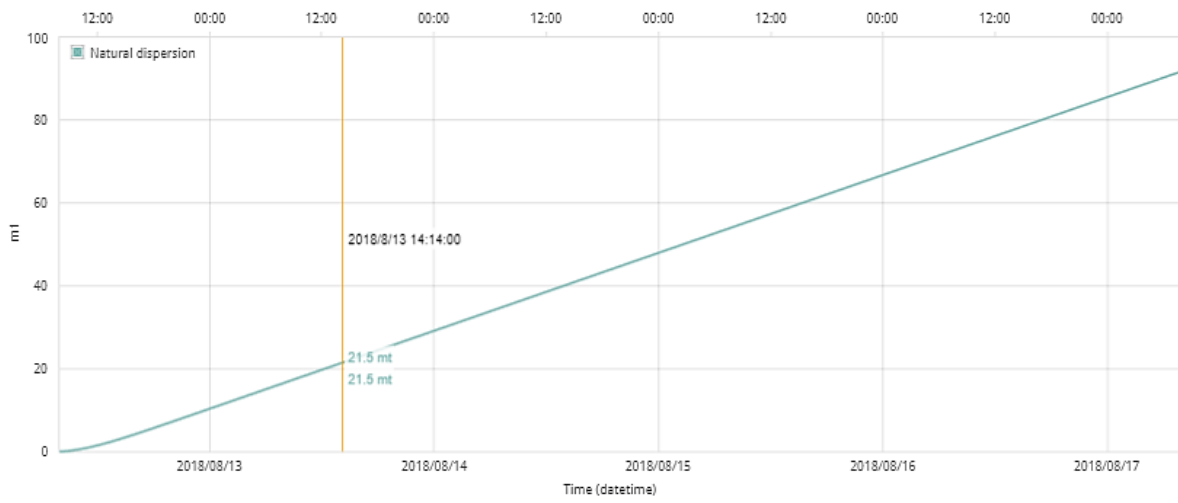
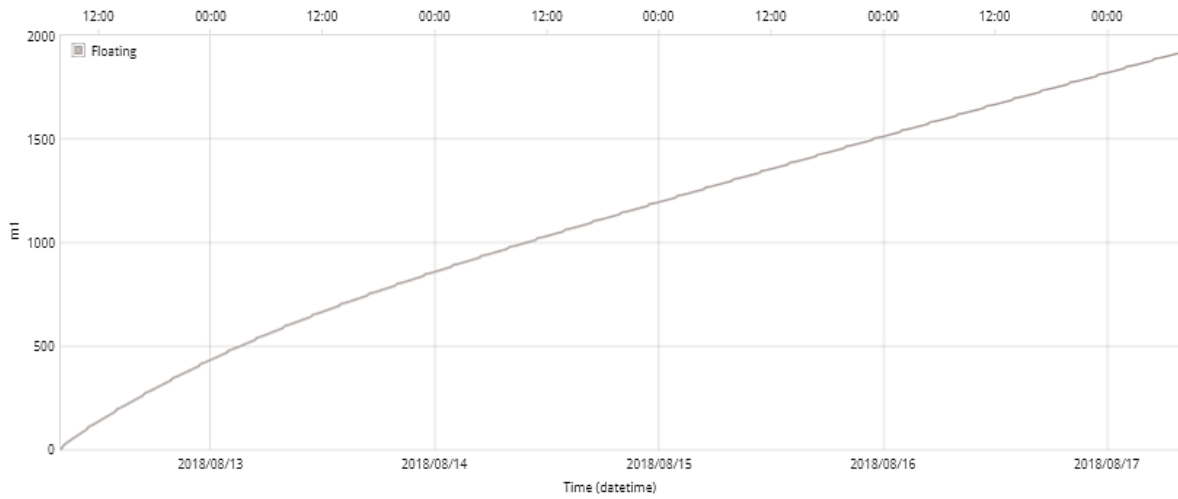




### 3. Scenarios 13-08-2018 à 18-08-2018

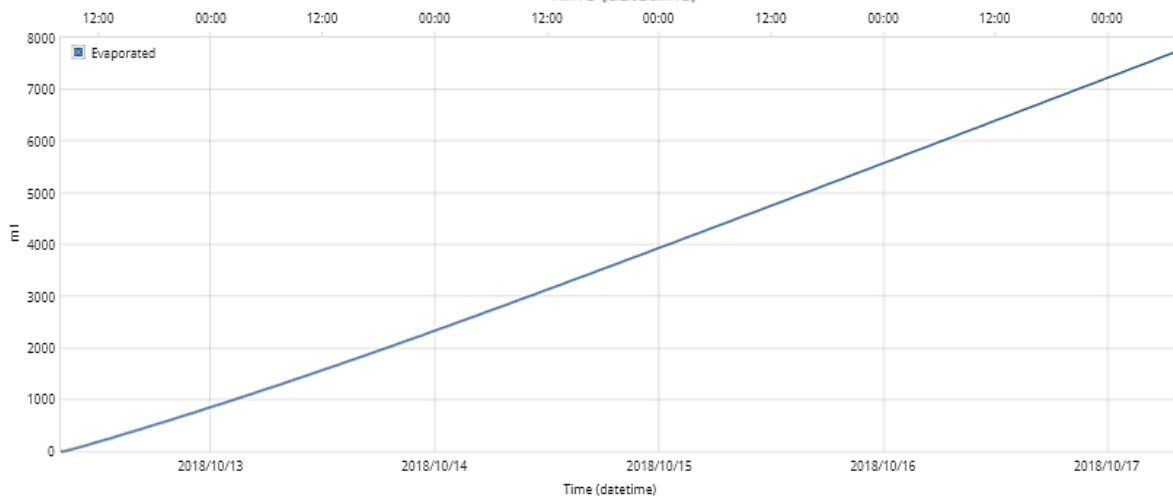
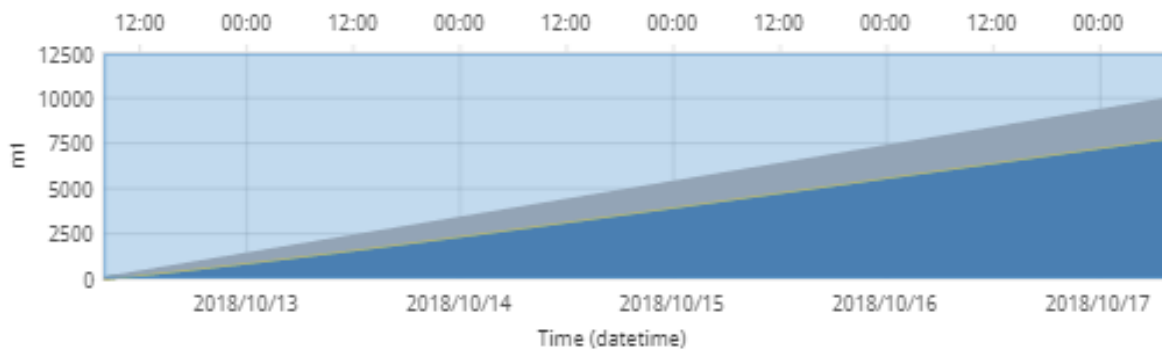
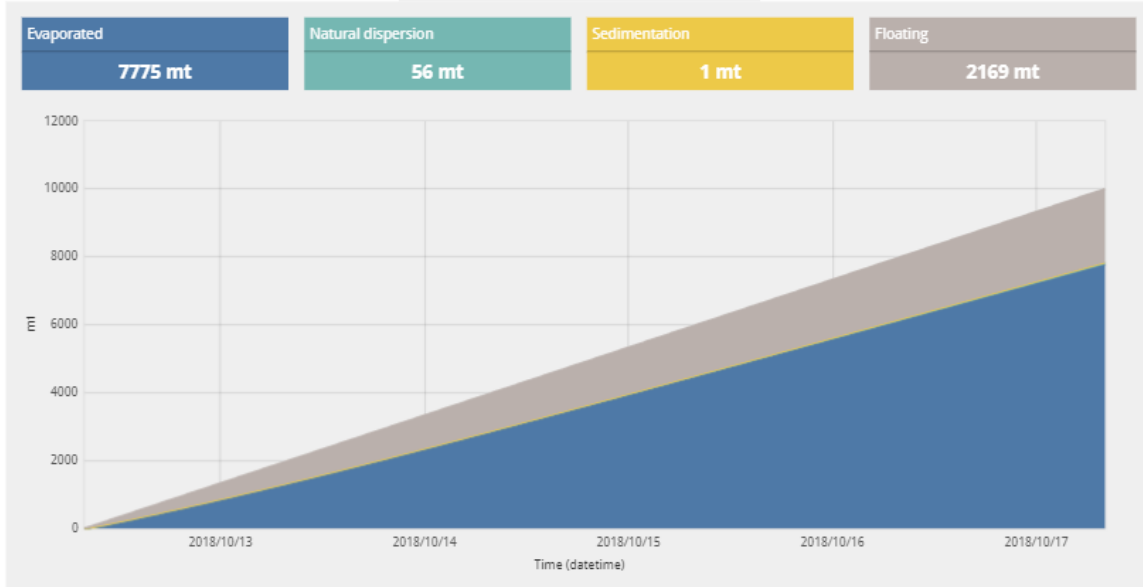
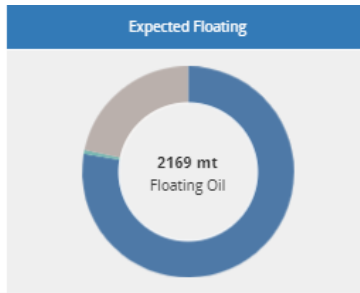
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	80.0	45	0.2	0	54.8
2	160	53.4	0.3	0	46.2
3	250	55.7	0.4	0	44
4	330	58.8	0.4	0	40.7
5	410	60.2	0.5	0	39.3
6	500	60.7	0.5	0	38.8
9	750	63	0.6	0	36.3
12	1000	64.7	0.7	0	34.5
15	1250	66.1	0.8	0	33.1
18	1500	67.2	0.8	0	31.9
21	1750	68.3	0.8	0	30.9
24	2000	69.3	0.8	0	29.9
30	2500	71	0.9	0	28.2
36	3000	72.4	0.9	0	26.7
42	3500	73.6	0.9	0	25.5
48	4000	74.6	0.9	0	24.5
60	5000	76.2	0.9	0	22.9
72	6000	77.3	0.9	0	21.8
84	7000	78.1	0.9	0	20.9
96	8000	78.8	0.9	0	20.3
108	9000	79.3	0.9	0	19.7
120	10000	79.8	0.9	0	19.3

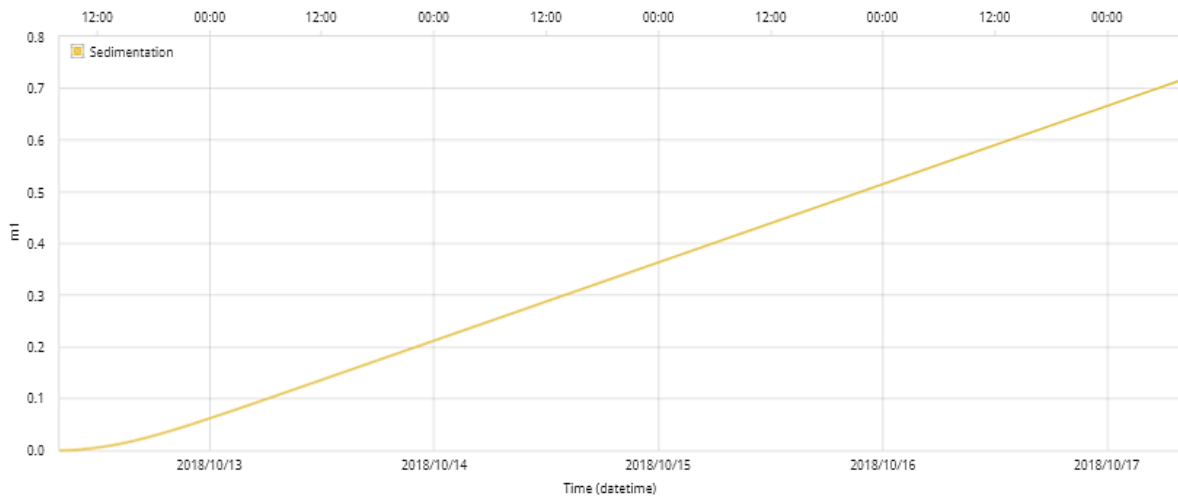
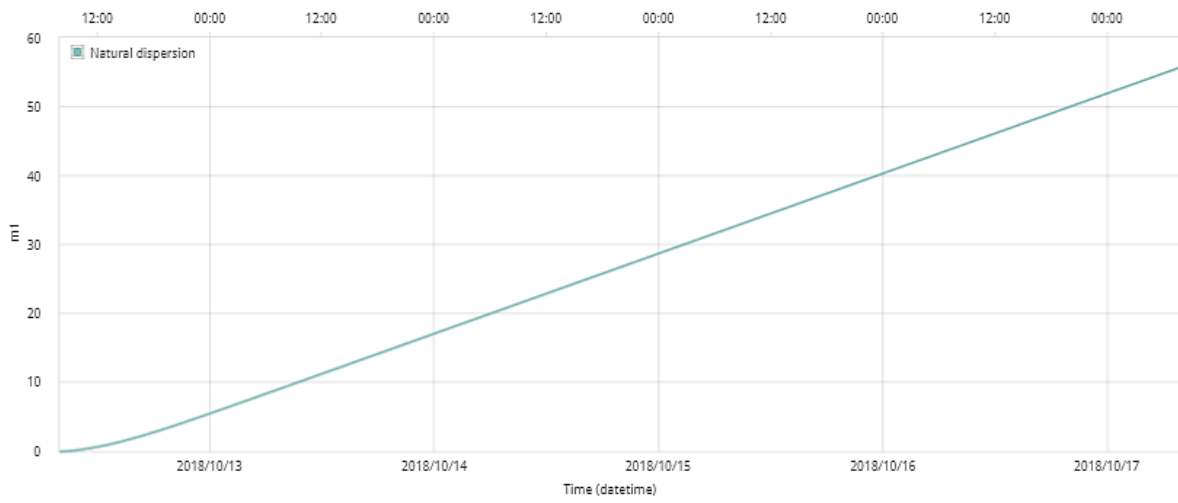
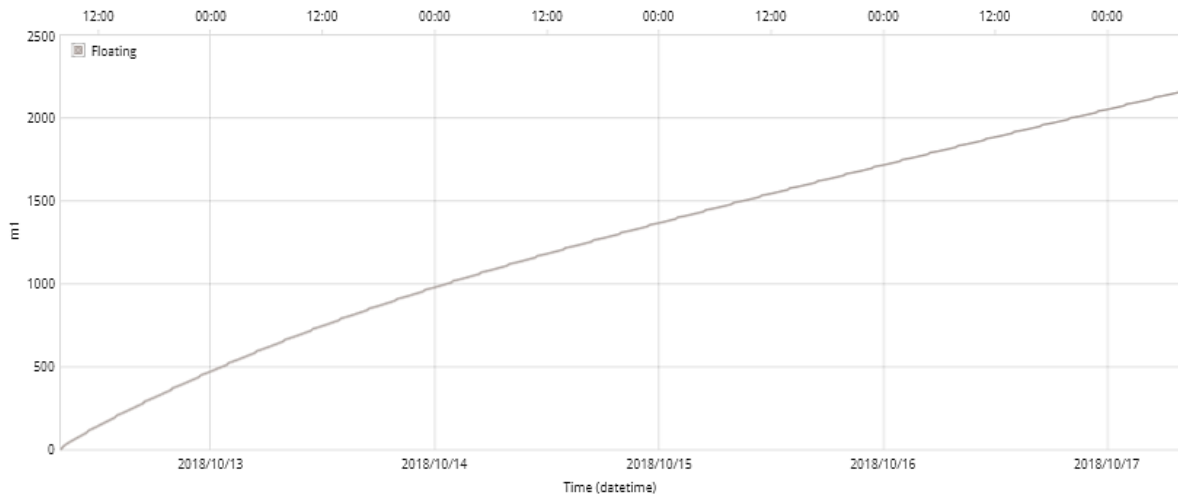




#### 4. Scénarios 13-10-2018 à 18-10-2018

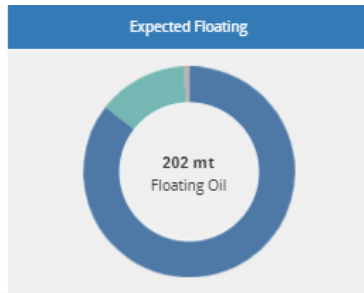
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	80.0	42	0.1	0	58
2	160	51.1	0.1	0	48.7
3	250	53.6	0.2	0	46.2
4	330	56.7	0.2	0	43.1
5	410	58.1	0.2	0	41.7
6	500	58.6	0.2	0	41.2
9	750	61	0.3	0	38.7
12	1000	62.5	0.4	0	37.1
15	1250	63.7	0.4	0	35.9
18	1500	64.6	0.4	0	34.9
21	1750	65.5	0.4	0	34
24	2000	66.3	0.5	0	33.2
30	2500	67.8	0.5	0	31.7
36	3000	69.2	0.5	0	30.3
42	3500	70.4	0.5	0	29.1
48	4000	71.5	0.5	0	28
60	5000	73.2	0.5	0	26.2
72	6000	74.6	0.5	0	24.8
84	7000	75.7	0.5	0	23.8
96	8000	76.5	0.6	0	22.9
108	9000	77.2	0.6	0	22.3
120	10000	77.7	0.6	0	21.7



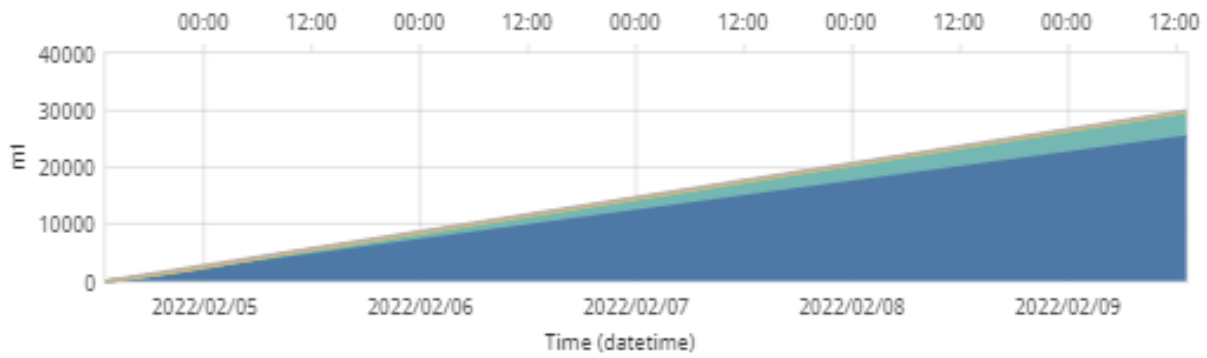
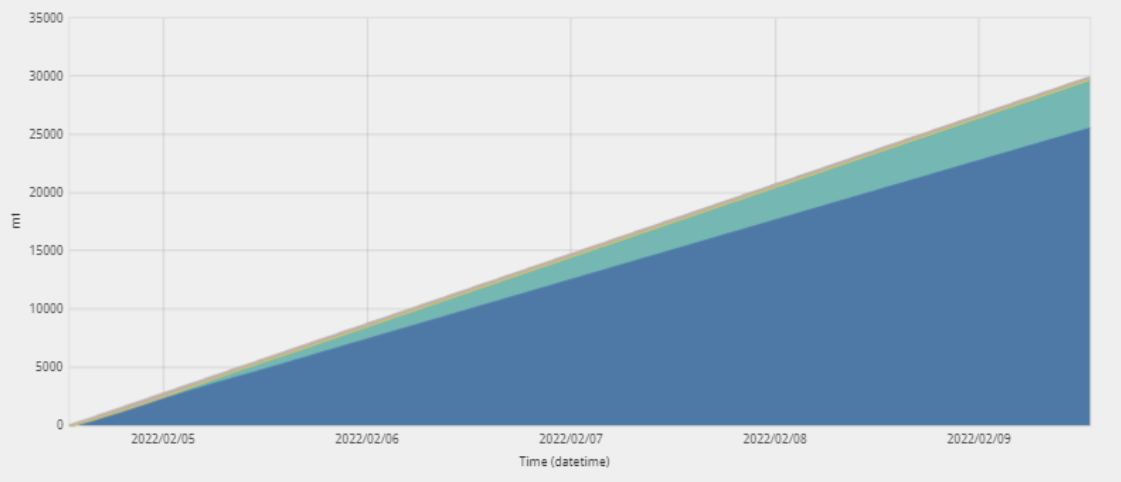


## 5. Scénarios 05-02-2022 à 09-02-2022

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	240	56.1	0.4	0	43.5
2	480	69.4	0.8	0	29.8
3	720	74.7	1.1	0	24.3
4	990	77.3	1.3	0	21.3
5	1230	79.5	1.7	0	18.8
6	1470	80.9	2	0	17
9	2220	84	3.4	0.1	12.5
12	2970	85.7	5.1	0.1	9.1
15	3720	86.5	7.1	0.1	6.3
18	4470	86.3	9.4	0.1	4.2
21	5220	85.8	10.7	0.1	3.5
24	5970	85.6	11.1	0.1	3.3
30	7470	85.6	11.5	0.1	2.9
36	8970	85.6	12	0.1	2.3
42	10470	85.6	12.4	0.1	2
48	11970	85.5	12.6	0.1	1.8
60	14940	85.6	13	0.1	1.3
72	17940	85.5	13.3	0	1.1
84	20940	85.5	13.4	0	1
96	23940	85.5	13.6	0	0.9
108	26940	85.5	13.7	0	0.8
120	29910	85.5	13.8	0	0.7

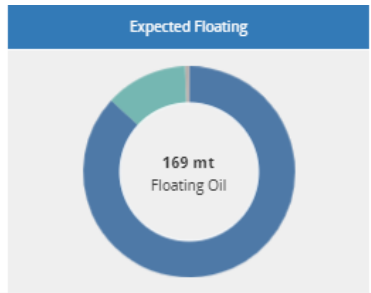


Evaporated	Natural dispersion	Sedimentation	Floating
<b>25575 mt</b>	<b>4119 mt</b>	<b>14 mt</b>	<b>202 mt</b>

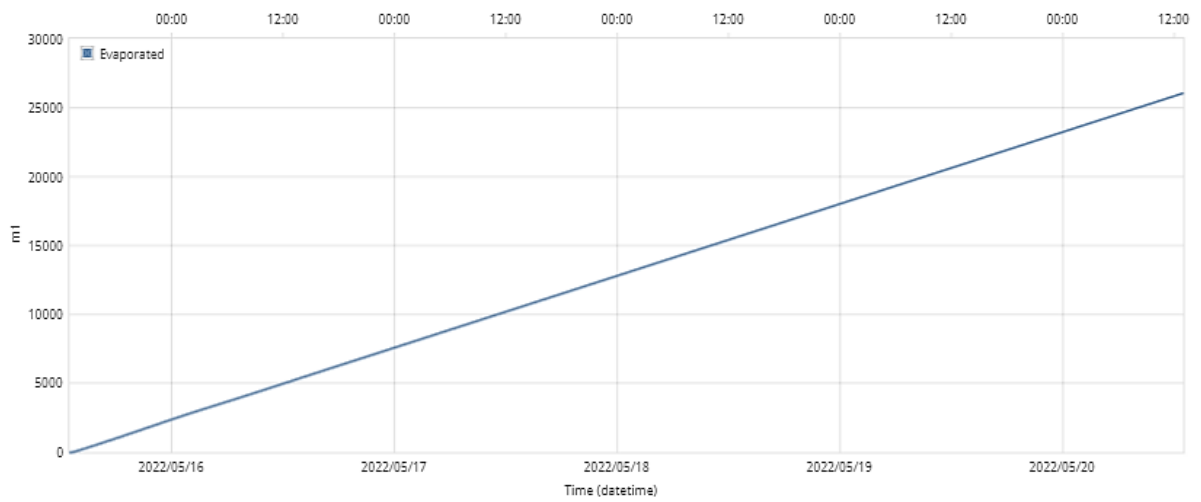
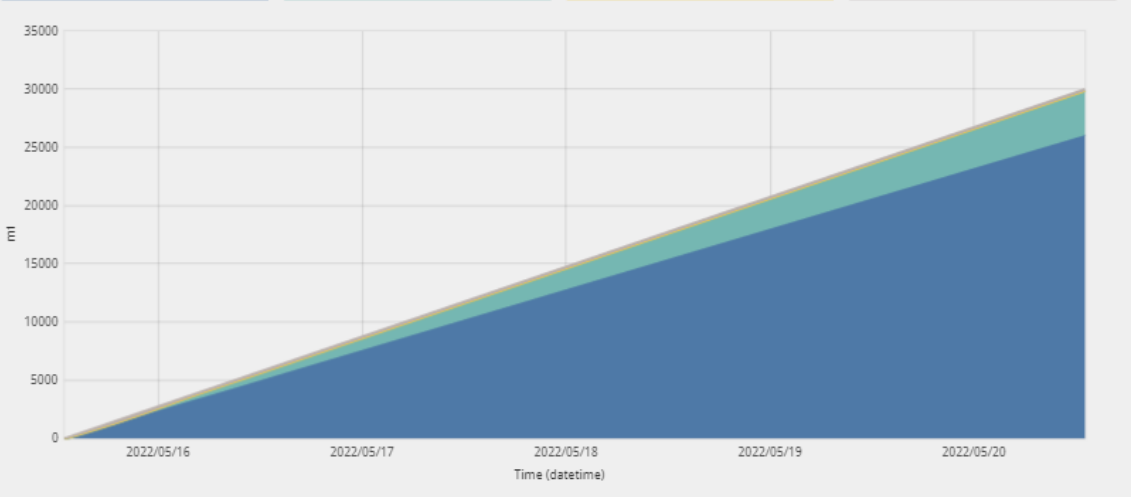


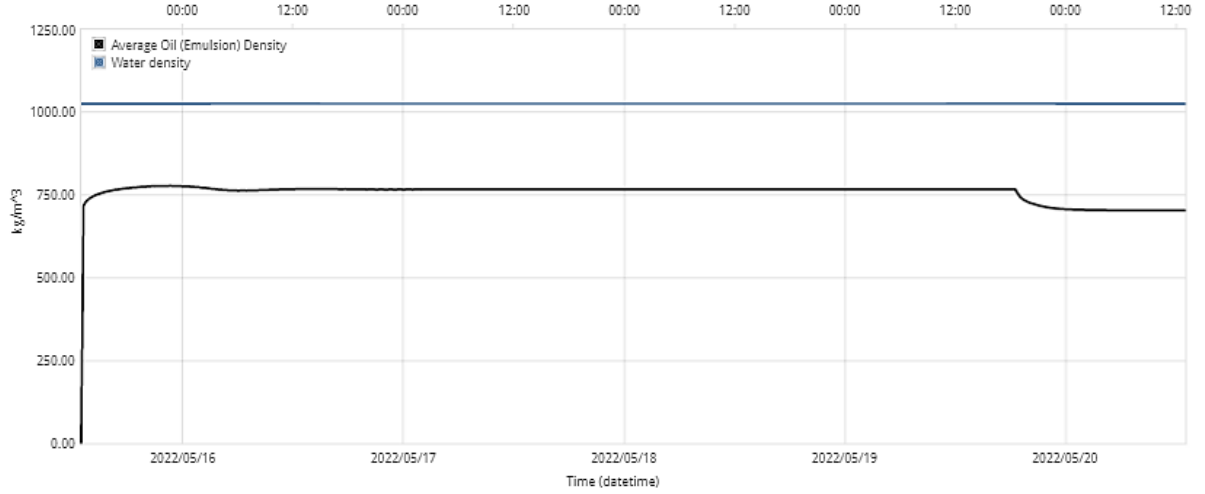
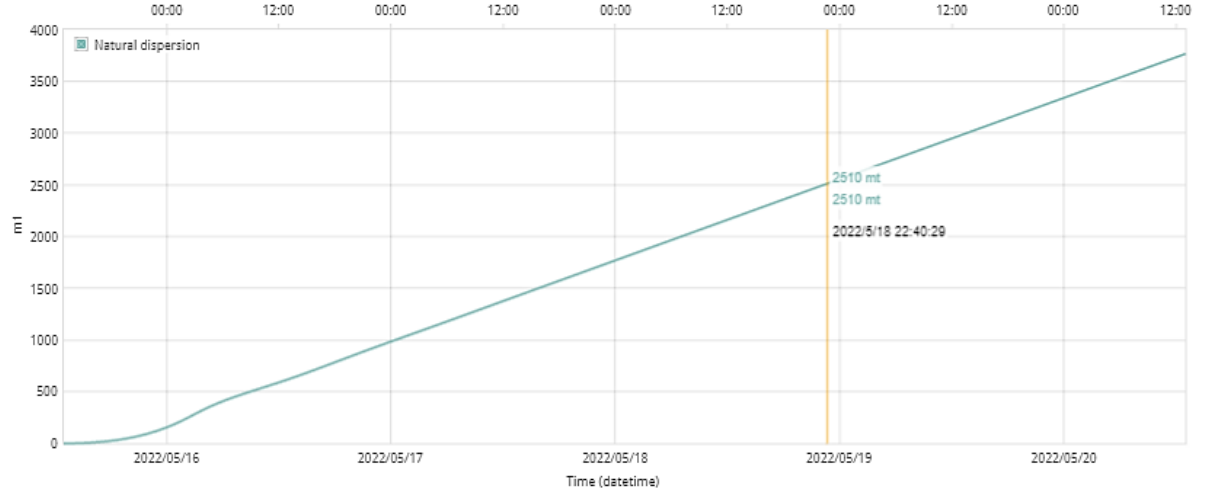
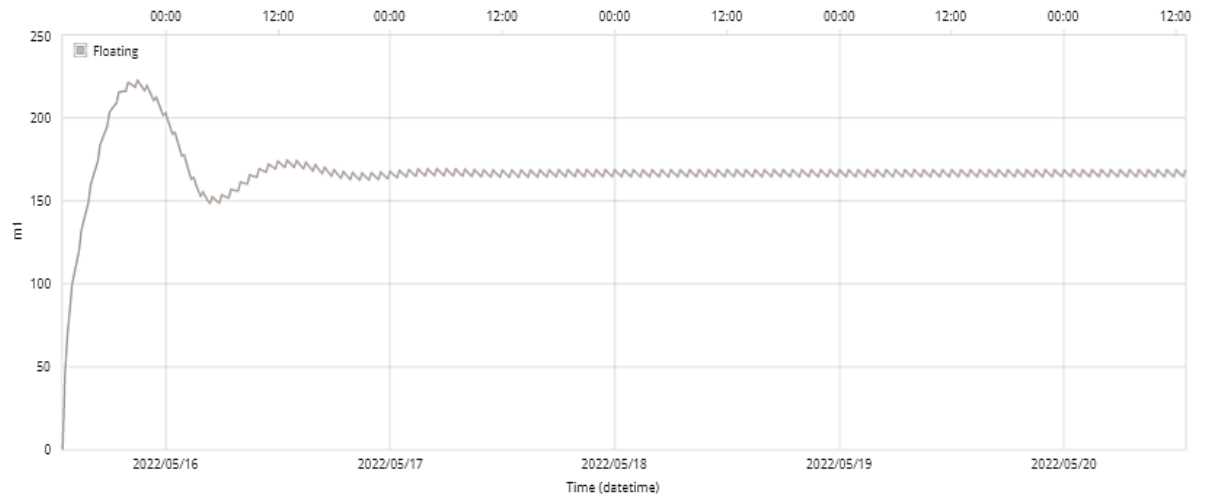
## 6. Scénarios 15-05-2022 à 21-05-2022

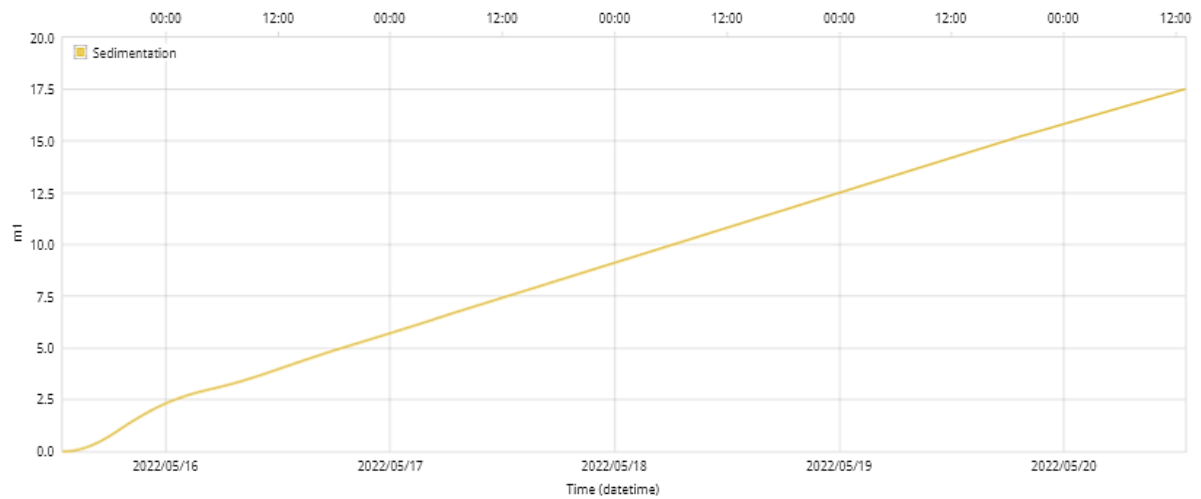
Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	250	59.8	0.5	0	39.7
2	500	72.6	0.9	0	26.5
3	750	77.3	1.3	0	21.3
4	1000	79.9	1.6	0	18.4
5	1250	81.6	2	0.1	16.3
6	1500	83.1	2.5	0.1	14.4
9	2250	85.9	4.2	0.1	9.8
12	3000	87.1	6.4	0.1	6.4
15	3750	87	8.8	0.1	4.1
18	4500	86.6	9.8	0.1	3.5
21	5250	86.6	10.1	0.1	3.2
24	6000	86.7	10.3	0.1	2.9
30	7500	86.8	10.9	0.1	2.2
36	9000	86.8	11.3	0.1	1.9
42	10500	86.8	11.5	0.1	1.6
48	12000	86.8	11.7	0.1	1.4
60	15000	86.8	12	0.1	1.1
72	18000	86.8	12.2	0.1	0.9
84	21000	86.8	12.3	0.1	0.8
96	24000	86.8	12.4	0.1	0.7
108	27000	86.8	12.5	0.1	0.6
120	30000	86.8	12.6	0.1	0.6



<b>Evaporated</b>	<b>Natural dispersion</b>	<b>Sedimentation</b>	<b>Floating</b>
<b>26048 mt</b>	<b>3766 mt</b>	<b>18 mt</b>	<b>169 mt</b>

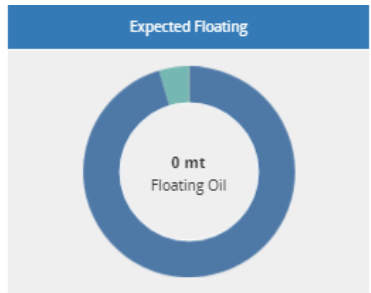




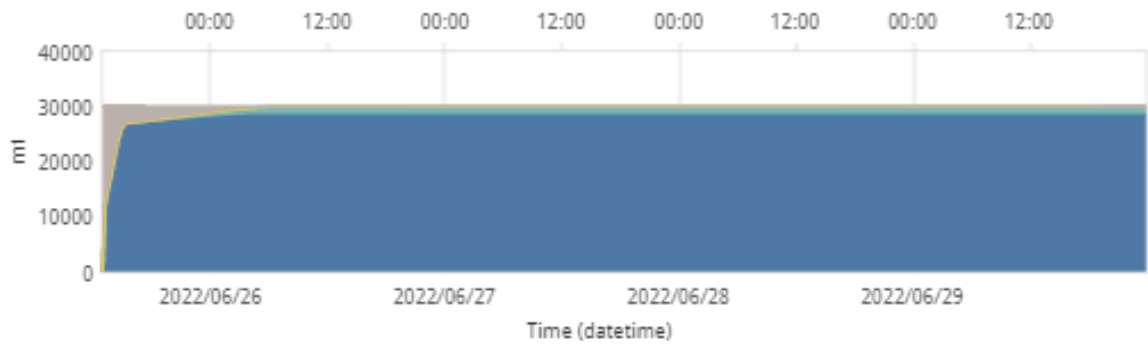
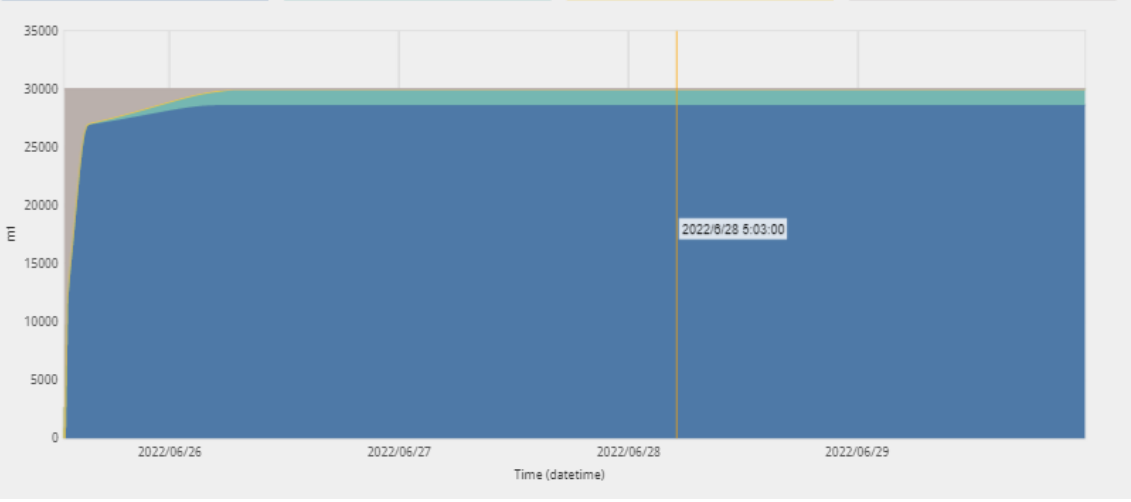


## 7. Scénarios 25-06-2022 à 30-06-2022

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	250	60.5	0.2	0	39.3
2	500	73.3	0.4	0	26.3
3	750	78.2	0.5	0	21.3
4	1000	80.9	0.7	0	18.4
5	1250	82.6	0.9	0	16.5
6	1500	83.9	1	0	15.1
9	2250	86.7	1.6	0	11.7
12	3000	88.6	2.3	0	9
15	3750	89.8	3.2	0	7
18	4500	90.3	4.2	0	5.5
21	5250	90.4	5.4	0	4.2
24	6000	90.2	6.7	0	3.2
30	7500	89.5	8	0	2.5
36	9000	89.5	8.2	0	2.3
42	10500	89.6	8.4	0	2
48	12000	89.6	8.8	0	1.7
60	15000	89.5	9.2	0	1.4
72	18000	89.4	9.4	0	1.1
84	21000	89.4	9.6	0	1
96	24000	89.4	9.7	0	0.8
108	27000	89.4	9.8	0	0.8
120	30000	89.4	9.9	0	0.7

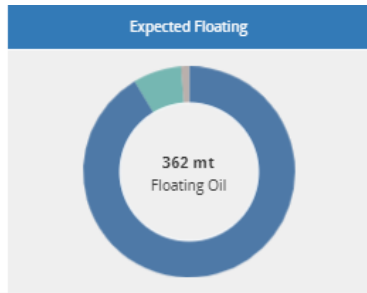


Evaporated	Natural dispersion	Sedimentation	Floating
28630 mt	1361 mt	9 mt	0 mt

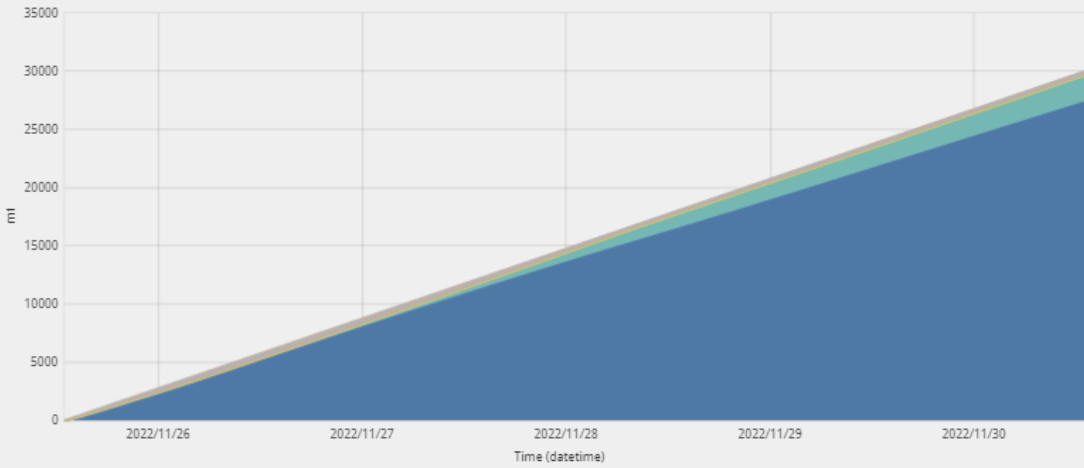


## 8. Scénarios 25-11-2022 à 30-11-2022

Time (hours)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
1	250	55.5	0	0	44.4
2	500	69.7	0.1	0	30.2
3	750	75.2	0.1	0	24.7
4	1000	78.2	0.2	0	21.6
5	1250	80.2	0.2	0	19.6
6	1500	81.7	0.2	0	18.1
9	2250	84.4	0.3	0	15.2
12	3000	86.2	0.4	0	13.4
15	3750	87.5	0.6	0	11.9
18	4500	88.8	0.7	0	10.4
21	5250	89.9	0.9	0	9.2
24	6000	90.7	1.1	0	8.2
30	7500	91.7	1.6	0	6.7
36	9000	92.3	2.1	0	5.5
42	10500	92.7	2.8	0	4.6
48	12000	92.8	3.5	0	3.8
60	15000	92.5	5.1	0	2.4
72	18000	91.8	6.5	0	1.7
84	21000	91.5	6.9	0	1.7
96	24000	91.4	7	0	1.6
108	27000	91.4	7.2	0	1.4
120	30000	91.4	7.4	0	1.2



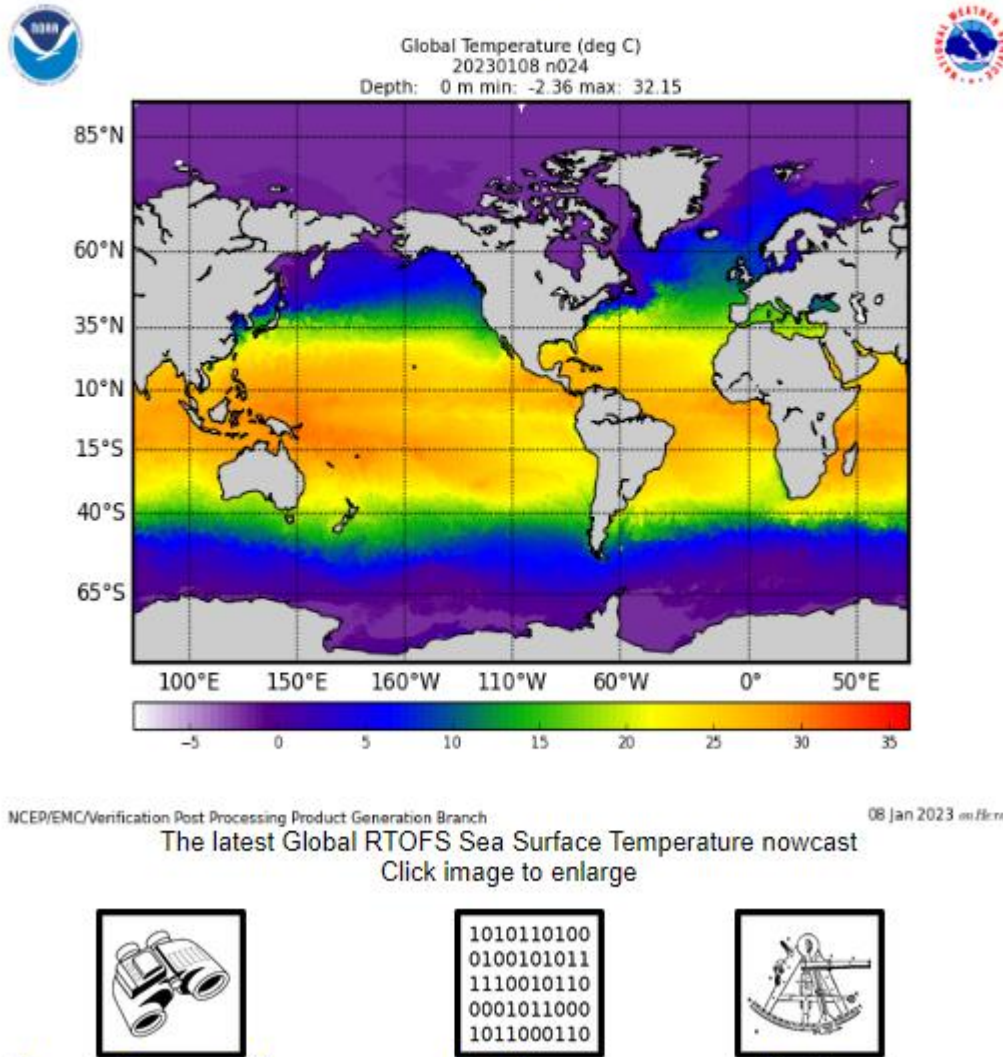
<b>Evaporated</b>	Natural dispersion	Sedimentation	Floating
<b>27421 mt</b>	<b>2217 mt</b>	<b>0 mt</b>	<b>362 mt</b>



# Global Real-Time Ocean Forecast System

[Home](#) [Z-Levels](#) [Fronts](#) [Sea Ice](#) [Metrics](#) [DAQC \(internal use\)](#) [Data Access](#) [About](#)

The global operational Real-Time Ocean Forecast System (Global RTOFS) at the National Centers for Environmental Prediction is based on an eddy resolving 1/12° global HYCOM (HYbrid Coordinates Ocean Model) and is part of a larger national backbone capability of ocean modeling at the National Weather Service in a strong partnership with the US Navy.



**Figure :** Le système opérationnel mondial de prévision océanique en temps réel (Global RTOFS) des National Centers for Environmental Prediction est basé sur un modèle HYCOM (HYbrid Coordinates Ocean Model).

**Annexe 5 : Données du vent à Arzew Oran sur les 12 mois des années 1986-2008 (Bachari Nour Islam).**

Année	Mois	Jours	00	00hTU		03hTU		06hTU		09hTU		12hTU		15hTU		18hTU	
			Direction														
1986	1	1	22	8	23	8	23	9	23	8	23	12	22	12	21	10	
1986	1	2	14	7	15	5	19	7	18	8	18	8	22	8	21	6	
1986	1	3	19	5	19	6	18	5	18	5	18	7	21	9	20	7	
1986	1	4	19	5	18	7	18	6	18	7	19	7	27	5	19	3	
1986	1	5	17	3	15	3	18	6	18	8	19	7	21	10	20	10	
1986	1	6	19	7	23	11	33	3	19	2	24	5	31	4	18	3	
1986	1	7	16	5	16	5	15	6	15	5	18	5	20	4	17	5	
1986	1	8	15	3	18	6	23	7	23	9	23	12	22	11	22	4	
1986	1	9	26	7	30	7	31	4	33	5	29	4	29	5	0	0	
1986	1	10	15	4	21	2	31	6	0	0	0	0	30	5	0	0	
1986	1	11	17	5	16	7	13	3	15	6	16	5	20	6	15	4	
1986	1	12	16	6	15	4	16	5	16	4	31	2	32	3	34	3	
1986	1	13	17	3	16	3	16	6	15	6	16	5	32	5	20	3	
1986	1	14	16	5	16	5	16	5	16	4	16	6	19	3	14	2	
1986	1	15	16	3	15	7	15	7	16	5	18	5	22	8	16	2	
1987	1	23	15	2	13	6	12	7	14	6	0	0	29	5	32	3	
1987	1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	32	2	33	6	34	6	
1987	1	25	4	2	0	0	9	2	5	2	36	2	33	4	29	3	
1987	1	26	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	32	1	0	0	
1987	1	27	11	4	0	0	14	3	18	3	0	0	13	5	0	0	
1987	1	28	11	2	15	4	15	4	13	7	0	0	0	0	0	0	
1987	1	29	18	6	15	5	15	2	0	0	17	9	20	10	14	5	
1987	1	30	18	8	16	5	13	5	20	10	19	10	19	14	19	11	
1987	1	31	19	11	19	10	22	9	21	6	20	8	21	7	21	4	
1988	1	1	16	6	21	7	20	9	21	7	27	7	28	9	32	11	
1988	1	2	27	5	17	5	18	6	19	6	20	6	22	4	21	5	
1988	1	3	18	8	19	8	19	8	21	8	23	13	22	13	20	10	
1988	1	4	21	8	20	6	18	7	16	7	21	7	21	5	0	0	
1988	1	5	0	0	0	0	18	5	8	4	10	6	1	3	21	3	
1988	1	6	18	9	0	0		3	0	0	18	6	26	5	31	4	
1988	1	7		7	36	12	31	6	35	7	31	6	32	7	27	4	
1988	1	8	20	5	20	8	20	8	18	7	27	4	23	7	24	5	
1988	1	10	0	0		4	0	0	0	0	0	0	11	4	10	3	
1988	1	11		3		4	0	0	0	0	21	4	22	3	33	3	
1988	1	12		5		5	30	5	18	6	23	7	0	0	21	4	
1988	1	13	18	6	18	7	18	7	18	5	0	0	0	0	21	4	
1988	1	14	19	4	19	4	0	0	26	4	30	6	27	4	0	0	
1988	1	15	0	0	0	0		8		6	24	6	28	4	0	0	
1988	1	16	15	8	13	7	14	6	10	5	35	6	7	6		5	
1988	1	17		10		9		5	10	5	18	9	22	9	20	4	
1988	1	18	19	4	17	5	19	5	13	4	20	6	26	4		2	
1988	1	19		4		6		5	25	7	24	9	20	7	18	6	

1988	1	20	19	8	20	12	25	8	24	7	24	8	24	9	24	8
1988	1	21	20	10	19	8	21	10	20	8	21	8	25	10	22	7
1988	1	22	20	7	19	6	20	9	21	8	23	10	21	10	18	5
1988	1	23	22	8	18	6	19	7	20	9	20	6	23	8		
1988	1	24							20	8	19	8	22	10	21	9
1988	1	25	20	9	20	9	18	8	20	6	18	8	21	5	17	3
1988	1	26	18	6	18	6	15	4	0	0	19	4	23	5	22	3
1988	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	25	3	1	4	0	0
1988	1	28	0	0	0	0	0	0	27	4	27	3	12	4	6	3
1988	1	29		6		8		8	20	8	20	11	21	11	20	9
1988	1	30	19	6	17	10	22	15	21	16	24	17	23	15	21	11
1988	1	31	18	9	20	8	21	5	7	4	32	7	34	7	24	4
1989	1	1	21	3	20	2	17	5	15	3	6	4	2	4	3	4
1989	1	2	21	3	21	6	19	5	22	3	6	3	3	5	5	5
1989	1	3	20	2	20	5	22	7	0	0	0	0	3	4	2	6
1989	1	4	22	3	23	2	0	0	21	5	0	0	2	4	3	6
1989	1	5	22	4	22	4	23	7	21	4	35	3	30	7	27	3
1989	1	6	21	6	21	6	22	6	22	6	23	7	26	8	23	5
1989	1	7	22	5	18	6	18	6	17	6	14	3	4	6	4	7
1989	1	8	0	0	0	0	0	0	21	3	13	5	6	5	0	0
1989	1	9	0	0	0	0	20	3	16	7	22	6	36	7	36	6
1989	1	10	20	6	0	0	0	0	20	2	23	4	36	7	6	3
1989	1	11	20	3	20	3	30	7	18	3	20	3	36	6	0	0
1989	1	12	21	4	21	6	20	3	11	2	16	3	3	3	35	5
1989	1	13	8	3	19	3	21	4	15	1	36	2	2	3	4	4
1989	1	14	0	0	9	2	20	2	0	0	0	0	2	4	4	8
1989	1	15	4	8	11	3	12	2	99		99		3	5	6	8
1989	1	16	0	0	6	4	9	3	0	0	6	4	4	7	9	4
1989	1	17	6	4	14	3	0	0	0	0	17	3	7	4	12	2
1989	1	18	22	1	18	3	20	4	21	5	26	3	3	4	4	4
1989	1	19	6	3	22	1	15	2	12	4	6	3	6	5	6	5
1989	1	20	7	3	0	0	12	2	0	0	12	5	6	3	36	4
1989	1	21	23	6	20	7	22	6	22	8	36	6	36	6	33	5
1989	1	22	29	2	19	3	20	5	22	6	24	3	24	4	25	3
1989	1	23	22	5	0	0	22	4	22	2	6	2	4	6	6	6
1989	1	24	15	2	12	4	9	3	9	2	6	3	4	5	4	8
1989	1	25	0	0	20	2	22	3	14	2	6	3	36	4	5	4
1989	1	26	22	2	22	2	20	3	22	2	6	2	36	5	4	6
1989	1	27	3	6	3	5	20	3	22	3	36	6	7	2	36	9
1989	1	28	26	3	28	4	22	3	23	3	23	3	4	3	4	3
1989	1	29	26	2	18	2	20	4	16	4	6	3	36	3	4	7
1989	1	30	0	0	12	3	12	3	12	4	6	3	4	6	4	7
1989	1	31	9	3	9	3	12	2	9	4	16	4	18	6	2	2
1990	1	1	25	4	24	4	24	2	23	4	25	5	28	7	22	4
1990	1	2	26	7	22	6	24	8	21	3	0	0	9	2	0	0
1990	1	3	0	0	0	0	0	0	22	6	19	5	22	5	28	8

1990	1	4	24	9	24	10	24	9	32	9	30	13	30	3	36	6
1990	1	5	24	4	27	5	24	4	21	5	32	1	6	5	5	5
1990	1	6	0	0	0	0	20	4	0	0	18	5				
1990	1	7														
1990	1	8											4	4	7	6
1990	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	2	3	3	9
1990	1	10	0	0	20	1	0	0	0	0	6	2	4	4	6	6
1990	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	3	6	3	7
1990	1	12	0	0	0	0	25	5	23	5	21	3	36	3	0	0
1990	1	13	24	5	23	5	23	6	23	5	22	4	32	7	1	8
1990	1	14	3	10	34	10	36	12	3	6	0	0	0	0	0	0
1990	1	15	6	4	24	1	26	2	0	0	2	3	2	4	4	5
1990	1	16	0	0	0	0	14	3	15	4	14	2	0	0	5	2
1990	1	17	0	0	0	0			16	5	14	5	3	2	34	3
1990	1	18	21	4	23	3	0	0	22	4	25	4	32	3	28	3
1990	1	28	0	0	22	3	22	6	16	9	18	9	22	2	18	4
1990	1	29	24	7	26	8	22	7	20	7	28	6	26	9	24	5
1990	1	30	22	7	20	5	22	8	20	8	22	7	25	5	24	3
1990	1	31	0	0	0	0	0	0	24	5	23	4	21	4	18	5
1991	1	1	16	2	0	0	22	3	0	0	0	0	2	3	2	4
1991	1	2	0	0	0	0	0	0	17	3	6	3	4	4	6	3
1991	1	3	0	0	0	0	0	0	15	2	18	4	36	5	20	4
1991	1	4	23	5	22	5	22	5	21	5	22	3	24	7	24	8
1991	1	5	35	11	34	4	36	8	36	9	34	6	36	3	0	0
1991	1	6	20	5	22	4	20	5	22	6	22	4	23	5	21	4
1991	1	7	20	6	20	6	20	5	22	5	22	6	24	5	21	6
1991	1	8	20	6	21	5	21	6	22	7	21	5	3	2	0	0
1991	1	9	0	0	20	6	20	4	21	6	21	5	0	0	0	0
1991	1	10	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	1	11	0	0	0	0	18	3	0	0	0	0	4	2	0	0
1991	1	12	20	4	0	0	0	0	20	7		7	21	8	20	8
1995	1	8	0	0	32	8	0	0	17	5	23	3	35	10	2	7
1995	1	9	24	4	23	8	23	7	23	8	27	8	28	7	26	4
1995	1	10	22	2	22	6	23	8	23	7	26	5	27	5	25	3
1995	1	11	25	2	22	5	23	5	23	8	25	9	27	8	25	7
1997	1	19	0	0	0	0	0	0	16	5	0	0	0	0	0	0
1997	1	20	21	3	18	8	14	6	18	7	18	7	24	8	33	5
1997	1	21	31	5	32	5	0	0	0	0	14	7	7	3	18	4
1997	1	22	0	0	0	0	11	5	13	5	30	2	10	6	0	0
1997	1	23	10	5	16	3	16	6	16	5	20	6	24	4	28	5
1997	1	24	22	9	22	7	24	8	23	9	25	9	24	5	20	4
1997	1	25	0	0		4		9		9	35	9	32	8	33	9
1997	1	26	34	7	34	6	36	5	23	3	0	0	33	6	35	5
1997	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	2	5	3	6
1997	1	28	0	0	15	3	0	0	0	0	0	0	3	5	3	7
1997	1	29	4	4	0	0	0	0	20	7	24	5	32	7	33	4

1997	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	5
1997	1	31	0	0	0	0	0	0	20	5	0	0	36	5	2	4
1998	1	1	25	6	25	8	24	7	25	9	27	11		8	26	7
1998	1	2	28	9	28	9	26	8	26	10	26	10	27	13	24	10
1998	1	3	24	11	29	13	24	10	22	13	27	8	27	8	24	5
1998	1	4	18	5	0	0	18	5	0	0	0	0	25	7	20	3
1998	1	5	21	6	20	6	20	6	25	4	30	5	30	7	29	4
1998	1	6	26	6	27	3	26	6	24	5	25	6	4	5	5	3
1998	1	7	27	2	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5
1998	1	8	11	5	0	0	0	0	0	0	13	4	0	0	0	0
1998	1	9	25	4	26	3	26	6	0	0	12	3	5	4	8	6
1998	1	10	0	0	14	6	16	5	17	7	18	8	15	7	13	3
1998	1	11	19	8	18	3	18	10	18	9	18	9	19	9	18	7
1998	1	12	28	4	20	5	20	3	21	7	35	3	0	0	0	0
1998	1	13	24	7	23	4	24	6	25	7	28	7	30	8	26	8
1998	1	14	25	8	28	8	30	8	30	8	31	11	28	10	32	7
1998	1	15	24	5	23	6	23	6	23	7	15	5	3	4	0	0
1998	1	16	0	0	23	5	24	6	23	7	27	5	29	7	29	5
1998	1	17	24	6	24	6	22	7	24	6	0	0	6	2	0	0
1998	1	18	0	0	0	0	0	0	24	6	24	7	31	4	27	6
1998	1	19	23	7	25	6	25	5	23	8	28	15	30	15	31	10
1998	1	20	31	10	31	10	30	11	27	11	29	10	31	13	30	10
1998	1	21	26	7	27	8	26	8	26	4	2	6	2	6	8	7
1998	1	22	0	0	0	0	19	4	0	0	25	5	3	5	2	5
1998	1	23	24	3	25	4	24	6	27	6	25	8	28	10	30	5
1998	1	24	26	7	26	6	27	8	27	7	31	11	32	9	26	6
1998	1	25	26	8	36	7	26	3	24	5	29	6	2	7	33	2
1998	1	26	27	7	29	6	26	7	25	7	22	6	7	5	6	4
1998	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	26	5	27	5	0	0
1998	1	28	0	0	23	6	0	0	18	10	14	7	11	5	18	7
1998	1	29	21	9	25	4	25	6	25	8	28	5	28	10	28	5
1998	1	30	24	4	0	0	15	2	18	3	12	4	0	0	20	5
1998	1	31	25	7	27	4	25	7	24	6	27	8	27	10	0	0
1999	1	1	18	5	24	4	24	12	23	8	23	11	28	11	21	7
1999	1	2	22	8	22	6	22	7	22	8	28	6	27	8	24	4
1999	1	3	24	5	18	6	21	5	22	5	23	5	36	2	0	0
1999	1	4	23	5	0	0	0	0	15	6	0	0	8	4	0	0
1999	1	5	0	0	0	0	0	0	12	2	10	5	0	0	0	0
1999	1	6	0	0	0	0	15	5	0	0	21	4	0	0	0	0
1999	1	7	30	4	0	0	27	4	0	0	3	2	3	3	0	0
1999	1	8	26	5	26	3	25	6	26	5	29	5	27	4	26	3
1999	1	9	28	7	30	2	24	3	28	6	29	7	31	8	24	10
1999	1	10	33	11	29	11	34	9	33	12	1	7	29	12	28	11
1999	1	11	30	10	18	8	24	6	24	6	18	5	12	6	23	6
1999	1	12	22	2	0	0	18	5	18	5	16	3	12	6	10	5
1999	1	24	25	5	24	4	26	6	26	5	19	4	36	2	26	4

1999	1	25	24	4	24	6	14	6	26	3	0	0	5	3	0	0
1999	1	26	24	4	0	0	0	0	25	7	25	6	30	5	30	5
1999	1	27	26	5	27	7	24	8	26	9	28	8	30	10	29	7
1999	1	28	29	7	27	7	25	5	27	8	26	6	30	6	29	8
1999	1	29	26	6	26	5	26	3	26	7	35	6	36	5	34	3
1999	1	30	32	4	23	6	0	0	0	0	6	3	1	7	6	5
1999	1	31	0	0	0	0	0	0	27	5	8	7	9	7	10	7
2000	1	1	0	0	0	0	0	0	18	3	0	0	9	4	6	6
2000	1	2	0	0	0	0	10	5	0	0	10	4	7	4	9	4
2000	1	3	12	4	21	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
2000	1	4	24	3	0	0	0	0	0	0	9	3	7	2	0	0
2000	1	5	0	0	0	0	14	5	20	5	16	4	6	4	6	4
2000	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	7	4
2000	1	7	24	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3		3
2000	1	8	0	0		2		4		5	0	0				
2000	1	9								6		3		6		3
2000	1	10	0	0	0	0	0	0		3		5		7		8
2000	1	11	0	0		2	0	0		3	9	6	3	5	5	5
2000	1	12	0	0	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	13	24	6	23	5	24	7	23	8	25	8	0	0	0	0
2000	1	14	23	4	0	0	21	5	0	0	25	5	25	6	25	4
2000	1	15	21	4	24	4	0	0	18	6	18	5	15	3	0	0
2000	1	16	16	6	0	0	0	0	18	5	0	0	4	6	6	5
2000	1	17	27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	4	5
2000	1	18	0	0	24	3	25	5	21	5	26	2	5	3	0	0
2001	1	19	24	4	27	8	28	11	29	13	26	10	30	7	27	7
2001	1	20	27	6	27	6	25	7	23	6	25	6	28	5	0	0
2001	1	21	27	3	25	4	0	0	0	0	9	5	8	2	0	0
2001	1	22	0	0		3	0	0		3	22	3	2	3	23	6
2001	1	23		5		6		6		8		6		8	23	7
2001	1	24		8		7		7		6	23	7	27	6	23	5
2001	1	25	23	6	23	5	24	5	24	5	28	7	26	7	24	7
2001	1	26	24	7	27	10	26	8	24	5	24	8	27	8	23	6
2001	1	27	23	8	25	10	27	16	28	16	27	19	27	18	24	8
2001	1	28	27	11	26	10	27	19	28	19	28	15	28	14	27	12
2001	1	29	28	15	29	12	28	10	34	8	30	9	34	12	33	8
2001	1	30	34	10	32	10	34	9	34	9	36	8	2	7	7	2
2001	1	31	25	6	25	8	25	10	24	10	28	8	27	12	27	11
2002	1	1	0	0	0	0	0	0	10	2	4	2	7	8	6	7
2002	1	2	0	0	0	0	8	5	18	4	22	2	23	4	21	2
2002	1	3	20	3	0	0	0	0	17	1	31	1	35	5	0	0
2002	1	4	23	6	24	7	24	4	23	4	24	4	35	5	34	3
2002	1	5	0	0	24	4	11	3	0	0	9	4	7	5	6	8
2002	1	6	16	2	12	6	10	1	12	3	14	3	10	3	7	7
2002	1	7	13	3	21	2	10	6	11	7	18	5	11	6	11	4
2002	1	8	18	2	20	2	0	0	19	3	23	2	2	4	4	4

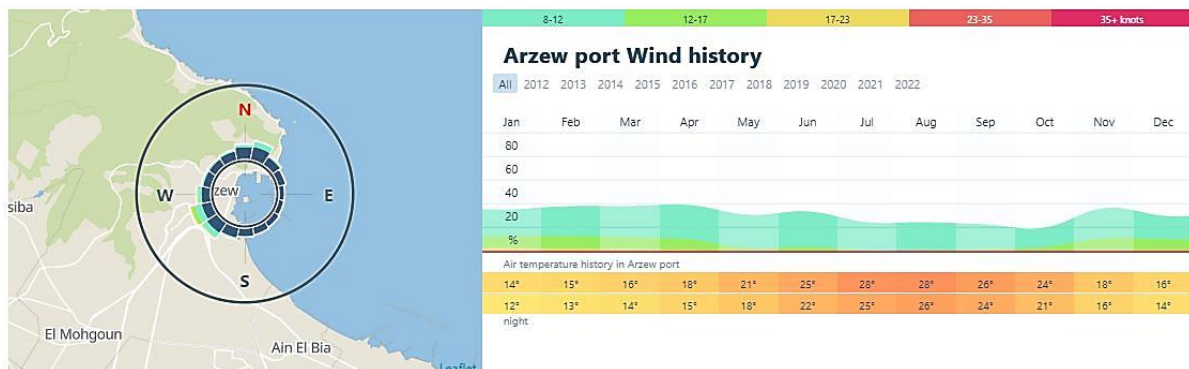
2002	1	9	0	0	16	2	16	4	10	4	7	4	5	5	6	4
2002	1	10	4	3	22	3	21	5	18	2	32	3	9	6	4	2
2002	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	5	2	5	4
2002	1	12	0	0	0	0	23	2	26	4	7	3	7	3	7	2
2002	1	13	24	4	23	2	0	0	0	0	16	3	36	5	0	0
2002	1	14	17	3	27	3	24	3	0	0	33	2	36	5	0	0
2003	1	24	28	4	32	6	10	5	4	6	4	6	36	8	36	7
2003	1	25	24	6	24	6	23	7	24	3	0	0	30	4	3	4
2003	1	26	24	5	24	5	23	8	25	8	27	5	33	7	27	4
2003	1	27	23	6	34	10	8	10	8	8	7	5	4	2	0	0
2003	1	28	24	5	24	4	24	6	22	6	22	5	36	3	0	0
2003	1	29	0	0	23	4	24	7	23	6	35	6	2	6	36	3
2003	1	30	36	9	36	9	34	8	34	10	34	8	34	10	28	5
2003	1	31	26	9	28	10	29	11	35	14	34	15	34	15	34	17
2004	1	1	27	6	29	7	26	5	0	0	28	8	26	8	21	6
2004	1	2	28	7	25	7	26	9		4	33	6	28	6	28	6
2004	1	3	35	9	36	11	36	11	36	8	1	6	2	4	4	4
2004	1	4	0	0	27	5	23	3	21	4	23	5	8	3	2	3
2004	1	5	24	5	24	5	22	5	24	3	21	6	0	0	5	3
2004	1	6	0	0	0	0	0	0	18	6	0	0	6	2	8	2
2004	1	7	0	0	24	2	24	2	24	2	23	5	0	0	31	3
2004	1	8	24	4	23	7	23	8	29	7	27	8	33	6	21	5
2004	1	9	22	6	24	5	24	8	24	6	27	12	28	9	28	5
2004	1	10	24	9	25	7	25	9	25	7	25	6	30	5	28	5
2004	1	11	22	6	24	6	20	2	0	0	0	0	5	4	3	3
2004	1	12	0	0	0	0	0	0	24	1	4	3	3	4	2	3
2004	1	13	24	2	18	4	27	3	22	4	25	6	36	6	21	6
2004	1	14	22	7	23	5	19	6	22	6	27	4	28	6	27	6
2004	1	15	24	7	24	6	24	6	24	5	28	2	3	3	3	4
2004	1	16	0	0	24	6	22	6	22	6	24	6	8	3	28	2
2004	1	17	24	4	21	3	0	0	24	7	26	6	31	6	0	0
2004	1	18	24	8	24	8	23	7	30	6	35	7	34	9		7
2004	1	19	24	4	20	4	26	3	19	4	13	2	5	6	26	5
2004	1	20	23	6	22	6	17	5	25	6	24	5	34	5	26	4
2004	1	21	24	6	26	7	25	9	25	10	24	8	28	7	27	8
2004	1	22	24	7	23	7	24	7	23	7	25	6	30	3	27	3
2004	1	23	24	6	25	7	24	7	24	6	26	4	27	6	22	2
2004	1	24	22	7	23	8	25	8	22	7	26	7	27	6	25	5
2004	1	25	22	5	22	5	25	6	26	6	26	5	29	4	27	4
2004	1	26	19	6	24	6	25	6	23	6	26	8	28	10	28	8
2004	1	27	25	8	25	7	26	7	27	10	27	10	29	11	27	12
2004	1	28	27	9	28	11	25	10	27	10	3	5	5	6	10	3
2004	1	29	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5	28	4	28	4
2004	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4
2004	1	31	24	3	0	0	24	1	23	4	0	0	4	3	2	5
2005	1	1	24	5	24	6	24	6	24	5	22	5	26	6	24	4

2005	1	2	22	3	24	3	26	4	26	3	24	1	8	3	0	0
2005	1	3	24	4	0	0	24	3	0	0	0	0	4	2	3	5
2005	1	4	0	0	0	0	12	4	13	4	0	0	9	3	8	4
2005	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	17	7	18	5	36	3
2005	1	6	0	0	0	0	23	2	22	3	0	0	7	3	0	0
2005	1	7	0	0	0	0	0	0	16	4	12	3	2	3	5	3
2005	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3	6	2	6	2
2005	1	9	24	3	24	5	24	3	16	4	3	2	2	2	4	3
2005	1	10	22	3	24	2	24	2	13	2	0	0	2	4	0	0
2005	1	11	0	0	21	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	12	23	5	22	4	22	6	0	0	25	4	9	2	2	2
2005	1	13	0	0	22	2	24	2	24	4	23	3	4	4	0	0
2005	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	32	2	9	4	9	5
2005	1	15	0	0	0	0	18	5	17	4	17	3	3	3	2	3
2005	1	16	0	0	23	3	24	3	24	3	6	3	3	3	6	4
2005	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3	2	3	6	3
2005	1	18	22	2	23	3	24	5	25	5	27	5	35	5	27	4
2005	1	19	33	6	3	4	0	0	36	8	34	10	34	8	28	4
2005	1	20	24	8	23	6	22	6	23	6	36	4	2	6	4	2
2005	1	21	0	0	0	0	24	3	14	5	14	5	9	4	0	0
2005	1	22	24	3	22	3	24	4	18	2	24	3	0	0	28	3
2005	1	23	0	0	0	0	24	4	21	5	0	0	2	4	0	0
2005	1	24	26	3	24	5	24	6	24	6	33	6	30	6	29	6
2005	1	25	29	4	3	11	2	11	36	10	1	10	35	9	35	9
2005	1	26	35	9	35	10	35	12	33	10	34	9	27	5	0	0
2005	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0
2005	1	28	24	3	23	4	24	6	24	7	24	7	28	6	26	7
2005	1	29	25	9	26	8	26	11	24	8	27	9	27	9	26	7
2005	1	30	27	6	26	10	26	7	4	10	6	5	9	5	13	3
2005	1	31	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	8	3	0	0
2006	1	1	26	6	25	8	27	6	27	11	26	9	29	8	27	6
2006	1	2	27	6	30	5	24	7	23	7	32	6	31	8	27	3
2006	1	3	24	6	26	5	35	7	22	4	35	5	34	5	34	4
2006	1	4	22	3	16	4	24	3	16	3	0	0	0	0	0	0
2006	1	5	0	0	26	2	0	0	24	4	25	5	24	6	24	3
2006	1	6	24	5	23	7	23	7	21	5	21	6	26	3	0	0
2006	1	7	0	0	25	3	26	3	25	4	26	4	24	4	20	3
2006	1	8	0	0	24	5	22	4	22	5	22	6	34	3	27	2
2006	1	9	23	3	26	3	27	2	24	4	27	3	0	0	3	4
2006	1	10	24	4	0	0	0	0	25	5	23	5	11	4	9	5
2006	1	11	0	0	0	0	24	4	26	3	0	0	5	6	6	7
2006	1	12	8	3	16	4	0	0	16	4	4	3	3	3	4	3
2006	1	13	0	0	0	0	18	2	0	0	0	0	1	4	36	4
2006	1	14	24	5	24	4	22	3	17	6	6	2	7	3	9	5
2006	1	15	0	0	0	0	0	0	25	6	24	4	36	5	22	4
2006	1	16	18	3	18	3	16	5	0	0	35	3	32	3	36	5

2006	1	17	25	3	26	3	0	0	20	3	18	2	0	0	33	4
2006	1	18	24	6	21	7	24	6	24	6	30	4	0	0	0	0
2006	1	19	25	5	24	6	24	6	24	6	27	3	5	2	2	6
2006	1	20	1	5	36	9	1	8	1	7	1	6	2	5	3	6
2006	1	21	36	4	4	6	36	4	3	4	1	5	4	4	0	0
2006	1	22	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	5	1	5
2006	1	23	3	4	5	4	0	0	0	0	0	0	4	3	7	5
2006	1	24	0	0	10	4	0	0	10	6	9	4	10	5	9	7
2006	1	25	12	6	8	6	8	6	9	5	8	6	0	0	8	6
2006	1	26	18	6	18	5	25	5	24	5	26	4	34	6	28	2
2006	1	27	0	0	0	0	0	0	22	6	23	2	0	0	0	0
2006	1	28	22	6	22	6	14	4	23	4	24	6	35	7	36	8
2006	1	29	35	8	36	5	28	5	26	5	28	8	30	3	0	0
2006	1	30	0	0	12	4	12	4	0	0	0	0	2	7	34	3
2006	1	31	33	10	33	11	34	13	35	13	34	9	32	10	32	11
2007	1	1	0	0	0	0	19	4	23	2	25	3	36	2	0	0
2007	1	2	22	3	21	4	29	2	18	4	22	3	2	4	36	2
2007	1	3	22	4	22	5	22	7	26	3	25	2	6	3	0	0
2007	1	4	0	0	0	0	24	2	24	2	22	2	22	1	26	2
2007	1	5	23	4	21	5	22	7	22	5	24	4	1	2	0	0
2007	1	6	0	0	21	5	0	0	28	2	22	4	34	3	0	0
2007	1	7	28	3	22	4	22	6	20	3	30	4	32	3	33	3
2007	1	8	24	3	24	5	20	5	21	5	22	5	27	3	24	2
2007	1	9	0	0	24	2	18	3	16	3	8	2	1	2	3	1
2007	1	10	22	3	21	6	21	3	22	4	22	4	2	4	3	2
2007	1	11	24	2	24	3	24	2	24	2	7	3	36	3	1	3
2007	1	12	36	2	35	3	1	3	0	0	7	3	3	2	5	2
2007	1	13	22	2	0	0	16	3	0	0	8	3	1	2	1	2
2007	1	14	24	4	22	4	23	3	0	0	0	0	36	4	36	4
2007	1	15	25	3	22	4	22	4	22	6	27	7	26	6	36	4
2007	1	16	36	3	33	3	25	3	0	0	0	0	1	2	1	2
2007	1	17	22	4	0	0	20	5	23	3	7	2	2	1	2	1
2007	1	18	23	2	21	2	23	2	16	2	23	2	1	2	7	2
2007	1	19	20	2	24	2	24	2	22	4	24	3	26	3	2	2
2007	1	20	4	2	0	0	4	2	23	2	7	2	7	2	0	0
2007	1	21	21	3	28	2	21	3	20	2	1	1	35	6	1	4
2007	1	22	23	1	21	5	20	5	22	6	22	5	26	8	22	4
2007	1	23	21	5	22	6	28	7	27	8	2	8	29	9	27	6
2007	1	24	22	7	22	9	22	5	21	7	22	4	35	4	21	5
2007	1	25	24	6	22	5	22	6	23	8	23	8	25	7	21	5
2007	1	26	21	4	24	3	23	4	22	3	14	2	33	5	27	3
2007	1	27	21	3	20	3	22	2	9	4	6	2	9	3	5	3
2007	1	28	7	5	2	7	7	8	10	5	8	3	9	5	0	0
2007	1	29	0	0	16	2	19	2	17	3	5	4	8	3	25	4
2007	1	30	23	8	27	5	22	3	22	4	27	4	28	2	32	4
2007	1	31	24	2	24	2	24	2	0	0	25	3	6	2	32	3

2008	1	1	0	0	21	5	20	5	18	6	14	5	24	3	24	3
2008	1	2	21	5	21	6	20	6	21	6	21	4	23	6	22	5
2008	1	3	21	7	23	5	22	5	21	5	22	6	27	7	22	6
2008	1	4	23	6	21	6	21	6	22	8	20	5	26	2	23	4
2008	1	5	23	5	22	7	21	5	22	8	22	7	26	7	21	4
2008	1	6	20	7	21	6	20	6	21	6	22	6	1	2	24	3
2008	1	7	21	5	20	3	34	1	11	2	6	1	4	2	6	1
2008	1	8	21	4	23	2	22	3	22	1	2	1	3	1	35	2
2008	1	9	24	2	26	1	0	0	24	1	8	3	36	4	34	3
2008	1	10	22	3	22	4	24	2	21	4	23	3	35	4	7	2
2008	1	11	22	3	20	2	23	2	20	3	22	4	27	3	22	5
2008	1	12	24	5	23	6	5	4	25	2	0	0	13	1	23	1
2008	1	13	21	2	21	4	20	4	24	1	22	5	36	3	24	3
2008	1	14	21	6	20	4	21	6	21	3	22	5	26	5	24	4
2008	1	15	22	4	22	6	22	6	22	7	22	6	26	5	25	3
2008	1	16	22	5	21	5	21	5	2	5	24	8	24	9	24	6
2008	1	17	23	4	23	4	21	5	20	6	24	7	26	8	24	4
2008	1	18	22	6	22	6	20	6	21	5	24	3	6	4	1	2
2008	1	19	24	2	18	1	10	2	10	3	36	2	35	2	6	4
2008	1	20	11	2	20	2	11	3	11	4	6	3	1	3	33	2
2008	1	21	21	3	22	3	20	2	22	5	22	4	1	2	22	3
2008	1	22	22	3	22	3	22	4	23	4	7	2	5	1	28	3
2008	1	23	22	2	21	6	19	3	18	1	9	2	6	2	2	2
2008	1	24	22	1	9	2	0	0	21	2	6	2	34	2	4	2
2008	1	25	22	2	21	2	15	1	20	2	9	3	2	3	4	7
2008	1	26	24	2	17	3	14	3	8	3	6	3	35	3	5	7
2008	1	27	10	1	22	2	21	3	21	2	14	2	2	2	5	4
2008	1	28	22	3	0	0	24	1	13	2	6	3	1	1	5	3
2008	1	29	20	4	21	5	5	1	2	7	22	4	34	4	34	3
2008	1	30	20	1	22	4	22	3	21	6	21	4	36	4	25	2
2008	1	31	22	1	24	1	21	5	14	3	6	3	3	3	8	4
2008	1	31	22	1	24	1	21	5	14	3	6	3	3	3	8	4

Statistiques météorologiques et historique des vents 2012-2022 dans la baie d'Arzew.





Utilizing Space Through Satellites

## Global Change Observation Mission - Climate "SHIKISAI" (GCOM-C)

Nominal Phase In Operation

Home > Missions > Utilizing Space Through Satellites > Global Change Observation Mission - Climate "SHIKISAI" (GCOM-C)

### About Global Change Observation Mission - Climate "SHIKISAI" (GCOM-C)



#### Forecasting future global climate

The purpose of the GCOM (Global Change Observation Mission) project is the global, long-term observation of Earth's environment. GCOM is expected to play an important role in monitoring both global water circulation and climate change, and examining the health of Earth from space. Global and long-term observations (10-15 years) by GCOM will contribute to an understanding of water circulation mechanisms and climate change.

GCOM consists of two satellite series, the GCOM-W and GCOM-C. The GCOM-C, carrying a SGLI (Second generation Global Imager), conducts surface and atmospheric measurements related to the carbon cycle and radiation budget, such as clouds, aerosols, ocean color, vegetation, and snow and ice.

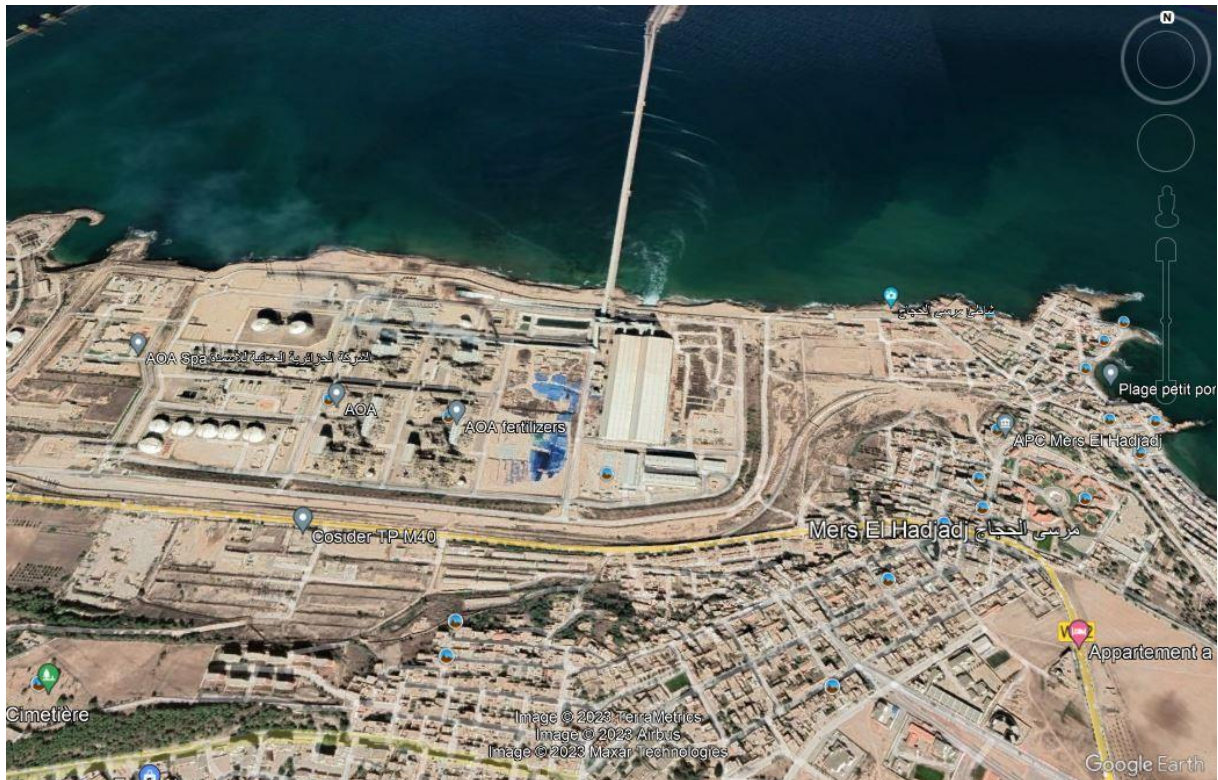
Figure : mission d'observation du changement global climat GCOM-JAXA.



**Figure** : Rejet usine Ain El Bia FERTIAL dans le golf d'Arzew (source : Google Earth pro 2023).

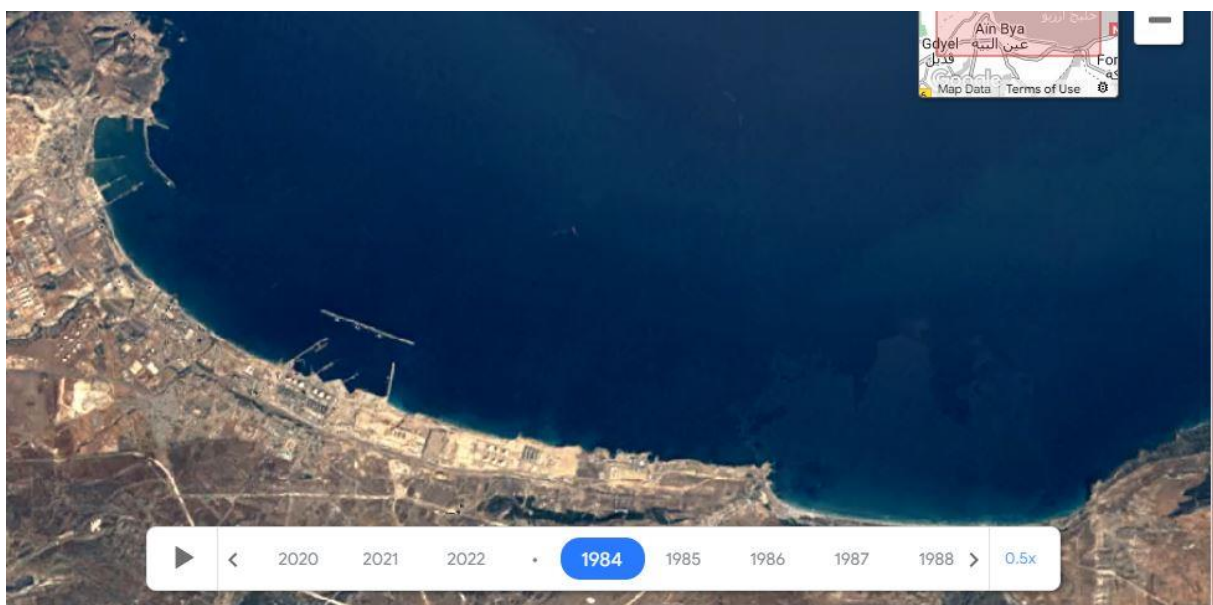


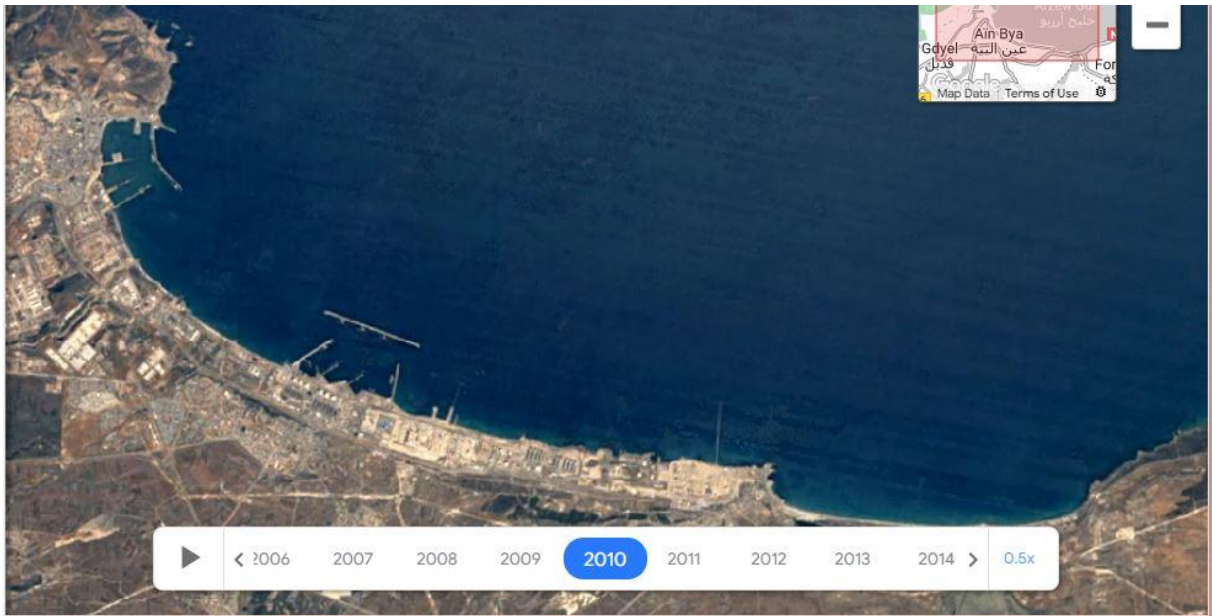
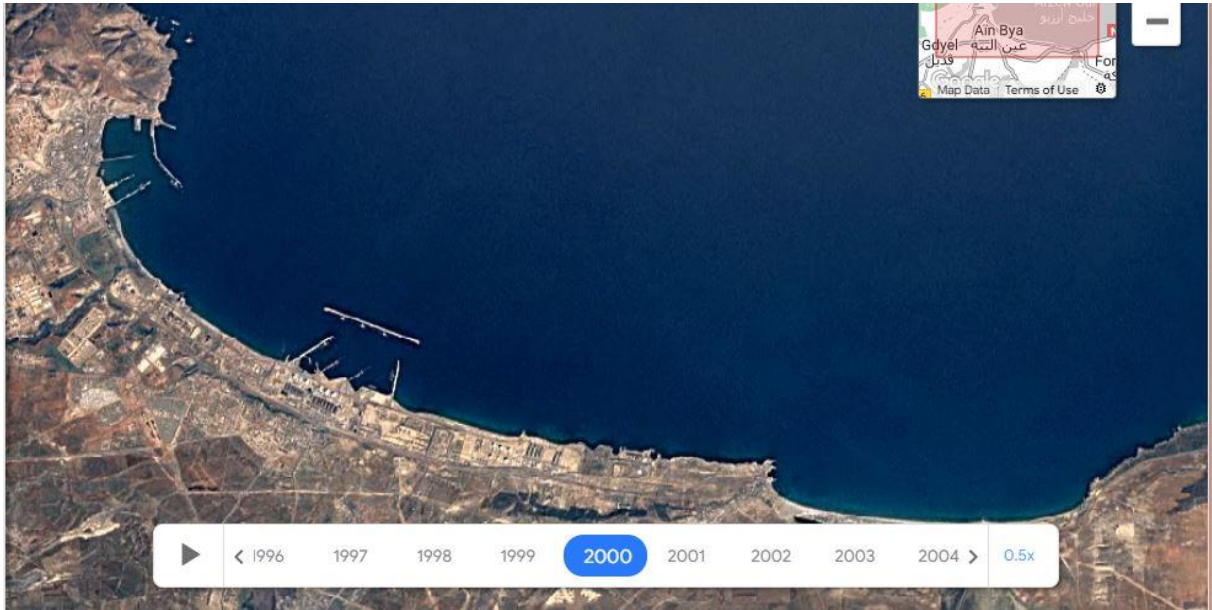
**Figure** : Rejet central électrique dans le golf d'Arzew (source : Google Earth pro 2023).

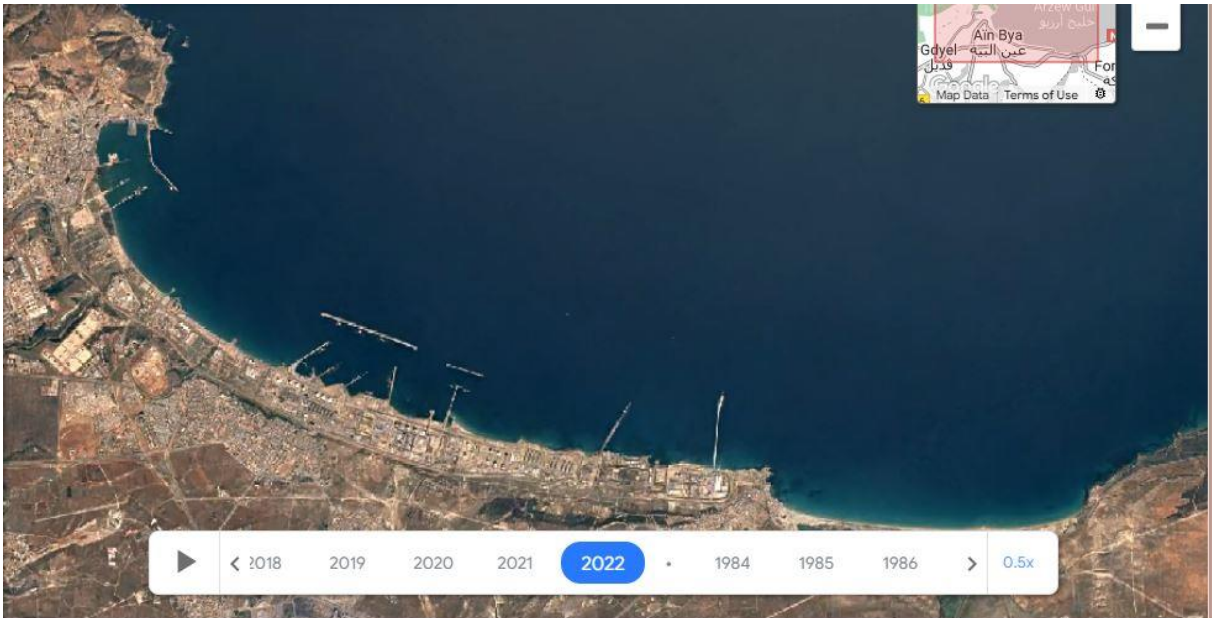
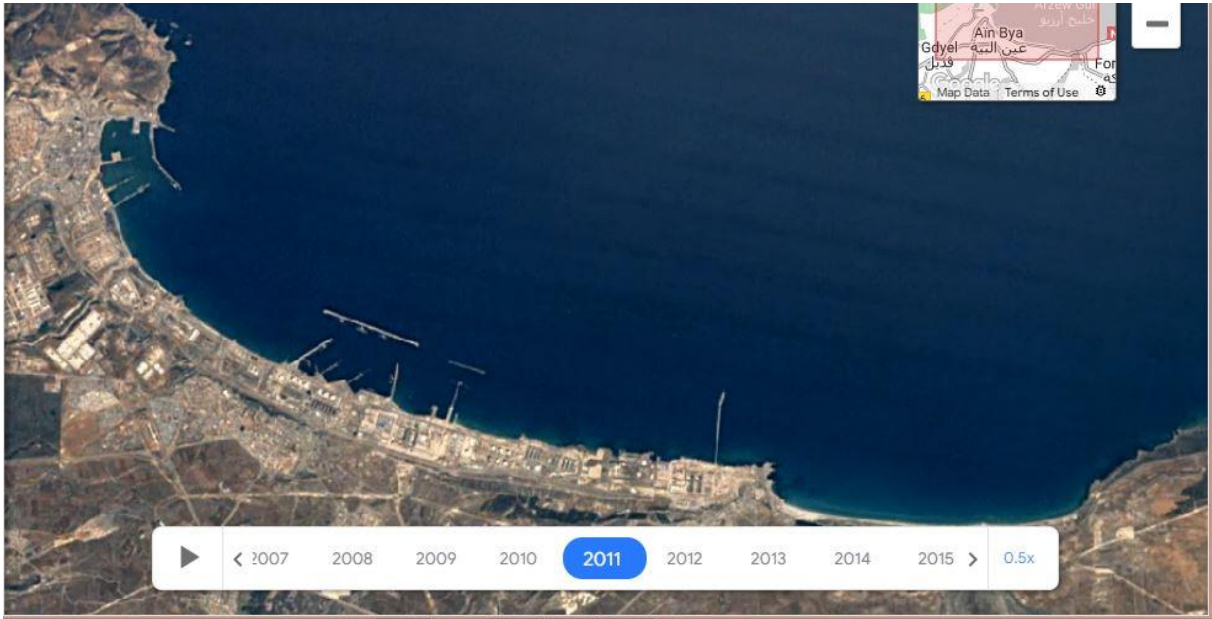


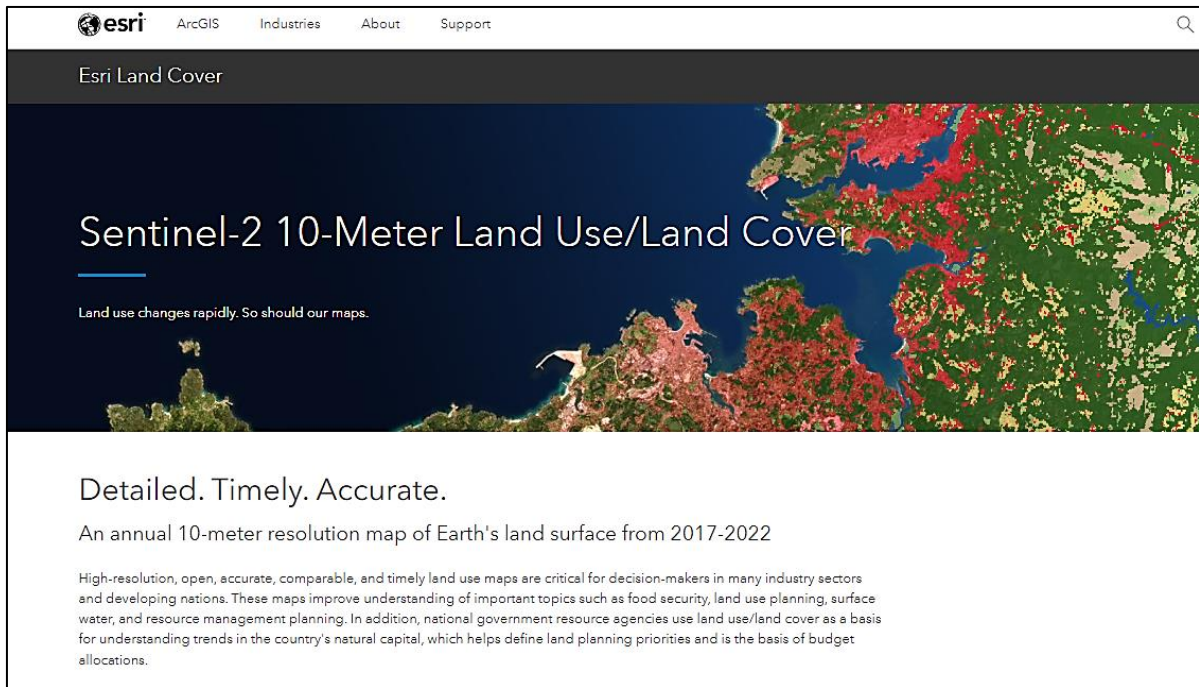
**Figure :** Rejet de complexe de production d'Ammoniac et d'Urée implantée à Mers El-hadjdj-Daira de Bethioua (source : Google Earth pro 2023).

Les Figures suivantes illustrent les changement dans la baie d'Arzew en 1984-2000-2010-2011-2022 (source ; Google Earth Engine).





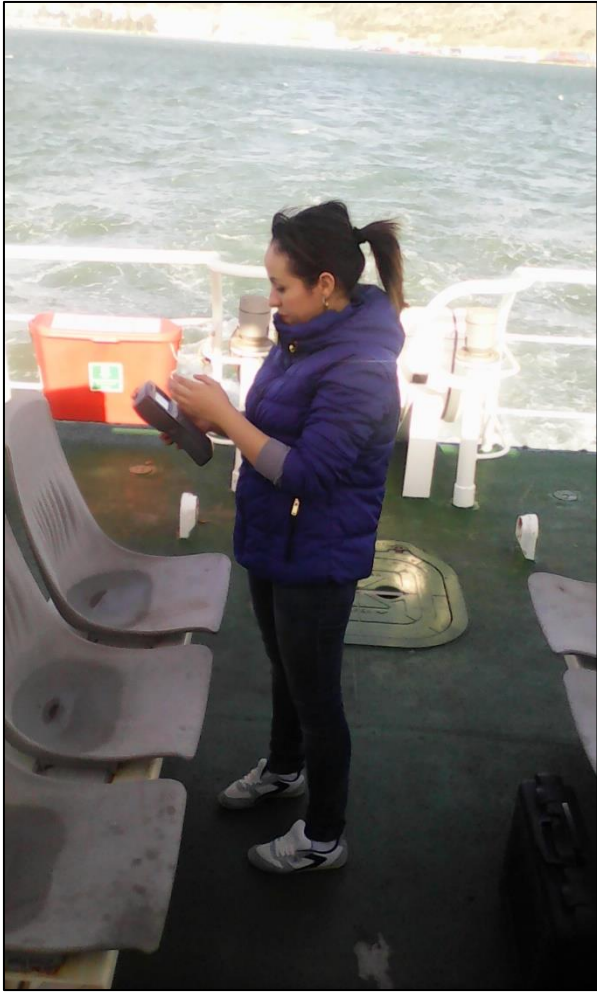


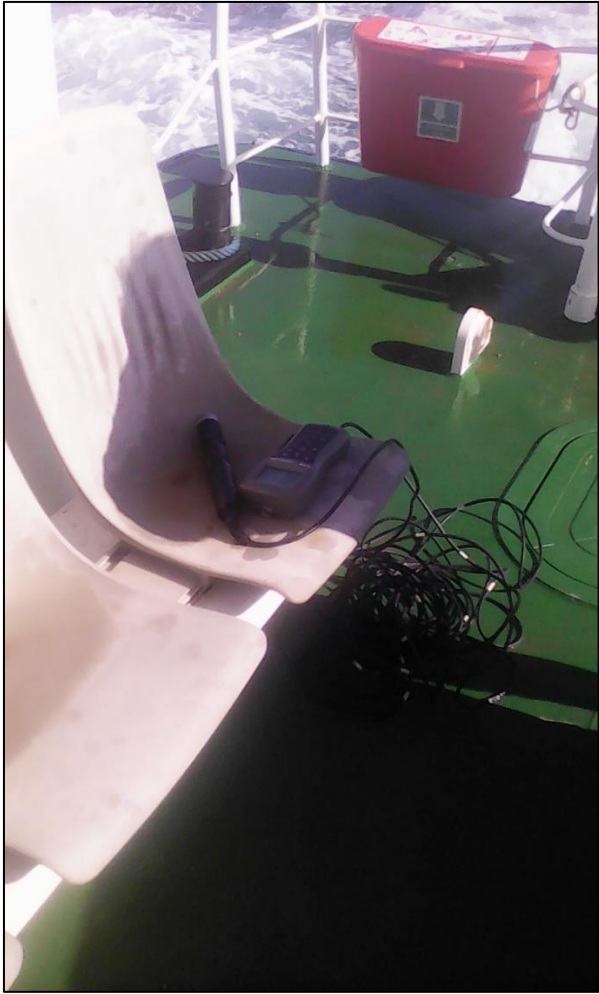


**Figure** : Plateforme d'Esri Land Cover (Esri est le leader mondial du marché des logiciels de systèmes d'information géographique (SIG), de géolocalisation et de cartographie)

**Photos sorties en mer :**









Photos prise lors des séminaire et conférences internationales.



Figure : Photos prise en 2018 : Participation au **second Algerian Geoscience and Remote Sensing Summer School 2018, 2nd AGR3S18** au sein de l'Agence Spatiale Algerienne ASAL - Arzew, Oran, Algérie.



Figure a,b : Participation au forum international Recherche-2-pratiques **PAUWES 2018**, sous le titre « Energy, Water Security and Climate Change », de l'agenda 2063 de l'Union africain - **Tlemcen**, Alger.



**Figure** : Participation à la 3<sup>ème</sup> conférence internationale sur l'hydrologie des grands bassins africains 2018. Sous le haut patronage de monsieur le ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, Monsieur le ministre des ressources en eau. Sous l'égide du programme **FRIEND WATER** de l'UNESCO - Sidi Fredj, Alger.

## Autres travaux scientifiques

### Communications orales

**2022** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Utilisation des données multi-sources satellites et les systèmes d'information géographique pour le suivi des paramètres indicateurs de pollution et l'évaluation de la qualité des eaux côtière. Webinaire international "GIS DAY ALGERIA" Gestion et prévision des risques /Géo-ressources et environnement. 16 Novembre 2022 Annaba, Algérie. Lien : <https://meet.google.com/tuz-cwmc-uza>

**2021** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Evaluation de la qualité d'eaux côtières par le suivi des paramètres indicateurs de pollution par le système d'information géographique. Séminaire international et de recrutement en systèmes d'information géographiques, Algeria geomatics innovation en partenariat avec le réseau des professionnels africain de la geomatics et environnemental systems recherche institue ; Atelier SIG/ DEVELOPPEMENT INFORMATIQUE ET ENVIRONNEMENT. 17 Novembre 2021, Annaba, Algérie. Lien :

<https://ypl.me/jGA>

**2018** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Estimation of chlorophyll concentration in coastal areas (bay of Arzew) by remote-sensing. Second Algerian Geoscience and Remote Sensing Summer School 2018, 2nd AGR3S18 au sein de l'Agence Spatial Algerian ASAL –Arzew. 12 juillet 2018, Oran, Algérie. Lien : <https://atrst.dz/the-second-algerian-geoscience-and-remote-sensing-summer-school-2018-2nd-agr3s-2018/>

**2018** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Suivi de la pollution et l'évaluation de la qualité des eaux côtières Oranaise en utilisant les données multi sources satellites (télétection). 3ème conférence internationale sur l'Hydrologie des grands bassins africains. Sous le haut patronage de monsieur le ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, Monsieur le ministre des ressources en eau. Sous l'égide de programme FRIEND WATER de l'UNESCO. 06-08 Mai 2018, Sidi Fredj, Alger. Lien : <https://freind2018.ensh.dz/Accueil.html>

**2018** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Use of the satellite technologies for monitoring the quality of seawater; Application of the Algerian littoral Mediterranean forum international Recherche-2-pratiques PAUWES 2018, Energy, Water Security and Climate Change, de l'agenda 2063 de l'Union africain.16-18 avril 2018, Tlemcen, Alger. Lien : <http://easychair.org/cfp/pauwes-res2prac>

**2017** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Simulation de la qualité de l'eau de mer de la zone côtière Oranaise par modélisation numérique en combinant avec les données multi-sources satellites ; colloque internationale « Ressources en Eau & Changement Climatique, Impacts anthropiques et climatiques sur la variabilité des ressources en eau « Eau–Société–Climat'2017 ESC-2017. 2, 3,4 Octobre 2017, Hammamet, Tunisie. Lien : <http://www.tunisie.ird.fr/toute-l-actualite/evenements-et-manifestations/colloque-international-eau-societe-climat-2017>

**2017** : Chabi Nacira, Houma Bachari Fouzia, Suivi des paramètres indicateurs de pollution dans la baie de Bouismail par les systèmes d'informations géographiques (SIG) ; 2<sup>ème</sup> Workshop international sur l'éco-toxicologie marine ; école nationale supérieurs des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, 14 Octobre 2017, Bois des cars Dely Brahim, Alger.

### **Article scientifique publié**



## Research Article

# Oil spill vulnerable areas in Arzew Gulf: a study case



Nacira Chabi<sup>1</sup>  · Fouzia Houma Bachari<sup>1</sup> · Nour El-Islam Bachari<sup>2</sup> · Abderrahmane Bouda<sup>3</sup>

Received: 23 November 2022 / Accepted: 27 April 2023

Published online: 11 May 2023

© The Author(s) 2023 [OPEN](#)

## Abstract

This study focuses on the Gulf of Arzew in Oran, an important area of the Algerian economy and the first Algerian port in terms of hydrocarbon exports. Oil spills in this area represent a severe risk that can disrupt the marine and coastal ecosystem. Therefore, the aim is to estimate marine waters' vulnerability to oil pollution, which has become a significant problem worldwide. Predictive simulations of oil slick drift, which may occur in the coastal area of Arzew in Oran, north-west Algeria, were carried out to study, prevent and map the spread of an oil spill in the context of a hypothetical oil spill. For this purpose, the National Oceanic and Atmospheric Administration's general operational oil modeling environment and the Automated Data Inquiry for Oil Spills were also used. The results show that approximately 29.7 km of shoreline could potentially be impacted by oil during the winter season, with an evaporation rate of more than 74.6% of the spilled amount. In addition, the simulation results indicate that the area could be affected in distinct ways depending on the season, with completely different oil slick trajectories. It is important to note that no oil slick modeling work has been done in this area to date, although oil spills represent a serious risk that can disrupt coastal resources such as fisheries, tourism, aquatic life, and shoreline physical resources. The mapping results propose a new transposable approach to coastal risk and could serve as a decision-making tool.

## Article highlights

- The study of coastal vulnerability to oil spills in the Gulf of Arzew reported that Cap Carbon, Arzew, and Pont aux Poules have extremely high sensitivity.
- The heavier oil components of ALGERIAN BLEND and ALGERIAN CONDENSATE STATOIL remain in the sea, causing serious physical and chemical effects on the marine environment.
- According to simulation results, some spilled oil washed up on the Gulf of Arzew, while others remained at sea after 48 h.

**Keywords** Trajectory modeling · Maritime transport · Coastal vulnerability · Algeria port · Oil spill modeling

## Abbreviations

ADIOS Automated Data Inquiry for Oil Spills

PCA Port Company of Arzew

GNOME General National Oceanic Modeling Envirot

LNG Liquefied Naturel Gas

LPG Liquefied Petroleum Gas

✉ Nacira Chabi, nacichabienssmal@gmail.com; Fouzia Houma Bachari, bacharifouzia.ocean@gmail.com; Nour El-Islam Bachari, bacharinouri@gmail.com; Abderrahmane Bouda, rboubnia@yahoo.fr | <sup>1</sup>Marine and Coastal Ecosystems Laboratory, University Campus Dely Ibrahim, National School of Marine Sciences and Coastal Management, Algiers, Algeria. <sup>2</sup>Laboratory of Oceanography Biologic and Marin Environment, Department of Ecology and Environment, University of Sciences and Technology Houari Boumediene, Algiers, Algeria. <sup>3</sup>National Maritime School, Tipaza, Algeria.



SN Applied Sciences

(2023) 5:158

| <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05376-x>

SN Applied Sciences

A **SPRINGER NATURE** journal

NCC National Climatological Center  
NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration

## 1 Introduction

Oil pollution, mainly caused by tanker accidents, is a primary concern for marine environmental protection [50]. Oil spills are one of the most significant risks to coastal waters [45]. They will be subjected to various physical, chemical, and biological oil weathering processes that alter their chemical composition, physical properties, and environmental fate [15]. These are the processes of evaporation, emulsification, natural dispersion, dissolution, photooxidation, spreading, sedimentation, interaction with fine particles, and biodegradation [55]. The relative rates of these processes determine the degradation levels of marine waters. The fact that the oil remains at sea or comes ashore also influences its fate.

Algeria is geographically, economically, politically, and strategically located on one of the Mediterranean Sea's main coastlines. Indeed, it is strategically located in the Western Mediterranean. It is the largest country in the Mediterranean, with a surface area of 2.4 million km<sup>2</sup>, or about 4.5 times the size of France and 8 times the size of Italy, and a maritime facade of about 1200 km, facing Europe, its main economic partner, particularly for exporting most of its oil and gas and importing most of its capital and consumer goods. The Mediterranean coasts are home to more than twenty states and over 400 million people, of which about 130 million, or 35%, live in the coastal zone [5–24, 59]. The coast hosted about 300 million tourists in 2014, or 30% of global tourism flows; about 50% of these visits took place on the coast [58]. The coastal zone is a very sensitive environmental area [24] and is the seat of many maritime activities, mainly the maritime transport of hydrocarbon [25], anarchic urbanization, and intense port activities associated with various industrial activities [52]. Pollution accidents can have catastrophic impacts on the marine environment in the long term.

Crude oil is essential for global development [8, 14, 27, 33, 35, 51]. Over time, the increase in world population [21, 53] multiplied the oil production rate to about 9947 billion ton-miles [23]. Oil production in Algeria reached about 48.3 million tons in 2018. The number of exploration drillings in 2019 reached 80 wells [11]. Algeria occupies the 3rd rank among the oil-producing countries in Africa and the 12th rank globally. A significant portion of it is transported by sea yearly [27]. Two billion tons of goods are circulating in the Mediterranean [4, 5], including 370 million tons of hydrocarbons transiting annually. Twenty-six (26) million tons of general cargo are destined for Algerian

ports, from which one hundred (100) million tons of hydrocarbons are loaded for export. The latter, being the economic and political will of the State, aims to create a large industrial zone near Oran, which has transformed the city, and the port of Arzew, a small fishing port, has become, in a few years, a large hydrocarbon port [3]. The latter is still the largest and the main source of the national economy, where the choice of application lies. Maritime transport is a market worth nearly €1.5 trillion representing 80% of the world's commercial traffic [19, 42].

Several works have been done in this context [38, 51]. Different mathematical models of oil slick drift have been developed to simulate their trajectories, and these models have been applied in different studies worldwide [8], including OSCAR, webGNOME, Medslik-II and SIMAP [8, 20–22]. The most comprehensive and successful models used in the trajectory and fate of oil spills due to their high predictive accuracies are General NOAA Operational Modeling Environment (webGNOME), Automated Data Inquiry for Oil Spills (ADIOS) and Oil Modeling Application Package (OILMAP) [9, 13, 34, 35, 43, 51, 58]. Compared to other models, the webGNOME model can be used worldwide, requiring fewer input parameters [12]. What we used webGNOME for this study. webGNOME has been validated based on observations of many oil spills worldwide [2, 18, 28].

Section 1 presents a brief introduction, and Sect. 2, materials and methods, which includes 4 subsections including the study area, the modeling systems used, the entrance data and boundary conditions, and the modeling scenarios; this subsection presents the results found during the different tests of the different possible scenarios in the Gulf of Arzew. Section 3 presents the results and discussion, and Sect. 4 the conclusion and recommendations.

It is important to estimate the vulnerability of marine waters to oil pollution, which has become a significant problem worldwide. Solutions are needed to contain this pollution and avoid future damage to the marine and coastal environment [41]. To this end, the main objective of this study aims to use predictive simulations of the oil slick drifts, which can occur at the level of the coastal zone of Arzew in Oran, northwestern Algeria.

## 2 Materials and methods

### 2.1 Study area

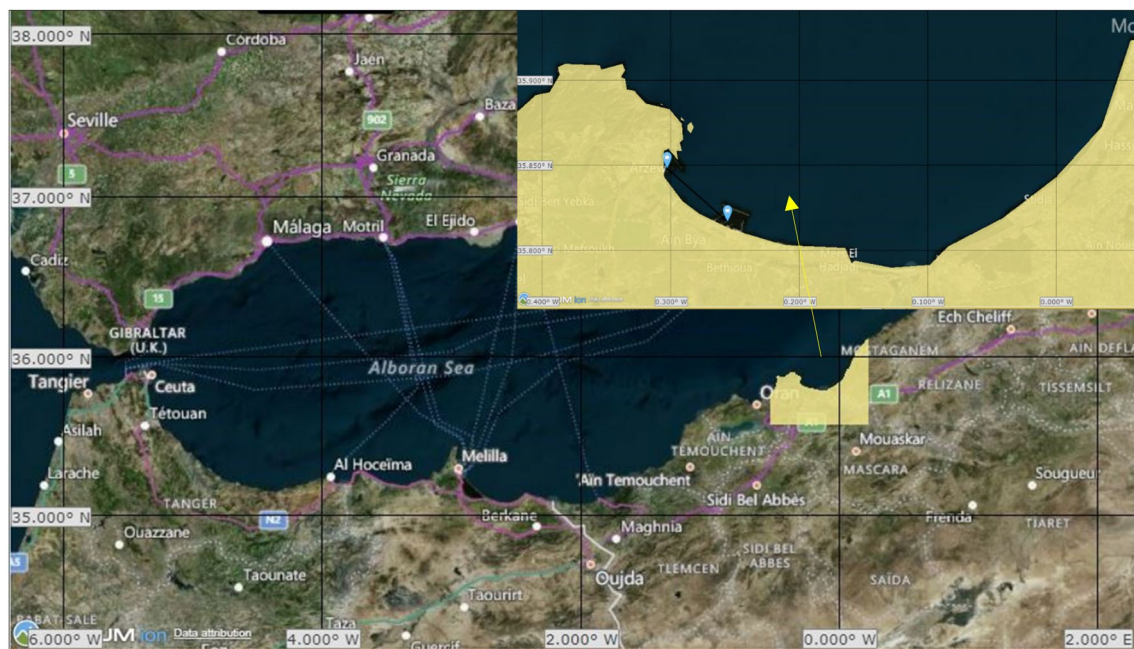
The study area is located in the northwestern region of Algeria. The Gulf of Arzew is located about 350 km West of Algiers and 40 km East of Oran in a semi-arid region. Its climate is characterized by a moderate winter and a dry and humid summer. Algeria is geographically, economically,

politically, and strategically located on one of the Mediterranean Sea's main coastlines. Indeed, it is strategically located in the Western Mediterranean. It is the largest country in the Mediterranean, with a surface area of 2.4 million km<sup>2</sup>, or about 4.5 times the size of France and 8 times the size of Italy, and has a maritime facade of about 1200 km, facing Europe (Fig. 1) its main economic partner, in particular for exporting most of its oil and gas and importing most of its capital) and consumer goods [31, 32, 62]. The wilaya of Oran contains eight important natural wetlands that, by geographical location, strategic, ecological, hydrological functions, biodiversity, and socio-economic importance, represent the best examples of wetland ecosystems in Algeria [6, 30]. Only four sites are currently on the Ramsar list of worldwide importance: Telamine Lake, the Arzew salt flats, the Great Sebkhia in the wilaya of Oran, and the Macta marshes in the wilayas of Oran, Mascara, and Mostaganem [32].

According to December 2019 figures, the total population of the wilaya of Oran was approximately 2,118,603 people, with a population density of 1152 persons/km<sup>2</sup>.

This density varies from commune to commune. Indeed, the presence of the most productive agricultural area, transportation and communication infrastructure, and all the amenities required for industrial activity only intensifies the human concentration on the coastal strip. Socio-economic developments and economic practices further strain the coastline [62]. The shoreline's degradation results from population pressures and activities affecting the metropolitan areas of Algiers, Oran, Annaba, and Skikda. During the first economic census in 2011, 934,250 economic enterprises were counted on the national territory. More than 46% of these entities are found along the coast, with a significant concentration in the wilayas of Algiers and Oran, which account for 10.38% and 5.66% of all economic entities, respectively. 60% of the 934,250 economic enterprises surveyed (construction, trade, industry, and services) are in coastal wilayas [62].

Table 1 summarizes the characteristics of Bethioua and Arzew and shows that the two ports remain the most important regarding hydrocarbons' reception and loading capacity. The types of vessels regularly calling at Arzew/



**Fig. 1** The geographic location of the study area and the two ports, Arzew and Bethioua (webGNOME)

**Table 1** Characteristics of the two ports, Arzew and Bethioua [36]

Port	Number of docks	Dock capacity/receiving volume (m <sup>3</sup> )	Number of loading arms	Loading flow rate (m <sup>3</sup> /h)	Draft of water (m)
Bethioua	4	2 Receptions for 40,000 to 125,000 and 2 for 50,000 to 125,000	5	4103 to 10,103	13.5
Arzew	1	25,000 to 50,000	4	Max 103	9.8

Bethioua are Crude Oil Tanker (24%), LPG Tanker (21%), Bulk Carrier (15%), General Cargo (13%), Oil/Chemical Tanker (7%). The maximum length of the vessels recorded to have entered this port is 298 m. The maximum draught is 15 m. The maximum Deadweight is 174008 t.

### 2.1.1 Transport of hydrocarbons in the Gulf of Arzew

Maritime traffic is very dense (nearly 40% of the world's commercial maritime traffic passes through our coasts) in addition to 100 million tons of oil exported annually by Algeria, which also receives refined products through its terminals in Algiers and Arzew (Table 2) [65]. The port of Arzew is the first Algerian port for hydrocarbon exploration. Its main role is to load the different ships (oil tankers, LNG ships, LPG ships, chemical tankers) from different

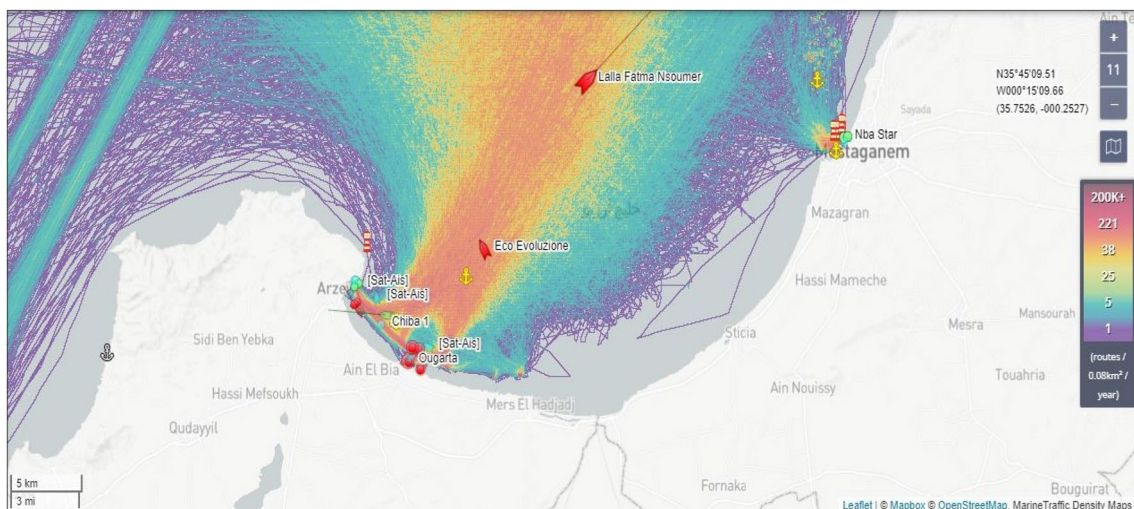
world regions with crude oil and refined products. These activities generate serious environmental pollution risks [65]. Table 2 lists the main indicators of the port activity in Arzew and Bethioua.

Major accidents have occurred in the port of Bethioua with the following outstanding facts: devastating and heavy consequences on the human, environmental and material plateau, recurrence in their occurrences. Hence, studying them to avoid them in the future is essential. Statistics concerning the transport of hydrocarbons by the sea in the Gulf of Arzew (Fig. 2) highlight our choice of study area. There is always a relationship between the density of maritime traffic and the risks of accidents and pollution, affecting the quality of seawater, marine biodiversity, and coastal resources. Maritime security encompasses the safety of human life and protecting property at sea from environmental and operational threats [44].

It is important to estimate the vulnerability of marine waters to oil pollution, which has become a significant problem worldwide. Solutions are needed to contain this pollution and avoid future damage to the marine and coastal environment [41]. To this end, the main objective of this study aims to use predictive simulations of the oil slick drifts, which can occur at the level of the coastal zone of Arzew in Oran, northwestern Algeria. webGNOME software and the oil slick weathering model ADIOS- NOAA were used to measure how the oil spill threatens the environment [46], to predict which areas will be affected and which areas are most at risk, and to see how the oil spill is expected to change chemically and physically over time [57]. In this study, scenarios for each season (winter, autumn, summer, and spring) were carried out to encompass all the possible seasonal scenarios. It is important to note that this is the first study performed in this area in

**Table 2** Main indicators of port activity per year [32]

	2017	2018
<i>A—Production indicators</i>		
1—Global traffic (tons)	22,198,600	22,163,615
1.1 Import traffic	1,447,355	1,280,630
1.2 Export traffic	20,751,245	20,882,985
2—Miscellaneous goods (tons)	291,093	257,302
2.1 Import	220,514	172,509
2.2 Export	70,579	84,793
2.3 Hydrocarbon traffic (ton)	21,273,978	20,143,507
2.3.1 Import	1,162,142	78,434
2.3.2 Export	20,111,836	19,065,073
<i>B—Movement and navigation indicators</i>		
1-Number of vessels at the entrance	679	688
1-Number of ships at the exit	678	692



**Fig. 2** Map of maritime traffic in the Gulf of Arzew, Source: <https://www.marinetraffic.com>

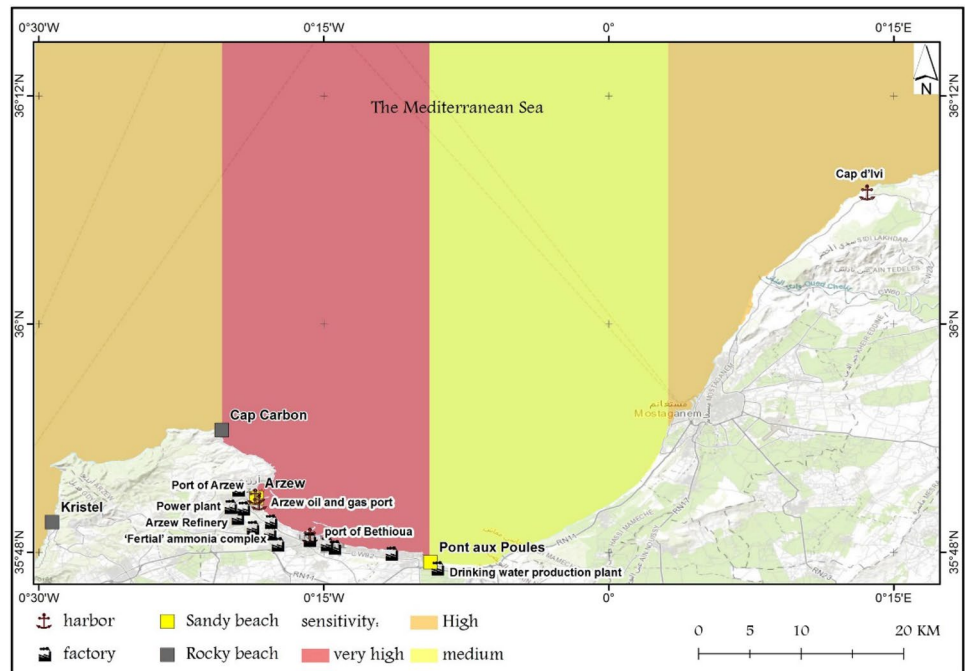
the golf of Arzew to date and can serve as a reference for future studies.

### 2.1.2 Sensitivity maps

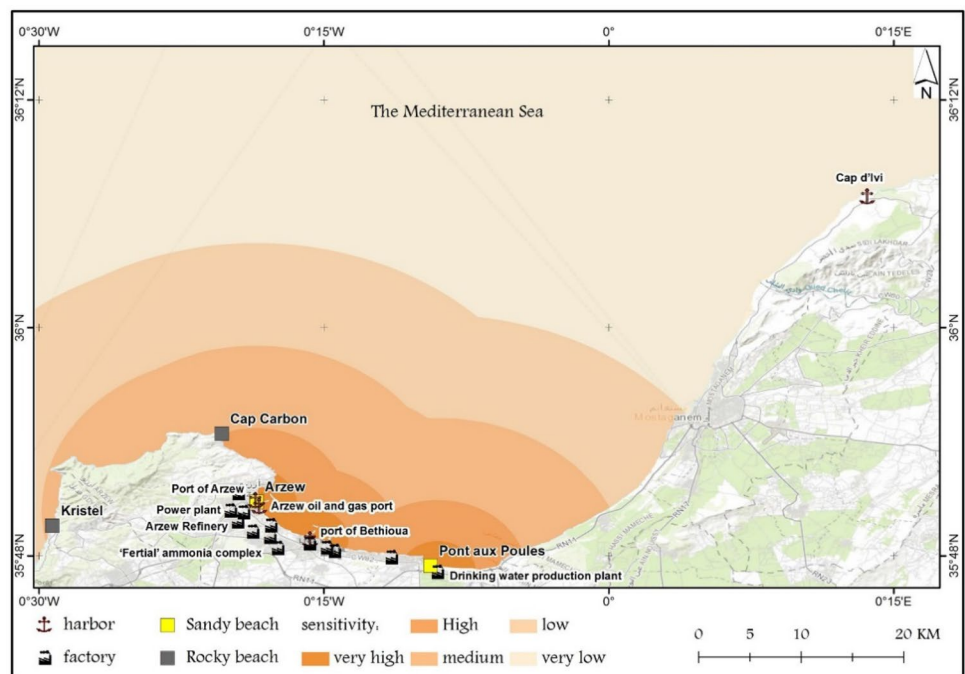
Shoreline mapping gives critical information on the sorts of shorelines (sandy, muddy, rocky) and the species present there to identify biologically susceptible to oil spills and culturally important locations along the coastline.

Recent maps of coastal vulnerability to pollution were developed (Figs. 3, 4, 5, 6), which include physical shoreline types (Fig. 3), biological, ecological (Fig. 5), and socio-economic (Fig. 4) features susceptible to oil spills. The map's realization and classification are based on a list of existing literature [7, 8, 26], site visits, and the location of various coastal resources using ArcGIS software, an integral component of the oil spill decision support system [1, 18, 56, 61]. This allows the emergency response team

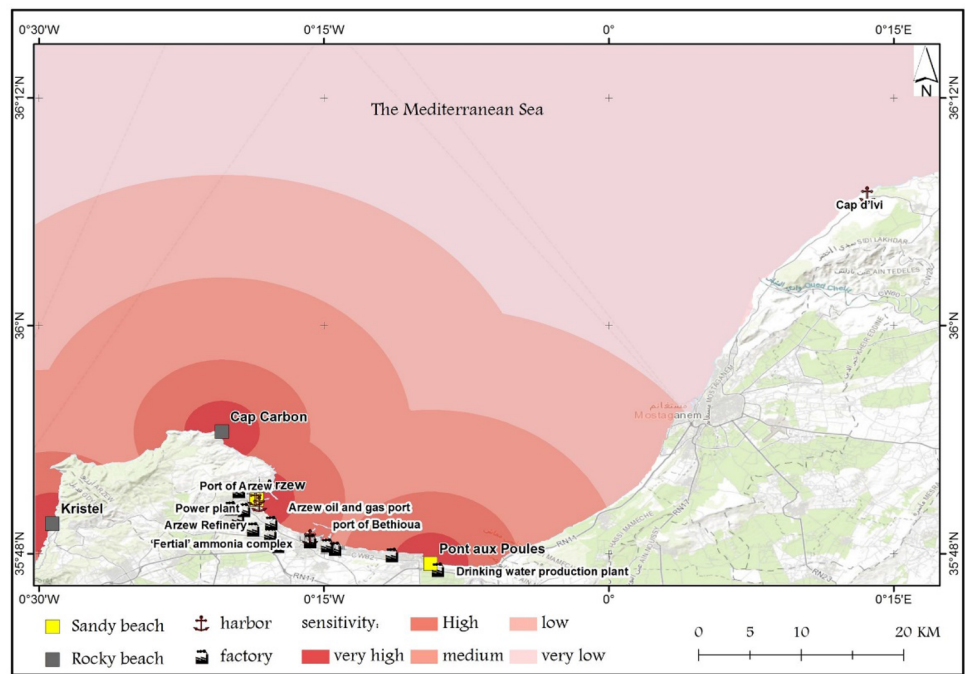
**Fig. 3** Physical sensitivity map of the coastal area of Arzew (ArcGIS, 2022)



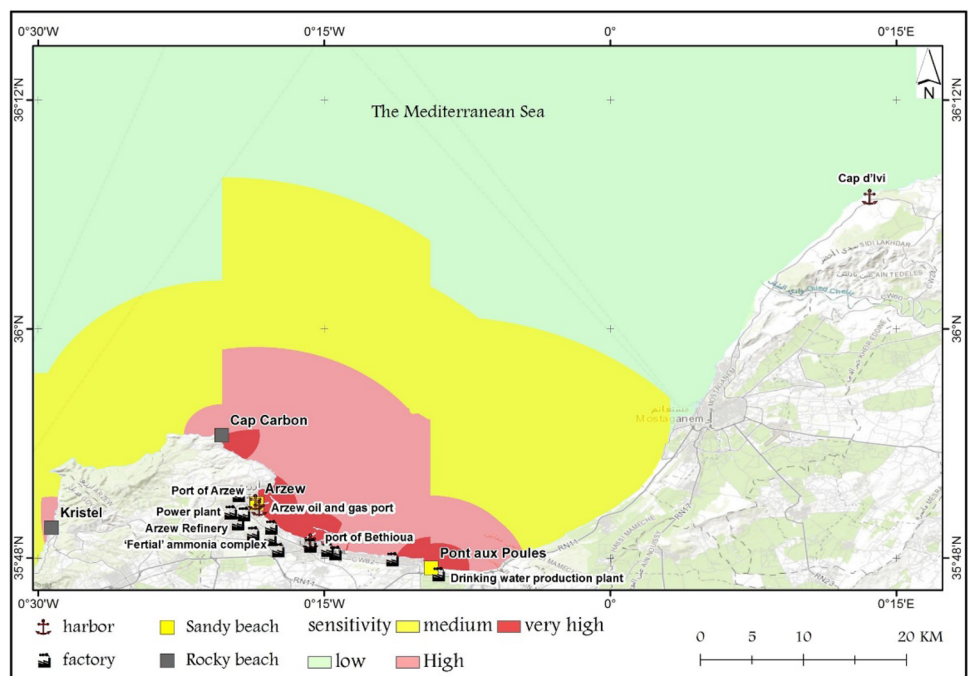
**Fig. 4** Socio-economic sensitivity map of the coastal area of Arzew (ArcGIS, 2022)



**Fig. 5** Ecological and biological sensitivity map of the coastal area of Arzew (ArcGIS, 2022)



**Fig. 6** Coastal oil spill vulnerability map (ArcGIS, 2022)



and decision-makers to holistically identify areas vulnerable to oil spills.

Figure 3 indicates the physical sensitivity based on the characteristics of the shoreline, soft sandy substrate or rocky substrate, beaches, and seabed that contribute to biological activity and are resistant to impacts associated with oil spills. The study area was divided into 4 zones according to the degree of physical sensitivity.

The classification of the analyzed sites depends strongly on the degree of anthropic occupation, as observed by Rangel-Buitrago et al. [51].

Figure 4. shows that socio-economic sensitivity is based on the human use of resources that contribute to the economy of the area (tourism, port, and factories). As for Fig. 5, the evaluation of the different study sites in terms of habitats and ichthyic populations indicates:

- Very high-value area (evaluation  $\geq 20$ ): Eastern sector (Cap Carbon and Arzew)
- High value area (rating  $\geq 10$ ): Central area (Pont aux Poles) + Eastern area of Kristel
- Medium value area (evaluation  $< 10$ ): West of Kristel + East Cap d'Ivi towards Mostaganem

These areas have significant ecological and conservation value (including their species and habitats).

The map in Fig. 6 represents the balance of the 3 coastal sensitivity maps (physical, socio-economic, and biological). It allows the classification of certain areas resistant to protection and essential areas such as the Kristel Cap Carbon area of implementation of artificial reefs, Pont aux Poles, and the wetland of Mecta, which has importance established under the Ramsar Convention 2001. These areas are environmentally important and can be affected by oil slicks.

Prior data gathering is used to identify the right clean-up technique(s) to respond to an oil spill (on water or shoreline). It entails locating and mapping sensitive sites, habitats, and wildlife populations so that response teams can access professional, scientific assistance during an incident. In the case of a spill, this information and the vulnerability maps are made available to response teams for effective decision-making and speedy deployment.

## 2.2 Modeling system

In the event of an oil spill in the aquatic environment, knowledge of the oil slicks' trajectory is essential to organize the recovery of the oil and protect the areas exposed to the risk of pollution [40]. The development of oil slick drift models in continental waters and at sea is motivated by the frequency of pollution and the harmful impact on the environment. Numerical models make it possible to study the impact of various possible scenarios and thus estimate the environmental sensitivity of a coastal maritime area even before such accidents occur [8].

The ability to rapidly predict oil spill trajectories in real-time on a global scale [31] was achieved through the integration of oil spill modeling tools with hydrodynamic and meteorological data sets [22] obtained from Arzew weather stations based on MODIS satellite images (2013 to 2022) [10] and also from in situ measurements made during sea trips (2013 and 2018). Access to data allows for timely probabilistic analysis of spills. For all other spill information, the ADIOS model [37] was used; this is the NOAA oil weathering model. It quickly estimates and models spilled oil characteristics and expected behaviors such as evaporation, dispersion in the water column, and changes in oil density and a viscosity [34].

### 2.2.1 Description of the two- modeling models

WebGNOME is the Web-based interface to GNOME, a publicly available model for predicting oil spill trajectory and fate that simulates oil movement and weathering due to winds and currents. The NOAA Office of Response and Restoration (OR&R) Emergency Response Division created GNOME for oil spill response [61, 48]. NOAA's oil weathering model is ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills). It is an oil spill response tool that simulates how various types of oil weather (change physical and chemical properties) in the marine environment. ADIOS quickly estimates spilled oil's expected characteristics and behavior using a database of over a thousand crude oils and refined products.

The forecasting tool webGNOME was used to investigate the processes influencing the fate and distribution of marine pollution, particularly oil slick drift. It was also tested against many oil spill observations [8, 51]. It is an interactive environmental simulation system for rapidly modeling pollutant trajectories in the marine environment and a planning tool for examining hypothetical scenarios. This model is based on a Lagrangian discrete element and can simulate the behavior of an oil spill [8]. WebGNOME has been utilized by emergency responders on behalf of industry, government, and groups to track oil spills, chemical spills, marine debris, and other incidents. They are intended to be a versatile trajectory model that specialists and the general public may use to guide clean-up activities and preventative measures [17].

### 2.2.2 Case study: simulation of a slick oil drift in the Gulf of Arzew

Dots represent the spilled oil on the map, called spots for the simulation. webGNOME includes uncertainty in particle transport. Each element integrated into webGNOME, i.e., wind, currents, pollutants, its drift, and evaporation, was treated with specific mathematical equations:

Drifters: Calculating zonal, meridional, and vertical displacement by moving pollutants.

$$\Delta x = \left( \frac{U}{111,1200024} \times \Delta t \right) \times \cos(y) \quad (1)$$

$$\Delta y = \left( \frac{V}{111,1200024} \right) \times \Delta t; \quad \Delta z = 0$$

where, U is the speed of currents and winds (east–west); V is the speed of currents and winds (North–South); Y is the latitude in radians;  $\Delta y$ ,  $\Delta x$  are the two-dimensional movements in latitude and longitude of currents and winds;

$\Delta t = t - t_1$  is the time between two steps;  $\Delta z$  is the vertical movement (in-depth); 111.1200024 is the number of meters per one (1) degree of latitude; 1 nautical mile equals 1 degree everywhere.

The distribution of the oil slick: Classical equation for the distribution of oil slick

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C \tag{2}$$

where, C is the concentration of the spilled quantity, and D is the coefficient of the distribution mentioned in Eq. (3), written as follows:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \times \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \times \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \tag{3}$$

Equation (3) gives the drift of the slicks in Cartesian coordinates, where,  $D_x$ ,  $D_y$  are scalar diffusion coefficients in the x and y directions, and T is the time.

The diffusion coefficient is half the variance of the distribution of each step divided by the time step:

$$D_x = \frac{1}{2} \times \frac{\delta^2 x}{\Delta t} \tag{4}$$

### 2.3 The input data and boundary conditions

#### 2.3.1 Winds in the region of Arzew

The study is based on the series of daily maximum wind speeds measured at the station of Arzew during the period 1986–2008 (Figs. 7, 8) provided by the NCC,

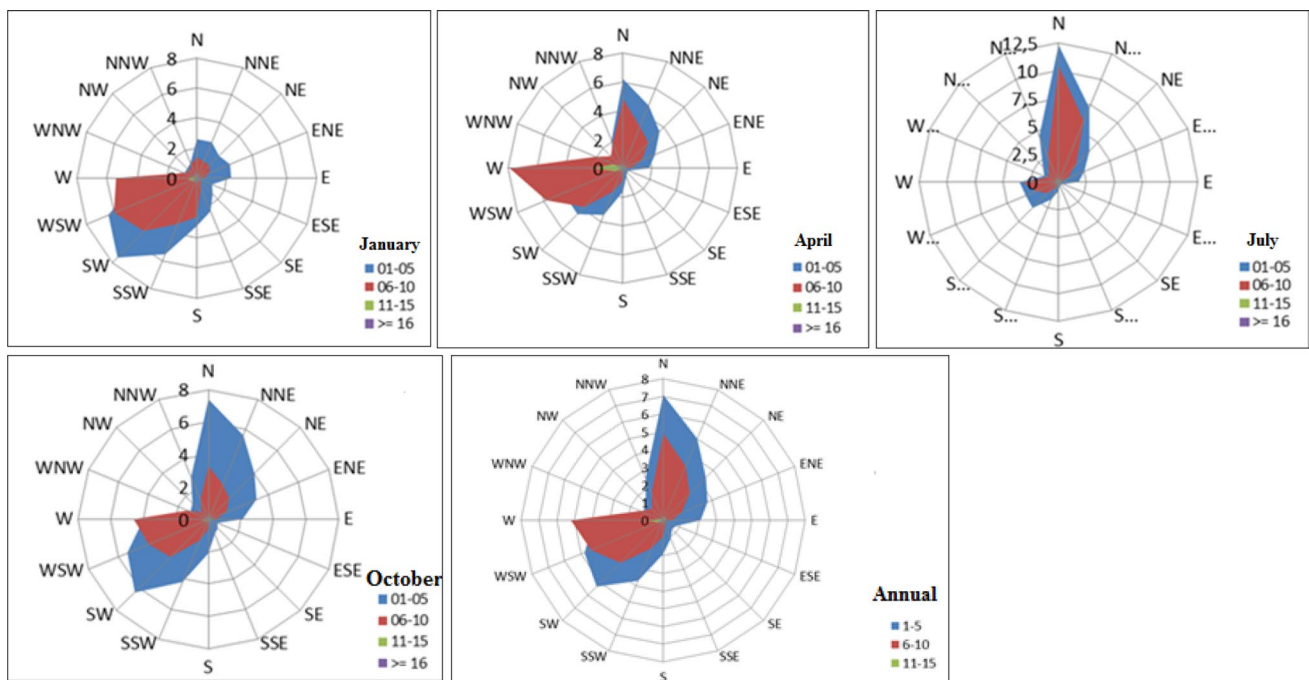
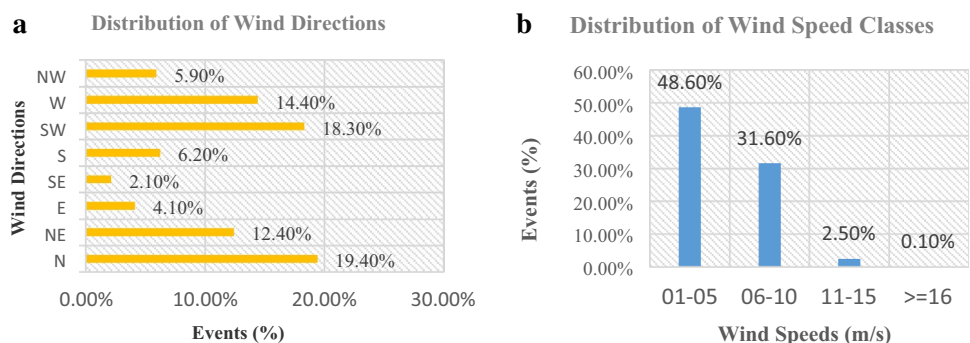
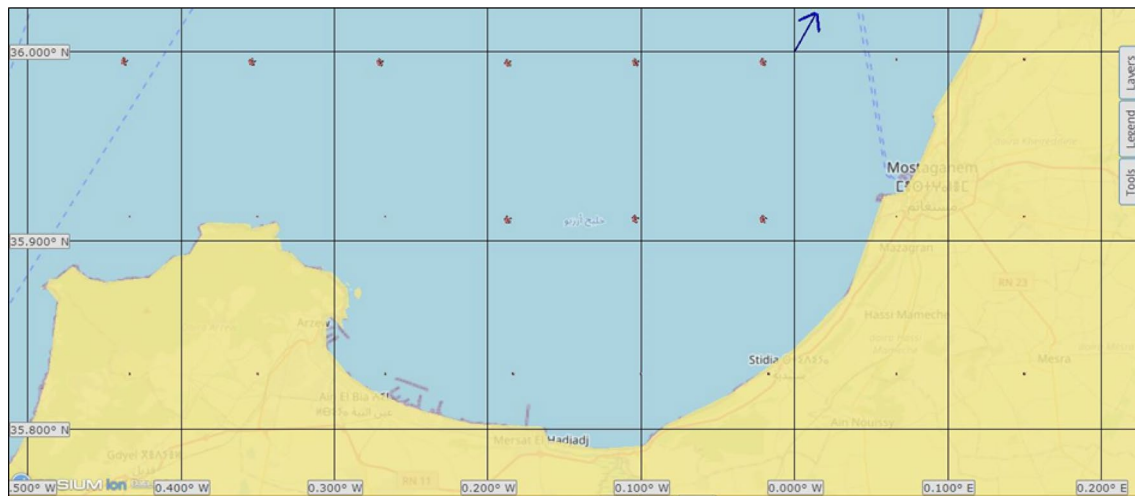


Fig. 7 Annual wind roses and months (January, April, July and October) in the Gulf of Arzew (1986–2008)

Fig. 8 a Distribution of wind direction. b Distribution of wind speed classes (1986–2008)





**Fig. 9** The study area via GOODS and Integration in the webGNOME software

coming from the station of Arzew. Calm and moderate winds characterize this station in the autumn and spring seasons. The dominant wind directions are North and Southwest, appearing annually. About 48.6% of the winds are between 1 and 5 m/s, 31.6% between 6 and 10 m/s, and 2.5% between 11 and 15 m/s. The most frequent speeds are those between 1 and 5 m/s (Fig. 7) [61].

The data show that in January, calm winds of speed  $1 < F(\text{m/s}) < 5$  are from the Southwest (SW) direction, as well as winds of speed  $6 < F(\text{m/s}) < 10$  from the west-southwest (WSW) direction. For April, the wind force between 6 (m/s) and 10 (m/s) is in the West direction and is the most predominant. It is in the North direction for  $01 < F(\text{m/s}) < 05$ . In July, the wind direction is North, with a very high scale for  $01 < F(\text{m/s}) < 05$  and  $06 < F(\text{m/s}) < 10$ . The winds in October represent a variation between two directions North and South West (SW) [36].

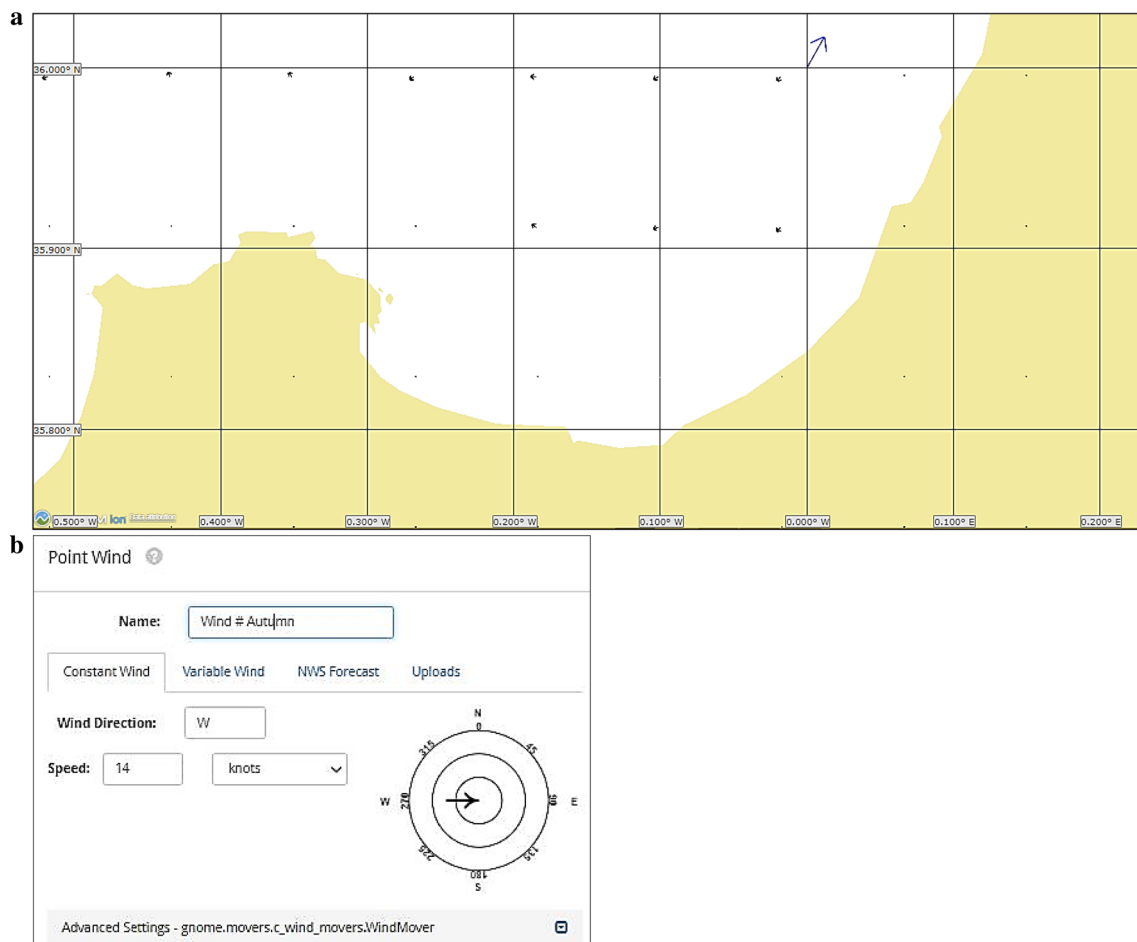
### 2.3.2 Surface sea currents

At the level of the Gulf of Arzew, the currents are oriented mainly toward the East. These currents flow 20–30 cm/s off Mostaganem, 40 km from the coast, and at 50 m depth. At the level of Arzew, a branch of this current enters the Gulf. Under the effect of the Coriolis force, currents appear clockwise, and their speed is very low (8 to 10 cm/s) [16]. Reliable oceanographic data are integral to oil spill vulnerability mapping and form the basis for accurate forecasting. Table 3 presents the different data sources integrated with webGNOME software. We studied local climatology and drew some idealized cases. For the different simulations, we created the actual data file using the dialog boxes, variable wind, spill information, temperature and salinity of the sea surface. These accurate data were obtained from the meteorological station of Arzew and the outputs at sea (in situ data).

The wind speed, direction, and values are integrated manually using dialog boxes under the webGNOME software. The current sea data is integrated from the real-time

**Table 3** WebGNOME Model inputs and sources

Inputs	Sources	Resolution spatial/temporal
Location file	<a href="https://gnome.orr.noaa.gov/goods">https://gnome.orr.noaa.gov/goods</a> (BNA map file format, Fig. 9)	50 m 30 days
Current data	The real-time RTOFS Global Ocean Model based on the HYCOM model	horizontal resolution 1/12 degrees
Horizontal Diffusion	webGNOME default value	–
Wind data	Provided by the National Climatological Center (NCC) and the weather station of Arzew. (Fig. 10)	Actual data
Sea surface temperature	Sea trips 2013–2018 MODIS satellite images (Level2_LAC) 2013–2022 processed under SeaDas (oceancolor.gsfc.nasa.gov)	Actual data 250 m 1 day
Spill info	ADIOS Oil Database	Actual data



**Fig. 10** a Visualization of the wind direction and current in the golf of Arzew 2022 under webGNOME. b The wind rose with the wind speed in 2018

RTOFS Global Ocean Model with a horizontal resolution of 1/12 degrees based on the HYCOM model (Fig. 10) [61].

### 2.3.3 Spilled oil properties

The main physico-chemical characteristics of the studied oils Algerian Blend and Algerian condensate Statoil, from the southern Algerian fields, are classified among lighter crude oils according to the values of their density respectively  $d = 0.8015 \text{ g/m}^3$ ,  $d = 0.707 \text{ g/m}^3$ ; their degrees of API American Petroleum Institute is 44.87 and 68.4 [29]. It contains a relatively high proportion of light hydrocarbons. Crude with a shallow sulfur content of less than 0.1% and asphaltene, low acidity, low viscosity variation of (2.324 cSt (centistokes) at 20 °C and 1.996 cSt at 37.8 °C), (0.64 cSt at 20 °C and 0.54 cSt at 40 °C), and the values of the pour point (−36 °C, −45 °C) indicates that they are paraffinic. For Algerian Blend oil, the predominance of kerosene explains its high molecular weight of 225 g/mol (saturated aliphatic hydrocarbons or alkanes). The general chemical formula is

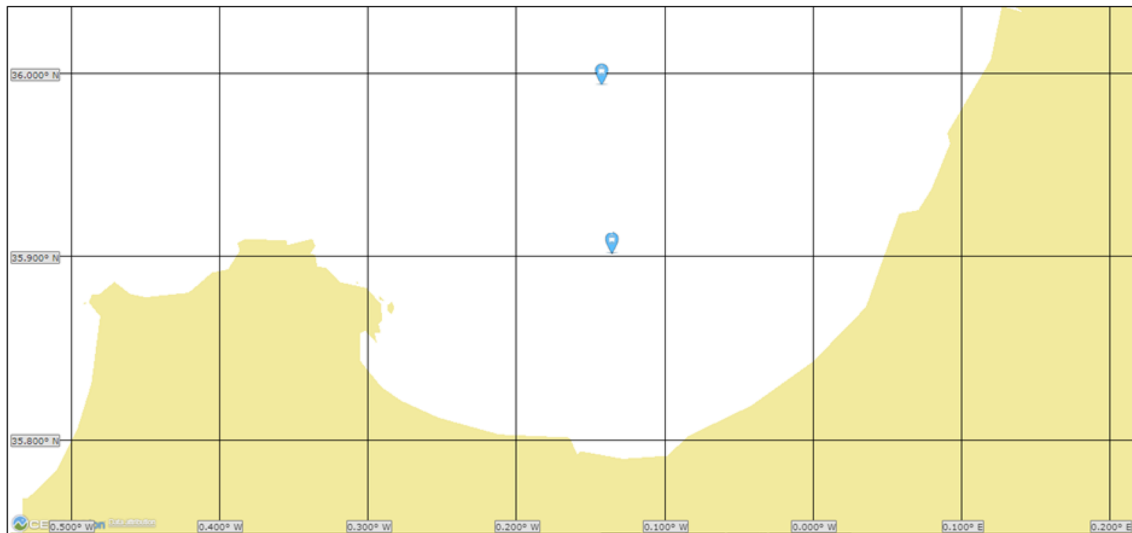
C11 H2n + 2. The energy products present in this oil have a better combustion quality (LPG 25%; Naphtha (C6 -C7) 34%; Kerosene (C12-C18) 12%; Gas-Oil (C18) 25%; Residue 25%).

### 2.4 Modeling scenarios

This section describes the decision criteria for the many tests of the various scenarios in the Gulf of Arzew. Table 4 displays the meteorological and hydrodynamic variables for the 16 scenarios investigated. For the year's four seasons of 2018, 10,000 metric tons of Algerian Blend crude oil spilled on two different spill spots (P1 and P2) in the Gulf of Arzew. And 30,000 metric tons of Algerian condensate Statoil, as well as the position of the two spill spots (P1 and P2) in the center of the Gulf of Arzew for the four seasons of 2022, as well as the model start time, model end time, simulation duration, and sea surface temperature and salinity.

**Table 4** Initial conditions of the 16 scenarios studied (2018 and 2022)

Scenarios	2018				2022			
Seasons	Winter	Autumn	Summer	Spring	Winter	Autumn	Summer	Spring
Date	04/01/2018– 06/01/2018	13/04/2018– 15/04/2018	12/08/2018– 14/08/2018	12/10/2018– 14/10/2018	04/02/2022– 06/02/2022	15/05/2022– 17/05/2022	25/06/2022– 27/06/2022	25/11/2022– 27/11/2022
2 Points of the spills (P)	P1 = (35°54'5" N and 0°8'18" W) + P2 = (35°59'37" N and 0°8'35" W)							
Oil type	ALGERIAN BLEND				ALGERIAN CONDENSATE STATOIL			
Quantity	10,000 metric tons				30,000 metric tons			
Model start/end time	8 am to 8 am				1 pm to 1 pm			
Duration	24 h/48 h							
Wind speed (knot)/ direction	15 Nord	14 West	11 Nord	8 North–West	13 Nord	14 West	10 Nord	6 North–West
Salinity (PSU)	37	37	37	37	37	37	37	37
Sea temperature (°C)	14	20	25	18	15	21	24	19
Sea current	The real-time RTOFS Global Ocean Model with a horizontal resolution of 1/12 degrees based on the HYCOM model							

**Fig. 11** Spill sites of the hydrocarbon slick in the center of the gulf of Arzew (P1(35°54'5" N et 0°8'17" W), P2( 35°59'37" N et 0°8'35" W)) under webGNOME

The discharge points (Fig. 11) are chosen based on our study area's density map of maritime traffic. The map shows heavy maritime traffic in the bay of Arzew at the level of coastal areas going to the sea (the meeting point of ships entering and leaving the bay presents the place of greatest danger at the entrance of the bay to the center of the Gulf of Arzew, hence the choice of the points of discharge of hydrocarbons for the study scenarios). The large capacity for the export of hydrocarbons in this area justifies this choice. The risk of events is omnipresent, and this pressure directly affects the marine environment.

### 3 Results and discussion

This section presents the results from the different tests of the different scenarios in the Gulf of Arzew for the 4 seasons of 2018 and 2022. A quantity of crude oil spilled of 10,000 metric tons of ALGERIAN BLEND type and 30,000 metric tons of ALGERIAN CONDENSATE STATOIL type, after 48 h of the spill (Table 4), with 2 points of the spills (35°54'5" N and 0°8'18" W), (35°59'37" N and 0°8'35" W) in the Arzew bay (Fig. 11). This study simulated hypothetical oil spill scenarios off Arzew Bay

using webGNOME and NOAA ADIOS, showing negative impacts on coastal areas. The results of the oil spill trajectories and alterations were discussed in this section.

Figures 12, 13, 14, 15 depict the oil concentrations at the surface as a function of particle density 48 h after the oil spill for the various scenarios tested. The preset color scale based on the Bonn Appearance (oil appearance at different thicknesses or concentrations) was used because concentration maps were a more effective representation. Moreover, it shows the uneven distribution of hydrocarbons while clearly illustrating high-concentration regions containing most of the oil. After superimposing the results of various scenarios, we present the trajectories of the oil slick, the most likely areas to be reached in the various possible cases, and the various physical and chemical changes that occur when oil is spilled in the marine environment.

The results of the various winter scenarios 2018 simulations show that for a wind speed of 13 to 15 knots North, the oil slick type ALGERIAN BLEND spilled in the two points P1 and P2 and moved towards the center of the bay of Arzew in the first hour. After 24 h of a spill at point P1 near 11, 40 km of coastline was affected, with a beached quantity of 7.3%, equivalent to 363 metric tons of oil, 62.8% of the spilled quantity evaporated, equivalent to 3139 mt, and a natural dispersion of 0.6%, equivalent to 29 mt, and 29.3% floating, equivalent to 1467 mt. However, after 48 h (Fig. 12a), the oil slick moved to the West, affecting 14.93 km of coastline with a stranded quantity of 20.6%, equivalent to 1895 metric tons of oil, an increase in evaporation to 64.1% of the quantity spilled, equivalent to 6156 metric tons, a natural dispersion of 57 mt, and 14.6.3% floating, equivalent to 1489 metric tons. However, after 24 h, the oil slick at point P2 continues to move without beaching (beached 0%), with a similar amount of evaporation and natural dispersion as the spill at point P1 of 62.8% and 0.6%. We notice that the oil slick begins to beach at a rate of 0.1% after 36 h, and after 48 h (Fig. 12b), 4.6% are stranded, equivalent to 436 mt or nearly 29.60 km of the coast was affected, and areas affected are (beach). Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, the beautiful beach of Pont aux Poules, El Mecta, Bethioua, Ain El Bia, Arzew, and Cape Carbon are all nearby.

The simulation model of hydrocarbon ALGERIAN CONDENSATE STATOIL, for winter 2022, with a volume of 30,000 metric tons, shows that after 24 h, the slick moves westward without stranding in the two points of spill P1 and P2, with 84.1% evaporation, 12% sedimentation, and 3.7% floating. After 48 h of spillage at point P1 (Fig. 12c) and at point P2 (Fig. 12d), the oil slick beached on nearly 28 km of the Gulf of Arzew's western coast, and areas affected are (beach): Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, the beautiful beach of Pont aux Poules, El Mecta, Bethioua, Ain El Bia, Arzew, and Cape Carbon. The volume evaporated is 83.9%,

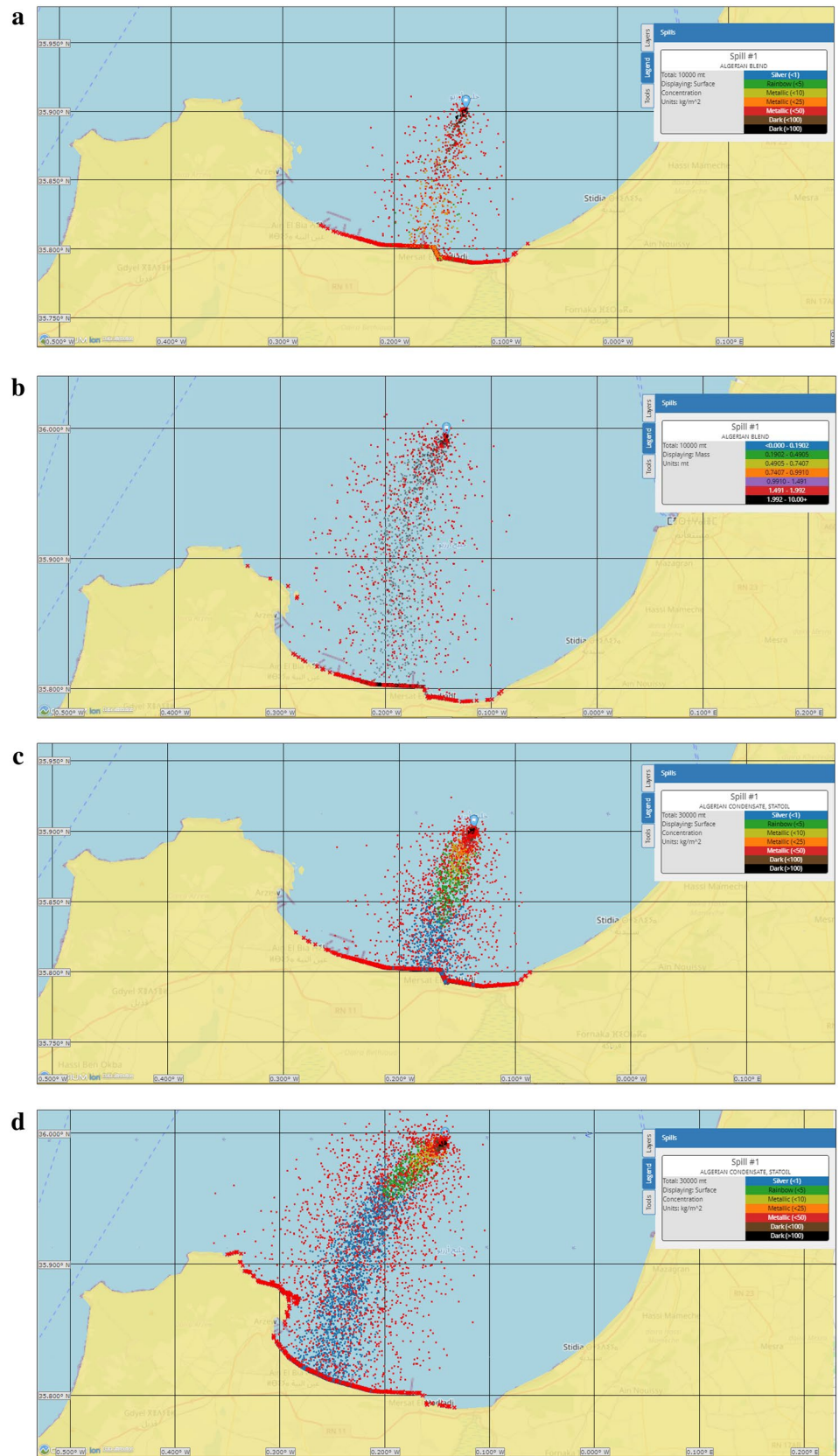
equivalent to 13,022 mt, with natural dispersion of 13.9%, 1889 mt, sedimentation of 0.1%, 23 mt, and floating of 2.1%, equivalent to 546 mt.

The results of the various modeling scenarios for the winter season for 2018 and 2022 show that the coastal areas of central and western Arzew, such as Pont aux Poule, Bethioua, Arzew, and Cap Carbon, are the most likely to be reached by the oil slick. These areas are highly sensitive to the oil spill (Fig. 6 represents the balance of the maps of the coastline's physical, socio-economic, and biological sensitivity). Because they are areas of artificial reef implementation, Cap Carbon and Pont aux Poule are classified as essential areas with a low resistance to protection, whereas Sidi Mansour, Mers El Hadjadj, and Ain El Bia are classified as high sensitivity.

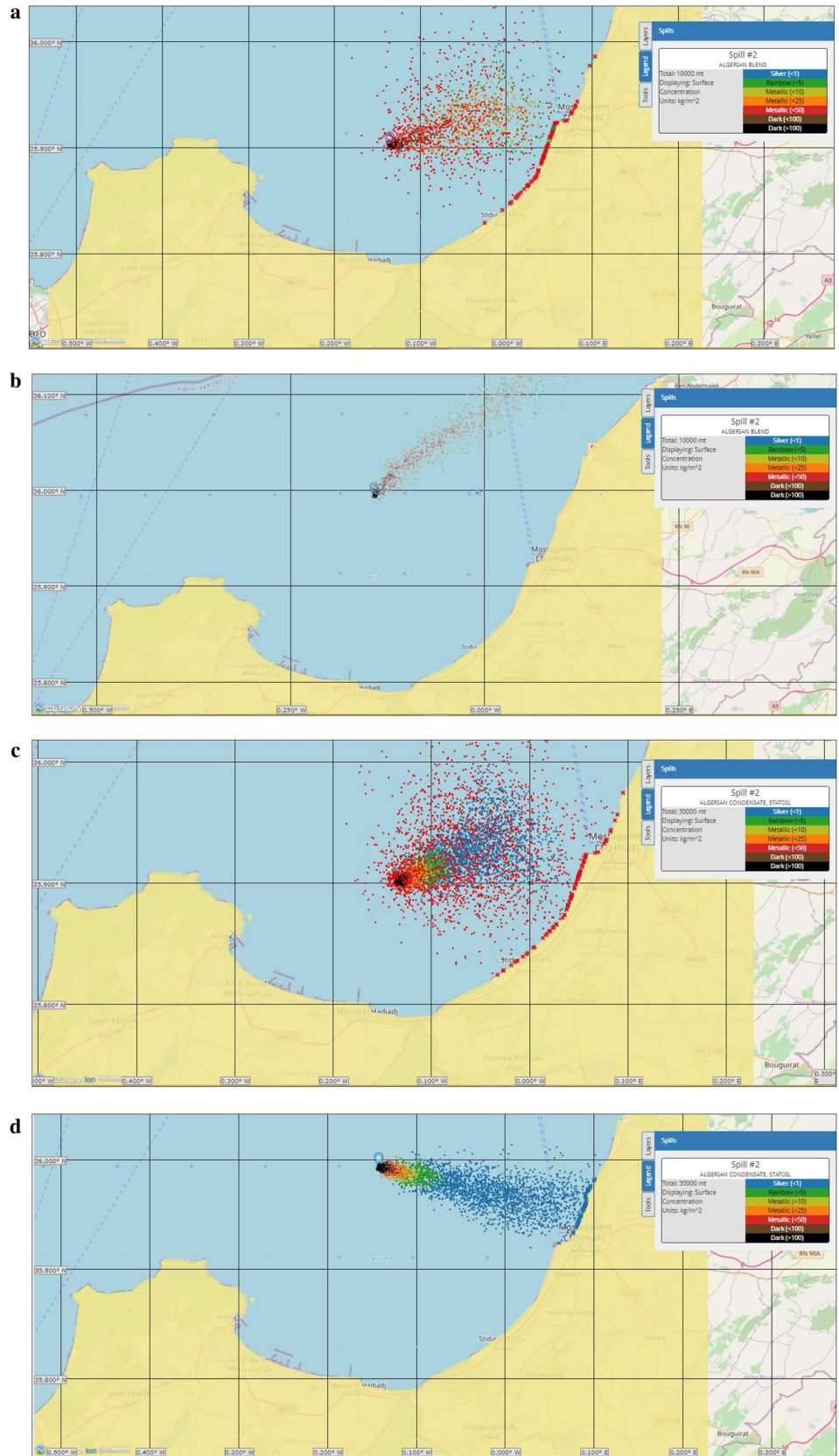
For the autumn 2018 scenarios, for a 14-knot westerly wind speed, with a spill volume of 10,000 mt of the ALGERIAN BLEND type, which started on April 13, 2018, at 8 am and lasted 48 h until April 15, 2018, at 8 am, the results of the simulations showed that after 24 h of the spill at point P1, the oil slick moved towards the East and for the spill at point P2 the slick moved towards the North-East without beaching in both cases. After 24 h, the evaporation rate is 64.2%, or 3208 mt, with a natural dispersion of 0.6%, or 30 mt, and floating equally to 35.2%, or 1761 mt. After 42–48 h, a portion of the oil slick at point P1 (Fig. 13a) beached on the North-East coast near Cap Ivi in Mostaganem, affecting approximately 11.90 km, with an evaporation rate of 67%, equivalent to 5716 mt and a quantity of 57 mt (0.6%) dispersed naturally and 31.3% floating equivalent to 2818 mt with 0% sedimentation. Even after 48 h, the oil slick from the P2 (Fig. 13b) spill continues to move northeastward toward the open sea without beaching (Beached 0%), with similar dispersion and floating evaporation rates as the P1 spill.

The scenarios began on May 15, 2022, at 1 pm and ended on May 17, 2022, with a volume of 30 000 metric tons of ALGERIAN CONDENSATE STATOIL. After 24 h, the oil slick moved towards the North-East for the two spill points P1 and P2, in the same direction as the slick followed in the autumn 2018 scenario, without beaching (Beached 0%), with an evaporation rate of 87.5% equivalent to 13,118 mt. After 48 h, a large portion of the oil slick beached on the north-east coast of Mostaganem noting (Mazagan, Oureah beach to Stidia) on approximately 19.40 km (Fig. 13c). However, only 8.20 km of the coast was affected by the spill at point P2 (Fig. 13d), always on the northeast coast of Mostaganem, with an evaporation rate of 87.3%, equivalent to 25,922 mt, natural dispersion of 10.8%, equivalent to 3289 mt, floating of 2.2%, equivalent to 548 mt, and very low sedimentation of 0.1%, equivalent to 17 mt. For the autumn 2018 and 2022 scenarios, the most likely areas to be reached by oil spills are the

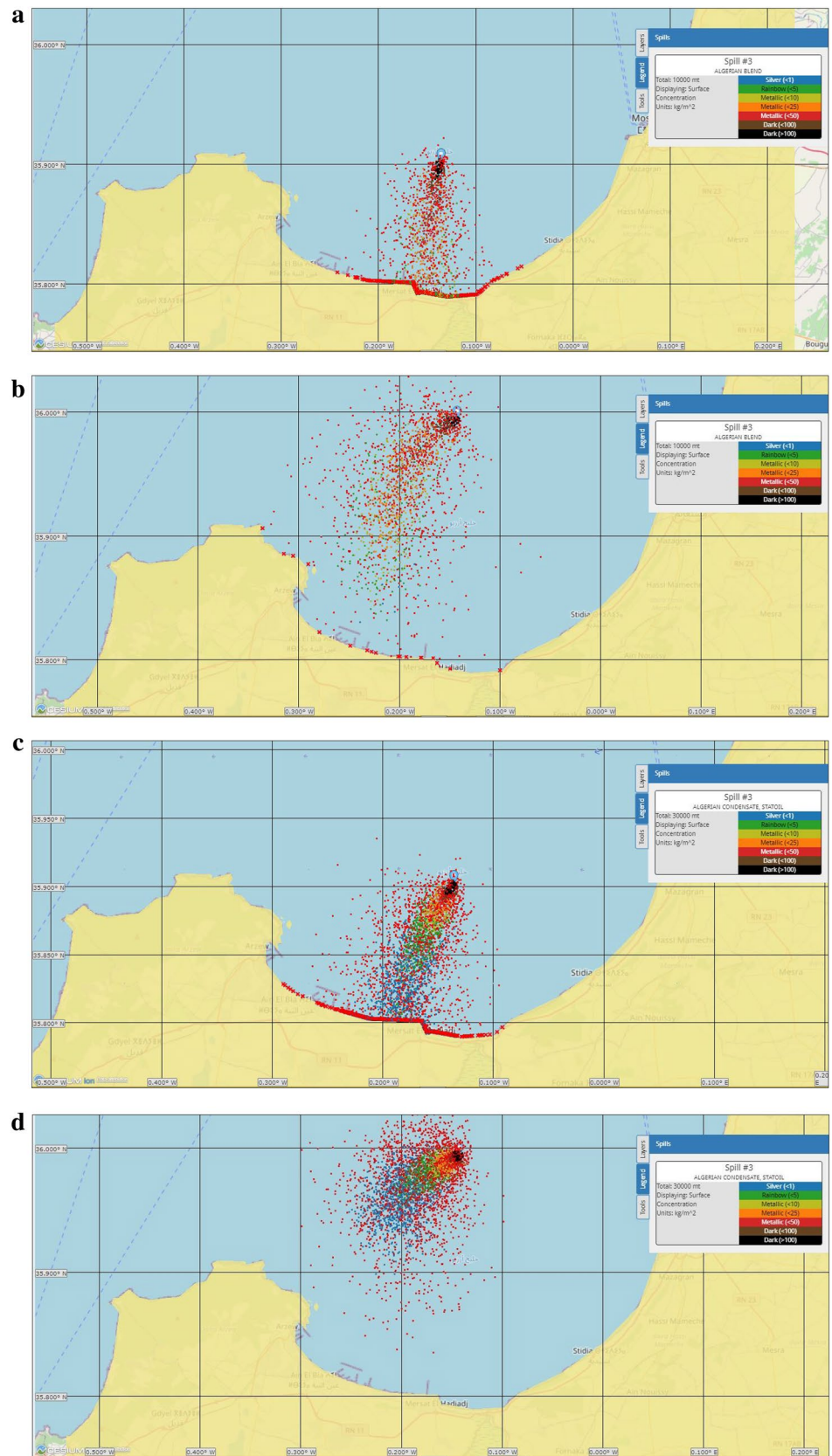
**Fig. 12** Winter 2018 and 2022 oil spill scenarios: **a** After 48 h in point P1, 2018; **b** After 48 h in point P2, 2018; **c** After 48 h in point P1, 2022; **d** After 48 h in point P2, 2022



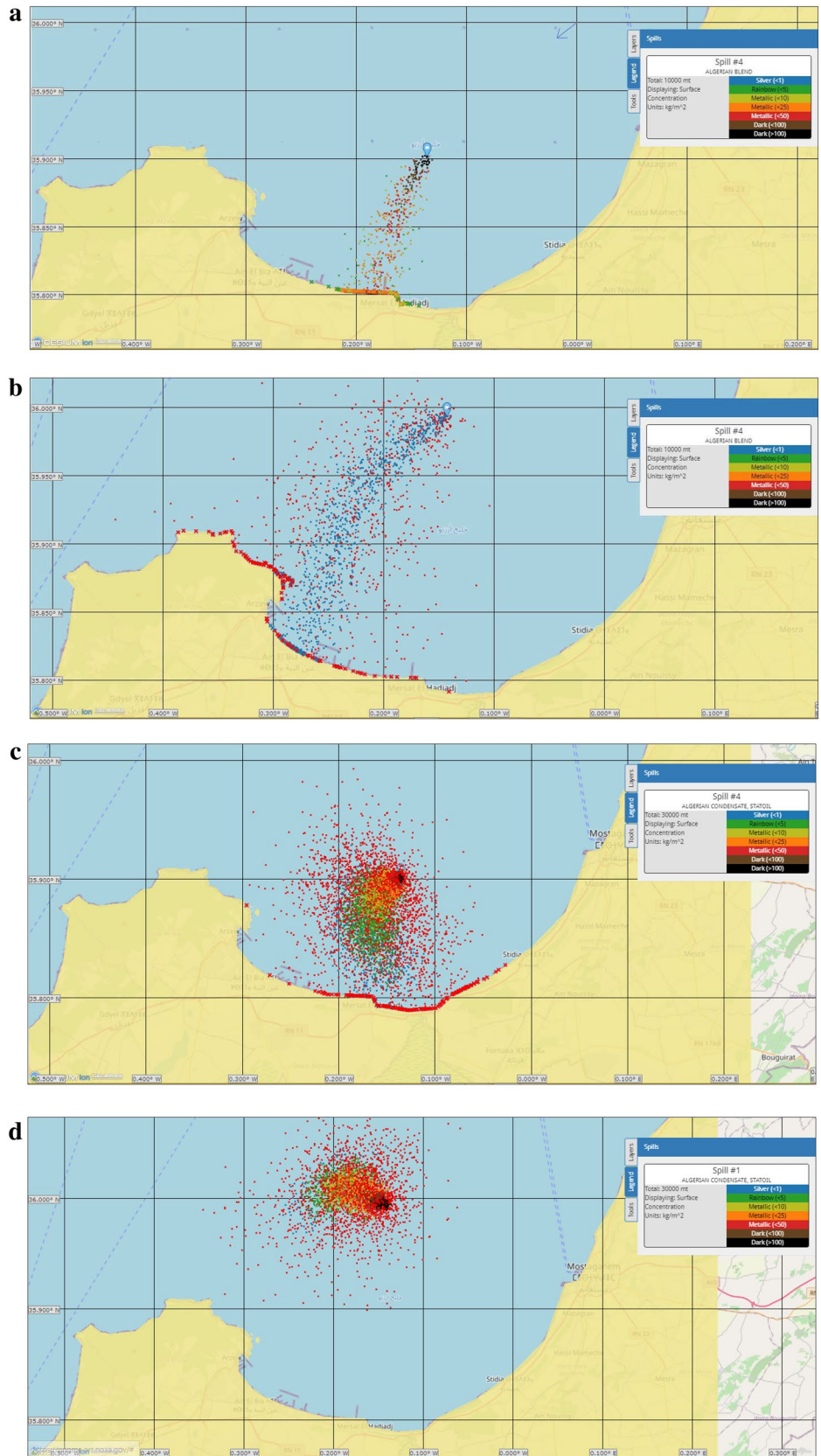
**Fig. 13** Autumn 2018 and 2022 oil spill scenarios: **a** After 48 h in point P1, 2018; **b** After 48 h in point P2, 2018; **c** After 48 h in point P1, 2022; **d** After 48 h in point P2, 2022



**Fig. 14** Summer 2018 and 2022 oil spill scenarios: **a** After 48 h in point P1, 2018; **b** After 48 h in point P2, 2018; **c** After 48 h in point P1, 2022; **d** After 48 h in point P2, 2022



**Fig. 15** Spring 2018 and 2022 oil spill scenarios: **a** After 48 h in point P1, 2018; **b** After 48 h in point P2, 2018; **c** After 48 h in point P1, 2022; **d** After 48 h in point P2, 2022



northeast coast near Cape Ivi in Mostaganem, Mazagran, Oureah beach up to Stidia, classified as medium sensitivity areas with medium resistance to oil spills.

In the summer scenarios, beginning at 8 am on August 12, 2018, and lasting 48 h until August 14, 2018, at 8 am, we can see that for a speed of 11 knots North and a volume of oil type ALGERIAN BLEND of 10,000 mt, we can notice that for a speed of 11 knots and a volume of oil type ALGERIAN BL (Table 4). After 24 h, the oil slick at point P1 moved towards the center of the Gulf of Arzew, affecting approximately 14.48 km of the coast (Sidi Mansour Beach, El Mectaa Beach to Mers El Hadjadj and Pont aux poules). After 24 h, the oil slick at point P2 moved to the West of the Gulf of Arzew without beaching, with wind speeds lower than during the winter and autumn seasons and a sea surface temperature higher than 25°C, with an evaporation rate of 65.8%, equivalent to 6422 mt, a natural dispersion of 0.5%, equivalent to 40 mt, and a floating quantity of 33.7%, equivalent to 2361 metric tons. The oil slick moved towards the center and West of the Gulf of Arzew after 48 h of spillage for the two spill points. Affecting nearly 17.60 km of coastline for the spill at point P1 (Fig. 14a), (Lilou Beach, Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule, and the LNG port of Bethioua), and approximately 29.70 km from the coast for point P2 (Fig. 14b), affecting all areas affected by the spill at point P1 plus Arzew with a very small amount of oil beached). With an evaporation rate of 68.9% (6633 mt), natural dispersion of 0.5% (50 mt), and floating of 35.6% (2867 mt).

For the summer simulations, on June 25, 2022, at 1 pm, with a duration of 48 h until June 27, 2022, at 1 pm, at the two discharge points, with a volume of 30 000 metric tons of ALGERIAN CONDENSATE STATOIL and a North wind speed of 10 knots. We noticed that after 24 h, the oil slick had moved toward the center and West of the Arzew golf course. Regarding summer 2018 scenarios, the spill at point P1 affected nearly 8.9% of the coast, and the affected areas are listed below (Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule). The spill at point P2, on the other hand, after 24 h, the oil slick moved to the West of the Gulf of Arzew without beaching, with an evaporation rate of 90.4% equivalent to 13,713 mt, a natural dispersion of 4.2% equivalent to 635 mt, and floating of 5% equivalent to 741 mt in the two points of similar spills. The oil slick touched nearly 21.58 km of the central and western coast of the Gulf of Arzew after 48 h of spillage, as shown in Fig. 14c, for the spill at point P1. However, the slick at point P2 (Fig. 14d) continues to move west of Arzew without beaching, with an evaporation rate of 89.9%, equivalent to 2,6983 mt, natural dispersion of 8%, equivalent to 2,410 mt, and floating of 2.1%, equivalent to 603 mt. According to the summer 2018 and 2022 scenarios, the most likely areas to be reached by oil spills are

the central and western coastal areas, such as Lilou Beach, Sidi Mansour Beach, Mectaa Beach, Mers El Hadjadj, Pont aux Poule, the Bethioua methane port, and Arzew, which are classified as areas of very high sensitivities and high sensitivity to the spill of the oil slick.

The simulations for the various spring 2018 scenarios begin on October 12, 2018, and run for 48 h until October 14, 2018, at 8 am, with an NW wind speed of 8 knots and a sea surface temperature of 18 °C, 10,000 metric tons of ALGERIAN BLEND spilled on the two different spill points, P1 and P2. After 24 h for the spill at point P1, the oil slick moved towards the West of the Gulf of Arzew, and about 5.61 km of the coast was affected (Beached of 3.9%), and the area of Mers El Hadjadj was affected, for the spill at point P2 the oil slick also moved westward, but without beaching, the amount evaporated after 24 h is 63.8% equivalent to 3188 mt, a natural dispersion of 0.3% equivalent to 14 mt, and floating of 36% equivalent to 1798 mt. The oil slick touched nearly 9.35 km of the west coast of the Gulf of Arzew (Mers El Hadjadj to the port of Bethioua) after 48 h for the spill at point P1 (Fig. 15a) and nearly 28.34 km of the west coast of the Gulf of Arzew (from Mers EL Hadjadj to Port of Bethioua, Arzew and Cape Carbon), for the spill at point P2 (Fig. 15b), with 66.9% evaporation equivalent to 6665 mt, 0.3% natural dispersion, and 27.8% floating equivalent to 2775 mt.

The simulations for the spring 2022 scenarios begin on November 25, 2022, and end on November 27, 2022, at 1 pm for 48 h. With an NW wind speed of 6 knots and a sea surface temperature of 19 °C, 30,000 metric tons of ALGERIAN CONDENSATE STATOIL spilled on the two different spill points, P1 and P2. After 24 h, on November 26, 2022, at 1 pm, the oil slick at point P1 moved towards the center of the Gulf of Arzew without beaching, and the oil slick at point P2 moved towards the north-west of the Gulf of Arzew in the direction of the open sea, with 88.9% evaporation, 0.7% natural dispersion, and 10.3% floating. After 48 h of spillage at point P1 (Fig. 15c), the oil slick beached in the center of the Gulf of Arzew, affecting approximately 19.70 km of coastline (from Stidia, Sidi Mansour beach, Port aux Poule, and Mers El Hadjadj). On the other hand, the slick continues to move toward the open sea in the spill at point P2 (Fig. 15d). After 48 h, the evaporation rate for the two spill points, P1 and P2, is approximately 92.4%, or 17,158 mt, with a natural dispersion of 2%, or 72 mt, and floating of 5.6%, or 1635 mt.

According to the winter scenarios for 2018 and 2022, the most likely areas to be reached by oil spills are the central and western coastal areas such as Pont aux Poule, Arzew, and Cap Carbon, which are classified as areas of very high sensitivities, as well as Sidi Mansour beach, Mers El Hadjadj, and the port of Bethioua, which are classified as areas of high sensitivities. Because it is impossible

to present all possible scenarios, the scenarios for 2018 and 2022 were limited to 16. Wind forcing has a significant influence on particle release along the Arzew coast, according to Duran Rodrigo (2018). This force appears to be the only one capable of generating and maintaining the observed coastal currents. Particle trajectories change as seasonal winds change [47, 54].

During the various hypothetical simulation scenarios, the evaporation of ALGERIAN BLEND and ALGERIAN CONDENSATE STATOIL crude oil accounted for more than 60% of the two-day volume reduction. The rest of the oil, on the other hand, maintained sufficient buoyancy to remain on the surface of the water, as demonstrated by the results of the various simulations, because the two types of oil have very high API (American Petroleum Institute) densities of 44.87 and 68.4, respectively, indicating that they float on the water form a very thin film on the surface of the water, increasing their exposure to the environment and, as a result, weathering processes such as evaporation and dispersion. ALGERIAN CONDENSATE STATOIL exhibited higher evaporation and natural dispersion rates during the simulations than ALGERIAN BLEND. Evaporation was also found to increase with slickness, temperature, and wind action.

If the time to impact is greater than 24 h, the fraction of mass stranded is small in most scenarios. As a result, the magnitude of the environmental risk is determined by the length of time the oil spends at sea, as confirmed by the Nagheeb and Kolahdoozan study [46]. The dominant wind direction for the study area is southwest in the winter, west in the autumn, and North in the summer and spring. The movement of the oil slick confirms that the wind is the driving force, with the slick moving south to the center of the coastal area in winter and East to Mostaganem in autumn scenarios. During the summer and spring, the slick only moved to the West.

The amount and direction of the oil spill at various time intervals following the accident are critical for determining the best response method [49]. As a result, the system finally provides the output of the response

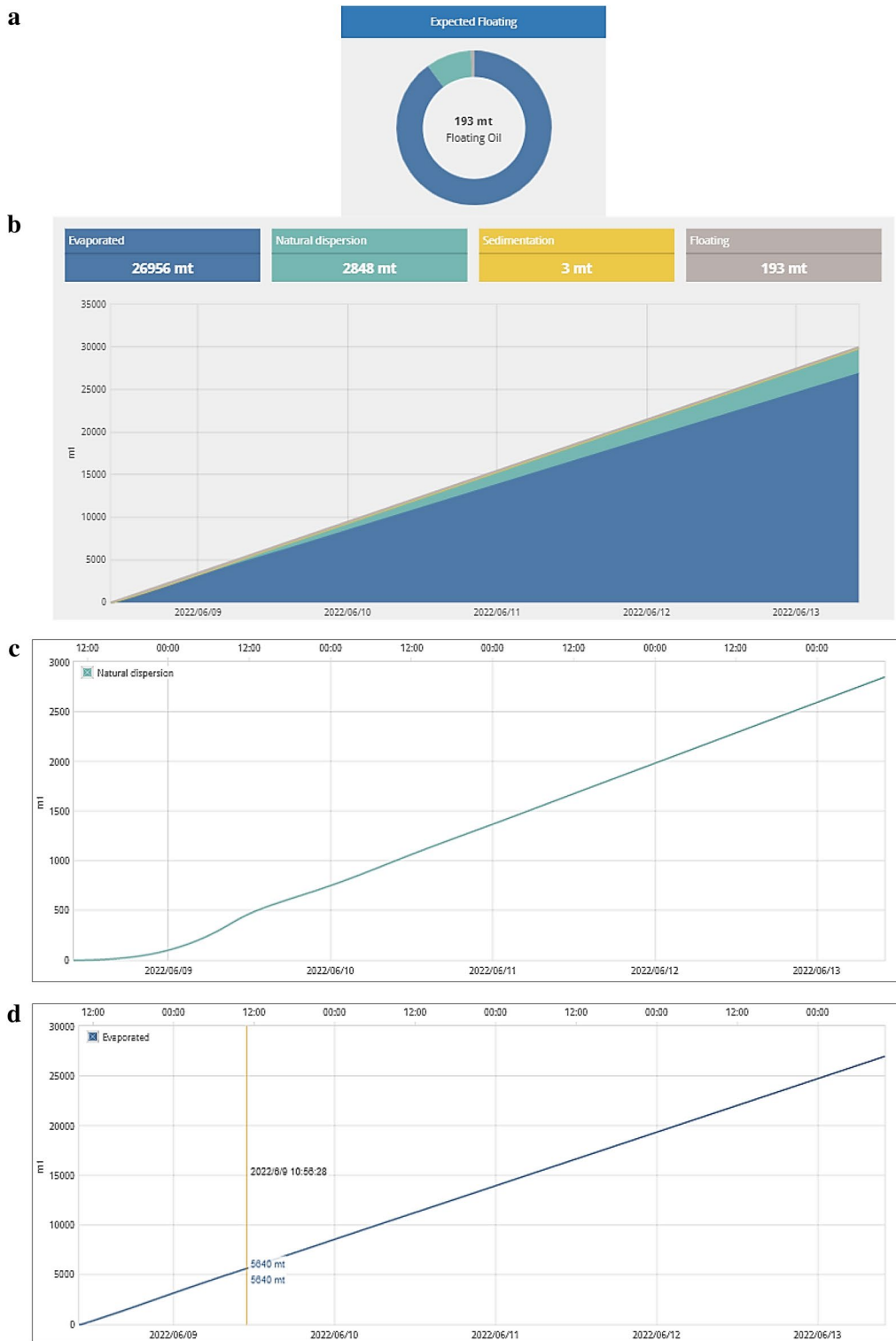
argument variations, the timing, and the direction of use. The system specifies the location and quality of the skimmer and booms on behalf of the coastal management authority in charge of responding to the accident. This intervention system will be especially useful in waterways near sensitive areas where oil transport is dense, such as Arzew and Bethioua. In these sensitive areas, the responsible coastal authority must make the most accurate and timely decisions in accident response management. After recognizing the importance of modeling as a critical tool in combating marine pollution and changing seawater quality, and after running a series of scenarios, it became clear that wherever the oil spill in the Gulf of Arzew occurs, it will be a major disaster affecting the environment, tourism, and the economy. Because the depth is shallow and the currents are almost non-existent, an accident causes quasi-significant pollution. NOAA's ADIOS simulation software was used to forecast the weathering of the spilled oil (Table 5) [47].

The ADIOS model results show the different weathering rates of the spilled oil, and WebGNOME also supports scenarios that only consider the oil weathering (similar to the previous NOAA ADIOS model), as shown in Fig. 16.

The results of the ADIOS model showed that Evaporation began immediately after the oil was spilled into the seawater for all 16 scenarios. About 40–45% of the oil spill evaporated in the first hour of the spill. After that, the evaporation rate gradually increased. It was found that after 5 days, the evaporation rate of the spilled quantities of the 16 scenarios varied from 74.7% to 79.8% of the spill quantity for ALGERIAN BLEND and 85.6% to 91.4% of the spill quantity for ALGERIAN CONDENSATE STATOIL, almost half of the amount of crude oil spilled evaporated. On the other hand, the natural dispersion rate was slow, starting after 1 h of the spill and reaching about 1% at the end of the simulation for ALGERIAN BLEND and about 13% for ALGERIA CONDENSATE STATOIL (Table 6). Therefore, oil spill responders could use this study as a reference or guide to inform

**Table 5** Integration of the initial conditions of the 16-oil spill scenarios in the ADIOS model (inputs)

Inputs in ADIOS	Spill scenario
Oil	Type of oil or product spilled ALGERIAN BLEND/ ALGERIAN CONDENSATE, STATOIL
Wind	Weather conditions Wind Speed (knots) = 15N/14W/11N/8NW/13N/14W/10N/6NW
Water	Water properties Temperature = 14 °C/20 °C/25 °C/18 °C/15 °C/21 °C/24 °C/19 °C Salinity = 37 PSU
Release	Release Information Time of release = 2018/2022 Amount Spilled = 10,000 metric tons/ 30,000 metric tons



**Fig. 16** ADIOS outputs of **a** the amount remaining, the amount dispersed and the spill evaporation oil rate within five days; **b** the expected floating oil, the amount evaporated, sedimentation and natural dispersion within five days; **c** the natural oil dispersion (ml) within five days; **d** the oil evaporation (ml) within five days; **e** the

oil floating (ml) within five days; **f** the oil sedimentation (ml) within five days. Table 6 summarizes the amount of hydrocarbon spilled and the percentage of the various physicochemical processes used in the scenarios investigated

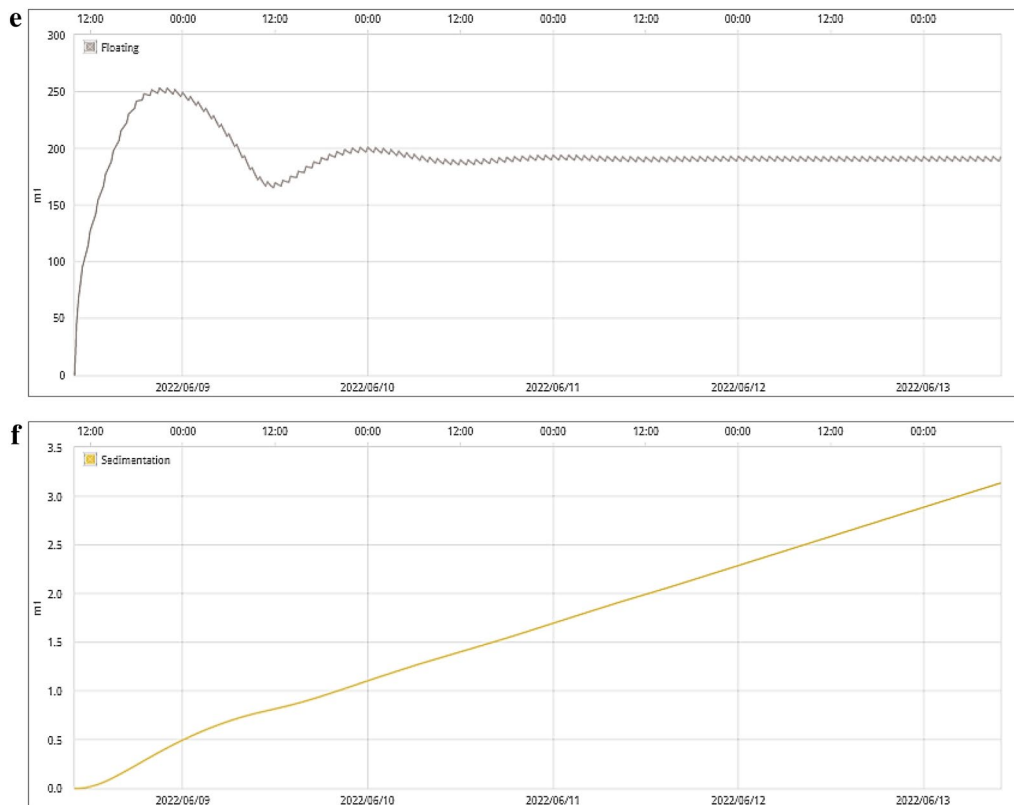


Fig. 16 (continued)

the systematic environmental conservation planning process near the Arzew coast.

### 3.1 Background to the spill and response decision

#### 3.1.1 At sea

Given the evaporation rate of light crude oil, one of the most appropriate remedies for tiny spills is to allow the condensate spread out and evaporate naturally. The risk area, national rules, the probability of drift, and the potential environmental and socio-economic repercussions determine the definition of these modest volumes (a few  $m^3$ ). For medium to large spills, the lightest hydrocarbons, which have an evaporation rate of more than 70%, similar to petrol and kerosene, have a low persistence while posing a high risk to responders (explosive environment). In this scenario, doing nothing and leaving things alone is advised.

#### 3.1.2 In coastal areas

Pollution response operations should be carried out when the pollutant drifts towards the coast or ecologically or socio-economically sensitive areas, regardless of the volumes spilled (generally speaking, a slick move with the current and under the influence of the wind). It can be envisaged to protect these areas by booms, if possible fireproof. It is important to note that these measures involve the use of nautical means, which must therefore be employed well before the arrival of the pollutant. Dispersants or in-situ burning is necessarily more delicate than recovery, which must be prioritized. Geographical limits generally apply to using dispersants near the coast, sometimes qualified by the volumes spilled. In the case of burning, the first question is regulatory, as this technique is banned in many countries. In the case of a spill of the order of a few  $m^3$ , very close to the coast or on the coast, it may be possible, if the slick is naturally contained, to recover the pollutant after covering it with a carpet of low or medium expansion foam, to limit the formation of flammable vapors. Recovery will occur with a floating suction head adapted to recover the pollutant under the foam

**Table 6** Evolution of the quantity spilled after 5 days for the 16 scenarios (oil balance under ADIOS model)

Dates	Time (h)	Amount released (mt)	Evaporated (%)	Natural dispersion (%)	Sedimentation (%)	Floating (%)
04/01/2018–06/01/2018	1	80	40.9	0.4	0	58.7
	24	2000	64.5	0.9	0.1	34.5
	48	4000	67.9	0.9	0.1	31.2
	60	5000	69.4	0.9	0.1	29.7
	120	10,000	74.7	0.9	0.1	24.3
13/04/2018–15/04/2018	1	80	43.4	0.3	0	56.2
	24	2000	66.6	0.9	0.1	32.4
	48	4000	71.1	1	0.1	27.9
	60	5000	72.9	1	0.1	26.1
	120	10,000	77.7	1	0.1	21.3
12/08/2018–14/08/2018	1	80	45	0.2	0	54.8
	24	2000	69.3	0.8	0	29.9
	48	4000	74.6	0.9	0	24.5
	60	5000	76.2	0.9	0	22.9
	120	10,000	79.8	0.9	0	18.3
12/10/2018–14/10/2018	1	80	42	0.1	0	58
	24	2000	66.3	0.5	0	33.2
	48	4000	71.5	0.5	0	28
	60	5000	73.2	0.5	0	26.2
	120	10,000	77.7	0.6	0	21.7
04/02/2022–06/02/2022	1	240	56.1	0.4	0	43.5
	24	5970	85.6	11.1	0.1	3.3
	48	11,970	85.5	12.6	0.1	1.8
	60	14,940	85.6	13	0	1.3
	120	29,910	85.5	13.8	0	0.7
15/05/2022–17/05/2022	1	250	59.8	0.5	0	39.7
	24	6000	86.7	10.3	0.1	2.9
	48	12,000	86.8	11.7	0.1	1.4
	60	15,000	86.8	12	0.1	1.1
	120	30,000	86.8	12.6	0	0.6
25/06/2022–27/06/2022	1	250	60.5	0.2	0	39.3
	24	6000	90.2	6.7	0	3.2
	48	12,000	89.6	8.8	0	1.7
	60	15,000	89.5	9.2	0	1.4
	120	30,000	89.4	9.9	0	0.7
25/11/2022–27/11/2022	1	250	55.5	0	0	44.4
	24	6000	90.7	1.1	0	8.2
	48	12,000	92.8	3.5	0	3.8
	60	15,000	92.5	5.1	0	2.4
	120	30,000	91.4	7.4	0	1.2

mat. The storage tank must be secured by inserting it and ensuring no hot spots in the area. These operations must be carried out by trained professionals with appropriate personal protection (respiratory and skin protection. It is compulsory to wear a self-contained breathing apparatus in a confined atmosphere due to the abundance of gases released and to wear protective clothing covering the whole body as much as possible (face and eye protection:

wear chemical goggles; skin protection: wear hydrocarbon resistant gloves). Personal respiratory protection equipment must be worn whenever there is a risk of inhalation of toxic vapors when concentrations approach the Mean Exposure Value ( $MEL = 200 \text{ mg/m}^3$ ). Self-adjusting threshold and oleophilic reclaimers are recommended for larger volumes, but their flammability may limit their use.

## 4 Conclusion

The rise in marine pollution caused by hydrocarbons worldwide warns of the possibility that these pollutants will persist in the environment and harm ecosystems and human health. This study focused on the Gulf of Arzew in Oran, where oil spills seriously threaten marine and coastal ecosystems. The goal is to identify the areas likely to be affected, predict when the oil will reach the coastline, and calculate the oil weathering processes (evaporation, natural dispersion, and floating percent). The parameterization of oil spill simulation and oil and transport processes varies significantly across the oil spill models studied. Nonetheless, almost all rely heavily on marine meteorological forcing. Arzew's coastal area is extremely vulnerable to oil spills owing to the frequent use and movement of petroleum products.

The type of oil used determines the characteristics, spread, alteration, and impact of an oil spill (NOAA 2020). In our study, the light crude oil types ALGERIAN BLEND and ALGERIAN CONDENSATE STATOIL evaporate relatively quickly, with the temperature of the oil being the primary determinant of evaporation. Within a few h, evaporation removes most of the oil's volatile fractions from the atmosphere, reducing the oil's toxicity in the marine environment. However, these compounds are transferred to the atmosphere, and the effects of evaporation can be more toxic in some cases (e.g., large spills near densely populated areas). Furthermore, the viscosity of the remaining stains rises (heavier oil components remain in the sea), causing severe physical and chemical effects on the marine environment. According to a study of coastal vulnerability to oil spills in the Gulf of Arzew, Cap Carbon, Arzew, and Pont aux Poules have extremely high sensitivity. As a result, this study cautions against future leaks that could harm these areas. According to simulation results, some spilled oil washed up on the Gulf of Arzew, while others remained at sea after 48 h. This behavior of oil in the water and on the coast (which is particularly vulnerable in some areas designated as areas in need of protection) raises concerns for the marine and coastal ecosystem, seawater quality, marine organisms such as seabirds and fish, and humans (heavily populated coastal areas). Therefore, it is necessary to act quickly to protect these organisms.

The wind, the main driver of marine currents in our study area, primarily forces the trajectories. The currents in the Gulf of Arzew are primarily oriented eastward, and the surface current plays a minor role. Their speed is very low (8–11 cm/s), whereas the winds are very fast, reaching up to 15 m/s in winter. Oil slicks move faster during the winter and autumn than during the summer and spring seasons. In inland circulation models, winds have been

confirmed as the most important driving force. Wind and small-scale currents were the driving forces behind particle movement. The global oil spill modeling system is complete and ready for use in real time. Without entering details about the incident location or currents, the ADIOS model can estimate the spilled oil's characteristic expected value and behavior based on the spilled oil's physical properties and seawater.

The potentially polluted area is confined to areas within a 10 km\*10 km zone around the wreck site due to the oil's rapid evaporation rate, and the contaminated area is closely associated with the surface wind. The properties of the spilled oil determine the polluted areas. Oil-contaminated water will likely spread offshore or onshore, causing short- and long-term damage. Model validation demonstrates that the models' outputs are highly accurate when the inputs are highly accurate. Mahmoud and Bagy [39] also reported this finding [60]. The findings of this study can be used to develop an effective contingency plan to mitigate the future effects of marine oil pollution in the Gulf of Arzew.

### 4.1 Recommendations

A technical collaboration between the Arzew port companies (PCA) and the Arzew meteorological station should be formalized through a framework agreement. As a result, weather forecasts for the affected area and oil slick drift maps will be available as soon as possible. In the event of an accident or illegal accident activity, a collaboration between national port agencies (Maritime Traffic) and a scientific database using Sentinel1 satellite images to detect oil slicks on the sea surface allows the detection of the ship responsible for the oil spill. Furthermore, it enables the enforcement of maritime traffic laws by correlating detected oil slicks with ship movement at the same time and place. Establish a development strategy and legal framework for this sector, increase investment, integrate new techniques, and conduct optimization studies to locate service stations near container doors to reduce the risk of accidents and oil pollution.

**Acknowledgements** The authors would like to thank the editors and reviewers for their valuable comments that helped improve the manuscript's quality. The authors also wish to thank Mr. Tahenni Karim for his help.

**Author contribution** Conceptualization; Methodology; Formal analysis and investigation; Writing—preparation of the original draft; Writing—revision and editing: [Chabi Nacira]; Supervision: [Abderrahman Bouda, Professor Nour El-Islam Bachari]; Validation: [Professor Houma Bachari Fouzia].

**Funding** The authors have not disclosed any funding.

**Data availability** All data generated or analyzed during this study are included in this published article.

## Declarations

**Competing interests** The authors declare no competing interests.

**Ethics approval and consent to participate** This work did not report on or involved the use of any animal or human data or tissue.

**Consent for publication** This work did not contain data from any individual person.

**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## References

1. Abascal AJ, Castaneda S, Mendez FJ (2009) Calibration of a Lagrangian transport model using drifting buoys deployed during the Prestige oil spill. *J Coast Res* 25:80–90. <https://doi.org/10.2112/07-0849.1>
2. Abdallah IM, Chantsev VY (2022) Simulating oil spill movement and behavior: a case study from the Gulf of Suez, Egypt. *Model Earth Syst Environ* 8(4):4553–4562. <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01449-9>
3. Afgangi PM, Putri FA, Suhadha AG, Ibrahim A (2020) Determination of sentinel-2 spectral reflectance to detect oil spill on the sea surface. *Sustiner J Environ Sustain* 4:144–154. <https://doi.org/10.22515/sustiner.jes.v4i3.115>
4. Alaa El-Din G, Amer AA, Malsh G, Hussein M (2018) Study on the use of banana peels for oil spill removal. *Alexandria Eng J* 57:2061–2068. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.05.020>
5. Albakjaji M (2011) La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime. Université paris-est école doctorale ,organisations, marchés, institutions (OMI). HAL Id: tel-00598492 <https://theses.hal.science/tel-00598492>
6. Arnaud P, Lyon U (2019) Naviguer dans les détroits. Le Déroit de Gibraltar (Antiquité—Moyen Âge). Représentations, perceptions imaginaires, Madrid. 189–214. <http://digital.casalini.it/9788490963661>
7. Alademomi AS, Okolie CJ, Daramola OE, Akinnusi SA, Adediran E, Olanrewaju HO, Odumosu J (2022) The interrelationship between LST, NDVI, NDBI, and land cover change in a section of Lagos metropolis, Nigeria. *Appl Geomatics* 14(2):299–314. <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00434-2>
8. Balogun A, Temitope S, Pradhan B (2021) Oil spill trajectory modelling and environmental vulnerability mapping using GNOME model and GIS. *Environ Pollut* 268:115812. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115812>
9. Beegle-Krause J (2001) General NOAA oil modeling environment (GNOME): a new spill trajectory model. In International oil spill conference. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2001-2-865>
10. Blondeau-Patissier D, Schroeder T, Irving P (2020) Satellite detection of oil spills in the Great Barrier Reef using the Sentinel-1,-2 and-3 satellite constellations A technical assessment of a synergistic approach using SAR, optical and thermal information. <https://doi.org/10.25919/5e46e030e3029>
11. Cavatorta F, Tahchi B (2019) Politique économique et résilience autoritaire en Algérie: Les difficultés de la diversification économique. *Études internationales* 50(1):7–38. <https://doi.org/10.7202/1062815ar>
12. Cheng D, Rogan J, Schneider L, Cochrane M (2013) Evaluating MODIS active fire products in subtropical Yucatán forest. *Remote Sens Lett* 4(5):455–464. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2012.749360>
13. Dávid T, Magura T, Simon E (2019) Pollution intensity-dependent metal accumulation in ground beetles : a meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res* 26(31):32092–32102. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06294-5>
14. De Senerpont Domis LN, Elser JJ, Gsell AS (2013) Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time. *Freshw Biol* 58:463–482. <https://doi.org/10.1111/fwb.12053>
15. Di Matteo A, Milli M (2008) Morphological, bathymetric and sedimentological surveys used to assess the coastline defensive measures. *Int J Environ Sci Technol* 5:415–424. <https://doi.org/10.1007/BF03326037>
16. Driss MH, Salah MB-B, Spatiales CT, Oran A (2019) Etude du phenomene d'ensablement dans la region de gourara, wilaya d'adrar, en utilisant l'outil teledetection et sig. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24743.06569>
17. Duran R, Romeo L, Whiting J (2018) Simulation of the 2003 Foss Barge-Point wells oil spill: a comparison between BLOSUM and GNOME oil spill models. *J Mar Sci Eng* 6. <https://doi.org/10.3390/JMSE6030104>
18. El N, Bachari I, Abdellaoui A, Houma F (2011) Modélisation des données multisources pour l'étude de la pollution de la baie d'Alger à base d'un système d'information géographique. 283–288. <https://doi.org/10.5150/cmcm.2011.059>
19. Galindez J (2019) Prix de transfert et l'exportation de brut amélioré. Le Cas du Venezuela. Doctoral dissertation, Université Paris sciences et lettres. HAL Id: tel-03222149 <https://theses.hal.science/tel-03222149>
20. Gambino E, Chandrasekhar K, Nastro RA (2021) SMFC as a tool for the removal of hydrocarbons and metals in the marine environment: a concise research update. *Environ Sci Pollut Res* 28:30436–30451. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13593-3>
21. Gbadamosi AO, Junin R, Manan MA (2019) Hybrid suspension of polymer and nanoparticles for enhanced oil recovery. *Polym Bull* 76:6193–6230. <https://doi.org/10.1007/s00289-019-02713-2>
22. Gług M, Wąs J (2018) Modeling of oil spill spreading disasters using combination of Langrangian discrete particle algorithm with Cellular Automata approach. *Ocean Eng* 156:396–405. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.01.029>
23. Goeury C (2012) THESE Modélisation du transport des nappes d'hydrocarbures en zones continentales et estuariennes. Doctoral dissertation, Université Paris-Est
24. Gramaglia C, Duchêne É (2020) Attachements, pratiques sociales et usages du territoire à l'épreuve des pollutions à Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône. *Rives méditerranéennes* 147–177. <https://doi.org/10.4000/rives.8002>
25. Grimes S, Ruellet T, Dauvin JC, Boutiba Z (2010) Ecological quality status of the soft-bottom communities on the Algerian coast: general patterns and diagnosis. *Mar Pollut Bull* 60(11):1969–1977. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.032>

26. Guha S, Govil H, Dey A, Gill N (2018) Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *Eur J Remote Sens* 51(1):667–678. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494>
27. Guo G, Liu B, Liu C (2020) Thermal infrared spectral characteristics of bunker fuel oil to determine oil-film thickness and API. *J Mar Sci Eng* 8. <https://doi.org/10.3390/jmse8020135>
28. Gurumoorthi K, Suneel V, Rao V T, Thomas A P & Alex M J (2021) Fate of MV Wakashio oil spill off Mauritius coast through modelling and remote sensing observations. *Mar Pollut Bull* 172:112892. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112892>
29. Hassaine A, Bordjiba O (2019) Removal of hydrocarbons from liquid media by *Aspergillus niger* van Tieghem. *Acta Ecol Sin* 39:300–305. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.11.00>
30. Houma F, Bachari NEI, Bachouche S (2011) Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux marines sur la côte Ouest d'Alger en utilisant l'imagerie satellitale. 339–344. <https://doi.org/10.5150/cmcm.2011.071>
31. Huang C, Xu X, Wang D (2018) The aryl hydrocarbon receptor (AhR) activity and DNA-damaging effects of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons (Cl-PAHs). *Chemosphere* 211:640–647. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.08>
32. Ikram T, Radhia L (2020) Statistique de pêche et étude biométrique de quelques espèces d'Echinoderme des fonds chabulables de la côte de Mostaganem. Université de Mostaganem. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/16141>
33. Jing JDH, Wu C, Hamilton JD, Wu JC (2014) Risk premia in crude oil futures prices. *J Int Money Financ* 42:9–37. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.08.003>
34. Keramea P, Spanoudaki K, Zodiatis G (2021) Oil spill modeling: a critical review on current trends, perspectives, and challenges. *J Mar Sci Eng* 9:181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>
35. Koner PK, Harris A (2016) Improved quality of MODIS sea surface temperature retrieval and data coverage using physical deterministic methods *Remote Sens* 8. <https://doi.org/10.3390/rs8060454>
36. KORBA F, Ibtissem G (2021) Governance of the Port of Arzew, a Development Challenge in the Western Region of Algeria. *el-Bahith Rev* 21:167–180. <https://www.elbahithreview.edu.dz/index.php/bahith/article/view/270>
37. Lehr W, Jones R, Evans M, Simecek-Beatty D, Overstreet R (2002) Revisions of the ADIOS oil spill model. *Environ Model Softw* 17(2):189–197. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00064-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00064-0)
38. Madrid JAJ, García-Olivares A, Poy JB, García-Ladona E (2015) Managing large oil Spills in the Mediterranean. *arXiv preprint arXiv:1510.00287*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1510.00287>
39. Mahmoud GA-E, Bagy MMK (2018) Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. In: *Microbial action on hydrocarbons*. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1840-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1840-5_12)
40. Mahre MY, Akan JC, Moses EA, Ogugbuaja VO (2007) Pollution Indicators in river Kaduna, Kaduna State, Nigeria. *Trends Appl Sci Res* 2:304–311. <https://doi.org/10.3923/tasr.2007.304.311>
41. Maity JP, Huang Y-H, Lin H-F, Chen C-Y (2021) Variation of microbial diversity in catastrophic oil spill area in marine ecosystem and hydrocarbon degradation of UCMs (unresolved complex mixtures) by marine indigenous bacteria. *Appl Biochem Biotechnol* 193:1266–1283. <https://doi.org/10.1007/s12010-020-03335-5>
42. Manning J, Verfaillie M, Barker C (2021) Responder needs addressed by arctic maritime oil spill modeling. *J Mar Sci Eng* 9:1–16. <https://doi.org/10.3390/JMSE9020201>
43. Marta-Almeida M, Ruiz-Villarreal M, Pereira J (2013) Efficient tools for marine operational forecast and oil spill tracking. *Mar Pollut Bull* 71:139–151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.022>
44. Missaoui H-S, Pliez O (2021) Franchir des frontières multiples pour s'émanciper des (im) mobilités sociales et territoriales. HAL Id: hal-03319266. <https://doi.org/10.4000/books.pumi.425>
45. Muttin F (2014) Modeling a captive unmanned aerial system tele-detecting oil pollution on the sea surface. *Marine coastal and water pollutions: oil spill studies*, 83–100. <https://doi.org/10.1002/9781119003021.ch7>
46. Nagheeb M, Kolahdoozan M (2010) Numerical modeling of two-phase fluid flow and oil slick transport in estuarine water. *Int J Environ Sci Technol* 7:771–784. <https://doi.org/10.1007/BF03326186>
47. Nordam T, Lofthus S, Brakstad OG (2020) Modelling biodegradation of crude oil components at low temperatures. *Chemosphere* 254:126836. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126836>
48. NOAA (2021) WebGNOME Beta. Retrieved from WebGNOME: <https://gnome.orr.noaa.gov>
49. Nugroho D, Pranowo WS, Gusmawati NF (2021) The application of coupled 3d hydrodynamic and oil transport model to oil spill incident in Karawang offshore, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 925. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/925/1/012048>
50. Qiao F, Wang G, Yin L (2019) Science of the total environment modelling oil trajectories and potentially contaminated areas from the Sanchi oil spill. *Sci Total Environ* 685:856–866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.255>
51. Rangel-Buitrago N, Correa ID, Anfuso, (2013) Assessing and managing scenery of the Caribbean Coast of Colombia. *Tour Manag* 35:41–58. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.05.00>
52. Risal AR, Manan MA, Yekeen N (2019) Experimental investigation of enhancement of carbon dioxide foam stability, pore plugging, and oil recovery in the presence of silica nanoparticles. *Pet Sci* 16:344–356. <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0280-8>
53. Röhrs J, Dagestad K-F, Asbjørnsen H (2019) Vertical mixing and horizontal drift of oil spills: simulations with the open source oil spill model OpenOil. In: *Geophysical research abstracts*. <https://doi.org/10.5194/os-14-1581-2018>
54. Romero-Frasca E, Adams RH, Domínguez-Rodríguez VI (2018) Reducing leachable petroleum hydrocarbon concentration in weathered fuel oil contaminated soil by chemical oxidation with hydrogen peroxide. *Int J Environ Sci Technol* 15:2381–2388. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1619-1>
55. Romieu E, Vinchon C (2009) Evaluation de la vulnérabilité en zone côtière: état de l'art et analyse critique. Rapport final (Vol. 188). BRGM/RP-57389-FR
56. Saçu Ş, Şen O, & Erdik T (2021) A stochastic assessment for oil contamination probability: A case study of the Bosphorus. *Ocean Eng* 231:109064. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109064>
57. Sinno M, Denis E (2021) Vers la refondation de la cité méditerranéenne. *Urbanisme*, (421),22–25. HAL Id: halshs-03288046. <https://shs.hal.science/halshs-03288046>
58. Spaulding ML (2017) State of the art review and future directions in oil spill modeling. *Mar Pollut Bull* 115:7–19. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.001>
59. Toz AC, Koseoglu B, Sakar C (2016) Numerical modelling of oil spill in New York Bay. *Arch Environ Prot* 42:22–31. <https://doi.org/10.1515/aep-2016-0037>

60. Zaman KU, Abbas N, Irshad M (2022) Treatability study of synthesized silica nanoparticles to reduce pollution load of industrial wastewater. *Int J Environ Sci Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-03972-9>
61. Zelenke B, O'Connor C, Barker C. H, Beegle-Krause C. J & Eclipse L (2012) General NOAA operational modeling environment (GNOME) technical documentation. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 40. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA. [http://response.restoration.noaa.gov/gnome\\_manual](http://response.restoration.noaa.gov/gnome_manual)
62. Zelmat KEK (2018) Biometric characteristics and reproduction in the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (Elasmobranchii: Scyliorhinidae) from the west coast of Algeria. doi: <https://doi.org/10.21411/CBM.A.257575F2>

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.