

ATTIVITA' T1.1

Repérage des instruments et des méthodes de mesure

Résumé du produit T1.1.1

Instruments et méthodes de mesure

Partner Responsable: UNICA

11.03.2021

AER NOSTRUM – Aria bene comune -Air bien commun

<http://interreg-maritime.eu/web/aernostrum/progetto>

Activité T1.1 "Reconnaissance des instruments et des méthodes de mesure de la qualité de l'air" :

Responsable :

UNICA - Università degli Studi di Cagliari - Via Università 1, 09142 Cagliari

www.unica.it/

Coordinateurs UNICA: Marco Schintu, Marcello Campagna

Auteurs: Barbara Marras, Debora Todde, Natalia Montero, Marco Schintu

Nous remercions tous les partenaires (ARPAL, UNIGE, ARPAT, ARPAS, Qualitair Corse, ATMOSUD) pour la transmission des informations utiles à la rédaction de ce produit.

Indice

1. Vue d'ensemble des règlements sur la pollution de l'air.....	4
2. Configuration et gestion des réseaux de détection de la qualité de l'air	7
3. Instruments à utiliser dans les campagnes de surveillance pour augmenter la résolution spatiale et temporelle des mesures.....	12
3.1 Smart capteurs	12
3.2 Compteurs de particules	12
3.3 Spécification des particules fines	13
3.4 Échantillonnage passif des contaminants	13
4. Comparaison des expériences et échange de bonnes pratiques	13
5. Résultat de la comparaison entre les partenaires	17
REFERENCES	18

1. Vue d'ensemble des règlements sur la pollution de l'air.

Le transport maritime est l'une des sources d'émissions anthropiques les moins réglementées (AEE, 2013)¹ et contribue de manière significative aux émissions de polluants atmosphériques et au changement climatique, principalement en raison de sa dépendance à l'égard des combustibles fossiles. Les polluants atmosphériques, tels que les oxydes de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) et le monoxyde de carbone (CO), sont rejetés dans l'atmosphère en conséquence directe des activités maritimes (AEE, 2013; Viana et al. (2014)². Ces dernières années, plusieurs études ont mis en évidence les effets et les coûts de la pollution atmosphérique, ce qui a conduit à la publication de plusieurs lignes directrices internationales, européennes et nationales pour le contrôle des émissions de polluants atmosphériques³ (AEE, 2020). A fin de limiter la pollution atmosphérique, l'UE a mis en place des politiques qui limitent non seulement les sources individuelles mais aussi les émissions atmosphériques nationales totales des principaux polluants. Les directives sur la qualité de l'air ambiant^{4,5} (2004/107/CE et 2008/50/CE) ainsi que la directive sur les objectifs nationaux de réduction des émissions⁶ (directive PEN; 2016/2284/UE) constituent le cadre réglementaire de la politique de l'UE en matière de pollution atmosphérique.

Les directives 2004/107/CE et 2008/50/CE sont, au niveau européen, les documents législatifs les plus importants fournissant des valeurs cibles et limites dans l'air pour protéger la santé humaine et l'environnement. La base commune de ces directives est l'obligation pour les États membres d'évaluer la qualité de l'air sur l'ensemble de leur territoire et d'adopter et de mettre en œuvre des plans de qualité de l'air, dans le but d'améliorer l'état de la qualité de l'air et de la maintenir là où elle est déjà bonne. En ce qui concerne la zone transfrontalière, le décret législatif n.155/2010⁷, en Italie, et le décret n.2010-1250⁸, en France, sont les principaux textes transposant les directives 2004/107/CE et 2008/50/CE, établissant un cadre réglementaire unitaire pour l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Ces documents (i) fournissent une méthodologie de référence pour la caractérisation des zones, (ii) identifient la liste des polluants pour lesquels la surveillance est obligatoire et définissent ses valeurs de référence, et (iii) contiennent la définition des termes pertinents en ce qui concerne l'évaluation de la qualité de l'air. En ce qui concerne le décret législatif n° 155/2010, la dernière modification correspond au décret ministériel du 26 janvier 2017⁹, qui transpose le contenu de la directive 1480/2015¹⁰ concernant les méthodes de référence pour la détermination des polluants, la validation des données et la localisation des points de prélèvement pour l'évaluation de la qualité de l'air ambiant. En France, toutes les dispositions actuellement en vigueur sont codifiées dans le Code de l'Environnement et l'ordonnance du 19 avril 2017¹¹ relative au système national de surveillance de la qualité de l'air ambiant transpose la directive 1480/2015¹⁰. Deux directives sur la limitation des émissions des installations de combustion (directive 2015/2193)¹² et la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques (directive 2016/2284)⁶ ont été publiées en 2015 et 2016, mais aucun nouvel objectif

de qualité de l'air n'a été proposé pour le moment. En plus des directives mentionnées précédemment, il est important de souligner, en raison de sa grande pertinence pour le projet AER NOSTRUM , la directive 2012/33/UE¹³, codifiée par la directive 2016/802/UE¹⁴, qui vise à réduire la teneur maximale en soufre des combustibles marins.

Les "normes de qualité de l'air ambiant" applicables en Italie et en France, qui proviennent de la transposition des directives européennes, ont été résumées dans le tableau 1.

	SO ₂	CO	C ₆ H ₆	NO ₂	NOx	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	Pb	As	Cd	Ni	B(a)P
Valeurs limites (en moyenne horaire)	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an			200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an									
Valeurs limites (en moyenne journalière)	125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	10 mg/m ³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures					50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an						
Valeurs limites (en moyenne annuelle)			5 µg/m ³	40 µg/m ³			40 µg/m ³	25 µg/m ³	0,5 µg/m ³				
Objectif de qualité						120 µg/m ³ maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (en moyenne sur 3 ans)		(*) 20 µg/m ³ (en moyenne annuelle)		6 ng/m ³ (en moyenne annuelle)	5 ng/m ³ (en moyenne annuelle)	20 ng/m ³ (en moyenne annuelle)	1 ng/m ³ (en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10)
Niveau critique	20 µg/m ³ en moyenne annuelle et en moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars				30 µg/m ³ en moyenne annuelle d'oxydes d'azote								
Seuils d'alerte	500 µg/m ³ (en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives)			400 µg/m ³ (en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives) (*) ou si 200 µg/m ³ en moyenne horaire à j-1 et à j et prévision de 200 µg/m ³ à j+1		240 µg/m ³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	(*) 80 µg/m ³ (en moyenne sur 24 heures)						
Seuil d'information	(*) 300 µg/m ³ (en moyenne horaire)			(*) 200 µg/m ³ (en moyenne horaire)		180 µg/m ³ (en moyenne horaire)	(*) 50 µg/m ³ (en moyenne sur 24 heures)						
Objectif de qualité	(*) 50 µg/m ³ (en moyenne annuelle)		(*) 2 µg/m ³ (en moyenne annuelle)	(*) 40 µg/m ³ (en moyenne annuelle)		(*) 120 µg/m ³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an	(*) 30 µg/m ³ (en moyenne annuelle)	(*) 10 µg/m ³ (en moyenne annuelle)	(*) 0,25 µg/m ³ (en moyenne annuelle)				

Tableau 1: Normes de qualité de l'air ambiant applicables en Italie et en France. (*) indique les valeurs pour la France uniquement.

2. Configuration et gestion des réseaux de détection de la qualité de l'air

Cinq partenaires du projet (ARPAS, ARPAT, ARPAL, QUALITAIR CORSE et ATMOSUD) sont responsables de la surveillance de la qualité de l'air dans leurs territoires au niveau régional. Ils disposent d'un réseau de stations fixes et mobiles, réparties sur le territoire transfrontalier, où différents polluants sont prélevés afin d'obtenir l'évaluation de la qualité de l'air sur la base des critères établis par les directives européennes et nationales (voir section 1.1).

En Italie, le **Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)** a été créé le 14 janvier 2017 et fusionne les 21 agences environnementales régionales et provinciales existantes (ARPA-APPA) et l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) dans une nouvelle identité. L'ARPA-APPA gère les réseaux de stations de mesure et les données obtenues sont utilisées pour évaluer la qualité de l'air, c'est-à-dire pour vérifier si les valeurs limites sont respectées et si les objectifs fixés sont atteints, afin de prévenir, d'éliminer ou de réduire les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé humaine et l'écosystème³⁰. Le réseau de surveillance de la qualité de l'air géré par l'ARPAS est composé de stations de mesure fixes situées sur tout le territoire de la région Sardaigne, de deux stations mobiles pour les campagnes extraordinaires et d'un centre opérationnel, à la direction technico-scientifique, où les données sont recueillies pour être acquises, validées, contrôlées, transmises puis traitées et mises à la disposition des ENTITÉS chargées de la sauvegarde de la santé et de l'environnement (www.sardegnaambiente.it). ARPAT gère le réseau régional de détection de la qualité de l'air en Toscane, en assurant le contrôle et l'assurance qualité des données produites et leur validation, en traitant quotidiennement les données du réseau, en gérant des campagnes de surveillance extraordinaires visant à étudier des situations spécifiques au moyen des laboratoires automobiles et en publiant le rapport annuel sur la qualité de l'air (www.arpato.toscana.it). L'ARPAL gère les réseaux de surveillance dans la région de Ligurie, en contrôlant la qualité des données recueillies, en acquérant les données de la base de données de manière non automatique et en traitant les données (www.arpal.liguria.it). Les données obtenues pour les ARPA sont transférées au système régional d'information sur l'environnement (SIRA). ISPRA collecte des données et des informations sur la qualité de l'air auprès des régions et des provinces autonomes et gère le flux d'informations et la diffusion des données vers l'Europe (Sistema Informativo Nazionale Ambientale, SINA). La SNPA soutient le ministère de l'environnement et de la protection du territoire et de la mer dans la coordination nationale des activités d'évaluation et de gestion de la qualité de l'air, publie des statistiques officielles au niveau national sur les niveaux de polluants atmosphériques et informe les citoyens sur les valeurs des concentrations détectées.

En France, sur la base des exigences de la loi LAURE (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie) et du code de l'environnement (articles L. 221-1 à L. 221-6), il est prévu de surveiller la qualité de l'air au niveau

national et d'informer le public. Ces deux actions sont mises en œuvre par le système national de surveillance de la qualité de l'air, qui est soutenu par trois entités, qui collaborent au sein du comité directeur de la surveillance de la qualité de l'air (CPS) : le ministère de l'environnement, les associations de surveillance de la qualité de l'air (AASQA, Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air) et le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA).

Les AASQA sont présentes dans chaque région administrative de la France métropolitaine et d'outre-mer et leurs activités comprennent, entre autres, (i) la surveillance de la qualité de l'air par des mesures, des modélisations et des inventaires, (ii) l'information et la sensibilisation de la population et (iii) le soutien aux agents locaux. Ces AASQA constituent le réseau national ATMO France (depuis 2000) et participent au programme national de surveillance de la qualité de l'air. À ce jour, il existe 19 associations agréées par le ministère de la transition écologique et de la solidarité dans toute la France, dont Qualitair Corse en Corse et AtmoSud en Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA). Dans le cadre du système français de surveillance de la qualité de l'air, les AASQA surveillent les polluants réglementés dans l'air extérieur. Les mesures sont utilisées pour les comparer aux valeurs cibles et aux limites fixées par la législation française et pour calculer et communiquer au public les indices de qualité de l'air (IQA ; par exemple l'indice ATMO).

L'indice ATMO, calculé pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, était basé sur les concentrations atmosphériques de quatre polluants réglementaires, le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀), mais à partir du 1er janvier 2021, la mesure des particules en suspension (PM_{2,5}) a également été incluse dans le calcul. Un qualificatif est attribué à chaque polluant, en fonction de sa concentration (très bonne, bonne, moyenne, mauvaise, négative, très négative). La zone examinée est identifiée en fonction du pire qualificatif résultant de l'analyse. L'indice ATMO fournit des informations synthétiques sur la qualité générale de l'air de fond d'un territoire, mais il ne vise pas à caractériser la qualité de l'air au voisinage immédiat de sources de pollution fixes ou mobiles et, surtout, ne remplace pas les informations spécifiques fournies au public, notamment dans les situations où les seuils réglementaires de pollution sont dépassés.

En ce qui concerne les réseaux de mesure de la qualité de l'air, Qualitair Corse (<http://www.qualitaircorse.org/>) surveille la qualité de l'air dans toute la Corse, grâce à des stations fixes ou mobiles qui permettent de mesurer en continu les polluants standards. Qualitair Corse dispose de plusieurs stations fixes réparties sur l'ensemble de la Corse, classées en zones urbaines, périurbaines et rurales et représentatives du trafic et de l'activité industrielle. Certaines sont des stations de fond et d'autres sont des stations spécifiques pour mesurer les émissions de cette activité particulière. Toutes les stations sont connectées au serveur central et permettent de surveiller en direct la pollution en différents points de l'île. En outre, les concentrations observées et l'AQI sont publiés sur un portail spécifique (données ouvertes). AtmoSud (<http://www.atmosud.org>) est responsable de

la surveillance de la qualité de l'air dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA). Comme Qualitair Corse, AtmoSud effectue l'évaluation de la qualité de l'air via plusieurs stations fixes (réparties entre des stations de fond et des stations spécifiques pour mesurer les émissions associées à cette activité) et des stations mobiles. Quant aux stations fixes, elles sont classées comme suit: fond/périurbain, industriel/périurbain, trafic/périurbain, fond/rural, fond/urbain, industriel/urbain, trafic/rural, trafic/urbain et observation spécifique. En plus des polluants standards, AtmoSud mesure les particules ultrafines. Comme pour Qualitair Corse, les données sur la qualité de l'air sont publiées sur un portail spécial (données ouvertes).

Les polluants mesurés dans les réseaux de mesure en Italie et en France sont les suivants : dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x-NO₂), monoxyde de carbone (CO), ozone (O₃), benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (BTEX); particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 µm (PM₁₀ et PM_{2,5}). Pour d'autres polluants, tels que le plomb, l'arsenic, le cadmium, le nickel, les HAP, etc., qui sont pertinents du point de vue de la santé et de l'environnement, les mesures peuvent être effectuées sur place ou dans un laboratoire chimique spécialement équipé.

Le tableau 2 présente les méthodes de référence pour la mesure de chaque polluant, ou celles reconnues comme équivalentes, et les différents instruments utilisés par les partenaires du projet:

	UNI	Méthode de référence	Équipement utilisé par les partenaires du projet
SO ₂	EN 14212:2005	Fluorescence UV	API T100/ API 100E e 43i
NO ₂ , NO _x	EN 14211:2005	Chemiluminescence	API T200/ API 200E e 42i
CO	EN 14626:2005	Spectroscopie IR nondispersive	API 300E
O ₃	EN 14625:2005	Photométrie UV	API 400E
Benzene (BTEX)	EN 14662:2005 (parti 1, 2, 3)	Echantillonnage par pompage, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse capillaire (partie 1) - Echantillonnage par pompage automatisé avec chromatographie en phase gazeuse in situ (partie 3)	Chromatotec Airtoxic et Syntech Spectras-GC955
PM ₁₀	EN 12341:1999	Détermination gravimétrique des matières particulaires déposées sur les filtres	Leckel
PM _{2.5}	EN 14907:2005	Détermination gravimétrique des matières particulaires déposées sur les filtres	Leckel
PM ₁₀ e PM _{2.5}	EN 16450:2017	Méthode équivalente utilisant des systèmes de mesure automatisés (SMA) basés sur l'utilisation de microbalances oscillantes, l'atténuation des rayons bêta ou des méthodes optiques.	TEOM, FIDAS 200 et Swam dual channel
Benzo(a)pirene (IPA)	EN 15549:2008	Analyse dans la fraction PM ₁₀ des particules en suspension	
Pb, Cd, As, Ni	EN 14902:2005	Analyse dans la fraction PM ₁₀ des particules en suspension	

3. Instruments à utiliser dans les campagnes de surveillance pour augmenter la résolution spatiale et temporelle des mesures

Tout en capitalisant sur les expériences et les résultats déjà acquis dans d'autres études, le projet AER NOSTRUM propose une approche innovante où l'inclusion de différents capteurs - autonomes, intelligents et équipements à moindre coût - dans les campagnes de surveillance est proposée pour augmenter la résolution spatiale et temporelle des données obtenues par l'instrumentation des réseaux de mesure officiels. Les instruments proposés par les partenaires sont des capteurs intelligents, des compteurs de particules (OPC, SMPS+C et l'ELPI), et des échantillonneurs passifs (PUF-PAS et Radiello). Une explication plus détaillée de ces capteurs est donnée ci-dessous.

3.1 Smart capteurs

Les smart capteurs proposés pour la mesure des PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 et SO_2 sont basés pour certains sur la méthode optique et pour d'autres sur la méthode gravimétrique. Pour la détermination des PM_{10} et $PM_{2,5}$, les deux méthodes ont été utilisées: le capteur Qbit basé sur la méthode optique et les échantillonneurs intelligents FAI basés sur la méthode gravimétrique. Alors que pour la détermination du NO_2 et du SO_2 on a utilisé le Sens-it basé sur la méthode optique.

3.2 Compteurs de particules

La directive européenne 2008/50/CE relative aux particules exige la mesure de la concentration massique des fractions PM_{10} et $PM_{2,5}$ uniquement. Il n'y a pas d'indications sur les particules submicroniques, qui contribuent peu à la masse des particules surveillées, mais leur contribution devient plus importante si l'on considère le nombre de particules au lieu de la masse. En fait, les plus petites particules ont un diamètre qui n'affecte pas de manière significative la masse mais leur nombre pourrait être élevé et potentiellement dangereux pour la santé humaine. Il est donc important de déterminer les concentrations en nombre et les distributions de taille (comment le nombre de particules est réparti en fonction de leur diamètre) des particules fines (diamètre inférieur à $1 \mu m$) et ultrafines (diamètre inférieur à $0,1 \mu m$). À cet égard, différents instruments sont utilisés pour compter le nombre de particules fines et/ou ultrafines et donc pour étudier leur distribution de taille. Les partenaires proposent l'utilisation de compteurs de particules basés sur la mesure du diamètre optique, de la mobilité et de l'aérodynamique des particules. En particulier, l'OPC (Optical Particle Counter), le SMPS+C (Scanning Mobility Particle Sizer + CPC) et l'ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) sont proposés.

3.3 Spécification des particules fines

Il est possible de connaître en temps réel la composition des particules fines (gamme des aérosols 40 nm - 1µm) en déterminant la concentration de sulfate, de nitrate, d'ammonium, de chlorure et de composés organiques. L'instrument utilisé par les partenaires pour cette détermination est l'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor), un spectromètre de masse fabriqué par Aerodyne.

3.4 Échantillonnage passif des contaminants

L'échantillonnage passif (diffusif) est une technique utile pour la surveillance des polluants environnementaux en raison de la préconcentration des composés chimiques, de son coût modéré et de sa relative facilité d'utilisation. Ces facteurs permettent leur utilisation dans les études environnementales, à grande échelle, pour la détermination des polluants dans l'air ambiant, mais aussi pour l'évaluation de l'exposition professionnelle¹⁵. Dans le cadre du projet, il est prévu d'utiliser deux techniques d'échantillonnage passif: 1) Radiello pour la détermination des SO_x, NO_x et BTEX (benzène-toluène-éthylbenzène-xylène) et 2) PUF-PAS (mousse de polyuréthane - échantillonneur d'air passif) pour la détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les échantillonneurs passifs seront utilisés pour des périodes allant de une à deux/trois semaines (par exemple Radiello) à deux mois (PUF-PAS).

4. Comparaison des expériences et échange de bonnes pratiques

L'objectif principal du produit T1.1.1 est d'effectuer une comparaison entre les partenaires afin d'échanger et d'établir des bonnes pratiques pour l'inclusion de capteurs supplémentaires (capteurs autonomes, intelligents et équipements à moindre coût) dans les campagnes de surveillance, ce qui permettra une plus grande résolution spatiale et temporelle des mesures. Après cette première phase de comparaison, des campagnes de surveillance seront définies et réalisées sur les différents sites d'étude (activité T1.2). Les campagnes précédemment menées par ces partenaires et celles qui seront organisées dans le cadre du projet ARE NOSTRUM sont décrites plus en détail ci-dessous.

ARPAL a utilisé dans le passé des capteurs intelligents de type Qbit et FAI pour la mesure des PM₁₀ et PM_{2,5} et de type SENS-IT pour le NO₂ et le SO₂. En ce qui concerne le capteur Qbit, et le SENS-IT ont été utilisés dans la zone adjacente à la zone d'amarrage des navires de croisière à La Spezia (l'expérimentation a commencé fin 2019 et se poursuit actuellement). Quant au FAI, celui avec un débit de 0,5 l/min a été utilisé dans les zones adjacentes au chantier de l'ancien pont Morandi à Gênes (mai-décembre 2019), tandis que celui avec un débit de 2 l/min a été utilisé lors de l'intercomparaison ISPRA IC48 PM₁₀ (février 2020). Sur la base de

l'expérimentation préalable, ARPAL a indiqué que l'analyse des 7 mois de données horaires des deux capteurs intelligents (Qbit et SENS-IT) et de l'instrumentation fiduciaire a abouti à des valeurs de sortie qui ont une forte corrélation avec les données RQA. L'ARPAL souligne également que l'expérience a déjà une solide représentativité temporelle avec une couverture de 3 saisons sur 4, et que les deux capteurs intelligents ont montré, pour les paramètres PM_{10} et NO_2 , une excellente corrélation sur les valeurs horaires, montrant ainsi une excellente reproductibilité de la mesure. Alors que pour la détermination du SO_2 , l'expérimentation menée n'a pas donné de résultats satisfaisants (c'est-à-dire des valeurs très faibles par rapport aux limites réglementaires) et pour cette raison, l'ARPAL a supposé de ne pas mettre en œuvre cette mesure dans le cadre du projet. Dans le cas du FAI avec un débit de 2 l/min, en un mois d'expérimentation environ, une excellente corrélation avec les mesures obtenues par des échantillonneurs utilisant la méthode de référence a été démontrée pour les PM_{10} et les $PM_{2,5}$. Par conséquent, sur la base des connaissances acquises lors des expériences précédentes, l'ARPAL propose la mesure des polluants réglementés au moyen d'instruments normalisés et l'utilisation de capteurs intelligents pour la détermination des PM_{10} par la méthode optique (capteur Qbit) et la méthode gravimétrique (FAI Smart Sampler HSR 2 l/min), en prévoyant également d'expérimenter de nouveaux instruments basés sur la combinaison des deux méthodes en un seul composant (dans les dernières étapes des essais avant la mise sur le marché). Enfin, l'ARPAL propose de déterminer le dioxyde d'azote à l'aide de la méthode optique SENS-IT. Afin de garantir la qualité des mesures obtenues à partir de ces capteurs, l'instrumentation peu coûteuse sera en tout cas complétée par un échantillonnage "traditionnel", en les situant dans certaines stations du réseau de mesure officiel.

ARPAT, depuis 2017, mène des campagnes de surveillance dans le port de Livourne, en accord avec l'AdsP, grâce à l'utilisation d'autolaborateurs. Les polluants surveillés sont les particules (PM_{10} , $PM_{2,5}$), le SO_2 , les BTEX, le CO et les NO_x . Dans certaines campagnes, le B(a)P (et 7 autres HAP) et les métaux (As, Cd, Ni, Pb et V) ont également été mesurés. Les méthodes de mesure utilisées sont les méthodes de référence établies dans le décret ministériel du 26.01.2017. En plus de l'utilisation de ces capteurs, ARPAT propose pour les particules la mesure de la distribution de taille (i) des particules avec OPC (0,3 à 20 μm) et (ii) des nanoparticules (10 nm-1 μm) à l'aide du SMPS+C. ARPAT a utilisé, lors d'une précédente campagne (déc 2016-déc 2017) sur la qualité de l'air dans la municipalité de Porcari, le compteur optique OPC flanqué d'un instrument basé sur la méthode de référence EN 12341/2014, afin de réaliser une comparaison entre les données de PM obtenues par les deux. Les résultats ont montré que l'OPC a fourni des données comparables à la méthode de mesure de référence, à l'exception de la période estivale où un écart attribuable à un pourcentage plus faible de la fraction $PM_{2,5}$ a été mis en évidence. Toutefois, cette étude a confirmé que l'estimation des fractions les plus fines jusqu'aux $PM_{2,5}$ peut être considérée comme fiable même en été et que l'OPC permet d'analyser le profil quotidien des particules et la composition granulométrique. En ce qui concerne le SMPS+C, il a déjà été utilisé dans le projet PATOS2 (Atmospheric Particulate Matter in TOScana phase 2). Cette étude

s'est concentrée sur la distribution de taille et la composition chimique des particules nanométriques, mesurées dans 4 sites du territoire toscan (Montale, Livourne, Sesto F, Prato), influencées par différentes sources et présentant des problèmes spécifiques. L'utilisation du SMPS+C a permis d'évaluer le cycle quotidien des concentrations et d'établir les relations avec les facteurs climatiques et les sources d'émission. ARPAT mesurera les particules (PM₁₀, PM_{2,5}), le SO₂, les BTEX, le CO et les NO_x ainsi que le B(a)P (et 7 autres HAP) et les métaux (As, Cd, Ni, Pb et V) dans certaines campagnes. Ces données seront complétées soit par le biais de l'OPC et du SMPS+C, en obtenant des informations supplémentaires sur la distribution des particules et une résolution temporelle plus élevée, et par des campagnes avec des échantillonneurs passifs pour la détermination des substances organiques volatiles. Les données des campagnes seront intégrées aux données des stations fixes de la ville de Livourne, près du port.

ARPAS a déjà mené des campagnes de surveillance de la qualité de l'air dans les ports sardes à l'aide d'unités mobiles. Ces campagnes ont été menées (i) en 2011, dans les ports du nord de la Sardaigne (Porto Torres, Olbia et Golfo Aranci), pour le projet "Green Port" et en 2013 dans les ports de Cagliari et Oristano. Les polluants surveillés étaient le benzène, le CO, les NO_x, l'O₃, les PM (PM₁₀ et PM_{2,5}) et le SO₂. Les méthodes de mesure utilisées sont les méthodes de référence indiquées dans le décret législatif 155/2010 (annexe VI), mis à jour selon le décret ministériel 26.01.2017. En plus de la mesure de ces polluants, l'ARPAS prévoit de surveiller les métaux (Cd, Hg, Ni et Pb) et les HAP (B(a)P et autres) dans les ports de Sardaigne (Cagliari et potentiellement aussi Olbia), à l'aide d'une station mobile. Les données seront comparées avec celles obtenues par l'UNICA, décrites ci-dessous.

UNICA, en collaboration avec l'ARPAS, effectuera une comparaison entre les techniques reconnues par la réglementation et la mesure de la taille et de la distribution spatiale des particules au moyen de capteurs spécifiques (ELPI et éventuellement aussi le capteur portable de type DiscMini). Il évaluera également la concentration de polluants dans l'air grâce à des échantillonneurs passifs (Radiello et PUF-PAS). L'UNICA a déjà utilisé, dans le cadre du projet MONICOAST (EU Jerico-Next), des échantillonneurs passifs pour l'évaluation des polluants organiques dans l'air de la mer Égée, dans des stations exposées à différentes émissions. D'autre part, en ce qui concerne les instruments d'évaluation des particules et de l'exposition individuelle aux particules ultrafines et aux polluants, l'expérience de l'UNICA provient (i) de la participation au programme CCM (ministère italien de la santé, 2013) et (ii) des études basées sur la détermination de la distribution des tailles, de la concentration des particules émises dans l'environnement et de l'exposition individuelle due aux activités aéroportuaires, militaires et spécifiques d'une fonderie d'acier. Par conséquent, sur la base des expériences précédentes, l'ARPAS et l'UNICA proposent (i) la surveillance de l'air du benzène, du CO, des NO_x, de l'O₃, des PM₁₀, des PM_{2,5}, du SO₂, des métaux (Cd, Hg, Ni et Pb) et des HAP (B(a)P et autres) par l'utilisation d'instruments normalisés (stations mobiles), (ii) l'échantillonnage passif pour la

détermination des SOX, NOX, BTX et HAP, (iii) l'ELPI (6 nm-10 µm, également intéressant pour mesurer les métaux éventuels) et éventuellement le capteur DiscMini (particules de 10-300 nm) pour la mesure des particules et (iv) la surveillance biologique de l'exposition individuelle. La comparaison continue des données acquises avec les instruments standardisés et les mesures UNICA permettra d'obtenir des données représentatives de la qualité de l'air dans les zones d'étude.

QUALITAIR CORSE a déjà réalisé des campagnes d'échantillonnage dans les ports de Bastia (2017) et d'Ajaccio (2018). Ainsi, sur la base des connaissances acquises, Qualitair Corse propose la mesure de différents polluants à l'aide de stations fixes et mobiles équipées de capteurs automatiques. Cette étude sera réalisée dans les ports de Bastia et d'Ajaccio et l'échelle d'application comprendra la partie intérieure du port et la partie extérieure jusqu'à 1 km. L'objectif principal de ces campagnes sera de calibrer le modèle numérique qui sera construit autour de ces deux ports, sur une grille d'environ 2,5 km x 2,5 km. Afin de valider la modélisation, il est en effet nécessaire de comparer, sur un maximum de points, mais aussi dans le temps, les données issues du modèle avec celles mesurées in situ. A cette fin, il est prévu d'utiliser les deux stations fixes du réseau de surveillance permanent pour chacun des ports de Bastia et d'Ajaccio : un site urbain où seront mesurées les PM (PM₁₀/PM_{2.5}/PM₁ (+ comptage de particules [0.18-18 µm]), NO₂, SO₂ et les conditions météorologiques (DV, VV, TC, PA, HR) et un site de trafic où seront mesurées les PM₁₀, NO₂, SO₂ et les conditions météorologiques (DV, VV). En outre, un véhicule mobile, de type urbain ou portuaire, sera utilisé pour mesurer les PM (PM₁₀/PM_{2.5}/PM₁ (+ comptage), NO₂, SO₂, différentes mesures météorologiques (TC, PA, HR, DV et VV) et un système de mesure PUF (type CPC/SMPS). Enfin, il y aura un site de référence, situé dans le port, où les PM (PM₁₀, PM_{2.5} et PM₁ + comptage) et le NO₂/SO₂ seront mesurés, à l'aide d'un microcapteur. Qualitair Corse va acquérir un compteur de particules fines et un compteur de particules ultrafines pour compléter sa flotte d'analyseurs afin de mener à bien cette campagne de mesures. En outre, elle complétera son groupe d'instruments par deux, voire trois stations météorologiques complètes, afin de fournir au modèle des données météorologiques en temps réel et de pouvoir mieux simuler la dispersion des polluants atmosphériques. Afin de disposer d'un maximum de points de mesure (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ et SO₂), en temps réel (dynamique temporelle), Qualitair Corse va acquérir un réseau de microcapteurs qui seront installés dans la zone modélisée et à différentes hauteurs dans les bâtiments proches du port. Comme pour les autres groupes, les résultats obtenus avec les microcapteurs seront comparés aux mesures réglementées, afin de garantir la qualité et la représentativité des données obtenues.

ATMOSUD a déjà réalisé des campagnes de prélèvements dans les ports de Marseille (2012, 2013, 2019, 2020), Nice (2014, 2017, 2018) et Toulon (2020, 2021). Elle a également participé aux projets européens APICE, CAIMAN, SCIPPER et PAREA. Par conséquent, sur la base des connaissances acquises, elle propose de mesurer les NO_x, NO₂, SO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} à l'aide de stations mobiles équipées de capteurs automatiques

(méthodes de référence et équivalentes). AtmoSud dispose du laboratoire mobile de Massalya (septembre 2021, Université de Marseille- LCE) qui sera équipé de différents appareils (par exemple HR-ToF-AMS, PTR-MS-ToF, compteur de particules, etc.) pour la mesure de différents polluants (par exemple COV, particules, carbone, etc.). Toutefois, dans le cas des PM (PM₁₀ et PM_{2,5}), la concentration et le comptage seront tous deux pris en compte, et à cette fin, un compteur de particules (type Grimm) et des microcapteurs (modèle à définir en fonction des résultats des études nationales/européennes) seront utilisés. Ces informations seront complétées par les paramètres météorologiques pertinents (TC, PA, RH, DV, rayonnement, etc.). Cette étude sera réalisée dans les ports de Toulon et de La Seyne et l'échelle d'application comprendra la partie intérieure du port et la partie extérieure jusqu'à 1 km, avec une taille d'étude de 3 x 3 km et 3 mesures D, représentant 40 m (résolution et taille du modèle, à discuter dans le futur). Plusieurs stations seront sélectionnées, une sera dédiée à la mesure de multi-polluants (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, NO_x et SO₂), 3 ou 4 stations seront pour la mesure des PM (le nombre est à définir), 3 points seront établis pour le comptage des PM (type micro-capteur) à différentes hauteurs (3D) et des capteurs de type VAISALA seront utilisés pour mesurer les conditions météorologiques. En raison d'expériences précédentes, la difficulté de modéliser les particules en se basant uniquement sur le comptage a été identifiée et, par conséquent, dans cette expérience, les données de comptage et de concentration (micro-capteurs) seront couplées. Comme pour les autres groupes, les résultats obtenus avec les microcapteurs et le compteur de particules seront comparés avec les mesures réglementées afin de garantir la qualité et la représentativité des données obtenues.

5. Résultat de la comparaison entre les partenaires

Sur la base des informations et des réunions précédemment effectuées, il peut être conclu :

- Des objectifs communs seront établis pour l'ensemble de la zone transfrontalière, puisque les données obtenues par les différents partenaires devront alimenter les modèles haute résolution qui seront appliqués dans le projet. Les paramètres surveillés dans leur ensemble seront les suivants : SO_x, NO_x, PM (PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁), CO, O₃, métaux, HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et BTX (benzène-toluène-xylène). L'avantage fondamental de l'utilisation d'une méthodologie commune est la possibilité de comparer les résultats, d'avoir des entrées communes pour les modèles et la possibilité d'évaluer les paramètres dans les mêmes périodes. En outre, en ce qui concerne les modèles, sur la base des expériences précédentes des partenaires, il a été décidé que des enquêtes plus approfondies se concentreront sur les particules fines, le SO₂ et le NO₂. L'importance de mesurer le CO₂, comme l'exigent de nombreuses directives et études sur le changement climatique, a également été soulignée. L'effet potentiel des particules fines sur la santé humaine rend leur mesure particulièrement importante.

- Les partenaires chargés de l'évaluation de la qualité de l'air disposent déjà d'instruments standardisés pour mesurer les composés d'intérêt. En outre, ils fourniront au projet des instruments auxiliaires qui augmenteront la résolution spatiale et temporelle des mesures. Cette approche garantira la qualité et la fiabilité des données ainsi que des enquêtes plus approfondies.
- Sur la base de ce qui précède, il semble impossible d'utiliser partout les mêmes méthodes et instruments. Par conséquent, chaque partenaire aura la possibilité d'utiliser des capteurs supplémentaires (capteurs autonomes, intelligents et équipements à moindre coût), à condition qu'ils soient utilisés en combinaison avec des mesures traditionnelles (stations fixes ou mobiles) qui convergent sur une base commune (législation française et italienne sur la qualité de l'air).

REFERENCES

- [1] EEA (2013) Air quality in Europe - 2013 Report. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark
- [2] Viana M., Hammingh P., Colette A., Querol XDegraeuwe., B., de Vlieger I., and van Aardenne J. (2014) Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe. *Atmos. Environ.* 90, 96–105.
- [3] EEA (2020) Air quality in Europe - 2020 Report. European Environment Agency, report n. 09/2020.
- [4] DIRETTIVA 2004/107/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 dicembre 2004 concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
- [5] DIRETTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- [6] DIRETTIVA (UE) 2016/2284 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 dicembre 2016 concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE.
- [7] Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".
- [8] Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air.
- [9] Decreto 26 gennaio 2017 Attuazione della direttiva (UE) 2015/1480 del 28 agosto 2015, che modifica taluni allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE nelle parti relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente.

[10] DIRETTIVA (UE) 2015/1480 DELLA COMMISSIONE del 28 agosto 2015 che modifica vari allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio recanti le disposizioni relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente.

[11] Arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

[12] Direttiva (UE) 2015/2193 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2015, relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi.

[13] DIRETTIVA 2012/33/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 novembre 2012 che modifica la direttiva 1999/32/CE del Consiglio relativa al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo.

[14] DIRETTIVA (UE) 2016/802 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 maggio 2016 relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi.

[15] Bohlin P., Jones K.C. and Strandberg B. (2007) Occupational and indoor air exposure to persistent organic pollutants: A review of passive sampling techniques and needs. *J. Environ. Monit.* 9, 501–509