

# Élaboration des indicateurs

L'impact du projet de développement  
des nouvelles infrastructures du port  
de Bastia sur la qualité de l'air

Février 2021

qualitair  
CORSE



Mesurer · Accompagner · Informer

@Vecteezy

Elaboration des indicateurs - L'impact du projet de développement des nouvelles infrastructures du port de Bastia sur la qualité de l'air



## Sommaire

Introduction.....	4
1. Objectifs et méthodes.....	4
1.1 Procédure de réalisation de la grille de lecture .....	4
Hypothèse n°1 : météorologie .....	4
Hypothèse n°2 : occupation des quais .....	5
Hypothèse n°3 : émissions des navires .....	5
Hypothèse n°4 : définition des zones d'impact.....	6
Conclusion .....	7
1.2 Modélisation atmosphérique de scénarii d'émissions.....	7
Bilan des modélisations port Bastia - Amplisim .....	8
Définition de la zone dans le modèle .....	8
Données d'entrée : Météo .....	10
Données d'entrée : la source ponctuelle .....	11
2. Synthèse des indicateurs .....	12
Observations et conclusions .....	15
Annexes .....	16
Annexe 1 : Bilan des modélisations.....	16
Résultat des calculs .....	16
Cartes de modélisation des panaches pour les particules fines PM <sub>10</sub> .....	23
Annexe 2 : Méthode de calcul des classes d'indicateurs .....	33
Annexe 3 : Réglementation et état des connaissances scientifiques .....	35

## Introduction

L'objectif de cette étude est de fournir aux membres du conseil scientifique, une grille de lecture simplifiée de qualification de l'impact de chacun des scénarii concernant la pollution de l'air issue des navires.

Les indicateurs finaux seront classés en 3 catégories comme définies dans le tableau ci-dessous :

Indicateurs de l'impact des navires concernant la pollution atmosphérique		
Pas ou peu d'impact	Impact modéré	impact principal

Afin d'établir ces indicateurs, Qualitair Corse utilise un outil de modélisation permettant de simuler informatiquement la dispersion des panaches issus des navires en lien avec des données d'entrée locales (météorologie, topographie, etc.).

Différentes hypothèses d'études ont été formulées afin d'être le plus représentatif de la réalité. Pour autant cette pré-étude n'est qu'une évaluation qualitative et non quantitative car elle est essentiellement fondée sur des émissions atmosphériques théoriques des navires (voir dans le chapitre 1, l'hypothèse n°3) et qu'une étude de modélisation plus complète sera nécessaire sur le scénario final retenu.

## 1. Objectifs et méthodes

### 1.1 Procédure de réalisation de la grille de lecture

#### Hypothèse n°1 : météorologie

La donnée essentielle pour produire ces simulations est la donnée météorologique. Pour cette étude, Qualitair Corse s'appuie sur les mesures météorologiques réalisées lors des études d'impact pour le projet « Carbonite ». La localisation et la durée de ces mesures sont suffisantes pour avoir des éléments fiables pour la modélisation.

A partir de ces données, un premier tri statistique, nous a permis de définir les caractéristiques d'une journée représentative sur une semaine type (c'est-à-dire le profil météo le plus fréquent sur Bastia).

Cette journée a ensuite été découpée en 3 périodes comme défini dans l'hypothèse n°2.

### Hypothèse n°2 : occupation des quais

La fréquentation des quais n'est pas homogène sur une journée. Quatre phases distinctes peuvent être considérées :

- le matin et le soir, l'occupation des quais est maximale,
- en journée une partie de la flotte reste à quai alors qu'une autre partie effectue des « touch and go »,
- la nuit, les quais ne sont pas occupés.

La dernière phase ne sera pas étudiée en l'absence d'émissions portuaires. Concernant les deux premières dont l'occupation est « similaire », elles seront quand même étudiées séparément car les conditions météorologiques entre le matin et le soir sont très différentes. Il y aura donc 3 scénarii d'occupation des quais étudiés, correspondant à 3 profils météorologiques.

Profils journaliers	Matin	Journée	Soir
Horaires	6h-11h	11h-17h	17h-23h

### Hypothèse n°3 : émissions des navires

Par rapport à l'hypothèse n°2, les émissions des navires sont liées à l'occupation des quais. De plus, afin d'anticiper les évolutions techniques programmées, il est nécessaire de prendre aussi en compte une réduction probable des émissions à moyens termes.

De ce fait, étant donné que cette étude est qualitative, Qualitair Corse utilise des hypothèses d'émissions. En partant de l'hypothèse la plus pénalisante (occupation maximale, le soir et le matin ainsi que des navires « d'anciennes générations »), nous définissons le point de référence (soit 100 % des émissions). Les autres hypothèses d'occupation et d'améliorations techniques sont traduites dans le tableau ci-dessous.

% des émissions théoriques simulés sur chaque scénarii			
Evolutions techniques	Phases d'occupation à quai		
	matin	journée	soir
Navires actuels	100 %	50 %	100 %
Flotte à moyens termes	50 %	25 %	50 %

### Hypothèse n°4 : définition des zones d'impact

L'objectif final est, en se fondant sur les différentes hypothèses, de caractériser l'impact sur la ville. En fonction des emplacements étudiés et des caractéristiques topographiques, Qualitair Corse a découpé la ville en 5 zones définies ci-dessous.

Quartiers				
Quartier Nord	Quartier centre-ville	Quartier centre-ville citadelle	Quartier sud Citadelle	Quartier Sud



● Projets Port

## Conclusion

Le livrable de cette étude sera donc une grille de lecture de l'impact des émissions portuaires en lien avec :

- les différents scénarii portuaires
- l'évolution technique de réduction des émissions (raccordement à quai, navires GNL,...)
- les différents quartiers de la ville
- les différentes phases d'occupation des quais

## 1.2 Modélisation atmosphérique de scénarii d'émissions

Afin d'établir un premier diagnostic de la qualité de l'air sur la ville de Bastia et des différents scénarii de projets portuaires, Qualitair Corse va utiliser une plateforme web dédiée à la modélisation de la dispersion atmosphérique, AmpliSIM. Le modèle choisi est un modèle gaussien 2D, nommé AERMOD.

Ce modèle comprend déjà des données topographiques et d'occupation des sols, y seront ajouter des émissions de bateaux (arbitrairement fixées) en différents endroits de la zone d'étude et des données météorologiques au pas de temps horaire (vitesse et direction du vent, température, pression, humidité relative, nébulosité et précipitation).

Les polluants concernés pour l'étude des scénarii sont le SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>.

Ainsi, les émissions des bateaux, intégrées dans le modèle, seront modifiées en fonction de l'objectif de la simulation :

- émissions en l'état actuel
- émissions abaissées grâce aux nouvelles technologies qui pourront être apportées sur les navires ou au niveau des postes d'amarrage.

Ces variations d'émissions seront également adaptées en fonction du déroulement de la journée afin d'être au plus près de la réalité concernant les mouvements d'arrivée et de départ des navires. En effet, sur la journée type, qui sera choisi pour l'étude, un découpage en 3 plages horaires sera réalisé : matin (6h-11h), journée (11h-17h) et soir (17h-23h).

Pour effectuer les scénarii, 5 points fixes ponctuels seront à l'étude pour correspondre aux différents projets :

- A = Port actuel
- B = Port actuel avec prolongement de la digue
- C = Port actuel avec une digue en parallèle
- D = Portu Novu
- E = Port de la Carbonite

## Bilan des modélisations port Bastia - Amplisim

30 scénarisations selon plusieurs hypothèses :

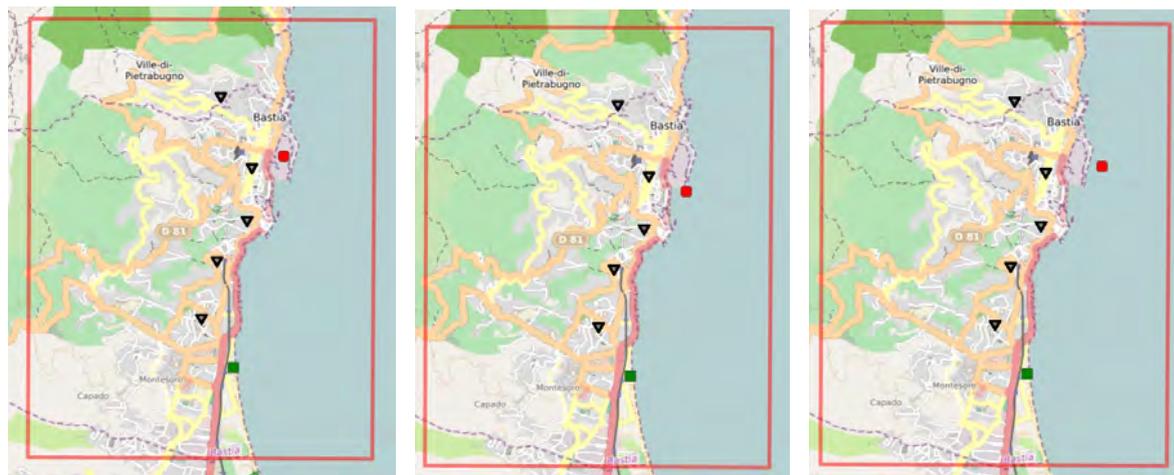
5 points fixes ponctuels en mer	plage horaire	émissions	condition météo	polluants
A	6h/11h	100%	1 journée type moyenne sur 1 semaine, au pas horaire	SO2, NOX, PM10, PM2,5
B				
C				
D				
E				
A	6h/11h	50%		
B				
C				
D				
E				
A	11h/17h	50%		
B				
C				
D				
E				
A	11h/17h	25%		
B				
C				
D				
E				
A	17/22h	100%		
B				
C				
D				
E				
A	17/22h	50%		
B				
C				
D				
E				

### Définition de la zone dans le modèle

Le modèle se fonde sur différentes sources d'émissions (un calcul effectué par source ponctuelle / point rouge sur la carte) et 5 points récepteurs (symbolisés par le symbole triangulaire noir) représentatifs des quartiers choisis en amont pour l'étude

Le point en vert représente le site de la station météorologique de référence (source météo Arinella, données de 2007)

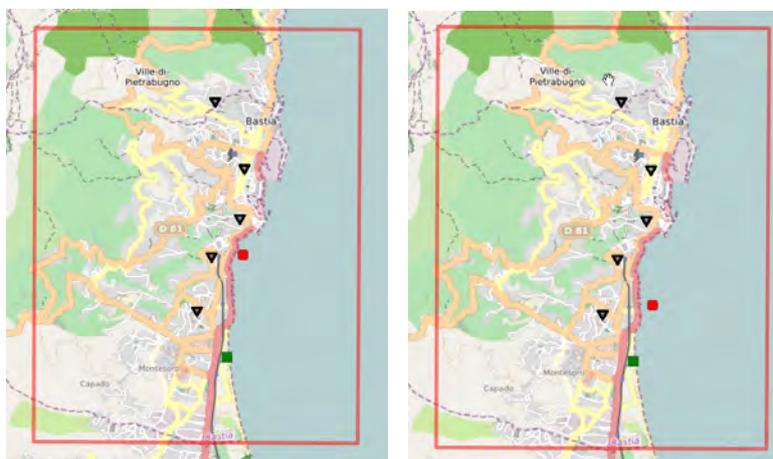
La résolution du modèle est de 50 m, et le domaine de modélisation est représenté par le rectangle rouge dans les cartes ci-dessous.



A

B

C

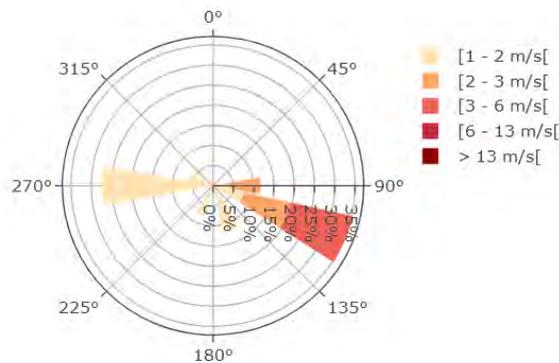


D

E

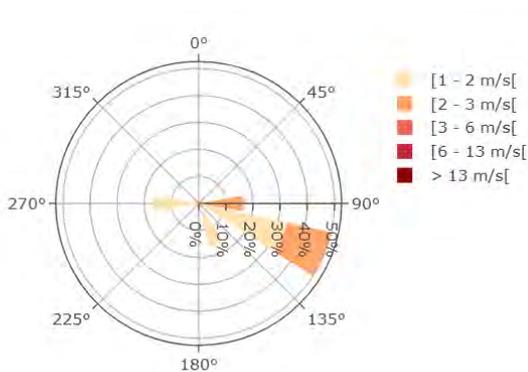
Données d'entrée : Météo

**Rose des vents sur la semaine type identifiée :**

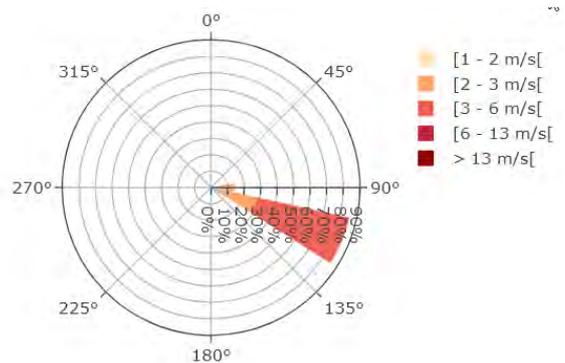


**Roses des vents sur la journée de référence**

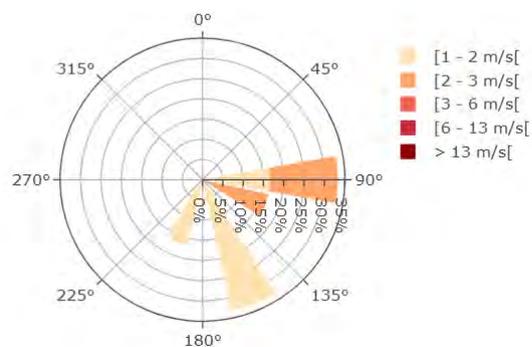
De 6h à 11h



De 11h à 17 h :



De  
17h à 22h



La semaine type représente une semaine sans pluie et où les dynamiques de brises de vents et de vitesse étaient représentatives de la période estivale. A noter que les vents dirigés vers la mer sont d'avantage caractéristiques de la brise de terre nocturne.

Les paramètres saisis sont :

Vitesse de vent, direction de vent, nébulosité, précipitations, températures, humidité relative et pression.

L'observation de ces roses de vents montre que les directions générales des vents entraînent la plupart du temps un déplacement des panaches vers la ville dans la journée. La brise de mer en milieu de journée est caractérisée par une vitesse de vent plus importante qui a tendance à mieux disperser les polluants.

### Données d'entrée : la source ponctuelle

L'autre donnée importante du modèle concerne les émissions directes des navires injectées dans le modèle.

Sur ce point, il a été décidé de simplifier la source ponctuelle à un seul point central et représentatif des projets portuaires.

Ceci permet de définir les caractéristiques de dispersion du panache mais ne représente pas des concentrations quantifiables à ce niveau du projet. Toutefois, ces données sont fondées sur les travaux réalisés en collaboration avec l'observatoire de la surveillance de la qualité de l'air en région Sud et les caractéristiques détaillées ci-dessous (hauteur d'émission, vitesse des flux,...) et les concentrations en polluants en sortie de cheminée sont conformes à une émission type de polluants atmosphériques issus des navires présents habituellement dans le port de Bastia.

- Caractéristiques techniques de la source d'émissions (cheminée d'un ferry) :

Source properties	
Site	*
Smoke temp	* 341.67 deg.C
Vertical speed	* 1.46 m/s
Height	* 36 m
Diameter	* 2.31 m
User Id	* 0
Modulation	* No modulation

Tableaux des indicateurs pollution de l'air pour les différents scénarii portuaires

## 2. Synthèse des indicateurs

L'ensemble des modélisations a été réalisé pour les quatre polluants représentatifs des émissions portuaires. Etant donné l'approche qualitative, les modélisations pour chacun des polluants sont globalement identiques. Dans la suite du document, nous avons donc focalisé notre étude sur les résultats produits pour les particules fines PM10 afin d'élaborer les indicateurs.

Le port actuel et les différents projets de ports ont été évalués en prenant en compte les hypothèses définies au premier chapitre.

Cinq sources d'émissions différentes :

- Port actuel
- Extension de la digue du port actuel
- Doublement de la capacité d'accueil du port actuel avec la création d'une digue en parallèle
- Portu Novu
- Port Carbonite

Deux tableaux, selon les deux types de flotte, représentent les indicateurs par quartier et selon trois périodes d'une journée type.

➔ 3 indicateurs couleurs / éléments définis par l'expert en s'appuyant sur les modélisations des différentes hypothèses

Indicateurs de l'impact des navires concernant la pollution atmosphérique		
Pas ou peu d'impact	Impact modéré	impact principal

**Synthèse des indicateurs de l'impact sur la qualité de l'air des projets portuaires**

- Avec la flotte actuelle

Ports	Quartiers	Nord	centre-ville	Citadelle	Sud citadelle	Sud
Port actuel	Matin	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Prolongement digue	Matin	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
doublement de la digue	Matin	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Porte Novu	Matin	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue
Carbonite	Matin	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Blue
	soir	Dark Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue

- Nouvelle flotte en prenant en compte l'évolution de la réglementation et des infrastructures (flotte en partie renouvelée et autres actions de réduction (zone ECAMED, raccordement à quai, navire GNL, etc.)).

Ports	Quartiers	Nord	centre-ville	Citadelle	Sud citadelle	Sud
Port actuel	Matin	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Prolongement digue	Matin	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
doublement de la digue	Matin	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Porte Novu	Matin	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue
Carbonite	Matin	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue
	Jour	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
	soir	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue

## Observations et conclusions

Dans le cadre de ce projet, 30 scénarisation différentes ont été modélisées pour quatre polluants, soit 120 cartes représentant la dispersion des panaches des navires selon différentes hypothèses de localisation du port, de conditions météorologiques et de différents types d'émissions de polluants atmosphériques.

Pour réaliser des indicateurs simplifiés de ces impacts, seules les cartes élaborées pour les particules fines ont été finalement retenues (les simulations étant proches pour l'ensemble des composés évalués).

En état actuel de la flotte (tableau n°1), nous pouvons observer que pour l'ensemble des projets, la plupart des conditions définies selon les hypothèses d'étude, entraîne un impact modéré à fort sur l'ensemble des quartiers de la ville et ce, quel que soit le scénario étudié.

Si on prend en compte les réflexions actuelles visant à réduire les émissions maritimes (raccordement à quai, propulsion GNL, zone ECAMED, etc.), le tableau n°2 donne une représentation plus réaliste de l'impact des navires sur la pollution atmosphérique en milieu urbain à moyens termes.

Dans ce tableau, nous pouvons observer que la localisation du port influence notablement les zones de la ville qui seront potentiellement impactées mais que contrairement au tableau précédent l'impact n'est plus généralisé sur l'ensemble de la ville. La topographie de la ville ainsi que la météorologie locale selon les périodes de la journée permettent de définir les classes d'impact des émissions maritimes sur la qualité de l'air urbaine.

Selon le choix du scénario retenu, une définition plus précise des émissions réelles attendues sur le site devront être produites afin d'évaluer notamment les niveaux de pollutions au regard des normes sanitaires réglementaires pour la protection de la santé humaine définies par l'union européenne.

## Annexes

### Annexe 1 : Bilan des modélisations

#### Résultat des calculs

Concentration maximale (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) par scénarisation selon les plages horaires :

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
A_jour_25	0.27	0.26	4.90	0.12
A_matin_50	0.44	0.44	10.41	0.23
A_soir_50	0.47	0.45	9.40	0.23
A_jour_50	0.54	0.52	9.81	0.25
A_matin_100	0.87	0.89	20.82	0.47
A_soir_100	0.93	0.91	18.80	0.45

*Concentrations maximales retrouvées le matin et le soir pour le port actuel*

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
B_soir_100	0.70	0.68	14.46	0.34
B_matin_50	0.35	0.36	9.13	0.20
B_jour_25	0.27	0.26	4.86	0.12
B_soir_50	0.35	0.34	7.23	0.17
B_jour_50	0.54	0.51	9.73	0.25
B_matin_100	0.70	0.72	18.26	0.39

*Concentrations maximales retrouvées le matin pour le prolongement de la digue*

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
C_jour_25	0.27	0.26	4.94	0.13
C_matin_50	0.21	0.20	4.42	0.10
C_soir_50	0.29	0.29	6.27	0.15
C_jour_50	0.55	0.52	9.88	0.25
C_matin_100	0.42	0.40	8.83	0.19
C_soir_100	0.58	0.58	12.54	0.29

*Concentrations maximales retrouvées le soir pour la digue parallèle*

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>NOx</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
D_soir_100	1.76	1.70	33.90	0.84
D_jour_50	0.66	0.62	11.86	0.30
D_soir_50	0.88	0.85	16.95	0.42
D_jour_25	0.33	0.31	5.93	0.15
D_matin_50	0.63	0.61	12.98	0.31
D_matin_100	1.25	1.23	25.95	0.62

*Concentrations maximales retrouvées le soir pour Portu Novu*

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>NOx</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
E_soir_100	1.05	1.02	20.96	0.51
E_jour_25	0.31	0.29	5.1	0.14
E_soir_50	0.53	0.51	10.48	0.25
E_jour_50	0.61	0.58	11.03	0.28
E_matin_100	1.15	1.16	27.08	0.61
E_matin_50	0.57	0.58	13.54	0.30

*Concentrations maximales retrouvées le matin pour la Carbonite*

**Concentrations aux points récepteurs (en µg/m<sup>3</sup>) par scénarisation :**

D_soir_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.04	0.04	0.69	0.02
Quartier centre-ville	0.01	0.01	0.11	0.00
Quartier nord	0.01	0.01	0.15	0.00
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.25	0.24	4.63	0.12
D_jour_25				
Citadelle	0	0	0	0
Quartier centre-ville	0	0	0	0
Quartier nord	0	0	0	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.06	0.06	1.17	0.03
D_jour_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0	0	0	0
Quartier centre-ville	0	0	0	0
Quartier nord	0	0	0	0

Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.13	0.12	2.34	0.06
D_matin_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0	0	0	0
Quartier centre-ville	0	0	0	0
Quartier nord	0.01	0.01	0.13	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.06	0.05	1.03	0.03
D_soir_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.02	0.02	0.34	0.01
Quartier centre-ville	0	0	0	0
Quartier nord	0	0	0.08	0.0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.13	0.12	2.32	0.06
D_matin_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.00	0.00	0.00	0.00
Quartier centre-ville	0	0	0	0
Quartier nord	0.01	0.01	0.26	0.01
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.11	0.11	2.07	0.05
B_soir_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.00	0.00	0.01	0.00
Quartier centre-ville	0.21	0.20	3.78	0.10
Quartier nord	0.02	0.02	0.33	0.01
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0
B_jour_25				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.00	0.00	0.0	0.00
Quartier centre-ville	0.15	0.14	2.71	0.07
Quartier nord	0	0	0.02	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0
B_jour_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.00	0.00	0.0	0.00
Quartier centre-ville	0.30	0.28	5.42	0.14
Quartier nord	0	0	0.03	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0

B_matin_50				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.00	0.00	0.0	0.00
Quartier centre-ville	0.21	0.20	3.73	0.09
Quartier nord	0	0	0.03	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0
B_matin_100				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0	0	0	0
Quartier centre-ville	0.41	0.39	7.46	0.19
Quartier nord	0	0	0.05	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0
B_soir_50				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.00	0.00	0.0	0.00
Quartier centre-ville	0.10	0.10	1.89	0.05
Quartier nord	0.01	0.01	0.16	0
Quartier sud	0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0	0	0	0
E_soir_100				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.01	0.01	0.20	0.01
Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.06	0
Quartier nord	0.0	0	0.09	0
Quartier sud	0.09	0.08	1.62	0.04
Quartier sud citadelle	0.05	0.05	0.91	0.02
E_soir_50				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.01	0.01	0.10	0.0
Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.03	0
Quartier nord	0.0	0	0.05	0
Quartier sud	0.04	0.04	0.81	0.02
Quartier sud citadelle	0.02	0.02	0.45	0.01
E_matin_100				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.0	0
Quartier nord	0.01	0.01	0.14	0.00
Quartier sud	0.02	0.02	0.35	0.01
Quartier sud citadelle	0.01	0.01	0.15	0.00
E_matin_50				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0

Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.0	0
Quartier nord	0.0	0.0	0.07	0.00
Quartier sud	0.01	0.01	0.18	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.07	0
E_jour_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.0	0
Quartier nord	0.0	0.0	0	0.00
Quartier sud	0.03	0.02	0.47	0.01
Quartier sud citadelle	0.01	0	0.09	0
E_jour_25				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.00	0.0	0.0	0
Quartier nord	0.0	0.0	0	0.00
Quartier sud	0.01	0.01	0.23	0.01
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.05	0
A_jour_25				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.01	0.01	0.15	0.00
Quartier nord	0.01	0.01	0.13	0
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
A_jour_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.02	0.02	0.3	0.01
Quartier nord	0.01	0.01	0.26	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
A_matin_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0	0	0.03	0
Quartier nord	0.02	0.02	0.33	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
A_matin_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0	0	0.06	0
Quartier nord	0.03	0.03	0.66	0.02
Quartier sud	0.0	0	0	0

Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
A_soir_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.04	0.04	0.74	0.02
Quartier nord	0.01	0.01	0.21	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
A_soir_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.08	0.08	1.47	0.04
Quartier nord	0.02	0.02	0.42	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
C_jour_25				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.02	0.02	0.41	0.01
Quartier nord	0.01	0.01	0.22	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
C_jour_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.05	0.04	0.83	0.02
Quartier nord	0.02	0.02	0.44	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
C_matin_50				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.02	0.02	0.41	0.01
Quartier nord	0.04	0.04	0.84	0.02
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
C_matin_100				
	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Nox</b>	<b>So<sub>2</sub></b>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.05	0.04	0.82	0.02
Quartier nord	0.09	0.08	1.67	0.04
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0

C_soir_50				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.06	0.05	1.01	0.03
Quartier nord	0.01	0.01	0.17	0
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0
C_soir_100				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Nox	So <sub>2</sub>
Citadelle	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartier centre-ville	0.11	0.11	2.02	0.05
Quartier nord	0.02	0.02	0.35	0.01
Quartier sud	0.0	0	0	0
Quartier sud citadelle	0.0	0	0.0	0

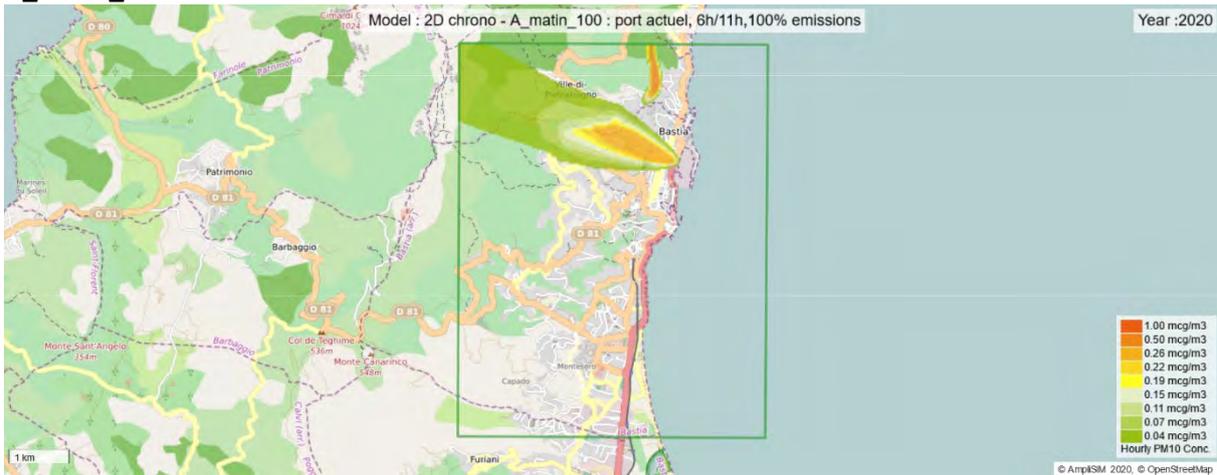
Cartes de modélisation des panaches pour les particules fines PM<sub>10</sub>

**Pour le Port « A »**

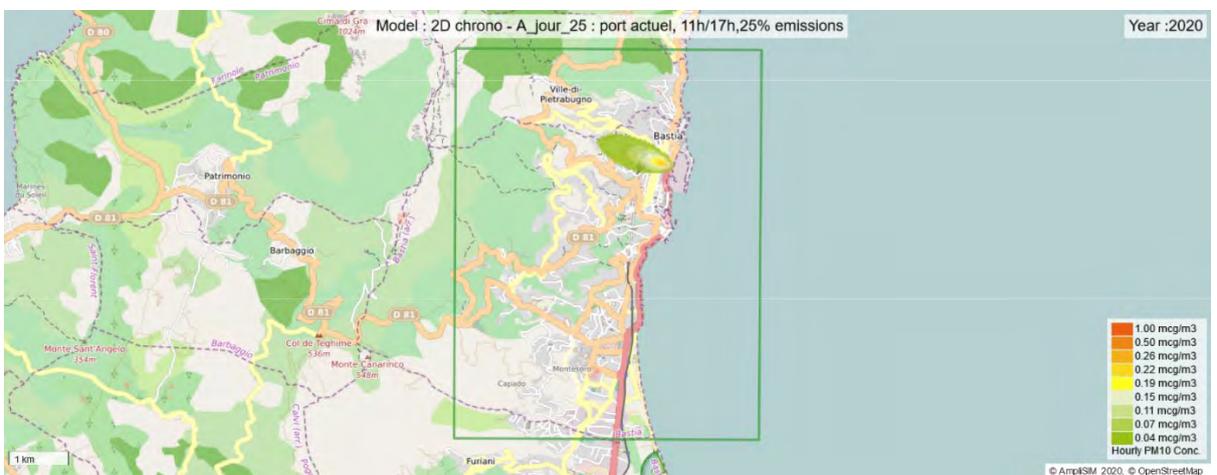
**A\_matin\_50**



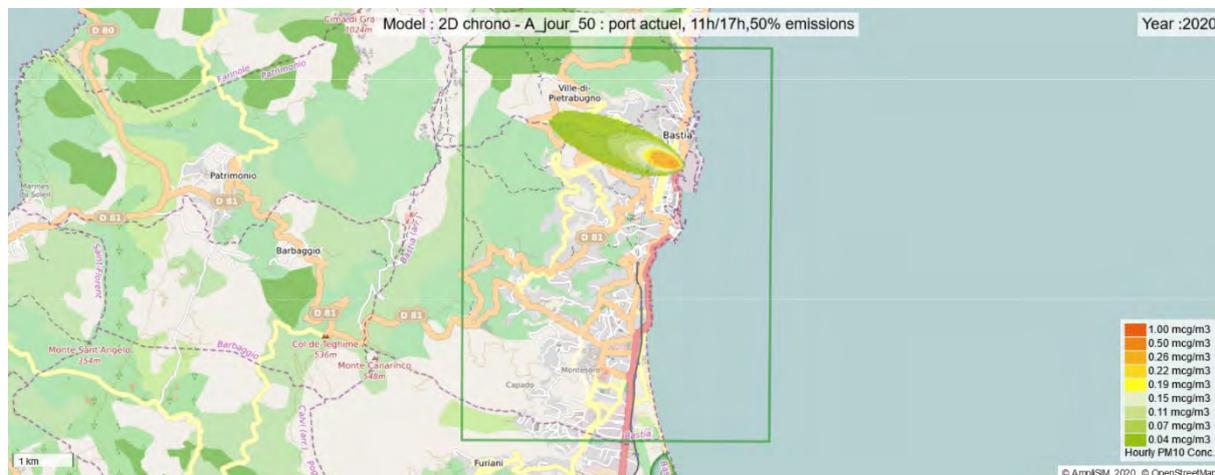
**A\_matin\_100**



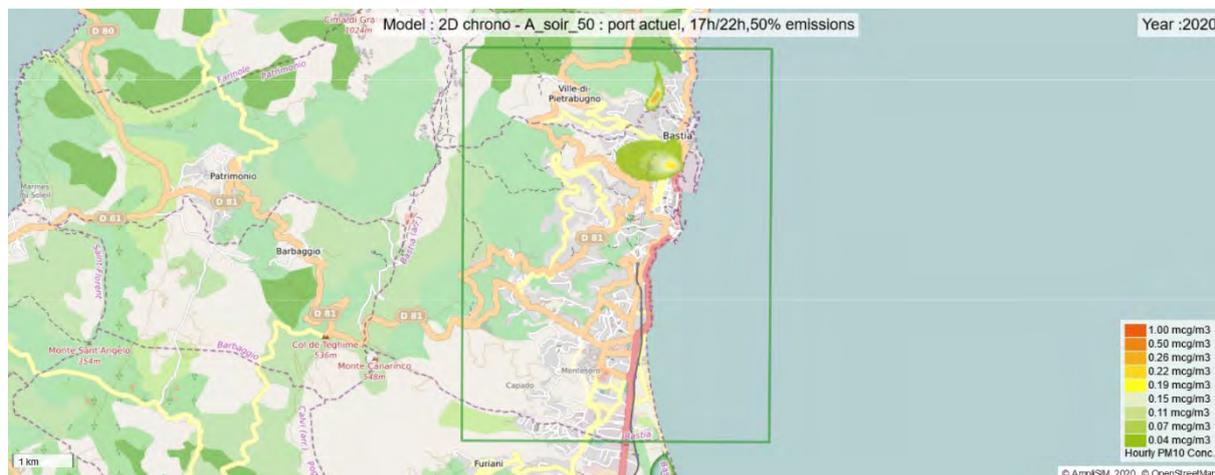
**A\_jour\_25**



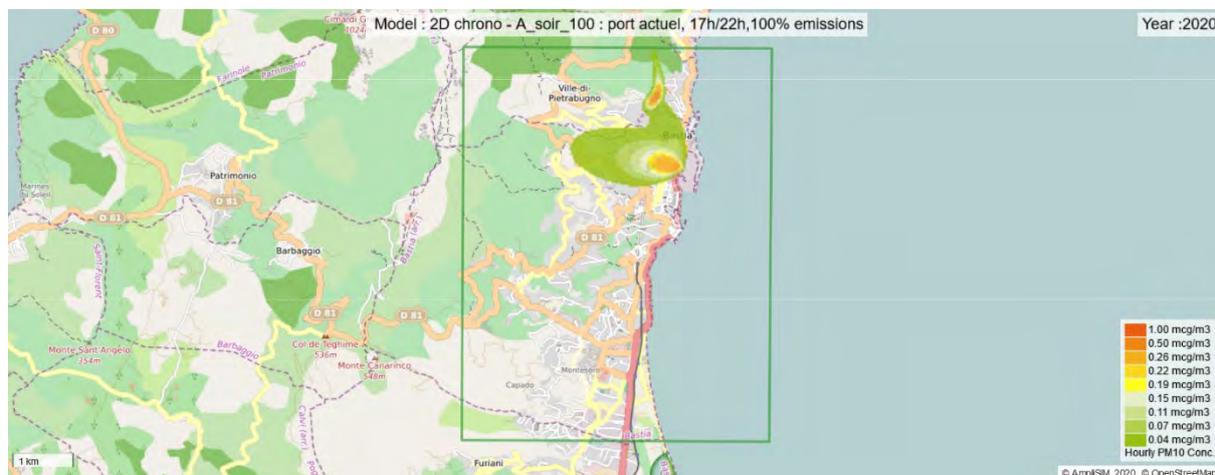
### A\_jour\_50



### A\_soir\_50

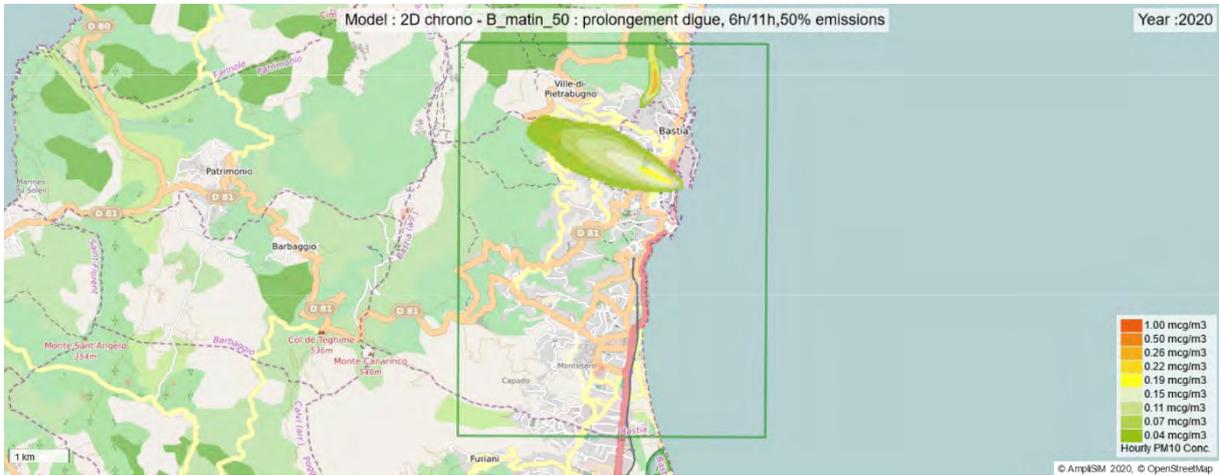


### A\_soir\_100

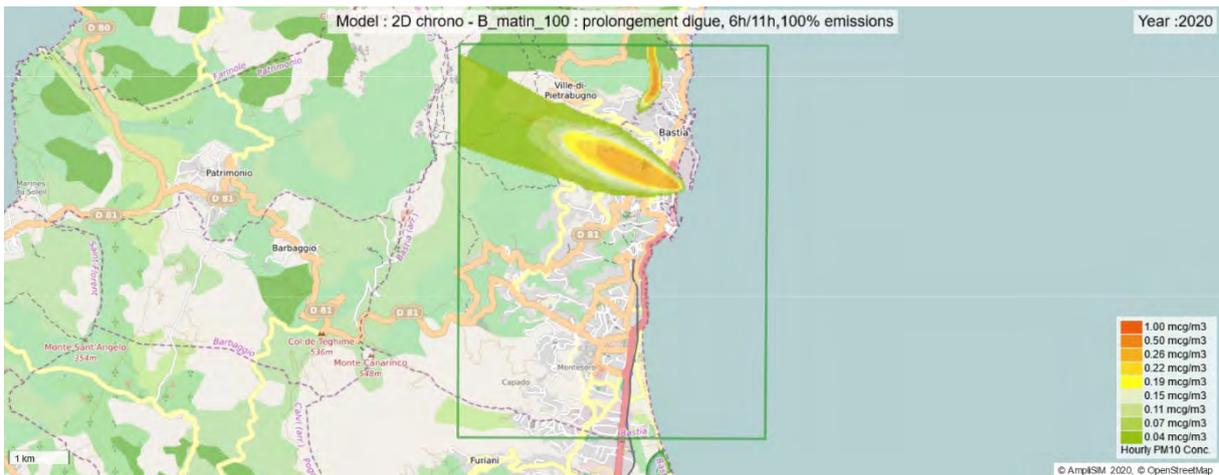


**Pour le Port « B »**

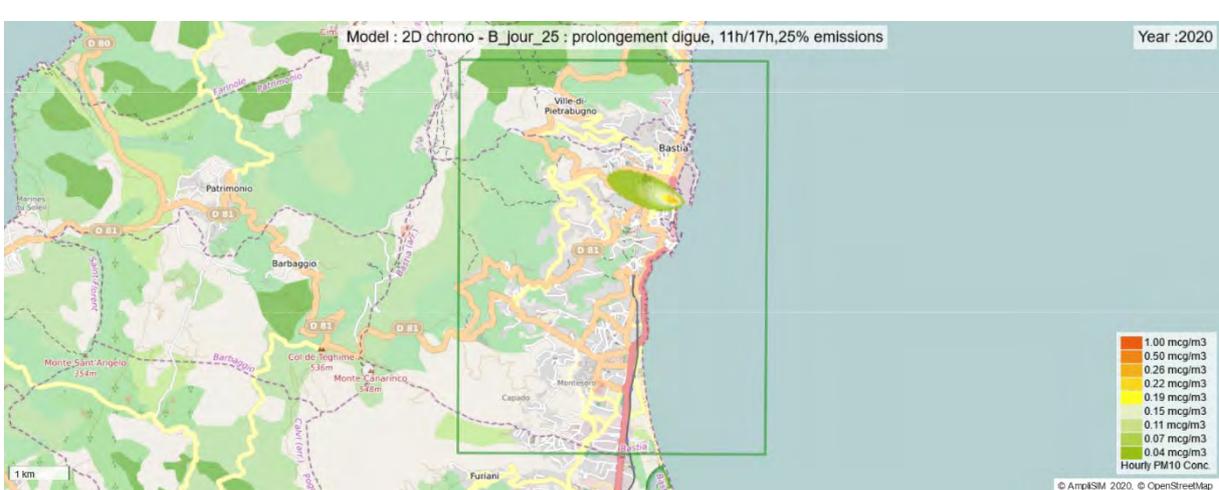
**B\_matin\_50**



**B\_matin\_100**



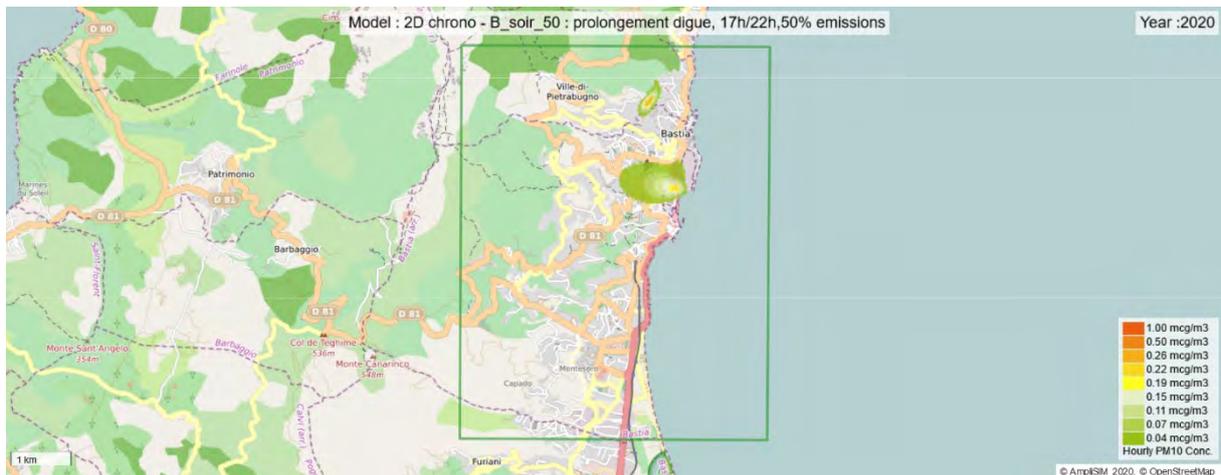
**B\_jour\_25**



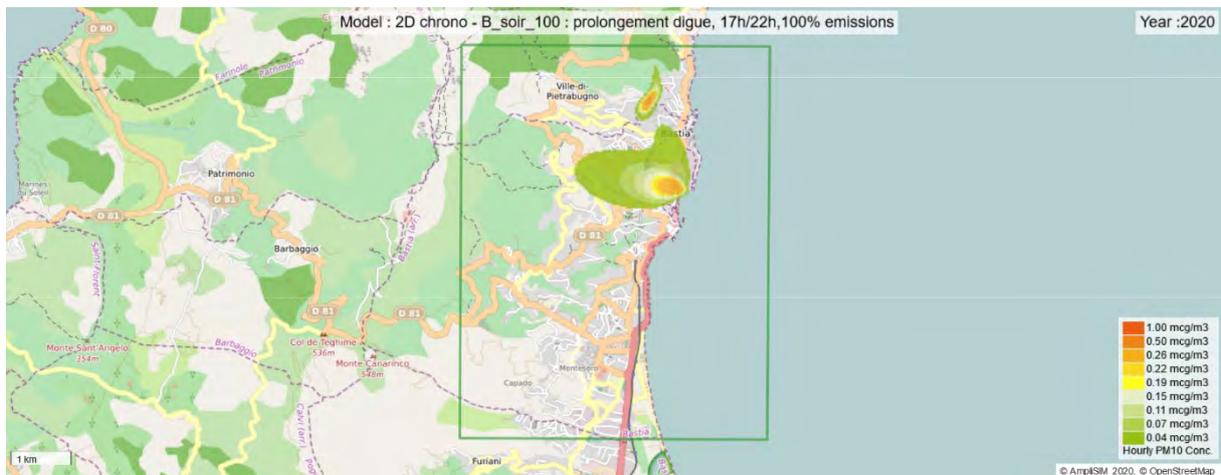
**B\_jour\_50**



**B\_soir\_50**

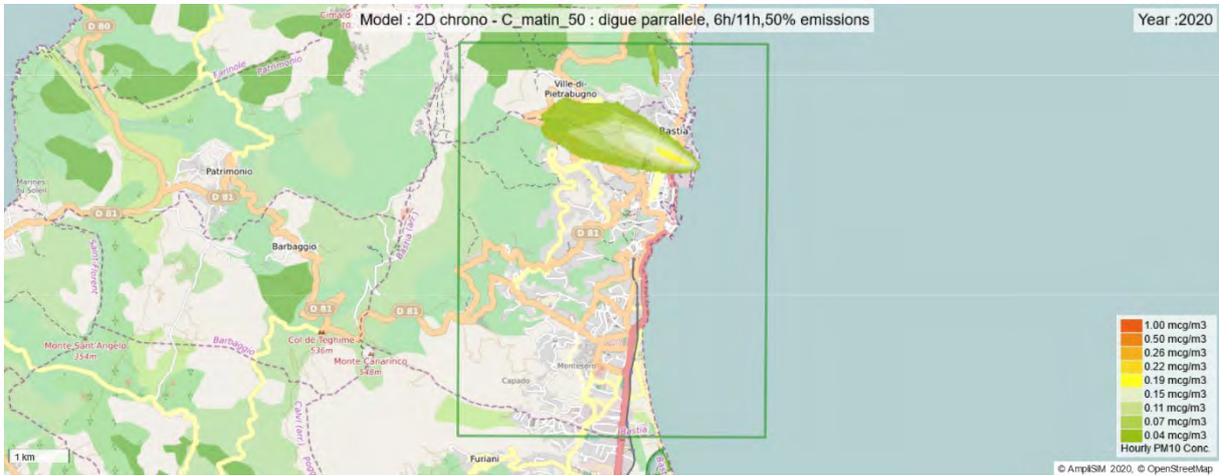


**B\_soir\_100**

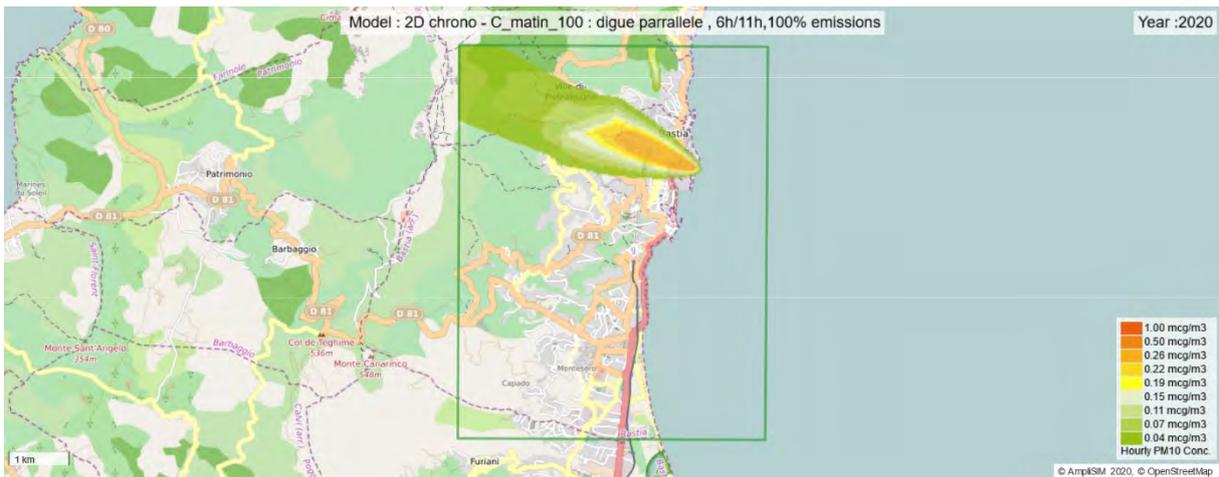


**Pour le port « C »**

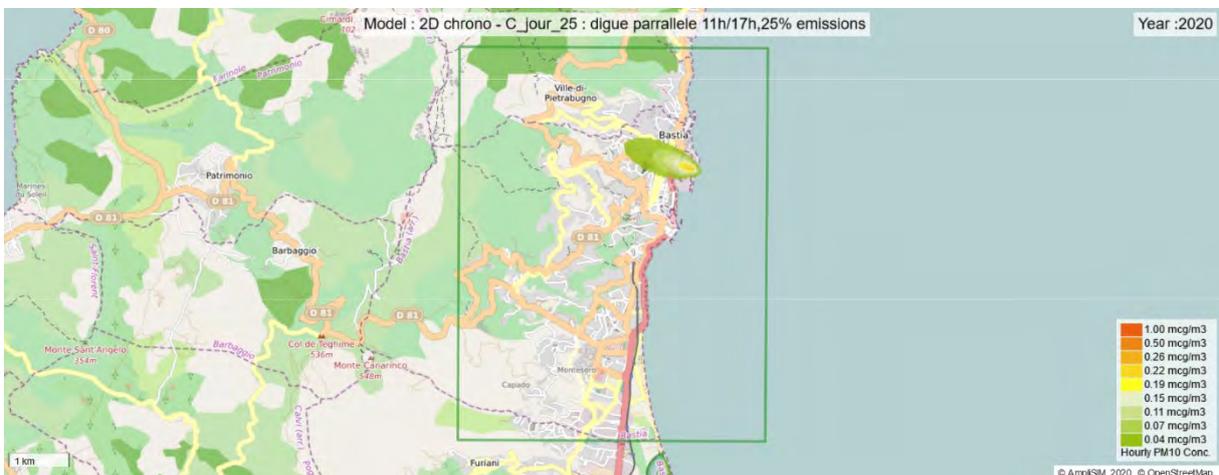
**C\_matin\_50**



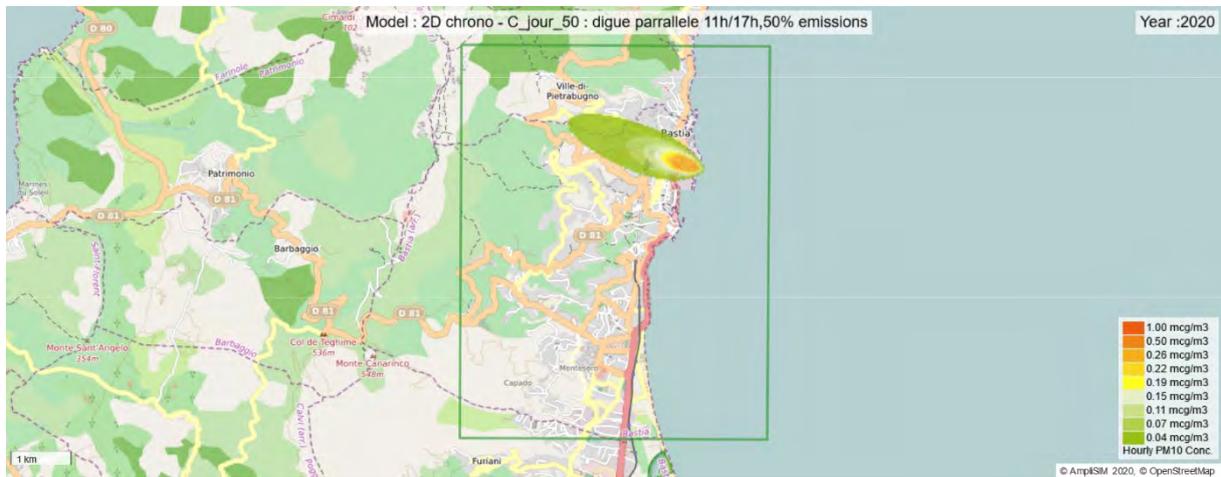
**C\_matin\_100**



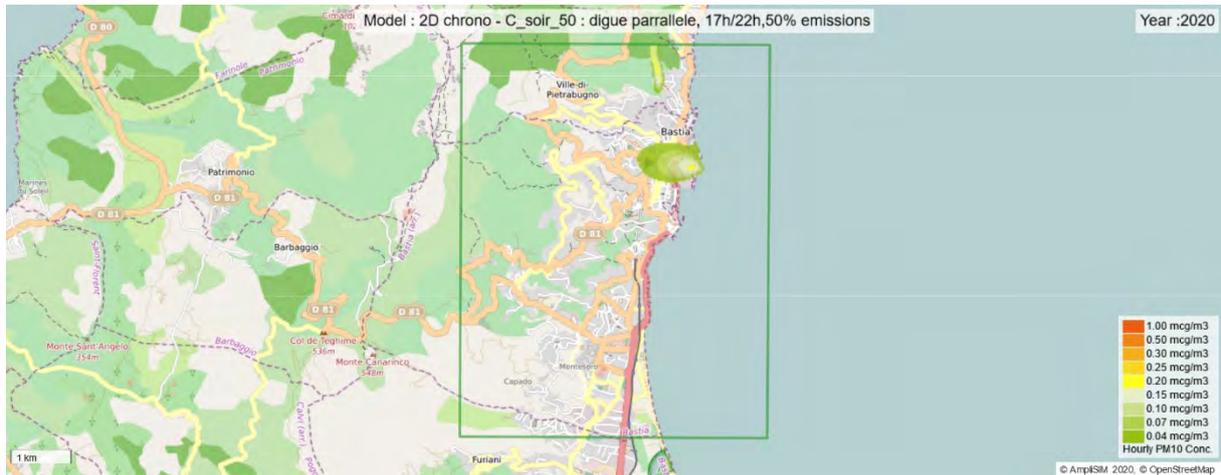
**C\_jour\_25**



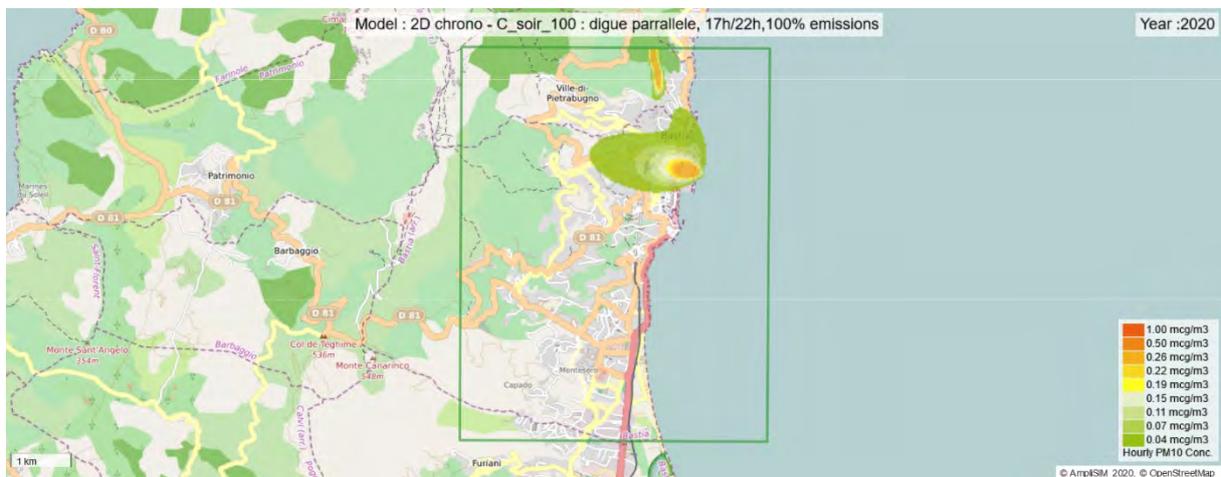
**C\_jour\_50**



**C\_soir\_50**

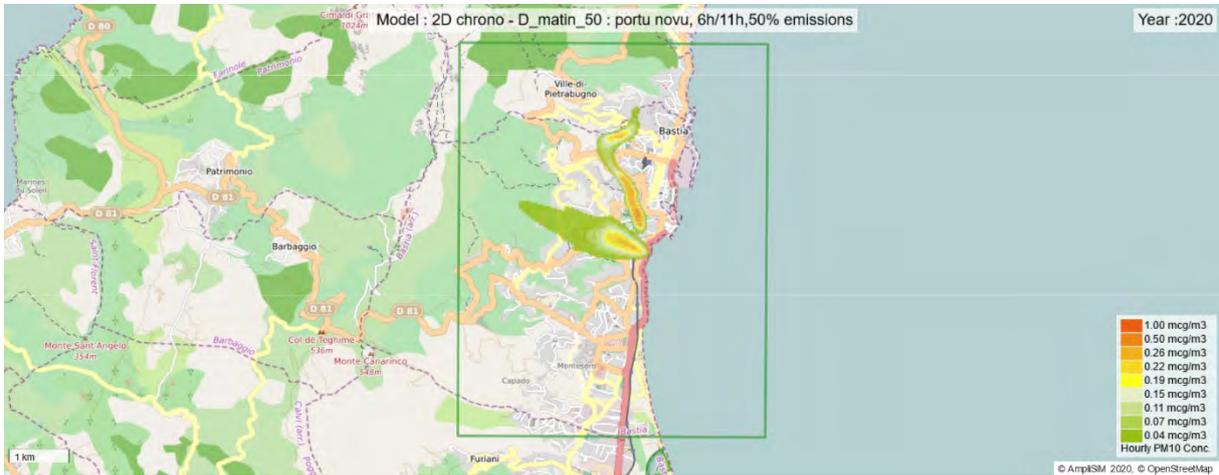


**C\_soir\_100**

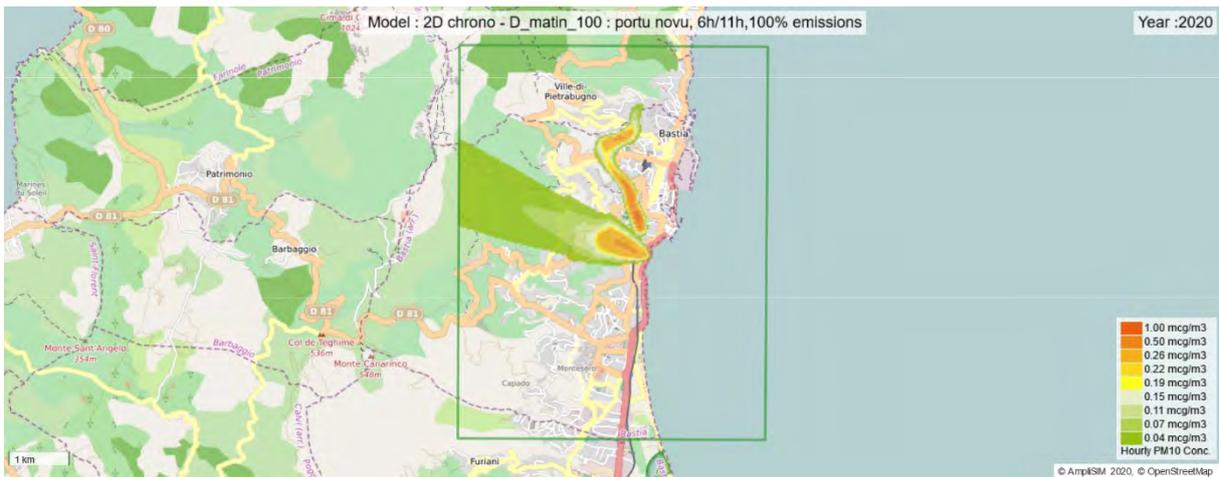


**Pour le port « D »**

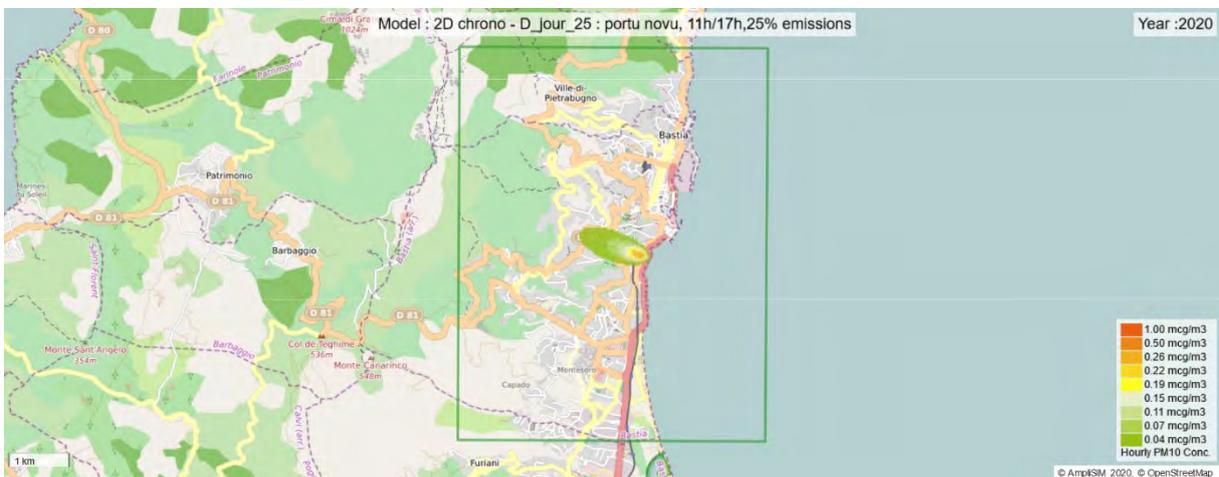
**D\_matin\_50 :**



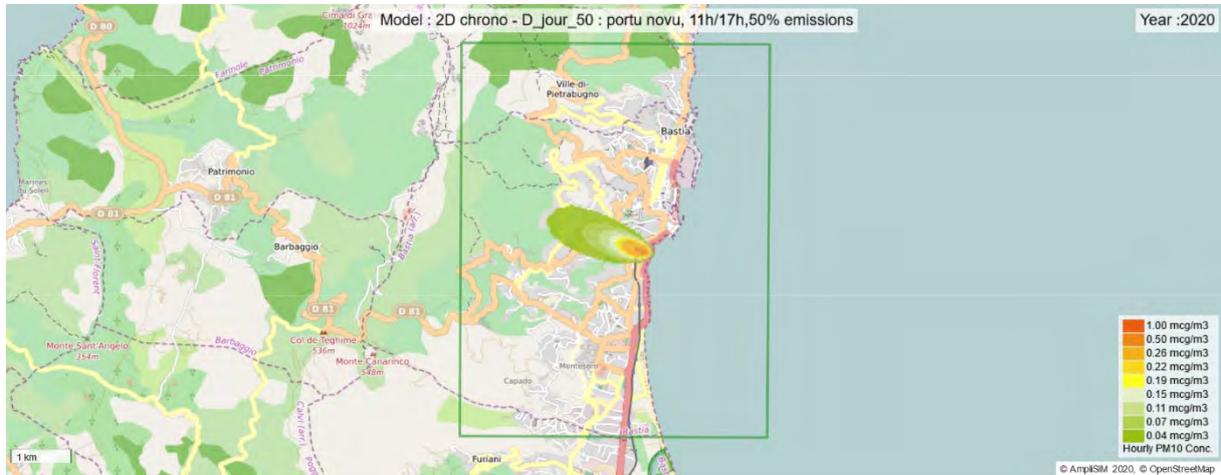
**D\_matin\_100**



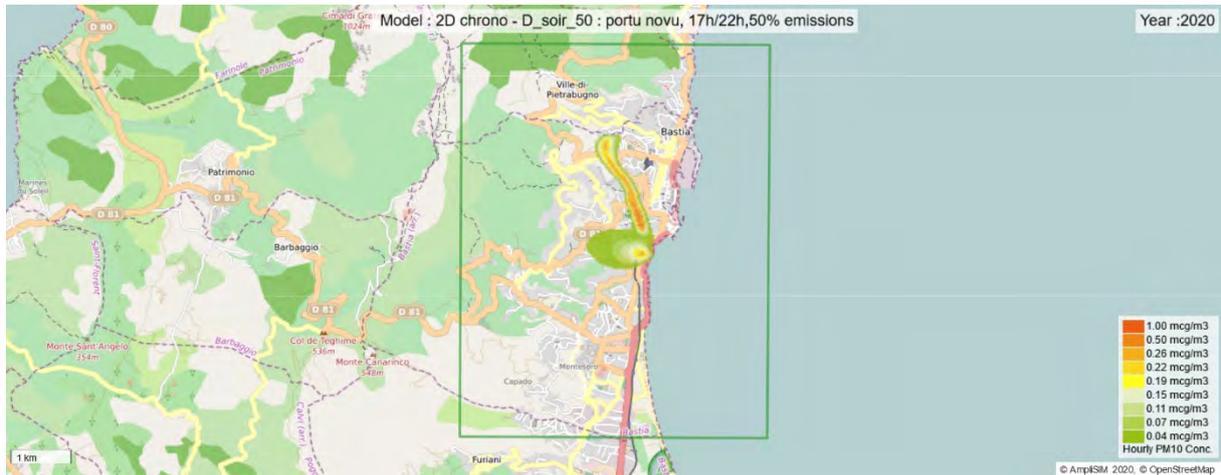
**D\_jour\_25**



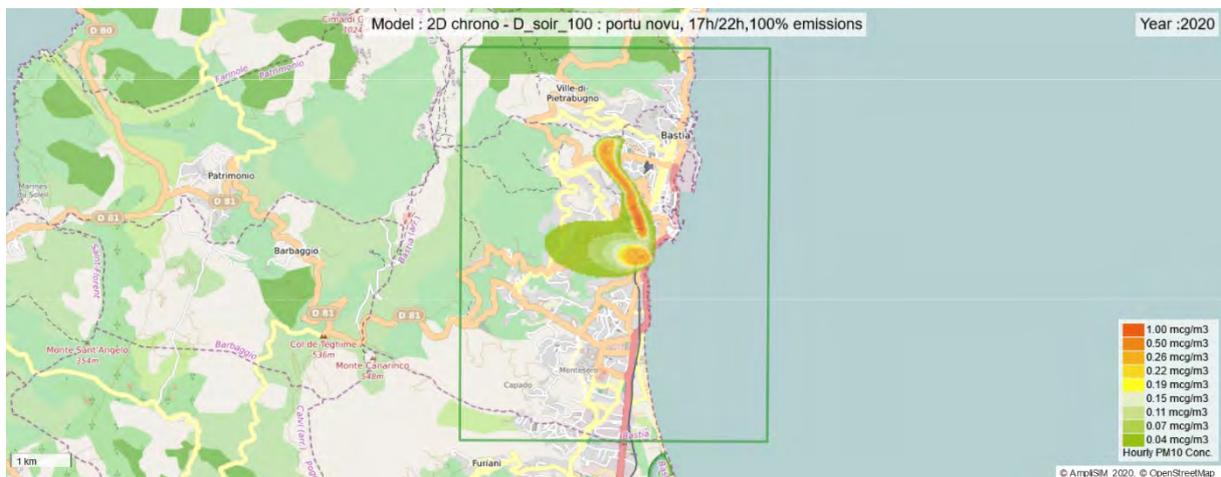
**D\_jour\_50**



**D\_soir\_50**

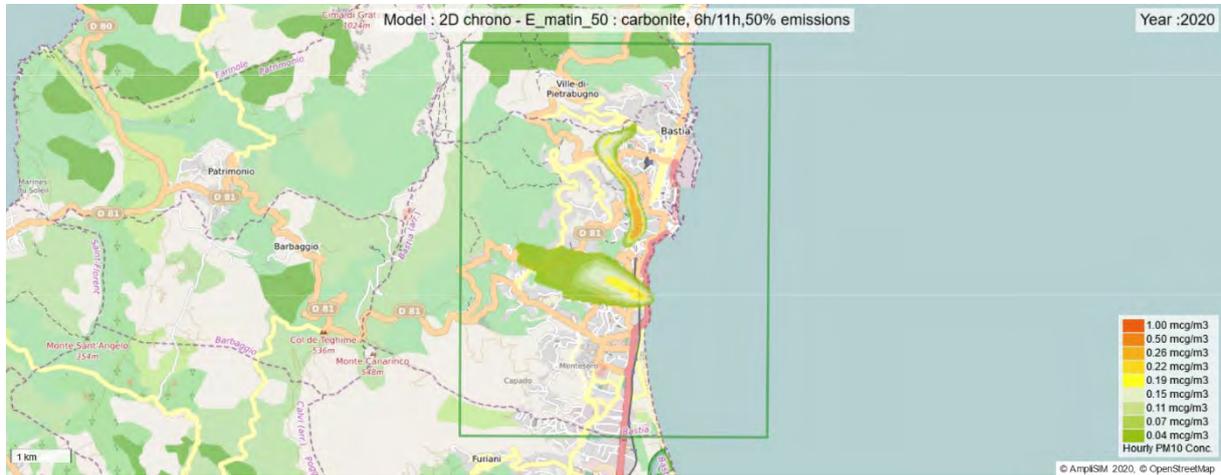


**D\_soir\_100**

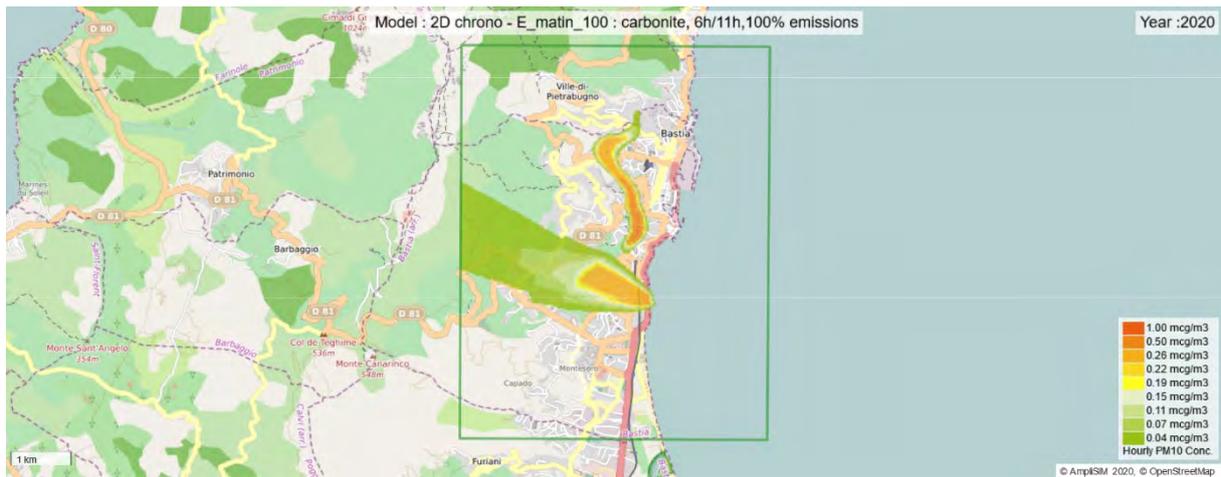


**Pour le port « E » :**

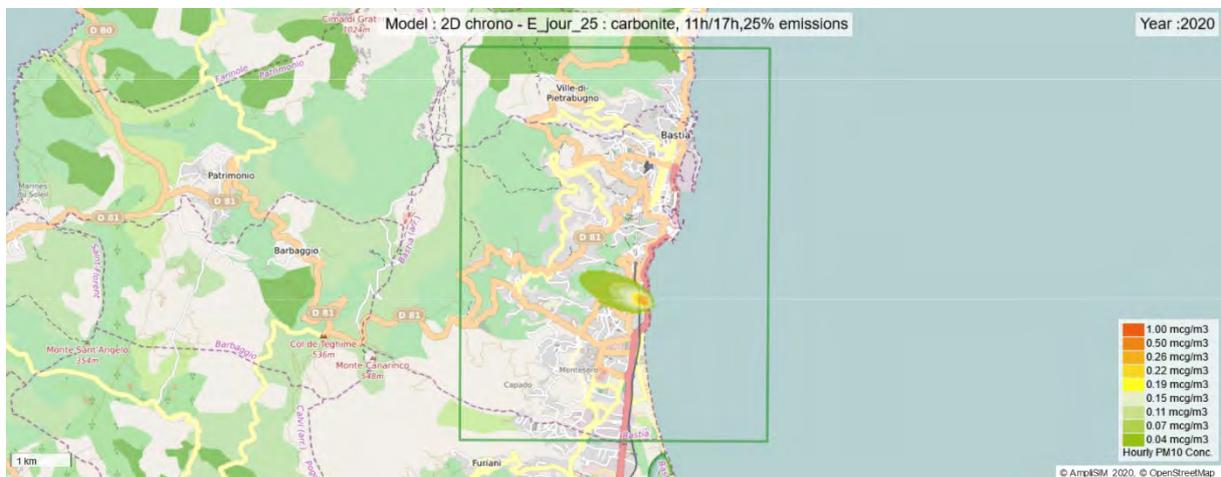
**E\_matin\_50**



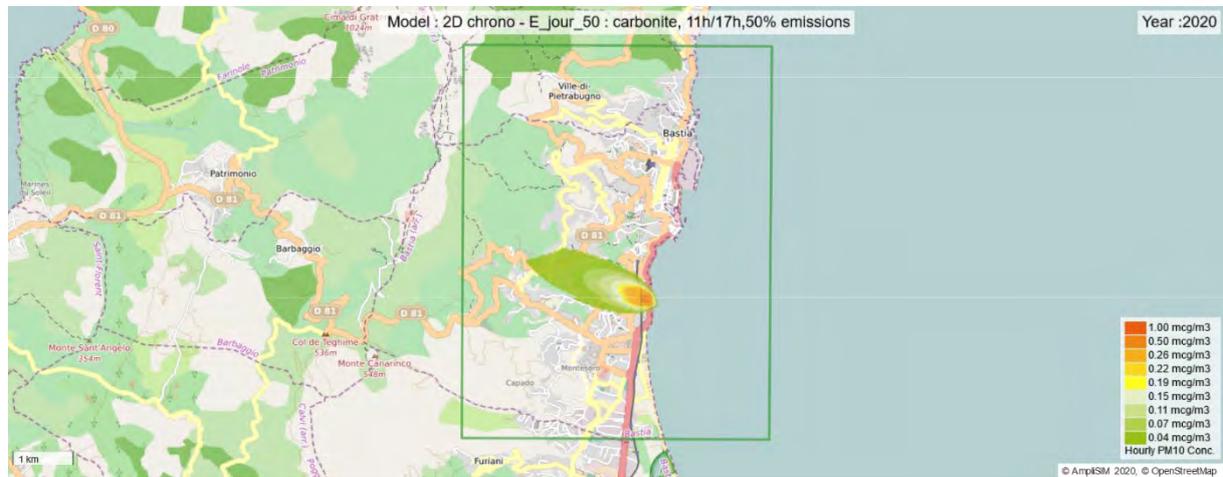
**E\_matin\_100**



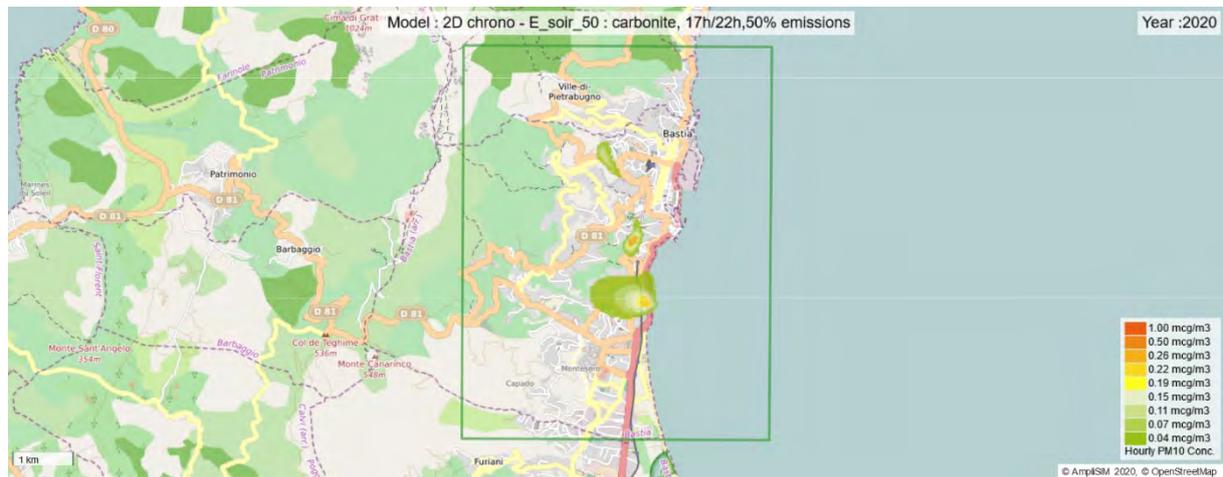
**E\_jour\_25**



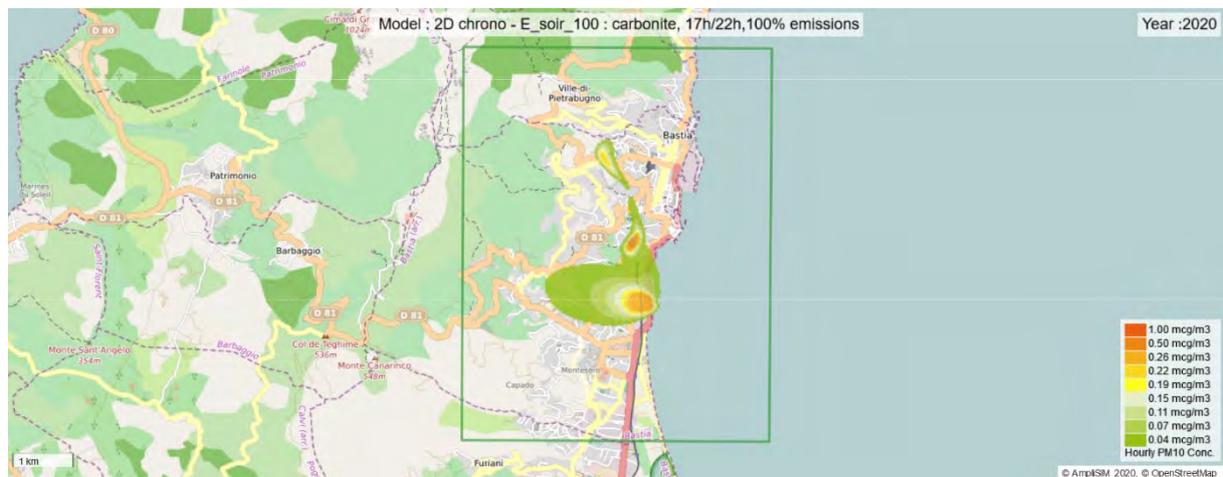
**E\_jour\_50**



**E\_soir\_50**



**E\_soir\_100**



## Annexe 2 : Méthode de calcul des classes d'indicateurs

Tableau de synthèse, avec les PM<sub>10</sub>

Scenarii			Classement Cmax PM <sub>10</sub> par source 1=Cmax à 6=Cmax minimum	Zones prédéfinies concentration PM <sub>10</sub>				
Sources	périodes	Emissions		Citadelle	Quartier centre-ville	Quartier nord	Quartier sud	Quartier sud citadelle
Port actuel-A	matin	actuelles	2	0	0	0.03	0	0
		Réduction	5	0	0	0.02	0	0
	Jour	actuelles	3	0	0.02	0.01	0	0
		réduction	6	0	0.01	0.01	0	0
	soir	actuelles	1	0	0.08	0.02	0	0
		Réduction	4	0	0.04	0.01	0	0
Prolongement digue-B	matin	actuelles	1	0	0.41	0	0	0
		Réduction	4	0	0.21	0	0	0
	Jour	actuelles	2	0	0.30	0	0	0
		réduction	5	0	0.15	0	0	0
	soir	actuelles	1	0	0.21	0.02	0	0
		Réduction	3	0	0.10	0.01	0	0
Parallèle digue-C	matin	actuelles	3	0	0.05	0.09	0	0
		Réduction	6	0	0.02	0.04	0	0
	Jour	actuelles	2	0	0.05	0.02	0	0
		réduction	5	0	0.02	0.01	0	0
	soir	actuelles	1	0	0.11	0.02	0	0
		Réduction	4	0	0.06	0.01	0	0
Portu novu-D	matin	actuelles	2	0	0	0.01	0	0.11
		Réduction	5	0	0	0.01	0	0.06
	Jour	actuelles	4	0	0	0	0	0.13
		réduction	6	0	0	0	0	0.06
	soir	Actuelles	1	0.04	0.01	0.01	0	0.25
		Réduction	3	0.02	0	0	0	0.13
Carbonite -E	matin	actuelles	1	0	0	0.1	0.02	0.01
		Réduction	4	0	0	0	0.01	0
	Jour	actuelles	3	0	0	0	0.03	0.01
		réduction	6	0	0	0	0.01	0
	soir	actuelles	2	0.01	0	0	0.09	0.05
		Réduction	5	0.01	0	0	0.04	0.02

**Règle :**

1. Indicateur de qualité de l'air provisoire défini par rapport au classement du Cmax PM10 obtenu par source

Cmax PM10 par source	Indicateur provisoire Qualité de l'air
$0 \leq C_{max} \leq 2$	médiocre
$2 < C_{max} \leq 4$	mauvais
$4 < C_{max} \leq 6$	bon

2. Indicateur de qualité de l'air définitif par rapport aux concentrations PM10 obtenues aux points récepteurs

Indicateur provisoire qualité de l'air et concentrations PM10 aux points récepteurs = indicateur définitif qualité de l'air

Indicateur provisoire qualité de l'air	Concentrations PM10 aux points récepteurs	Indicateur définitif qualité de l'air
médiocre	0	mauvais
médiocre	>0	Médiocre
Mauvais	0	Bon
Mauvais	>0	Médiocre
Bon	0	Bon
Bon	>0	Mauvais

## Annexe 3 : Réglementation et état des connaissances scientifiques

### 1/ Réglementations

Afin de réduire les pollutions du transport maritime, l'**OMI** (Organisation Maritime Internationale) a mis en place une réglementation internationale dans le cadre de la convention **MARPOL** (Convention Internationale pour la prévention de la Pollution par les Navires) dont l'**annexe VI**, adoptée en 1997, traite spécifiquement de la **prévention des pollutions atmosphériques**.

Cette réglementation porte sur le contrôle et la réduction des oxydes de soufre, oxyde d'azote, gaz appauvrissant la couche d'ozone et les COV (composés organiques volatils). A ce jour, il n'existe **aucune réglementation pour les particules**.

Ce point est important car ces émissions de particules regroupent l'ensemble des craintes et des critiques portées par le public et notamment concernant les particules les plus grossières dont le carbone suie

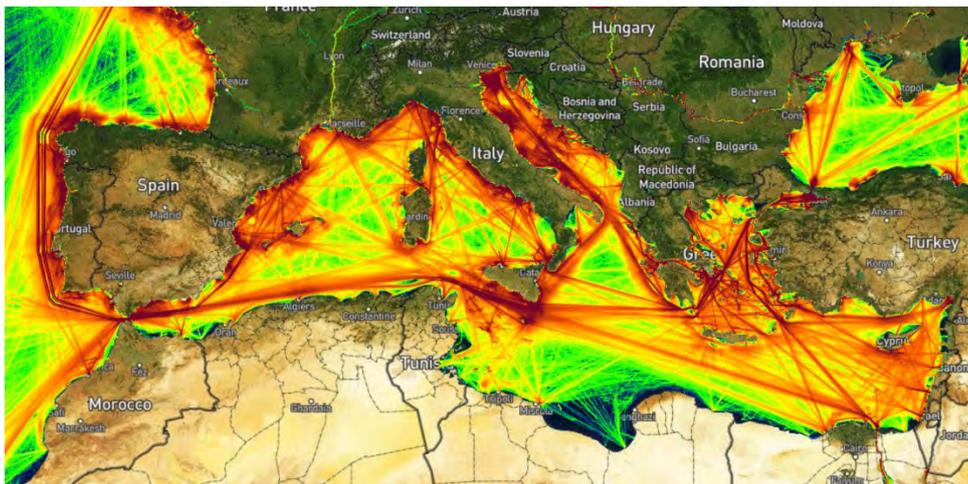
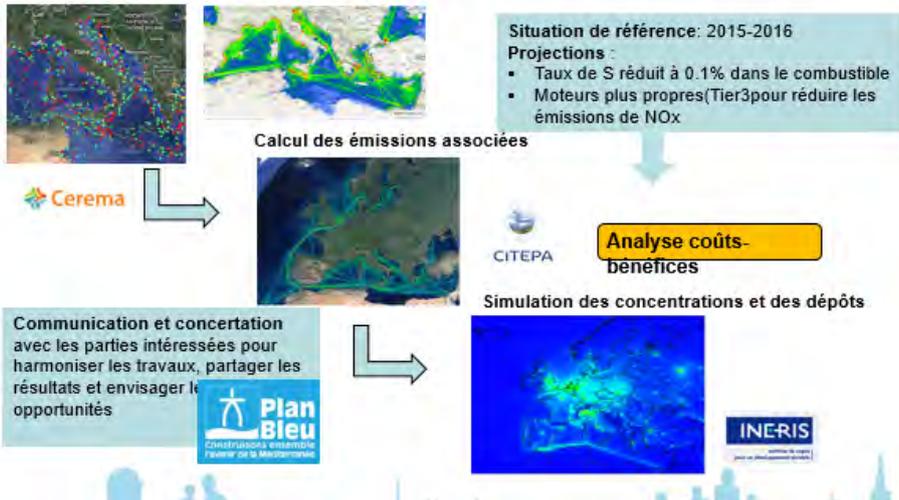
A ce titre et afin de répondre à la réglementation nationale du **PREPA** (Plan de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques), le ministère de la transition écologique (et maintenant le ministère de la mer) ont mis en place un **groupe de travail sur la réduction des émissions particulières issues du transport maritime**. Cette direction environnement des affaires maritimes portent les sujets au niveau européen mais également au niveau du **MEPC** (Marine Environment Protection Committee) de l'OMI avec notamment le projet de zone ECA en Méditerranée.

Le **projet ECAMED** a été décomposé en 6 parties :

- évaluation précise des quantités d'oxyde de soufre (SOx) et d'oxyde d'azote (NOx) émises par le trafic maritime local, régional et intercontinental dans la zone;
- description précise et documentée de ce trafic ;
- description de la géographie de la zone et de sa climatologie au travers de paramètres météorologiques appropriés (vents, température...);
- analyse des zones géographiques impactées par les concentrations en polluants atmosphériques primaires et secondaires (donc intégrant les particules fines et l'ozone) issues des émissions des navires au regard des paramètres météorologiques ;
- analyse de l'impact de ces concentrations sur l'environnement et la santé humaine ;
- analyse économique des coûts des mesures de réduction des émissions du trafic maritime et leur mise en perspective par rapport aux bénéfices attendus de la mise en place d'une zone ECA.

## Organisation des travaux

Description détaillée du trafic pour des années cibles



Représentation des émissions maritimes (projet ECAMED)

Le groupe de travail porté par le ministère se décompose en 6 sous-groupes :

- SGT1 : état des connaissances
- SGT 2 : Innovation et R&D
- SGT 3 : Campagne de mesures à l'émission
- SGT 4 : test de technologies innovantes
- SGT 5 : labellisation
- SGT6 : Action à l'échelle du port
- SGT7 : carburants
- SGT8 : international

**Mesurer - Accompagner - Informer**

L'union européenne transpose l'ensemble des décisions de l'OMI dans le droit européen. La **directive 2012/33/UE du 21 novembre 2012** a permis au 1<sup>er</sup> janvier 2020 de mettre en place une action phare de diminution des émissions en imposant le passage à un **combustible de meilleure qualité** (le taux de soufre contenu dans les carburants étant l'élément de référence) :

- ➔ A compter du 1<sup>er</sup> janvier 2020, le taux de soufre dans les carburants maritimes passent de 3,5 % (1,5 % pour les bateaux à passager) à 0,5 % de soufre (ou à un système équivalent, c'est-à-dire avec un carburant ayant un taux de soufre supérieur mais avec des équipements de filtrations permettant d'obtenir des niveaux d'émissions comparables à un carburant à 0,5% de soufre)
- ➔ Dans les zones SECA (faibles émissions en soufre), comme la mer du nord et la manche, le taux de soufre toléré dans les carburants est depuis 2020 de 0,1%. Ce type de carburant de type fioul automobile est également obligatoire dans les ports français méditerranéens lorsque les escales dépassent 2 heures.

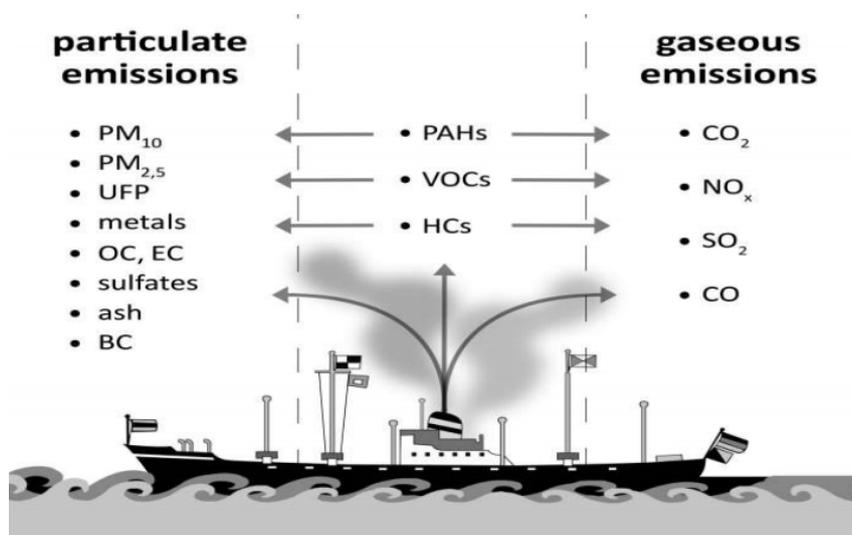
## **2/ Impact sur l'atmosphère des émissions maritimes / état des connaissances**

La pollution atmosphérique des navires est essentiellement due à la **mauvaise qualité des carburants** utilisés (possible grâce à l'utilisation de moteurs à bas régime) et à la **forte consommation** tout particulièrement en phase de manœuvre portuaire (exemple : 2 000 l/h pour un bateau de croisière moyen).

Attention, il ne faut pas confondre les « **émissions** » et les « **concentrations** » des polluants atmosphériques. Le premier correspond à la quantité théorique émise par l'émetteur en sortie de cheminée, alors que le second correspond à la part de ces émetteurs dans les valeurs mesurées (la plupart du temps, au niveau du sol).

Les polluants émis par les navires correspondent aux polluants émis par l'ensemble des combustions de produits pétroliers (routier, industrie,...) et il n'existe donc **pas de marqueurs spécifiques** aux émissions maritimes (même si il existe **quelques traceurs**). Etant donné les teneurs en soufre (et surtout la forte baisse des niveaux de dioxyde de soufre dans l'industrie), on admet la plupart du temps que le **SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre)** est un indicateur de la pollution des navires bien que les niveaux soient, dans la majorité des cas, très faibles pour ce polluant.

Globalement, les émissions polluantes des bateaux peuvent être classées en 2 catégories : les composés gazeux et les composés particuliers. Certains composés émis sous format gazeux évoluent sous une forme particulières (appelées particules secondaires)



Les particules émises par les moteurs des navires consistent en une fraction organique primaire (carbone organique OC et carbone élémentaire EC / carbone suie BC) et en une fraction inorganique primaire (sulfates et composés inorganiques comprenant du V, Ni, Ca, Zn et autres métaux). Les précurseurs gazeux sont également une source de particules secondaires, par exemple issus de la condensation des acides sulfurique et nitrique.

Les larges particules (supérieures au micromètre) dominent la distribution en masse mais sont peu nombreuses, tandis que la majorité des particules en nombre (plus de 90 %) présentent un ou plusieurs pics dans le rang des nanoparticules (particules ultrafines ou PM<sub>0,1</sub>).

Même si une grande partie de la masse des particules provient de la part submicrométrique des PM<sub>2,5</sub>, il ne faut pas négliger les grosses particules (de quelques µm) pour ne pas sous-estimer la contribution du trafic maritime.

La présence de certains composés, nommés traceurs, dans les fumées et les mesures de concentrations permettent d'identifier et de quantifier la contribution de différentes sources d'émission, en l'occurrence le vanadium, le thorium et le nickel s'agissant des navires. Des ratios typiques V/Ni (vanadium sur nickel) autour de 3 sont caractéristiques de la combustion du fioul lourd (HFO), alors que la présence de calcium (Ca) sur certaines particules de carbone suie dénote une origine des huiles de lubrification, plus largement utilisées pour les fiouls distillés (peu soufres). A noter que le suivi de ces traceurs demande une technologie et une analyse de haut niveau non disponible en routine actuellement dans le cas de campagne de mesures classiques.

Concernant les quantités (masse des émissions) réellement émises par les navires, celles-ci dépendent de nombreux facteurs : carburant utilisé, type de navigation, charge du navire, système de dépollution, etc.

Couramment, les données utilisées pour évaluer l'impact des émissions portuaires correspondent à une approche top-down (c'est-à-dire qu'on part de données nationales pour estimer les données locales) en se basant sur des données théoriques liées au carburant utilisé et non à des données réelles de trafic.

Les données théoriques du CITEPA sur les carburants montrent ci-dessous les gains importants ou non liés au changement de combustible.

**Facteurs d'émissions moyens (g/Gj)**  
OMINEA (CITEPA 2015)

	Gaz			Particule		
	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	TSP	PM10	PM2,5
Fioul lourd	1360	1983	185	146	139	131
Diesel marin 0,1 %	48	1869	176	110	105	99
Diesel marin 0,5 % (2020)	250	?	?	?	?	?
Diesel routier	<1	334	78	14	14	14
GNL	8	200	85	nd	nd	nd

scrubber/traitement catalytique/additif ?

On observe que le gain n'est pas identique pour l'ensemble des polluants et que pour certains composés comme les particules les connaissances actuelles ne nous permettent de qualifier correctement les émissions.

Plusieurs études nationales et internationales ont travaillé sur cet élément central de la compréhension de l'impact maritime. En effet, les **mesures de terrain** ne sont pas suffisantes pour caractériser la pollution émise par les ports et il est nécessaire de combiner les **données d'émissions** et de la **modélisation**.

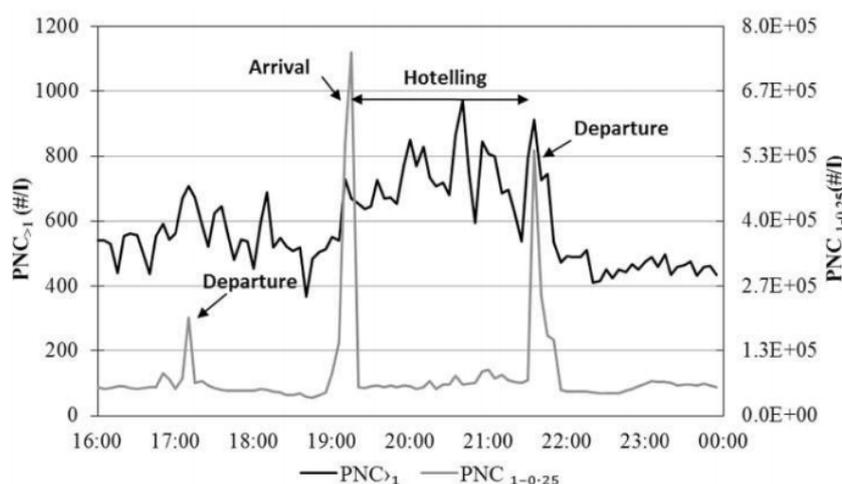
La mesure reste tout de même essentielle à la connaissance des phénomènes locaux et afin d'évaluer les concentrations au regard des **normes de protection de la santé humaine**.

Toutefois si les émissions portuaires contribuent à élever les niveaux de fond de la pollution atmosphériques, cette contribution est très difficile à évaluer car cela dépend de très nombreux facteurs. Celle-ci peut-être significative à l'échelle urbaine mais elle est très rarement prépondérante (derrière le secteur routier).

Pas (ou très peu) de dépassement de normes sont dues aux émissions portuaires. Il est à noter qu'à l'exception des phases à quai, les émissions des navires bien que parfois très intenses restent très ponctuelles dans le temps sur un même lieu (comme pendant les phases de manœuvre).

Ces éléments sont constatés sur l'ensemble des polluants réglementés et selon les normes actuelles fondées sur l'évaluation des concentrations massiques dans l'air. C'est pour cela que d'autres indicateurs environnementaux sont maintenant étudiés en se fondant sur une caractérisation des particules (comptage et analyse chimique).

A titre d'exemple, le graphique ci-dessous montre les différentes mesures selon les phases de navigation. Certaines études montrent que les concentrations en particules les plus fines peuvent être multipliées par 10 lors des pics (phase de manœuvre essentiellement) par rapport au niveau moyen de fond sur une ville.



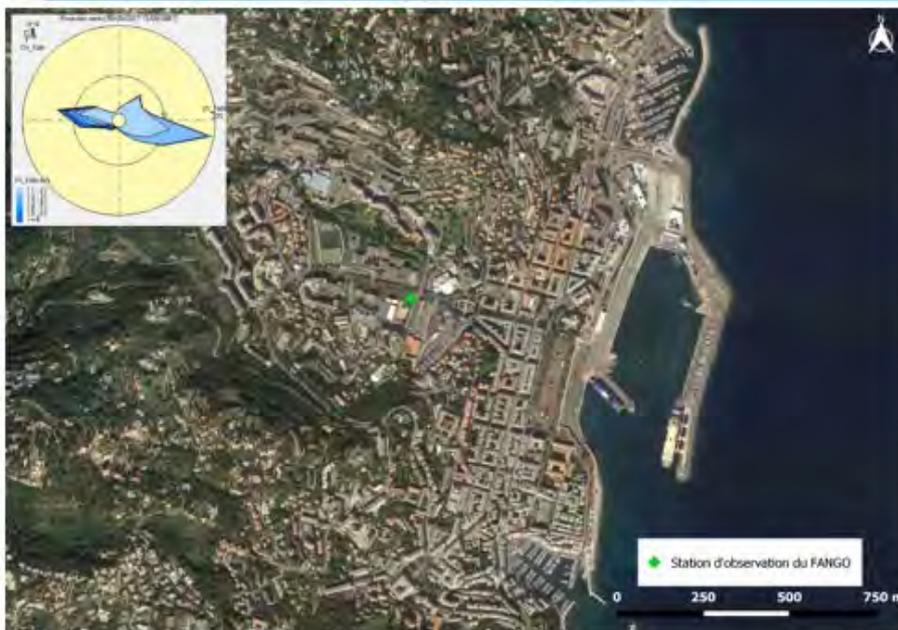
*Comptage des particules à proximité d'un navire en fonction des différentes phases de navigation*

Plusieurs études ont été réalisées et les résultats sont présentés ci-dessous. Pour autant les résultats observés sont à contextualiser car ils correspondent à des études menées sur des villes et des ports de tailles différentes avec des moyens de mesures ou de modélisation différents.

- **Bastia :**

Deux études ciblées sur les émissions portuaires se sont déroulées en 2016 et 2017. La première (collecte des particules totales) a donné des résultats qualitatifs permettant d'identifier les zones les plus impactées sans pouvoir évaluer les niveaux quantitatifs dus à la pollution portuaire. Pour la deuxième étude, les mesures se sont concentrées sur un point avec l'intégration de différents matériels pouvant caractériser les particules.

## STATION D'OBSERVATION DU FANGO



### Matériels utilisés :

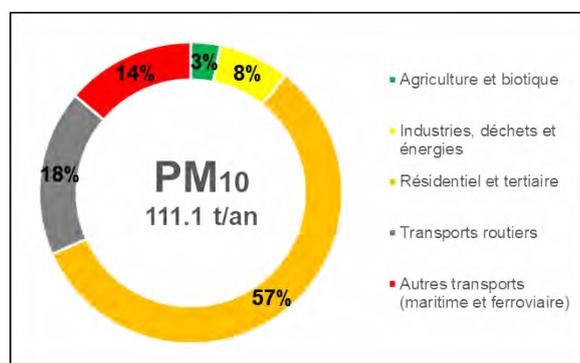
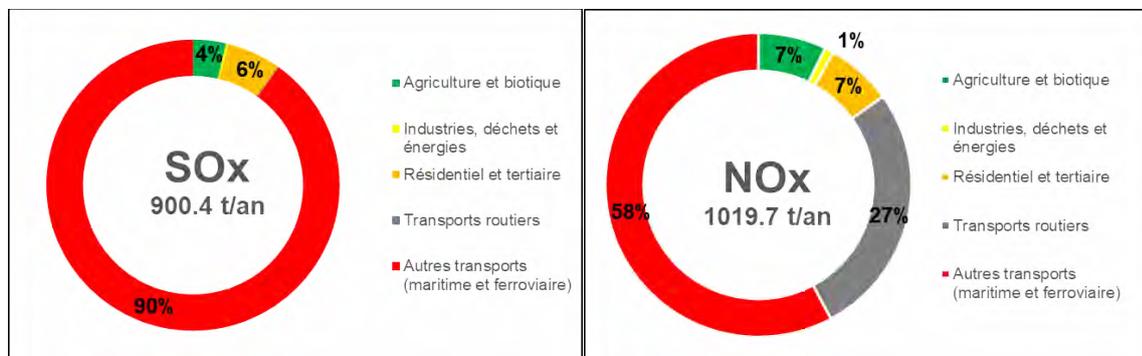
- FIDAS (PM<sub>1/2,5/4/10</sub>/tot.)
- TEOM 1405 (PM<sub>10</sub>)
- Leckel (PM<sub>10</sub>/ML/HAP)
- ACSM
- 42i (NO<sub>x</sub>)
- 43i (SO<sub>2</sub>)

### Date campagne :

- 15/05/17 au 15/09/17

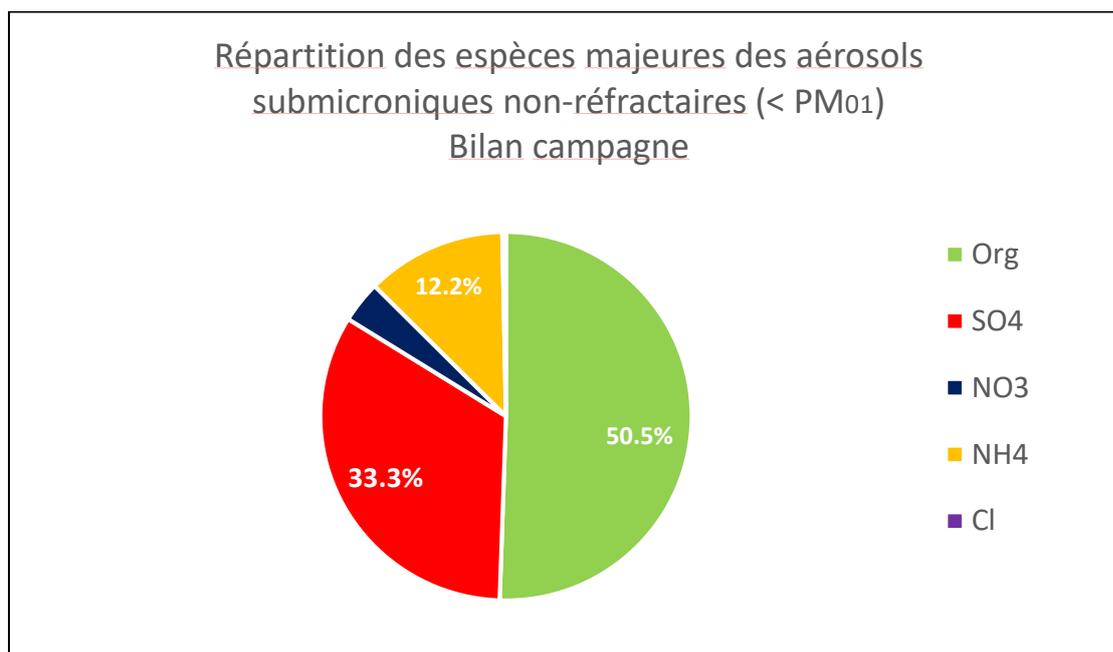
**Plus de 70 000 données récoltées**

Les **émissions théoriques** sur la zone montrent que selon les polluants considérés le secteur prépondérant est différent.



Les résultats de l'analyse chimique se sont fondés sur un lien théorique entre composition est source d'émission.

Aérosols submicroniques non - réfractaires	Origines d'émissions	Sources d'émissions
Org	Combustion énergies fossiles (270° - 340°)	Trafic routier Trafic maritime Chauffage domestique
SO4	Combustion énergies fossiles soufrées	Trafic maritime
NO3	Combustion énergies fossiles	Trafic routier Trafic maritime Chauffage domestique
NH4	Agriculture/Selective catalytic reduction	Epandage d'engrais azotés Trafic routier Centrale thermique de Lucciana
Cl	Traitement des eaux	Piscine du Fango



En conclusion de cette étude, on peut indiquer que sur ce site lorsqu'on évalue les **particules les plus fines (PM<sub>1</sub>)**, la part du maritime a été pendant l'étude de l'été 2018 **de l'ordre de 33%** Cette part est bien sûr variable selon le lieu d'observation, la période et le polluant.

Sans l'utilisation de la modélisation et donc de la cartographie, il est compliqué d'évaluer l'impact réelle du port.

Des premiers essais ont été réalisés sur Bastia mais la qualité de la carte est fortement liée à des données d'entrée du **modèle informatique** concernant le **trafic réel**, les **émissions** aussi proches que possible de la réalité, des **conditions météorologiques et topographiques** de l'environnement portuaire précis.



Dans le cadre du programme européen **AER NOSTRUM**, une attention sera particulièrement portée sur la qualité de données d'entrée du modèle.

#### **Expertise et aide à la décision :**

L'étude des données météorologiques a tout de même permis de réaliser un programme d'aide à la décision pouvant prévoir quotidiennement les périodes de la journée favorables ou non à la pollution maritime sur la ville de Bastia. Ce projet est toujours disponible au sein de Qualitair Corse mais n'a pas d'utilisation pratique à ce jour.

## Expertise : Aide à la décision – Modèle de prévision d'évaluation des risques de pollutions portuaire

### Principe

Configurer un modèle de prévision pour essayer d'anticiper les périodes à risques de pollution portuaires via les mesures météo J, J+1 et J+2



Informer la capitainerie pour pouvoir prendre des mesures adéquates

### Configuration du modèle

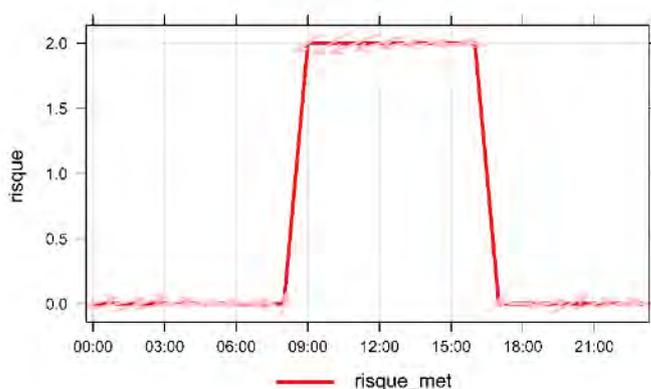
Définition des « **risques météo** » pouvant entrainant une accumulation des polluants atmosphériques (direction et vitesse du vent; plage horaire considérée)

Définition de « **conditions** » à partir de quel moment on considère le risque météo devient un critère de déclenchement



Risque météo + condition = critère de déclenchement

2019-10-11



Le J+1, indique un « **risque météo** » 2 sur plusieurs heures cumulées durant la journée, correspondant au critère de déclenchement



Lettre d'information pouvant être envoyée tôt le matin à la capitainerie afin de prendre d'éventuels dispositions



- **Marseille : programme APICE**

Le projet APICE (Common Mediterranean strategy and local practical Actions for the mitigation of Port, Industries and Cities Emissions) a défini une stratégie transnationale, se déclinant aux échelles locales par des actions concrètes, afin de développer de manière durable les activités portuaires et pour orienter les politiques d'aménagement dans les territoires environnants à partir d'une approche basée sur la connaissance des sources de pollution et leurs impacts sur la qualité de l'air. Ce projet a été financé par le programme européen de coopération territoriale MED. Cinq villes portuaires majeures situées sur la partie Nord de la Méditerranée et présentant des problématiques communes concernant la qualité de l'air ont participé à ce projet: Barcelone, Marseille, Gênes, Venise et Thessalonique.

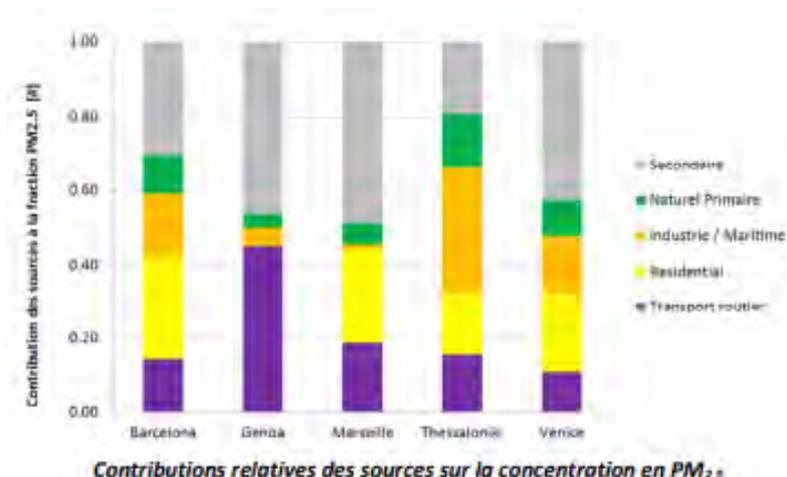
L'approche scientifique du projet a mis en évidence la contribution des activités portuaires et maritimes sur la qualité de l'air dans ces villes, parmi l'ensemble des sources de pollution. Rapporтер auprès des partenaires institutionnels, ces résultats ont permis de définir les secteurs d'activité les plus pénalisants pour la qualité de l'air et de proposer des actions locales concrètes à mettre en place pour diminuer leurs contributions. Grâce à l'utilisation d'outils numériques, ces actions ont ensuite été évaluées pour déterminer leur efficacité en termes de réduction des concentrations dans l'environnement urbain. Ces actions ont également été évaluées par des groupes d'experts pour considérer leurs impacts socio-économiques. Ainsi, les actions les plus efficaces ont été mises en évidence grâce à une expertise globale puis proposer aux acteurs locaux pour les intégrer dans des plans d'actions.

Le projet APICE a donc permis de définir des actions concrètes qui permettent de soutenir les orientations stratégiques des zones côtières dans une gestion durable et raisonnée sur la base d'une coopération internationale et d'une collaboration locale entre les partenaires scientifiques et institutionnels.

## Résultats / Conclusion

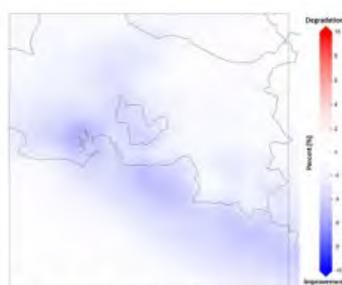
- Les contributions du secteur maritime sur les concentrations en  $PM_{10}$  sont en moyenne aux alentours de 5% sur l'agglomération marseillaise.
- Comme les particules issues de ce secteur sont produites par combustion, la quasi-totalité de celles-ci sont dans la fraction  $PM_{2.5}$ .
- Sur un domaine de 100 x 100 km centré sur le port de Marseille, la phase de stationnement à quai est la plus pénalisante pour les émissions de particules (plus important poste d'émissions maritimes en comparaison de la phase d'approche et de la phase de navigation en mer)
- La réduction des émissions de  $SO_2$  (polluant gazeux) par l'utilisation d'un carburant à Très Basse Teneur en Soufre (TBTS) permet de réduire les concentrations en  $PM_{2.5}$  (polluants particulaires). Ceci permet d'apprécier la contribution des activités maritimes à une échelle dite régionale





**Scénarisation :** évaluation d'une modification de carburant (très basse teneur en soufre : TBTS), amélioration des motorisations des navires, raccordement au réseau électrique lors de la phase de stationnement à quai, création d'un nouvel aménagement d'accueil des navires de croisière.

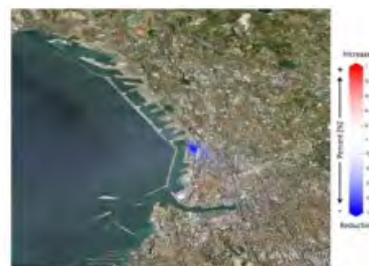
Définition de plans d'action locaux et d'une stratégie transnationale.



*Différence relative entre le scénario « Future Référence » et le scénario « Très Basse Teneur en Soufre » pour les concentrations en PM<sub>2.5</sub>*



*Différence relative entre le scénario « Future Référence » et le scénario « GNL » pour les concentrations en PM<sub>2.5</sub>*



*Différence relative en 2025 par le scénario « Electrification des quais » pour les concentrations en PM<sub>2.5</sub>*

- **Toulon / Seyne-sur-Mer**

Le projet SIMPYC avait comme objet d'étude l'influence de la zone portuaire sur la zone urbaine qui l'entoure du point de vue de la qualité de l'air. L'étude a porté sur les ports de commerce de l'agglomération toulonnaise et les zones urbaines qui les entourent, à l'exclusion du port militaire.

Les objectifs de cette campagne, ciblée sur le port, étaient principalement :

- déterminer la qualité de l'air sur la zone portuaire et dans son environnement proche,
- déterminer le niveau d'exposition potentielle des riverains à la pollution atmosphérique
- évaluer de la représentativité des sites de mesure permanents sur la zone portuaire.

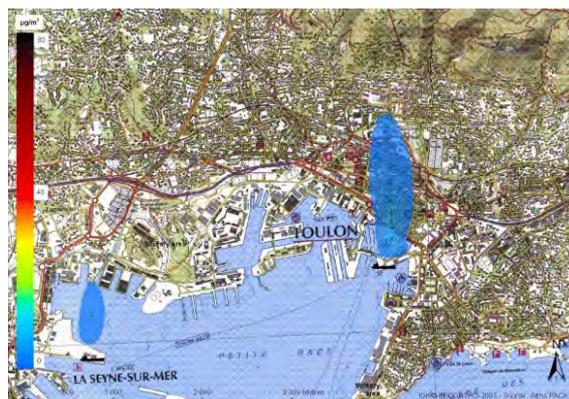
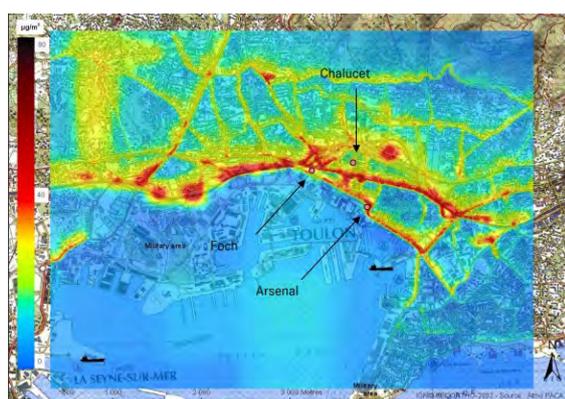
L'évaluation de la qualité de l'air a porté principalement sur les indicateurs de pollution liés aux transports et aux activités portuaires (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, composés organiques volatils et PM<sub>10</sub>). Les mesures ont été réalisées par des tubes à diffusion passives, complétées par des mesures issues d'analyseurs en continu.

### Résultats / Conclusion

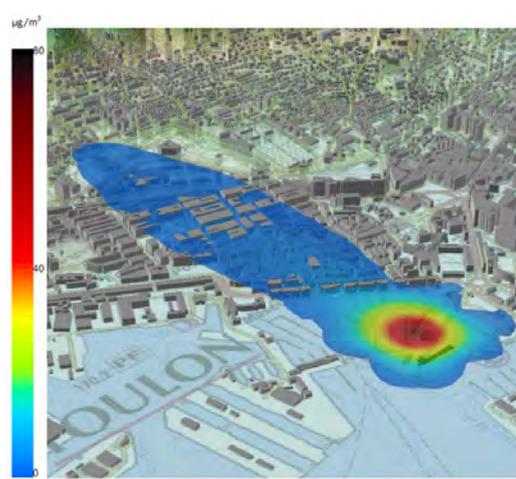
L'analyse des données issues de la campagne de mesure sur les deux ports étudiés a montré qu'il y a peu de différence de concentration entre la bande située directement en bord de mer (zone d'activité portuaire) et la bande située juste en retrait de la première (zone résidentielle riveraine).

Les niveaux observés sur la zone sont caractéristiques d'une pollution par les transports : les polluants principaux observés sont le NO<sub>2</sub> (environ 30 µg/m<sup>3</sup>) et les COV (inférieur à 2 µg/m<sup>3</sup> pour le benzène), tandis que les composés soufrés sont en faibles quantités.

Les niveaux de pollution atmosphérique observés durant la campagne sont en général plus faibles sur les zones portuaires que sur les zones urbaines.



Cartographie du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) / programme SIMPYC (à gauche trafic routier seul, à droite navires seuls)



Modélisation 3D du panache d'un navire au niveau du sol (à gauche) et à 40 m (à droite)

- **Nice**



L'objectif de cette étude a été d'évaluer la qualité de l'air dans le quartier du Port de Nice dont l'activité portuaire et la situation géographique, avec les principales voies de circulation touristiques (Moyenne et Basse Corniche), sont une source de questionnement quant à l'exposition des populations à la pollution.

Le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et les particules fines ont été suivies d'août 2013 à janvier 2014, à proximité du Parc Vigier. Une quinzaine de sites complémentaires a été échantillonnée à l'été 2014 (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, composés organiques volatils)

Les mesures ont été comparées à celles du réseau permanent d'Air PACA et aux résultats de campagnes similaires afin d'évaluer le comportement des polluants et leurs niveaux annuels. Les comparaisons ont également permis de vérifier l'exposition des populations et le respect de la réglementation en vigueur, basée sur des valeurs annuelles.

### **Résultats / Conclusion**

Les résultats indiquent une faible exposition au dioxyde de soufre. Toutes les données journalières sont inférieures à la valeur d'exposition maximale recommandée par l'OMS bien que des augmentations ponctuelles horaires soient relevées, vraisemblablement en lien avec l'activité portuaire. La moyenne est toutefois comparable à celle d'un site urbain et très en deçà des sites sous influence industrielle.

Le taux de particules fines  $PM_{10}$  ainsi que les niveaux de dioxyde d'azote ( $NO_2$ ) sont comparables à ceux d'une pollution qualifiée d'urbaine. L'importance du trafic routier est bien identifiée pour ces deux polluants, bien qu'il y ait des disparités selon les secteurs. Ainsi, ceux proches des principales voies de circulation, à proximité immédiate des parkings du Port ou dans les rues avec un bâti serré, sont davantage exposés à la pollution. Les concentrations mesurées en  $NO_2$  y ont ponctuellement

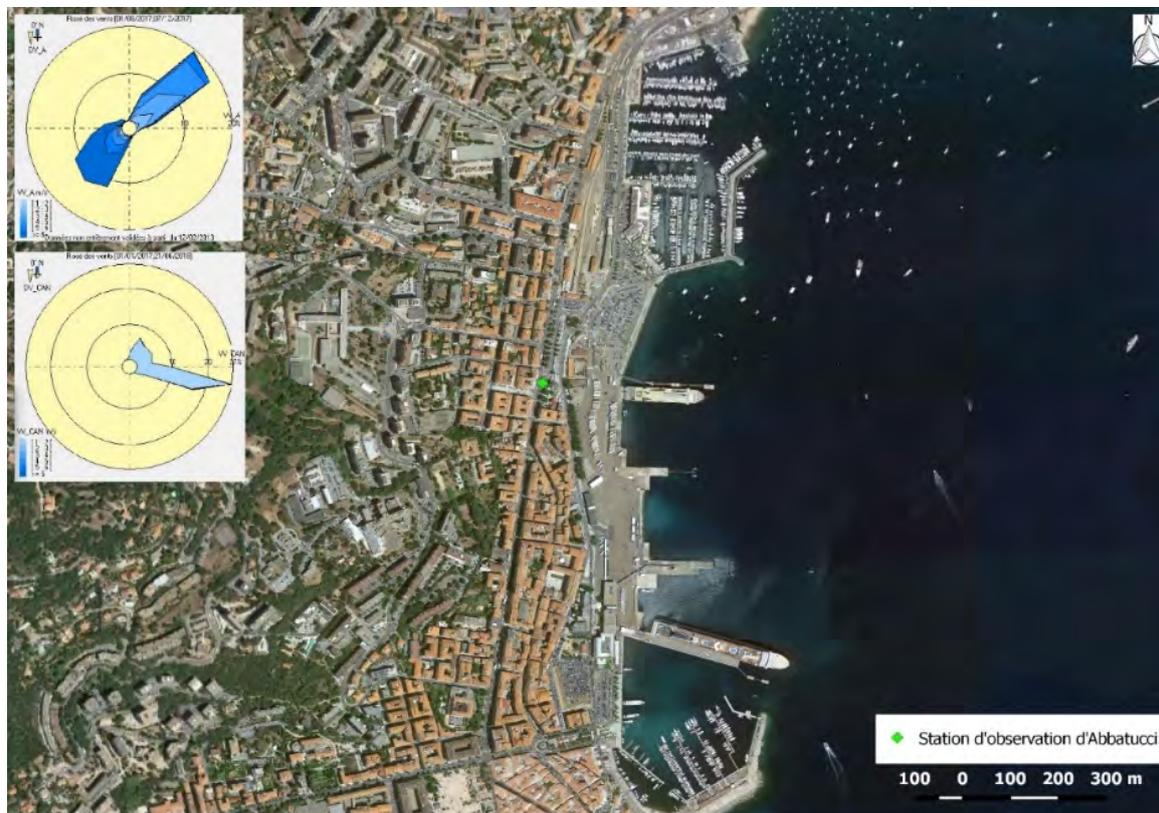
dépassées les valeurs réglementaires. La cartographie annuelle NO<sub>2</sub> confirme ces observations. La zone proche du Parc Vigier, avec une circulation moindre, respecterait la réglementation annuelle. Cette dernière serait toutefois très probablement dépassée sur les quais des Docks, Lunel, Papacino, secteur île de Beauté et sur les voies menant aux Basse et Moyenne Corniche.

Parmi les composés organiques volatils échantillonnés, seul le benzène est réglementé. Les concentrations maximales, respectant la réglementation, sont observées dans des zones avec une faible fluidité de trafic (parking, saturation du trafic,...). Les teneurs des 3 autres substances sont du même ordre de grandeur que celles des sites trafic de la région.

L'analyse des données, met en évidence pour le quartier du Port, une exposition faible au dioxyde de soufre, moyenne aux particules et ponctuellement élevée au dioxyde d'azote, due principalement à la circulation. Cette répartition n'est toutefois pas homogène, certains secteurs étant plus exposés que d'autres.

- **Ajaccio :**

Dans la continuité des travaux menés sur Bastia, une campagne similaire a été organisée sur Ajaccio. L'objectif était d'évaluer l'impact éventuel direct du port sur le site de proximité de la place Abbatucci. Ces éléments serviront de point de référence pour le programme européen AER NOSTRUM.

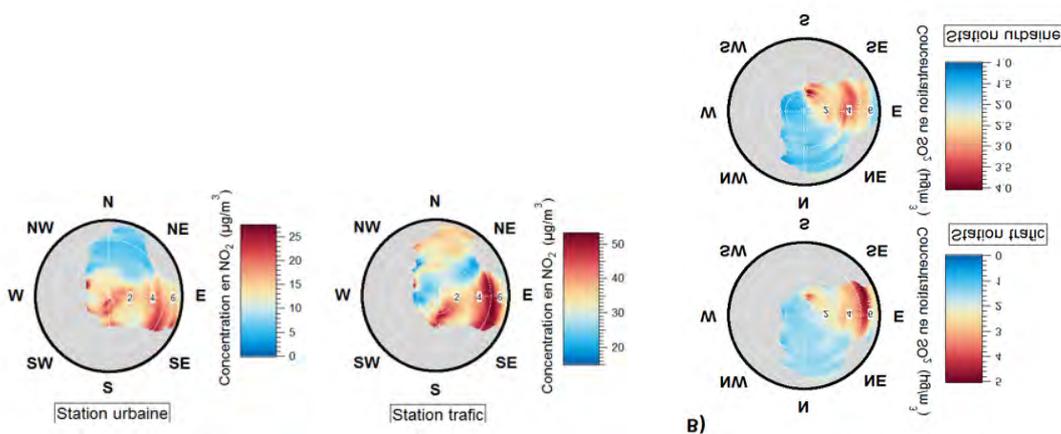


Tous les polluants réglementaires ont été évalués avec un focus particulier sur la composition chimique des particules en lien avec les données météorologiques



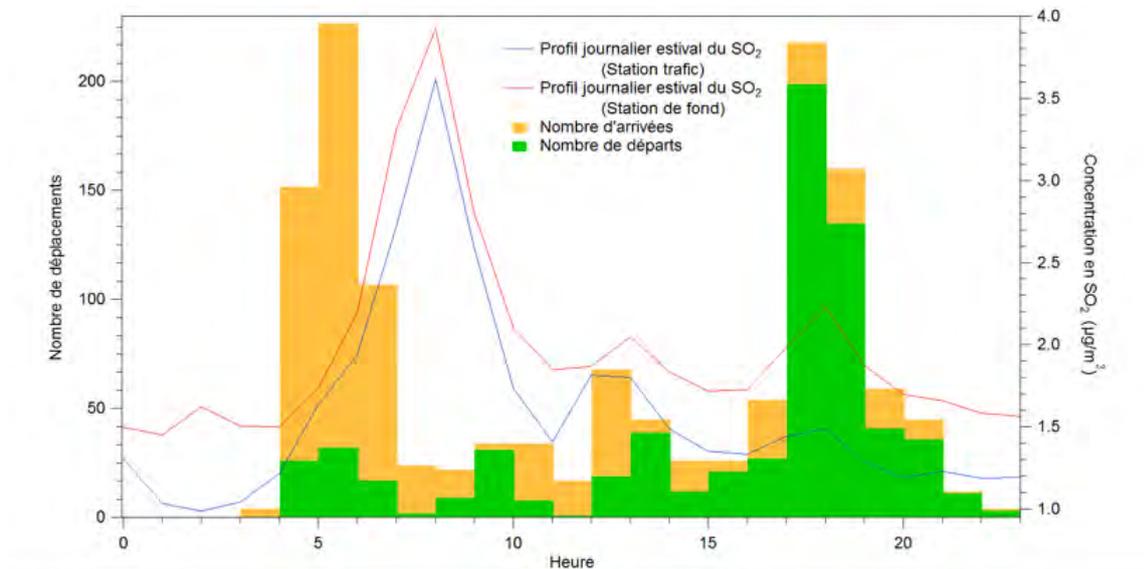
Station de mesures d'Abbatucci / analyseur chimique de haute technologie des particules fines

Concernant le dioxyde d'azote (NOx) et le dioxyde de soufre, on observe une source de proximité (routier) mais également venant de l'Est (bateaux mais aussi potentiellement la centrale thermique).

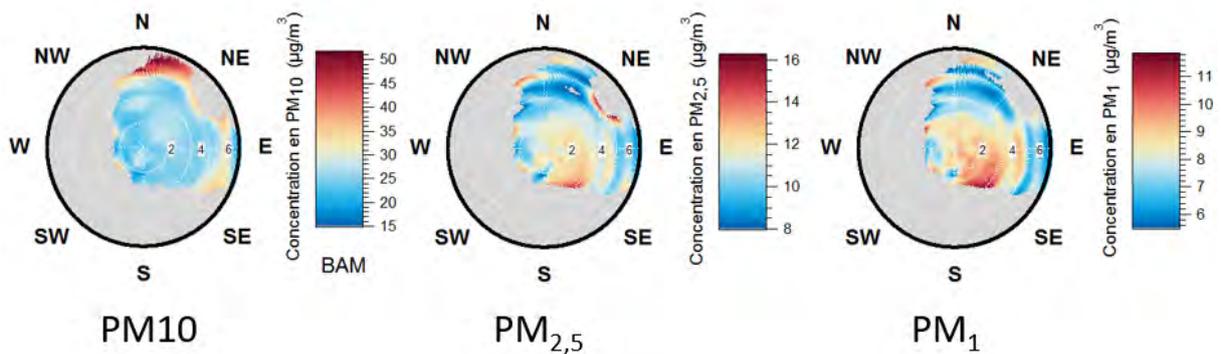


Roses de pollution indiquant la direction des sources contribuant le plus à des valeurs fortes mesurées sur les sites de référence (trafic / site d'Abbatucci, site urbain de Canetto)

Le lien avec les rotations des navires permet de préciser ces éléments sans pour autant apporter une réponse quantitative. Le lien avec la modélisation est nécessaire pour compléter ces éléments.



Concernant plus précisément les particules, les plus fines (PM1) semblent caractériser plus précisément les émissions portuaires.



*Roses de pollution indiquant la direction des sources contribuant le plus à des valeurs fortes mesurées sur les sites de référence (trafic / site d'Ababtucci, site urbain de Canetto)*



Modélisation du dioxyde d'azote dans le centre-ville d'Ajaccio

### **3/ Actions locales et nationales / coordination, initiatives, communication**

#### **Qualitair Corse :**

- Etudes d'amélioration des connaissances : création de deux sites de proximité portuaires (à Bastia et à Ajaccio) / campagnes de mesures sur la caractérisation des particules
- Coordination des acteurs et sensibilisations : organisation des journées méditerranéennes de l'Air – les Ports (en collaboration avec ATMOSUD) : 2017 à Marseille et 2019 à Ajaccio, membre du comité technique des ports (porté par la préfecture de Corse-du-Sud)
- Projet : modèle d'aide à la décision (prévision portuaire à Bastia / exploitation statistique des données air à Ajaccio (projet CDC / ITEM Consulting), Programme MARITIM'Air (collaboration CAB 2020/2021), AER NOSTRUM (programme Marittimo, 2020/2023)



#### **AtmoSud :**

- Forte collaboration avec Qualitair Corse sur la qualité de l'air à proximité de sports
- Programmes portuaires sur les ports principaux de la région Sud
- Programme européen SCIPPER / amélioration des connaissances sur les émissions réelles selon les différentes phases (transit, manœuvre, à quai)

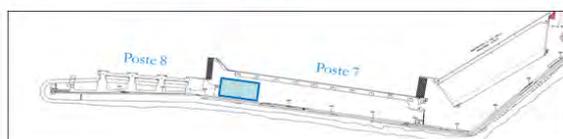
**Compagnie maritime et CCI :**

- Connexion des navires à quai (projet en Corse/ déjà effectif à Marseille) ou production électrique au gaz à quai (testé à Ajaccio/ en projet à Bastia)

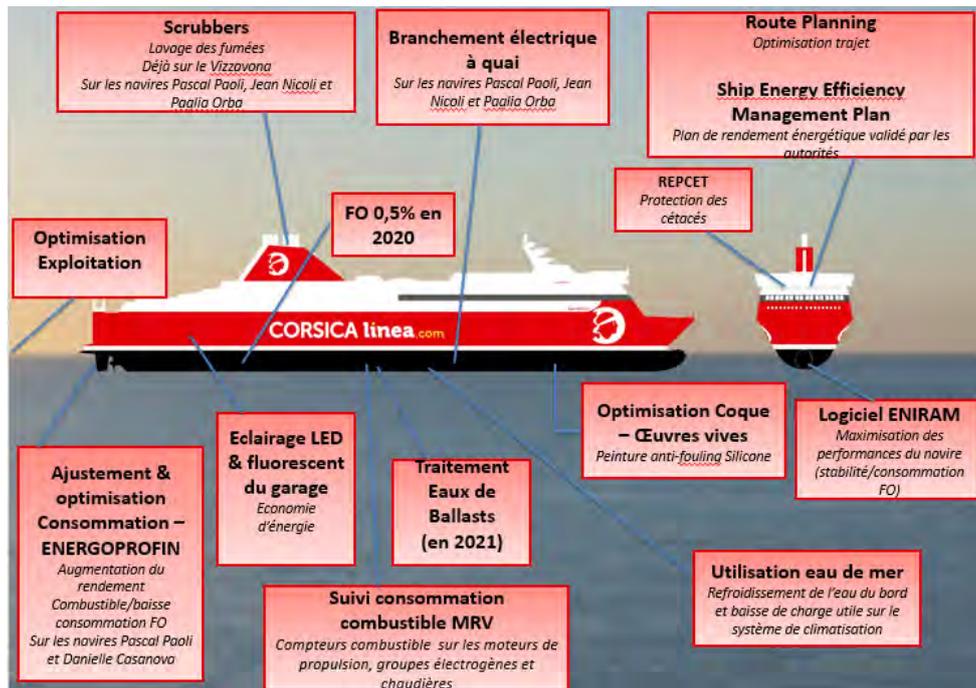


A Court terme par l'installation de groupes électrogènes sur chaque quai

Etape 1 : Quai Est & Poste 8



- Escale zéro fumée / 30 millions d'€ pour réduire la pollution en région PACA sur les ports de Marseille, Nice et Toulon – essentiellement raccordement à quai pour les ferries et navires de croisière lors des escales
- Amélioration du rendement et efficacité énergétique : optimisation du rendement de propulsion et des hélices, système intelligent de gestion des consommations, maîtrise de l'énergie, etc.



- Evolution technique : navires fonctionnant au GNL, installation de scrubber ou filtre de dernière génération, etc.



Installation du filtre sur le Pian

- Charte environnementale, éco-conduite, etc.

Ministère transition écologique / ministère de la mer :

- Réglementation et adaptation en droit français des règles internationales et européennes.
- Portage de la zone ECA MED auprès de l'OMI



- Groupe de travail spécifique sur la pollution portuaire et à la réduction des émissions de particules



Mesurer · Accompagner · Informer

**La surveillance de la qualité  
de l'air en Corse**

[info@qualitaircorse.org](mailto:info@qualitaircorse.org)

Lieu-dit Lergie, RT 50, 20250 Corte

Tél : 04 94 34 22 90

[www.qualitaircorse.org](http://www.qualitaircorse.org)