



HAL
open science

Programme MERA : Qualité de l'air dans les sites ruraux en lien avec les directives européennes et la convention de Genève - Rapport de synthèse d'activité 2020

Aude Bourin, Stephane Sauvage, Cécile Debevec, Isabelle Fronval, Corentin Guillou, Benoît Herbin, Thierry Léonardis, Thérèse Salameh

► To cite this version:

Aude Bourin, Stephane Sauvage, Cécile Debevec, Isabelle Fronval, Corentin Guillou, et al.. Programme MERA : Qualité de l'air dans les sites ruraux en lien avec les directives européennes et la convention de Genève - Rapport de synthèse d'activité 2020. LCSQA. 2020. hal-04251848

HAL Id: hal-04251848

<https://imt-nord-europe.hal.science/hal-04251848>

Submitted on 20 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROGRAMME MERA

QUALITE DE L'AIR DANS LES SITES RURAUX EN LIEN AVEC LES DIRECTIVES EUROPEENNES ET LA CONVENTION DE GENEVE

**Convention n°2201243754 relative à la surveillance de la qualité
de l'air dans les sites ruraux (MERA) et en lien avec les directives
européennes et la convention internationale de Genève**

RAPPORT DE SYNTHESE D'ACTIVITE

Travaux cofinancés par la Direction Générale de l'Energie et du Climat
et l'IMT Lille Douai

A. BOURIN et S. SAUVAGE
avec la collaboration de
**C. DEBEVEC, I. FRONVAL, C. GOUILLOU, B. HERBIN, T. LEONARDIS,
T. SALAMEH et E. TISON**

décembre 2020

CONTENU DU RAPPORT

1. INTRODUCTION	3
2. PRESENTATION DU PROGRAMME MERA	4
2.1. OBJECTIFS GENERAUX DE L'OBSERVATOIRE	4
2.2. DISPOSITIF ACTUEL	4
2.3. ORGANISATION	8
2.4. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITE	9
2.5. SUIVI TECHNIQUE	10
3. COORDINATION DU PROGRAMME	10
3.1. CONSULTATION ET SELECTION DES LABORATOIRES D'ANALYSE	10
3.2. CONVENTIONS AASQA	11
3.3. INVESTISSEMENT ET COUTS DE FONCTIONNEMENT AASQA	11
3.4. COMMISSION DE SUIVI « OBSERVATOIRES NATIONAUX »	12
4. ACTIONS SPECIFIQUES EN 2020	13
4.1. ASSURANCE ET CONTROLE QUALITE	13
4.1.1. REVISION DES PROCEDURES MERA ET MISE A DISPOSITION DES AASQA	13
4.1.2. REVISION DES FICHES DE SUIVI	13
4.2. BANCARISATION DES DONNEES	14
4.2.1. RENOUELEMENT DE LA BASE DE DONNEES DE TRAVAIL	14
4.2.2. INTEGRATION DANS GEOD'AIR	15
4.3. DEVELOPPEMENT DE METHODES	15
4.3.1. TRAÇABILITE METROLOGIQUE POUR LES MESURES DE NO _x	15
4.3.2. ETUDE PROSPECTIVE POUR LA MESURE DES ESPECES GAZEUSES	15
4.3.3. DEVELOPPEMENT POUR LA MESURE AUTOMATIQUE DE COV EN LIGNE	16
4.4. COMMUNICATION ET VALORISATION	17
5. BILAN TECHNIQUE PROVISoire 2020	18
5.1. DELAIS DE TRANSPORT ET D'ANALYSE	18
5.2. RESULTATS DES COMPARAISONS INTER-LABORATOIRES	19
5.3. BILAN DE FONCTIONNEMENT	20
5.3.1. GESTION DES DONNEES	20
5.3.2. VISITES DES STATIONS	21
5.3.3. TAUX DE FONCTIONNEMENT ESTIMATIFS	23
6. SUIVI CHRONOLOGIQUE DES DONNEES 2020 (DONNEES PRELIMINAIRES)	24
6.1. METAUX LOURDS	25
6.1.1. DANS LES AEROSOLS	25
6.1.2. DANS LES PRECIPITATIONS	27
6.2. HAP	29
6.2.1. DANS LES AEROSOLS	29
6.2.2. DANS LES PRECIPITATIONS	31
6.3. SPECIATION DANS LES PM _{2,5}	33
7. CONCLUSION ET FAITS MARQUANTS	36
ANNEXE 1	39
PROGRAMME DE MESURE DE LA STRATEGIE EMEP DEFINIE POUR 2020-2029	39
ANNEXE 2	43
FICHE POLLUANT CONCENTRATIONS MASSIQUES EN PM_{2,5} ET PM₁₀	43

1. Introduction

Depuis le 1^{er} janvier 2014, le Ministère de la Transition Ecologique (MTE) a confié à l'Ecole Nationale Supérieure Mines-Télécom Lille Douai (IMT LD) la coordination générale de l'observatoire national de Mesure et d'Evaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance (MERA). Ce programme vise à suivre sur le long terme la pollution atmosphérique longue distance dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontière à longue distance (CLRTAP). Il permet également de répondre au besoin du système de surveillance national s'agissant des directives européennes (2008/50/CE et 2004/107/CE). Le programme de mesure concerne à la fois les retombées humides (composés inorganiques, métaux lourds, HAP), les composés gazeux (O₃, NO₂, COV), particulaires (métaux lourds, HAP, ions majeurs, EC/OC, et masse PM₁₀, PM_{2,5}, ...) et les paramètres météorologiques.

La convention MTE/IMT LD n°2201243754 a pour objet le soutien financier de MERA sur l'année 2020. La coordination opérationnelle du programme MERA consiste à :

- coordonner et animer l'observatoire MERA en lien avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA)
- être le référent pour la mesure opérationnelle de la pollution de fond en France
- gérer et optimiser les marchés d'analyses physico-chimiques
- développer et harmoniser les méthodes de mesure des polluants spécifiquement pour les sites de fond
- être le garant de l'assurance qualité des mesures (harmonisation des méthodes, comparaisons inter-laboratoires, contrôles qualité in-situ,...)
- valider et structurer les données suivant les recommandations formulées par les instances européennes
- reporter les données aux instances européennes (Directives et EMEP)
- assurer la veille concernant la stratégie de mesure EMEP
- représenter le programme de mesure français au niveau de l'EMEP

Ce rapport établit un bilan des actions engagées en 2020. Il a pour but de présenter les activités en lien avec l'observatoire MERA et les résultats de mesure provisoires sur l'année en cours pour les stations rurales nationales. Il fait état du suivi au long terme de la pollution atmosphérique longue distance, répondant aux exigences de surveillance de la qualité de l'air.

Après une présentation de l'observatoire MERA, de ses objectifs et des principaux faits marquants, le programme d'assurance qualité est décrit. Le suivi technique du dispositif sera également présenté par un bilan de fonctionnement. Les résultats sont reportés partiellement pour l'année 2020 car les mesures sont encore en cours à la date de rédaction de ce rapport.

2. Présentation du programme MERA

2.1. Objectifs généraux de l'observatoire

Le programme MERA, instauré depuis le début des années 80, comporte à ce jour deux composantes principales au niveau européen. Il est tout d'abord la composante française du dispositif européen EMEP de suivi sur le long terme de la pollution atmosphérique longue distance entrant dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontière à longue distance (CLRTAP) et le protocole de Göteborg. L'observatoire MERA applique à ce titre les recommandations de la stratégie de surveillance EMEP pour s'harmoniser avec les autres parties signataires de la Convention. Il permet ensuite de répondre au besoin du système de surveillance national en milieu rural s'agissant des Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE.

Les objectifs de l'observatoire MERA sont de :

- fournir des données au système de surveillance national pour répondre aux Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE s'agissant des sites ruraux nationaux ;
- fournir des données de qualité et à long terme de la composition chimique des particules en suspension, des gaz réactifs et des précipitations
- évaluer dans l'espace et le temps les échanges transfrontaliers de polluants atmosphériques ;
- contribuer à évaluer l'impact des contaminants atmosphériques sur les différents écosystèmes : dépôts acidifiants, dépôts eutrophisants, dépôts de métaux, effet de l'ozone ;
- évaluer les tendances des concentrations atmosphériques des principales substances toxiques pour la santé et l'environnement : ozone, oxydes d'azote, COV, métaux lourds, particules fines, etc...

2.2. Dispositif actuel

Depuis le 1^{er} janvier 2014 et suite à une restructuration harmonisée et cohérente du dispositif national demandée par le MTE, le dispositif comporte 12 stations rurales contribuant au dispositif européen EMEP, et dont 6 fournissent des données pour le report des données européennes dans le cadre des Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE. Réparties sur l'ensemble du territoire français (Figure 1), les stations sont gérées localement par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

En 2020, la station Kergoff a été inaugurée par Air Breizh (date de mise en service au 11/12/2019). Située sur la commune de Merléac (22460) dans la région Bretagne, cette station remplace la station de Guipry, anciennement implantée sur un terrain dont les pratiques ont évolué au fil du temps (accueil des services techniques de la ville) et dont la représentativité a été remise en question.

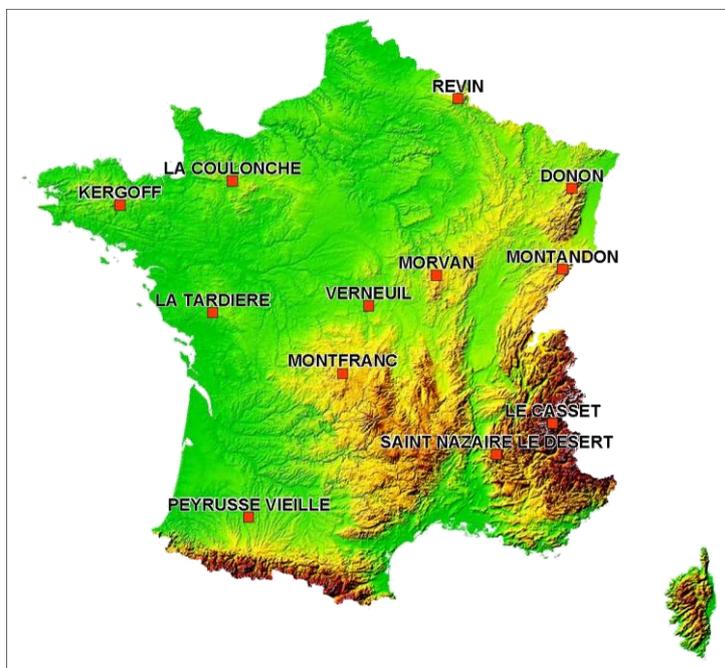


Figure 1 : Localisation des stations du dispositif MERA dans sa configuration actuelle

Tableau 1 : Liste des AASQA gestionnaires locaux des sites ruraux MERA

AASQA concernée	Nom de Station	Code GEOD'AIR
ATMO GRAND EST	Donon (<i>Vosges Moyennes 2</i>)	FR16302
	Revin	FR14008
ATMO AUVERGNE RHÔNE-ALPES	Saint-Nazaire-Le-Désert (<i>Drôme Rurale Sud</i>)	FR36021
	Le Casset	FR15031
ATMO NORMANDIE	La Coulonche MERA	FR21050
ATMO NOUVELLE-AQUITAINE	Le Montfranc (<i>La Nouaille - MERA</i>)	FR35012
AIR PAYS DE LA LOIRE	La Tardière	FR23124
ATMO BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	Montandon Baresans	FR82030
	Morvan	FR26012
ATMO OCCITANIE	Peyrusse-Vieille	FR12020
AIR BREIZH	Kergoff	FR19019
LIG'AIR	Verneuil	FR34038

Cet observatoire, dont les premières mesures datent de 1978, est constitué de sites ruraux non influencés localement pour une bonne représentativité régionale. Le programme de mesure est défini par la stratégie de mesure EMEP, qui prévoit trois qualifications de site en fonction de leur programme de mesure (annexe 1) :

- le niveau 1 pour les sites de base à mesures obligatoires
- le niveau 2 renseignant davantage de paramètres pour des problématiques ciblées (Polluants Organiques Persistants, métaux, gaz à effet de serre, eutrophisation, pollution photo-oxydante,...)
- le niveau 3 pour les sites à vocation recherche ou implémentés spécifiquement lors de campagnes intensives.

La mise en œuvre de cette stratégie est évaluée chaque année, la Figure 2 résume les indices d'implémentation en 2018 comparés à ceux des années antérieures. La Slovénie a l'indice le plus élevé car tous les paramètres requis ont été mesurés en 2018 avec des fréquences d'échantillonnages satisfaisantes. Des pays comme la Suisse, le Danemark, la Hollande et la Slovaquie ont un programme très complet avec des indices d'implémentation supérieurs à 90%. Depuis 2010, 40% des Parties ont densifié leurs programmes de mesure alors que 33% ont diminué leurs réponses. En France, l'indice pour 2018 a chuté à 20% car le report des données 2018 n'a pas été totalement pris en compte en raison d'un envoi tardif de certaines données. Actuellement, la création manuelle des fichiers de report est longue et des améliorations sur ces délais sont attendues par la mise en place de processus automatisés via l'application MERA en cours de définition. Le report des données 2019 a débuté en décembre 2020 mais ne sera finalisé qu'en mars 2021.

Pour le programme de mesure des sites de niveau 2, l'indice étant difficilement calculable, la représentation est donnée sous forme de cartes de distribution des sites pour les aérosols, les polluants photo-oxydants ou les gaz traces (Figure 3). Le programme MERA français contribue significativement au programme européen. La Figure 3 reprend également l'implication de la France dans le programme de mesure de certains polluants de niveau 1.

En 2020, le programme de mesure, variable suivant les stations MERA, est présenté dans le Tableau 2. Il concerne à la fois les retombées humides (composés inorganiques, métaux lourds, HAP), les composés gazeux (O₃, NO₂, COV) et particulaires (métaux lourds, HAP, PM₁₀, spéciation PM_{2,5}) et les paramètres météorologiques.

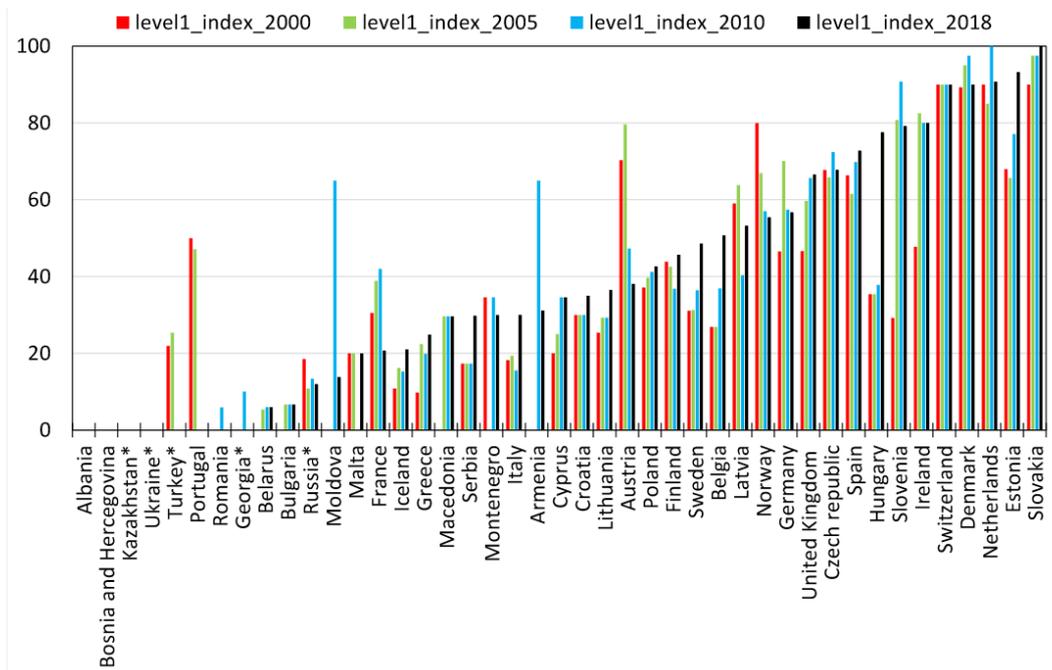


Figure 2 : Indices d'implémentation du programme de mesure relativement à la stratégie EMEP de niveau 1, calculés sur la base des données reportées en 2000, 2005, 2010 et 2018 (Source : EMEP Status Report 1/2020)

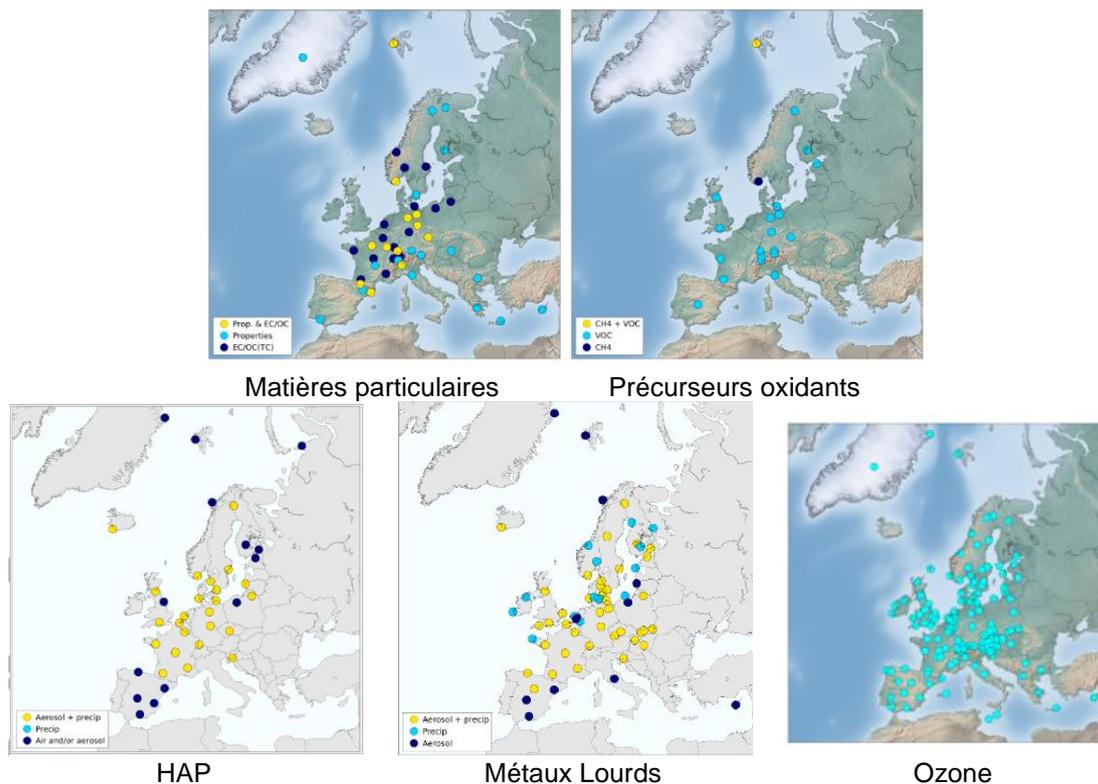


Figure 3 : Sites ayant reporté en 2018 certains paramètres de niveau 2 ou de niveau 1 de la stratégie de mesure EMEP (Source : EMEP Status Report 1/2019)

Tableau 2 : Caractéristiques des stations MERA en 2020 en fonction des niveaux de programme de la stratégie EMEP

		DON	CAS	COU	FRA	TAR	MON	MOR	PEY	REV	KER	SND	VER
Niveau 1 EMEP	Inorg pluie	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Inorg PM _{2.5}	x							x	x	x	x	x
	Métaux pluie	x							x	x	x	x	x
	Gravi PM	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x
	Ozone	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	NO ₂	x				x		x	x	x	x	x	x
	Météo	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
Niveau 2 EMEP	Métaux PM ₁₀	x							x	x	x	x	x
	HAP PM ₁₀	x							x	x	x	x	x
	HAP pluie	x							x	x	x	x	x
	EC/OC PM _{2.5}	x							x	x	x	x	x
	COV								x				

2.3. Organisation

La coordination opérationnelle de l'observatoire est confiée à IMT LD compte tenu de son savoir-faire s'agissant de la métrologie des polluants atmosphériques à l'état de traces. Son rôle est d'être le référent pour la mesure opérationnelle de la pollution de fond en France, de gérer et d'optimiser les marchés d'analyses physico-chimiques. L'IMT LD est le garant de l'assurance qualité des mesures (harmonisation des méthodes, inter-comparaison, contrôles qualité in-situ...), valide et structure les données suivant les recommandations EMEP et des Directives et les reporte aux différentes instances chargées des bases de données au niveau européen. Il assure également la veille concernant la stratégie de mesure EMEP et représente le programme français de mesure au niveau de l'EMEP.

La gestion des sites MERA est assurée localement par les AASQA. Elles se chargent notamment de la collecte des échantillons, de l'étalonnage des instruments, de la maintenance partielle du site et de certains équipements. Les analyses des échantillons prélevés sont confiées à des prestataires uniques spécialisés dans le domaine de l'analyse de polluants à l'état de traces et sélectionnés annuellement après mise en concurrence suivant la procédure des marchés publics. Il est indispensable pour l'observation des niveaux de fond d'appliquer des protocoles de mesure identiques, de recourir à un même laboratoire par types d'analyses et d'assurer une surveillance transverse du parc instrumental au niveau national. Les méthodes d'analyse découlent de normes ou de recommandations techniques d'EMEP, d'ACTRIS, de GAW et du LCSQA.

L'ensemble des données automatiques ou manuelles est intégré à la base de données de la qualité de l'air nationale (GEOD'AIR), au centre de coordination norvégien de l'EMEP pour un lien direct avec la base de données « EBAS » (<http://ebas.nilu.no>) et à la base de données de la qualité de l'air européenne « Airbase » (<http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase>).

2.4. Programme d'assurance qualité

La Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a fixé, dans les travaux de la septième phase de l'EMEP, les priorités sur l'assurance qualité des mesures. Une des premières dispositions a consisté à nommer dans chaque pays signataire de la Convention un responsable de l'assurance qualité. Les missions de ces responsables nationaux ont été définies par l'EMEP et des formations spécifiques, co-organisées par l'EMEP et l'OMM, ont été suivies par les intervenants de l'IMT LD. L'IMT LD a été désignée responsable qualité du programme de mesure EMEP pour la France en accord avec le MTE. Des objectifs de qualité des données sont définis suivant les types de polluants, par l'EMEP, par GAW ou par ACTRIS. Dans le but d'atteindre ces objectifs, il est nécessaire de mettre en place un système d'assurance qualité qui définit expressément les responsabilités et les compétences des intervenants, les processus de mesure pour chaque catégorie de polluants, les processus de contrôle qualité et de validation des données. Ces processus ont été définis et améliorés sur la base des recommandations décrites dans le manuel d'assurance qualité de l'EMEP.

Les missions du responsable français de l'assurance qualité pour EMEP, concernent tous les maillons de la chaîne de mesure, de l'échantillonnage à la donnée transmise, en incluant le transport des échantillons, les analyses physicochimiques et la validation des données. Il doit ainsi contrôler, vérifier et archiver chaque étape du processus décrit dans les procédures. Dans ce but, il met en place des outils de contrôle pour garantir le respect des procédures et la traçabilité métrologique afin de garantir l'harmonisation des pratiques et la fiabilité des mesures. Ces outils concernent les opérations sur site, les laboratoires d'analyse ou encore la validation finale des données.

Toutes les données transmises par les différents fournisseurs (laboratoires, AASQA) sont contrôlées. Des tests de cohérence et une codification systématique des données sont réalisés par le prestataire responsable du suivi technique national. Compte tenu des impératifs de vérification et de transfert, il doit notamment veiller au respect des délais de livraison de l'ensemble des informations relatives aux données par les différents intervenants du dispositif. Parmi les activités de l'IMT LD, le suivi des prestations d'analyse est un volet important.

En tant que responsable national de l'assurance qualité, il a accès au serveur du NILU, coordinateur de la base EBAS. Il doit mettre à jour l'ensemble des informations afférentes aux sites français intégrant le réseau EMEP et doit veiller à la qualité des données diffusées officiellement une fois par an par la France (avant le 31 juillet de l'année N+1 pour les données de l'année N), au format préconisé (NASA/AMES).

Enfin, des exercices de comparaison sont régulièrement organisés entre les participants du programme EMEP, pour l'ensemble des polluants mesurés. Ils concernent soit la partie analytique ou l'ensemble d'une méthode de mesure. Les résultats permettent de valider une méthode par rapport à une méthode de référence, d'évaluer la qualité des mesures et de dégager des éléments d'amélioration.

2.5. Suivi technique

Les polluants mesurés au sein du dispositif MERA se présentant à l'état de traces, il apparaît indispensable que toute la chaîne de mesure fasse l'objet d'un suivi régulier pour assurer que la base de données générée soit représentative des teneurs en polluants atmosphériques en zone rurale. L'entretien au quotidien par les opérateurs des stations ainsi que les visites réalisées par l'IMT LD, qu'elles soient dans un but de maintenance, de dépannage ou de contrôle qualité, visent à atteindre les objectifs de au moins 90% de taux de fonctionnement des équipements, selon les recommandations du réseau EMEP et une couverture temporelle supérieure à 14% fixée pour les métaux lourds dans les PM₁₀, les HAP dans les PM₁₀ et la spéciation des PM_{2,5}, selon les obligations de surveillance des directives européennes.

Les informations au quotidien sur l'état de fonctionnement des stations de mesure sont fournies grâce à des fiches de suivi qui sont envoyées chaque semaine par les opérateurs des stations. Ces fiches sont révisées chaque année pour tenir compte des évolutions techniques du réseau (nouveaux matériels, nouveaux critères d'assurance qualité, etc.). Elles permettent d'accroître la traçabilité des différentes opérations d'échantillonnage et d'analyse physico-chimique. Elles aident également à valider les résultats.

A partir de toutes ces informations, un bilan de fonctionnement est établi de manière annuelle ou provisoirement sur une période donnée, pour chaque type de matériel. Ce bilan permet d'une part, de veiller au respect des objectifs fixés et, d'autre part, d'adapter la maintenance préventive ou encore, d'envisager le remplacement ou l'optimisation d'une technique.

3. Coordination du programme

3.1. Consultation et sélection des laboratoires d'analyse

Compte tenu de la complexité des mesures dans ce type de programme (concentrations au niveau traces, complexité des espèces mesurées), pour une bonne comparabilité des données et pour optimiser les coûts, il est préférable de centraliser les analyses d'un type de polluants sur un même laboratoire. Pour le choix de ces prestataires, l'IMT LD ouvre une consultation, garantissant ainsi l'obtention du meilleur rapport qualité/prix pour les prestations analytiques. Le cahier des charges associé à cette consultation, est révisé systématiquement selon les nouvelles normes et guides méthodologiques.

Le contrat avec les laboratoires prestataires détaille précisément les engagements et les coûts des prestations (du budget global aux prix unitaires). La somme forfaitaire regroupe les coûts liés aux consommables, transports et frais de rapports d'analyse. La somme variable dépend du nombre d'analyses réalisées. Une annexe technique jointe au contrat définit les exigences pour la réalisation des prestations ayant pour

objet l'analyse d'échantillons d'air ambiant. L'ensemble des protocoles et des spécifications techniques relatifs à la logistique des échantillons, aux prélèvements, à l'analyse, à la validation et la livraison des résultats a été élaboré et validé en concertation avec les laboratoires et les différents référents LCSQA.

A l'issue de la consultation, l'IMT LD sélectionne les laboratoires prestataires selon plusieurs critères : technique, prix, expérience et développement durable. L'offre de marché public pour des prestations analytiques concernant les prélèvements réalisés du 1^{er} janvier au 31 décembre 2020, a été publiée en novembre 2019 pour une prise effective d'activité sur les échantillons collectés au 1^{er} janvier 2020. Le coût total du marché d'analyses n'a pas subi de modifications fortes en 2020 en raison de la reconduction de 4 marchés sur 5. Et une nouvelle consultation a été relancée pour les HAP en raison d'une recherche de meilleures performances techniques du prestataire.

A noter que certains marchés d'analyses ne présentent pas de concurrence, c'est le cas pour les ions inorganiques dans les pluies (technique d'analyse répandue mais logistique importante) et pour les composés organiques volatils (technique d'analyse moins courante et teneurs très faibles). Les laboratoires prestataires chargés des analyses en 2020 sont :

- Métaux dépôts et PM₁₀ : TERA Environnement
- HAP dépôts et PM₁₀ : IANESCO
- Spéciation des PM_{2,5} : CEA/LSCE
- Espèces inorganiques dans les pluies : SGS Multilabs
- COV (HCNM+carbonylés) : TERA Environnement

3.2. Conventions AASQA

Des conventions entre l'IMT LD et les AASQA ont pour but de préciser les conditions d'exploitation, de gestions financière et technique des stations rurales nationales de l'observatoire MERA. Elles sont établies pour une durée de 5 ans à compter de leur signature. Certaines conventions sont encore en cours d'écriture. En 2020, la convention avec Atmo Nouvelle-Aquitaine a été signée, portant le nombre d'AASQA conventionnées à 4. Les conventions avec les 5 dernières AASQA devraient être initiée en 2021.

3.3. Investissement et coûts de fonctionnement AASQA

En fonction de nombreux paramètres, tels que la vétusté des appareils, la fin de la commercialisation de pièces détachées et de consommables, et/ou des dysfonctionnements récurrents affectant les taux de fonctionnement, des renouvellements d'instruments peuvent être instruits en collaboration avec l'AASQA concernée. Les AASQA effectuent alors leurs demandes de remplacement d'appareils de mesure destinés aux stations MERA depuis la plateforme collaborative du logiciel de gestion des appareils GESTION'AIR mis en place par le LCSQA pour l'instruction et le suivi des subventions accordées par le ministère chargé de l'environnement aux AASQA. En 2020, les demandes de subventions pour 2021 concernent le parc

instrumental de six AASQA. Des équipements de type Eigenbrodt ont été priorisées suite à la nécessité de remplacer des collecteurs de pluie, instruments non réparables et vétustes dont les mesures contribuent à répondre à la stratégie de mesure EMEP de niveau 1. Les appareils choisis sont spécifiques avec un système de détection de pluie et d'ouverture automatique, une/un réfrigération/chauffage et un système de distribution des échantillons journaliers conçus dans des matériaux inertes pour la mesure des espèces ioniques traces dans les pluies. D'autres équipements concernent la mesure des NO_x mais certains modèles demandés ne correspondaient pas à celui nécessaire pour répondre aux besoins d'un site rural national MERA (analyseur traces), il sera nécessaire de rediriger la demande vers un Teledyne API T200UP (BLC). Pour finir, des équipements de mesure pour les particules ont également été sollicités pour subvention (Partisol Plus et FIDAS 200).

Les coûts de fonctionnement sont ceux associés aux interventions périodiques de suivi du dispositif, à la maintenance préventive et curative, incluant les pièces détachées des instruments, la mise en conformité des installations et les coûts liés à la mise à disposition et l'entretien du site en lui-même. Ils sont partagés entre l'IMT LD et l'AASQA sur les charges définies dans les conventions. Ces demandes sont revues chaque année, pour réviser le programme de mesure et prévoir les évolutions potentielles. En 2020, les coûts de fonctionnement ont été mis à jour par les AASQA, ils sont globalement assez stables et reflètent des activités récurrentes similaires aux années précédentes pour la gestion des sites MERA.

3.4. Commission de suivi « Observatoires Nationaux »

La commission de suivi « Observatoires nationaux » vise à définir l'organisation, les orientations stratégiques et les synergies des dispositifs CARA et MERA pour répondre à l'ensemble de leurs objectifs propres et communs. Il s'agit notamment d'harmoniser les choix méthodologiques et optimiser l'exploitation et la valorisation des résultats. En 2020, un groupe utilisateur « MERA » a été créé au sein de cette commission pour pouvoir échanger sur les aspects techniques opérationnels spécifique à l'observatoire. Deux réunions se sont tenues en 2020 (février et décembre).

Dans le cadre du redéploiement des mesures CARA-filtres, les filtres CARA pourrait être intercalés aux prélèvements MERA, sur les appareils pour la mesure des HAP dans les PM₁₀ (sur HVS-DA80), initialement réalisés à une fréquence de 1 jour sur 6. L'analyse chimique des filtres CARA serait alors réalisée principalement pour documenter d'éventuels épisodes de transport longue distance de polluants d'origines naturelles (non mesurés par le couple ACSM-AE33) ou pour d'autres études d'intérêt. En 2020, aucune AASQA n'a demandé de redéployer des mesures CARA-filtres sur l'observatoire MERA, en conséquence la procédure précisant les modalités de fonctionnement sur les sites MERA n'a pas été mise en place par le LCSQA.

4. Actions spécifiques en 2020

4.1. Assurance et contrôle qualité

4.1.1. Révision des procédures MERA et mise à disposition des AASQA

Dans les conventions, les AASQA s'engagent à suivre les prescriptions décrites dans les supports documentaires fournis par IMT LD et ainsi que dans le référentiel technique national du LCSQA (<https://www.lcsqa.org/referentiel-technique-national>). Ces procédures peuvent être à destination des opérateurs sur site et des laboratoires d'analyse. Elles ont été écrites au regard de documents de référence (normes, guides d'échantillonnage et de mesure de l'EMEP ou d'ACTRIS, etc.).

Les procédures de prélèvement et de transfert des données sont régulièrement mises à jour. En 2020, elles ont toutes fait l'objet d'une révision et d'une mise à jour essentiellement sur la forme mais aussi pour certaines sur les conditions d'utilisation. Toute modification entraîne une évolution du numéro de version et est indiquée dans le tableau de suivi d'historique en première page du document et par une annotation dans le corps de texte.

Afin de faciliter l'utilisation et de garantir que toutes les AASQA utilisent une même et unique version, toutes ces procédures avec la version en vigueur sont mises à disposition via un lien de partage électronique. Pour toute évolution et/ou modification, un email d'information est envoyé par l'IMT LD, aux intervenants avant la date de mise en vigueur.

4.1.2. Révision des fiches de suivi

Les fiches de suivi remplies sur les stations par les AASQA contenant des informations sur l'état de fonctionnement ont été mises à jour et le format a été revu. En effet, bien que renouvelées annuellement sur leur contenu, il a été suggéré une évolution sur le format de ces fiches avec une dématérialisation. En revanche, suite à une enquête des opérateurs de stations, une dématérialisation et l'utilisation (le transport) d'un support numérique pour renseigner ces fiches in-situ seraient moins pratiques, et pourraient dégrader la qualité du suivi dans 25% des cas. Cependant, ces fiches ont une forte utilité au laboratoire pour le recoupement d'informations à la réception des échantillons et à l'IMT pour la validation des données.

En 2020, une étude pour l'évolution de ces fiches a été menée et des modifications et des optimisations ont été réalisées : moins d'informations à écrire manuellement, une nouvelle disposition et des cases à coloriser. Les deux fiches navettes portent désormais le nom de MERA-FR-03 et MERA-FR-04, elles seront accompagnées par une feuille de recommandation pour la prise en main et le remplissage par les opérateurs de site.

4.2. Bancarisation des données

4.2.1. Renouvellement de la base de données de travail

Outre la gestion scientifique et technique de l'observatoire, la gestion des données a été confiée à l'IMT LD qui doit s'assurer non seulement de leur qualité intrinsèque mais aussi de leur archivage et de leur diffusion auprès des partenaires de l'observatoire, des organismes scientifiques et des différentes instances nationales et internationales. Les premières mesures datent de 1978 mais l'IMT LD en assure la gestion depuis 1990. En ce sens, l'IMT LD s'appuie sur une application conçue en 1995, permettant d'assurer la gestion globale des informations fournies par les laboratoires d'analyse ou les AASQA locales en charge des stations MERA ainsi qu'un premier traitement calculatoire des données et leur mise en forme préliminaire en vue de leur remontée à la base de données européenne.

De nombreuses évolutions de l'observatoire MERA ont eues lieu depuis 1995 en matière de nombre de sites de mesures (23 sites différents), de polluants (~250 paramètres mesurés au total suivant 30 techniques de mesure différentes) et de caractéristiques multiples et variées comme la qualification, la codification, le format d'échange des données, la fréquence et la durée des mesures, etc. L'application actuelle étant non évolutive, il est désormais indispensable pour l'IMT LD de migrer sa base de données vers un autre système de gestion de base de données relationnelle permettant un suivi à long terme d'un volume plus conséquent de données.

En vue de cette migration vers une nouvelle application, des actions ont été menées par l'IMT LD en 2020 pour centraliser les données finalisées de l'observatoire MERA en une base de données formalisée et harmonisée. Sur la base de l'application de 1995, l'IMT LD a également identifié ces nouveaux besoins en termes de fonctionnalités de traitements des données et graphiques. En conséquence, l'archivage des résultats bruts d'analyse, des paramètres de prélèvements, les étapes de calculs et de validation, la structuration et l'archivage des mesures avant rapportage ont été repensés. L'IMT LD a notamment révisé les fichiers d'import de données brutes et finalisées, destinés la prochaine application, pour notamment permettre des imports à partir de données de mesure automatique directement issues de la base nationale Geod'Air ou de données d'un composant mesuré à plusieurs sites MERA en un seul import. Les processus de validation des données de mesure manuelle ont été revus et adaptés en vue de leur intégration à l'application à développer. En conséquence, la base de données de travail utilisée par l'IMT LD pour le processus de validation des données manuelles a été révisée. Pour appuyer les remontées aux bases nationale et européenne, la prochaine application devra permettre de générer différents fichiers d'export, notamment des fichiers multi-constituants au format NASA/AMES ou XML. Ce dernier format a été discuté entre l'IMT LD et les gestionnaires de l'application Geod'Air. Ces actions ont été prises en compte dans le cahier des charges de la prochaine application MERA. Il décrit plus précisément la structuration de la base de données, l'architecture générale de l'application et l'utilisation souhaitée des fonctionnalités qui y seront incluses. Il permet également de détailler les processus de vérification et le traitement de données lors de l'importation de données dans l'application, et de préciser les processus de validation associés à chaque composant. En outre, il est prévu que l'application puisse générer des rapports suite à la finalisation d'une étape du processus de validation. Les données pourront être également

consultées dans l'application sous plusieurs formats statistiques ou graphiques et les résultats générés pourront être exportés.

La version finale du cahier des charges sera transmise dans le courant de l'année 2021 aux services informatiques de l'IMT LD en charge de la réalisation de la nouvelle application. Ils étudieront la faisabilité de mise en œuvre des besoins qui y sont présentés et modéliseront l'application à développer. Puis, le développement de l'application aura lieu, sur une période initialement estimée à 12 mois, en s'appuyant sur un phasage temporel défini par la priorité et l'opérationnalité de certaines fonctions.

4.2.2. Intégration dans Geod'Air

En 2020, un document a été produit dans le but de définir les codes polluants (code « ISO ») et les unités attendues pour la remontée des données MERA dans Geod'Air. Il s'agit de la configuration qui sera à appliquer dans les postes centraux pour les données qui doivent remonter.

La liste des polluants est fixée par l'arrêté du 19 Avril 2017. Ce document ne définit pas la liste des constituants qui doivent remonter au niveau national. Actuellement des travaux sont en cours pour permettre la remontée de toutes ces données.

4.3. Développement de méthodes

4.3.1. Traçabilité métrologique pour les mesures de NO_x

La chaîne nationale de traçabilité métrologique permet de garantir sur le long-terme la cohérence des mesures effectuées par le dispositif de surveillance de la qualité de l'air. Dans ce cadre, les concentrations des étalons en oxydes d'azote raccordés sont de l'ordre de 200 ppb. Cette concentration n'est pas représentative des mesures NO_x réalisées sur les sites de l'observatoire MERA. Afin de mieux qualifier les mesures de l'observatoire, des travaux sont en cours à l'IMT LD pour la réalisation d'un étalon de travail en NO de faible teneur afin de concevoir une référence unique pour les stations MERA et de garantir une mesure harmonisée par un étalon commun.

En 2020, une méthodologie de réalisation d'étalon NO a été mise en œuvre et des résultats préliminaires encourageants ont permis de poursuivre l'étude. Globalement, le travail en matrice air zéro n'est pour l'instant pas concluant car des concentrations en NO manquent de stabilité dans le temps et pendant le passage de l'étalon. Ces conclusions ont conduit à réorienter l'étude vers une matrice diazote. Les premiers résultats en matrice diazote permettent d'améliorer la stabilité du mélange dans la bouteille. La situation sanitaire et des contraintes expérimentales ont décalé le planning prévisionnel sur 2020, mais il est envisagé qu'un test d'étalon NO soit réalisé en station en 2021.

4.3.2. Etude prospective pour la mesure des espèces gazeuses

Suite à l'adoption de la stratégie EMEP 2020-2029 par l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance en

décembre 2019, une réflexion a été envisagée sur l'évolution du programme de mesure en cohérence avec la nouvelle stratégie. En particulier, une étude de l'état de l'art et des besoins d'implémentation pour le suivi long terme de la répartition gaz-particules des espèces inorganiques a été initiée en 2020 et se poursuivra sur 2021 dans le but d'améliorer les mesures des espèces réactives d'azote inorganiques dans l'observatoire MERA.

Jusqu'à aujourd'hui, les mesures sans artefacts du rapport gaz/particules des espèces azotées ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$) ne sont pas mises en œuvre sur l'observatoire MERA, il y a donc un manque d'information sur les niveaux environnementaux réels et la variabilité temporelle de ces espèces sur le territoire français.

Afin de se conformer aux objectifs du réseau EMEP et de combler les lacunes en matière de connaissances sur ces espèces clés, une étude comparative sur les différentes méthodologies utilisées dans le domaine de l'EMEP, aux Etats-Unis et en Asie est actuellement en cours. Cette étude permettra de déterminer quels sont les méthodes les plus efficaces en termes de résultats, de coûts opérationnels et d'exploitation des données.

L'avancement de cette étude prospective a permis de décrire dans un premier temps les principaux enjeux de la mesure des espèces ciblées sur la base de différentes campagnes de mesure issues de la littérature scientifique. L'inventaire des méthodes utilisées dans le domaine EMEP pour la mesure de l'azote réactif a également été dressé. La collecte des informations sur le fonctionnement, les principes de mesure, les caractéristiques et la rentabilité des méthodes les plus intéressantes pour l'observatoire MERA est en cours.

4.3.3. Développement pour la mesure automatique de COV en ligne

Dans le cadre du programme de mesure répondant au niveau 2 de la stratégie 2020-2029 d'EMEP, les prélèvements de COV réalisés sur la station de la Tardière n'ont pas été renouvelés en 2019. La décision de l'arrêt de ces prélèvements a été motivée par l'évolution de l'environnement proche du site. En effet, une installation agricole d'élevage de volailles, localisée à quelques kilomètres, pénalisait fortement la représentativité de la station de mesure pour ce type de polluants avec une invalidation quasiment systématique de certains COV.

En parallèle, il a été mené une réflexion sur l'implantation de mesure automatique on-line sur l'observatoire MERA. Cela permettrait l'extension de la liste des composés mesurés, une augmentation du potentiel de suivi et de valorisation des données compte tenu d'une fréquence de mesure accru. Il en résulte que les méthodes off-line de mesure des COV à Peyrusse-Vieille seront à terme remplacées par une méthode de mesure automatique on-line.

L'achat d'un chromatographe en phase gazeuse équipé d'un thermo-désorbiteur et d'un système de traitement d'échantillons humides pour la mesure on-line des composés hydrocarbonés et carbonylés ayant été réalisé à la fin du trimestre 2019, sa réception du candidat retenu « Agilent Technologies France » a été effective au mois de février 2020. Compte tenu de la crise sanitaire liée au COVID-19, le développement analytique de la méthode ainsi que l'évaluation des performances métrologiques

initialement prévus en 2020, ont été reportés à l'année 2021. De plus, un recouvrement entre les deux méthodes off-line, existante, et on-line serait conduit en 2021.

4.4. Communication et valorisation

Au cours de l'année 2020, de nombreuses actions de communication et de valorisation des données de surveillance de la qualité de l'air sur les stations rurales nationales réglementaires ont été réalisées par l'IMT LD et ses partenaires par le biais de différents supports scientifiques :

- En janvier 2020, une **publication dans une revue avec comité de lecture** a été acceptée dans un journal international : M. Pandolfi et al, Long range and local air pollution: what can we learn from chemical speciation of particulate matter at paired sites ?, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol 20, pp 409-429, 2020. doi: 10.5194/acp-20-409-2020
- En janvier 2020, une **communication orale** a été présentée lors d'un congrès français : C. Debevec et al., Spéciation chimique des PM_{2,5} : variations en lien avec la météorologie observées sur 5 stations rurales de fond françaises, 33^{ème} Congrès Français sur les Aérosols 2020, 28-29 janvier 2020, doi : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19778
- En mai 2020, plusieurs **communications orales** ont été présentées lors de congrès européen :
 - A. Bourin et al., Evolutions of the measurement program & QA/QC of the EMEP French monitoring network, Convention On Long-Range Transboundary Air Pollution - 21th Task Force on Measurement and Modelling Meeting, Online Meeting, May 11-13, 2020
 - T. Salameh et al., VOC monitoring at French EMEP sites, ACTRIS NOx/VOC QA workshop 2020, Remote meeting, May 12-14, 2020
 - T. Salameh et al., NOx monitoring at French EMEP sites, ACTRIS NOx/VOC QA workshop 2020, Remote meeting, May 12-14, 2020
 - T. Salameh et al., Comparison between models and observations at French ACTRIS and EMEP sites, ACTRIS NOx/VOC QA workshop 2020, Remote meeting, May12 - 14, 2020
- En juin 2020, une **communication orale** a été présentée lors d'une réunion de travail avec des partenaires européens : T. Salameh et al., Off-line measurements at a French EMEP site "Peyrusse-Vieille": the use of canisters and DNPH cartridges, MetClimVOC kick-off meeting, Remote meeting, June 2-3, 2020
- En juin 2020, une **fiche polluant synthétique** présentant les évolutions sur le long terme des polluants a été mise en ligne sur le site du LCSQA. Cette fiche présente une analyse des concentrations massiques en particules en suspension dans l'atmosphère (PM_{2,5} et PM₁₀) mesurées sur 10 stations de l'observatoire MERA depuis 2009 (annexe 2).

- En octobre 2020, de nouveaux résultats sur les observatoires nationaux ont été publiés dans la **collection Théma du ministère de la transition écologique** : A. Le Moullec et al., Suivi de la composition chimique des particules atmosphériques : complémentarités des observatoires nationaux, https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-10/thema_essentiel_03_particules_atmos_octobre2020.pdf
- En automne 2020, trois **rapports contractuels** ont été publiés dans le cadre des activités sur les COV :
 - M. Iturrate-Garcia et al., Summary report prioritising the components, concentration ranges and metrological requirements for the selected oxy-VOCs, terpenes and halogenated VOCs, octobre 2020
 - S. Reimann et al., Report on the current procedures used for the calibration of VOCs at ambient measurement sites in Europe, Livrable MetClimVOC A2.1.1, novembre 2020
 - S. Solberg et la., VOC measurements 2018, NILU: EMEP/CCC-Report 4/2020 - REFERENCE: O-7726 - ISBN: 978-82-425-3015-8 - ISSN: 2464-3920, septembre 2020

5. Bilan technique provisoire 2020

Un suivi régulier des préleveurs est réalisé par les opérateurs des stations et par l'IMT LD. Les actions de maintenance, dépannage ou contrôle de l'état des appareils ont pour but d'atteindre au moins 90% de taux de fonctionnement des équipements, fixés pour l'observatoire MERA selon les recommandations du réseau EMEP.

5.1. Délais de transport et d'analyse

Le Tableau 3 précise le délai entre la date de fin de l'échantillonnage (date du dernier échantillon collecté) et la date d'analyse des échantillons fournis par les laboratoires prestataires. La période de confinement de mars à mai 2020 a eu un impact sur le délai d'analyse de certains échantillons (e.g. pour les COV, un maximum de 84 jours), ces derniers n'ont pas été inclus dans cette analyse. Cependant, des questions d'organisations dans les laboratoires prestataires ont pu influencer de légères augmentations de ce délai.

Calculé pour la période du 01 janvier au 30 novembre 2020, le délai pour l'analyse des anions et des cations dans les précipitations est en moyenne de 8 jours. Les analyses de pH et de conductivité sont réalisées en moyenne sous 6 jours.

Concernant les métaux lourds, le délai entre la fin du prélèvement et le jour d'analyse s'établit pour 2020, sur la période du 31 décembre 2019 au 30 novembre 2020, à 51 jours pour le traitement et l'analyse des filtres (+18 jours par rapport à 2019) et à 31 jours pour les échantillons de pluie (+7 jours par rapport à 2019).

Les délais d'analyse des HAP sont également satisfaisants avec 20 jours pour le traitement et l'analyse des filtres, et de 20 jours pour les échantillons de pluie, en moyenne sur la période du 01 janvier au 30 novembre 2020.

Les délais d'analyse de la spéciation des PM_{2,5} sont courts, de l'ordre de 15 jours pour la période du 01 janvier au 1^{er} novembre 2020, avec un délai équivalent entre les analyses EC/OC et anions/cations.

Enfin, pour la période du 01 janvier au 31 octobre 2020, les délais pour les analyses de COV hydrocarbonés sont de 18 jours et pour les composés carbonylés de 17 jours. Entre 2019 et 2020, il y a eu une légère augmentation du délai d'analyse (+5 jours pour les COV et +8 jours pour les carbonylés).

Tableau 3 : Moyenne des délais (en jours) d'analyse des derniers échantillons de chaque série au cours de l'année 2020 (bilan fait au 31/12/2020 selon la disponibilité des données)

	mi-2020
pH, Cond	6
Anions / cations	8
Métaux lourds PM ₁₀	51
Métaux lourds Pluies	31
HAP PM ₁₀	20
HAP Pluie	12
Spéciation PM _{2,5}	15
COV hydrocarbonés	18
Carbonylés	17

5.2. Résultats des comparaisons inter-laboratoires

Les laboratoires impliqués dans les mesures analytiques de l'observatoire se doivent de participer régulièrement à des comparaisons inter-laboratoires (CIL), organisées entre les participants des programmes EMEP, ACTRIS et GAW ainsi qu'au sein du LCSQA. Ces exercices de comparaison peuvent concerner différents types de paramètres ou l'ensemble d'une méthode de mesure.

En 2020, le laboratoire CEA/LSCE a participé à deux CIL, l'une sur les analyses d'EC/OC dans les PM_{2,5} (ECAC 2020-1), et la seconde sur les analyses d'ions inorganiques majeurs dans une solution aqueuse (EMEP38). Les résultats à l'exercice sur EC/OC sont globalement satisfaisants, ceux sur les ions inorganiques majeurs ne sont pas encore connus à la date de rédaction de ce rapport. Les échantillons de la 38^{ème} CIL EMEP ont été envoyés en septembre dernier, mais en raison de la situation actuelle, des problèmes de colis retardés ou égarés ont rendu le transport plus compliqué et l'EMEP a étendu la date limite de soumission des résultats au 1^{er} février 2021.

Le laboratoire SGS Multilabs a participé à la CIL EMEP38 sur les analyses d'ions inorganiques dans les dépôts en décembre 2020 dont les résultats complets seront connus courant 2021. Concernant la CIL EMEP36 et la CIL EMEP37, suite à une demande d'analyse des causes, le laboratoire a documenté cette inconformité des résultats d'analyses. Par ailleurs, une inconformité a également été décelée par l'Office National des Forêts via une CIL organisée dans le cadre de l'ICP Forest par le

laboratoire IBL en juin 2020. En effet, malgré un étalonnage correct, des contrôles fréquents (pH 6,865 et pH 7,413) et un suivi normal sur des cartes de contrôle, l'électrode utilisée pour les mesures de pH sur les eaux faiblement chargées n'était pas stable, et le temps de réponse était plus long sur des échantillons peu minéralisés que sur des solutions de contrôle tamponnées. Cette électrode a été remplacée par une nouvelle (MLE-ANAL-0567) et les valeurs obtenues sur le reliquat des échantillons de la CIL IBL sont concordantes aux valeurs cibles. Pour la vérification de pH avec des solutions contrôles de faible pouvoir tampon, une demande de disponibilité de ces solutions a été faite auprès des fournisseurs et leurs réponses sont négatives. Des tests ont donc été réalisés afin de préparer des solutions secondaires internes pour le contrôle du pH à partir de solution tampon certifiés NIST selon la norme NF EN ISO 10523. Des contrôles secondaires pH 4,39 et pH 7,18 de faible pouvoir tampon ont été mis en place pour la vérification du pH. Ces contrôles sont vérifiés avec deux électrodes différentes et de nouvelles cartes de contrôles ont été créés.

Le laboratoire TERA Environnement a participé à la CIL EMEP38 sur les analyses de métaux lourds. Les résultats complets seront connus courant 2021. Une vigilance sera portée sur le rendu des résultats car lors des CIL EMEP36 et 37, certains résultats d'analyses d'As, de Cd et de Ni, avaient été rendues comme <LQ, indiquant un manque de précision dans les niveaux de concentrations analysés. Le laboratoire a également participé avec succès à l'exercice de comparaison 2020 du LCSQA. Les résultats indiquent que le processus est maîtrisé pour l'As, Cd et Pb. Dans le cas du Ni, la valeur du Z-score se situe entre [-2,-3] pour un des 4 essais de filtres chargés. Ce résultat est acceptable mais il doit mener à garder une certaine vigilance sur les analyses de métal.

5.3. Bilan de fonctionnement

5.3.1. Gestion des données

Les données, issues des mesures réalisées dans le cadre du dispositif MERA, sont fournies par les laboratoires d'analyse, par les AASQA ou par la banque de données de la qualité de l'air (GEOD'AIR). Le Tableau 4 présente les différents fournisseurs de données par type de mesure.

Le tableau de bord relatif à la gestion des données de l'observatoire est présenté sur la Figure 4. Les mesures réglementaires (concernant ML pluie, ML PM₁₀, HAP pluie, HAP PM₁₀ et spéciation PM_{2,5}), réalisées dans le cadre des directives européennes, sont reportées aux AASQA mensuellement après une première validation environnementale des données. Une expertise environnementale annuelle est faite à l'issue de l'année de mesure avec l'ensemble du jeu de données afin de pouvoir valider définitivement les mesures au regard de leurs évolutions saisonnières notamment. Avant d'être reportées à l'EMEP, les données sont toutes affectées d'un code qualité suivant la liste (<https://www.nilu.no/projects/ccc/flags/index.html>) des 145 codes EMEP possibles.

Tableau 4 : Récapitulatif des fournisseurs de données du dispositif MERA en 2019

Station	Pluies	COV	Métaux lourds		HAP		Spéciation	Météo	O ₃ NOx PM ₁₀ PM _{2,5}
			pluie	PM ₁₀	pluie	PM ₁₀	PM _{2,5}		
Le Casset	SCS	TERA	TERA	PM ₁₀	IANESCO	PM ₁₀	LSCE	Atmo Auvergne-Rhône-Alpes	GEOD'AIR
Morvan								Atmo Bourgogne Franche-Comté	
Montandon								Atmo Normandie	
La Coulonche								Atmo Bourgogne Franche-Comté	
Montandon								Atmo Nouvelle-Aquitaine	
Le Montfranc								Air Pays de la Loire	
La Tardière								Atmo Occitanie	
Peyrusse-Vieille								Atmo Grand Est	
Revin								AIR BREIZH	
Donon								Atmo Auvergne-Rhône-Alpes	
Kergoff	SCS	TERA	TERA	IANESCO	PM ₁₀	LSCE	LIG'AIR	GEOD'AIR	
Saint-Nazaire le Désert									
Verneuil									

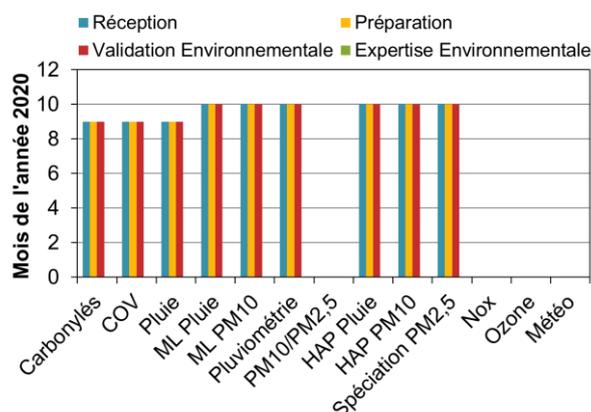


Figure 4 : Etat de la gestion des données 2020 du dispositif MERA au 31/12/2020

5.3.2. Visites des stations

Dans le cadre du système qualité de l'observatoire MERA, l'IMT LD réalise des visites de sites. L'organisation et le contenu des visites sont comme suit :

- un planning annuel est mis en place afin que chaque intervenant puisse anticiper les visites de site ;
- afin de rendre les visites plus ciblées, avant toute intervention, un contact est pris avec le ou les interlocuteurs principaux de site afin d'en tirer les éléments forts nécessaires au fonctionnement du site (défaut récurrent d'appareil, installation de nouveaux préleveurs,...) et de discuter des solutions pouvant être mises en place. Tous ces éléments sont repris dans un tableau de suivi et la visite fait l'objet d'un rapport ;
- Les fréquences d'intervention sont ajustées en fonction du programme de mesure propre au site et afin de répondre au mieux aux différentes attentes ;
- afin d'éviter toute redondance, sauf en cas de problème identifié, il n'y a pas de contrôle des instruments de mesure déjà contrôlés systématiquement par les AASQA (température, pression, humidité, etc...). Les audits du LCSQA comprennent une partie spécifique à MERA pour examiner les éléments et la

traçabilité. Par ailleurs, les résultats des étalonnages réalisés par les AASQA peuvent être demandés annuellement pour le processus de validation finale des données.

Le Tableau 5 ci-dessous reprend les périodicités minimales (hors contexte sanitaire) d'intervention décidées suivant le programme de mesure de chaque station et le besoin d'intervention spécifique de l'IMT Lille Douai. Compte tenu de l'implémentation de nouveaux appareils, certaines stations peuvent faire l'objet de visites supplémentaires.

Tableau 5 : Périodicité des visites de l'IMT LD sur les stations de mesure.

STATION	Périodicité d'intervention/ équipements (nombre/an)
CASSET	1
COULONCHE	1
DONON	2
MONTANDON	1
MONTFRANC	1
MORVAN	1
PEYRUSSE	2
REVIN	2
ST NAZAIRE	0.5
TARDIERE	2
VERNEUIL	0.5
KERGOFF	0.5

Ce tableau ne prend pas en compte les interventions exceptionnelles pour dysfonctionnement d'un appareil qui potentiellement viennent s'ajouter aux visites annuelles.

Compte tenu de la crise sanitaire subie en 2020 toutes les stations n'ont pas pu faire l'objet d'une visite. Des actions curatives/préventives ont cependant pu être réalisées en 2020 sur les stations de l'observatoire pour Peyrusse-Vieille, Revin, La Tardière et La Coulonche :

A noter que la station de La Coulonche, en 2020, a fait l'objet d'un changement des capteurs météorologiques remplacés par des capteurs VAISALA type WXT530 pour les mesures de pression, température et humidité relative. Ces capteurs initialement installés sur la station de la Tardière ont été transférés suite des problèmes de communication avec la centrale d'acquisition empêchant le bon fonctionnement. Ces mêmes mesures seront également remplacées au premier semestre 2021 pour la station de La Tardière par un nouvel équipement acquis en 2020.

L'installation de mesures météorologiques est à l'étude pour la station de Kergoff et devrait être effective pour 2021.

Le site du Donon devrait être équipé au premier semestre 2021 de mesures météorologiques supplémentaires notamment en direction et vitesse de vent. Avant une installation définitive et compte tenu de l'emplacement en clairière contraignant pour l'obtention de mesures météorologiques représentatives, des capteurs tests seront installés sur le site dans un premier temps et les mesures ne seront donc pas directement reportées à l'EMEP.

Il est à souligner que les collecteurs de pluie Eigenbrodt ont pour l'ensemble plus de 15 ans de fonctionnement et il est actuellement difficile de trouver des pièces pour la maintenance de ces appareils. Ce point a été discuté avec les différentes AASQA concernées pour envisager leur remplacement.

Lors de la visite de la station de la Tardière, un affaissement de la dalle supportant le collecteur de pluie Eigenbrodt a été constaté. Cela est sans impact sur la planéité du collecteur néanmoins si le phénomène évolue, il pourra être envisagé son remplacement. Le même phénomène a été constaté au niveau de la dalle de support du mât météo pour la station de Peyrusse-Vieille.

5.3.3. Taux de fonctionnement estimatifs

Les taux de fonctionnement sur l'année 2020 (arrêtés au 31/12/2020) sont présentés Tableau 6. Il s'agit cependant de taux estimés (à partir de fiches de suivi) et à consolider après réception de l'ensemble des données. Pour la plupart des stations et des polluants, les taux de fonctionnement sont satisfaisants puisque supérieurs à 90%.

Les taux de fonctionnement des collecteurs de pluie des stations du Morvan, Revin et Montfranc sont inférieurs à 90%. Il est à souligner que les collecteurs de pluie Eigenbrodt ont pour l'ensemble plus de 15 ans de fonctionnement et il est actuellement difficile de trouver des pièces pour la maintenance de ces appareils. Ce point a été discuté avec les différentes AASQA concernées pour envisager leur remplacement.

Concernant les mesures météorologiques, il faut noter l'absence de mesure d'humidité relative à Montandon. Cette mesure effectuée par une sonde (température + humidité) de dernière génération n'est pas complètement compatible avec le module de conversion de données installé initialement (DAT12). En effet, seule la température peut être suivie. Le type de sonde utilisée auparavant sur l'observatoire n'est plus réparable, ni vendu par le fabricant VAISALA.

Pour pallier à ce problème de vétusté, des investissements sur de nouveaux capteurs météo (DV, VV, T, P, HR) ont été opérés. Les stations de Peyrusse-Vieille, La Tardière, Revin et La Coulonche ont été équipées sur la période 2018-2020 de nouveaux capteurs de chez VAISALA : weather transmitter WXT530 et/ou WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor WMT700. Les éléments récupérés suite à ces changements d'équipement et encore en état de fonctionnement permettent dans la mesure du possible de remédier aux manques éventuels sur d'autres sites. Ce fut d'ailleurs le cas pour la station de La Coulonche, dont la sonde de température et d'humidité relative a été remplacée par celle en provenance de Peyrusse-Vieille.

A noter que depuis novembre 2020 pour la station de la Coulonche un WXT 530 équipe la station. En 2021 est prévu l'installation d'un WMT 700.

Il est à noter que pour les stations de La Tardière et Revin, les capteurs météorologiques, nouvellement installés, semblent présenter un défaut de communication entre les centrales d'acquisition notamment pour le WXT530 de La Tardière et le WMT700 de Revin. Ces capteurs ont été renvoyés chez le constructeur VAISALA. Ce défaut reste persistant après réinstallation.

Une solution pour Tardière a été trouvée par le remplacement du WXT 530 par un système analogique équivalent et qui sera installé au premier semestre 2021.

Tableau 6 : Bilan de fonctionnement du programme de mesure 2020 (01/01/2020 au 31/12/2020).
Les taux de fonctionnement affichés (en %) sont estimés (à partir des fiches de suivi remplies par les gestionnaires de site) et à consolider après réception de l'ensemble des données.

Station	DON	CAS	COU	FRA	TAR	MON	MOR	PEY	REV	KER	SND	VER
Collecteur pluie	96,9	91,8	95,1	86,2	96,8	100,0	88,7	96,1	89,5			
Pluviomètre	97,6	84,8	97,1	97,6	100,0	100,0	100,0	75,4	100,0	100,0	100,0	100,0
Gravi PM _{2.5}	100,0		100,0		100,0		100,0	100,0	98,1	100,0	100,0	100,0
Gravi PM ₁₀	100,0		100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	96,3	100,0	100,0	
Ozone	98,1	100,0	98,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,2	100,0	100,0	100,0
NO - NO ₂	91,2				100,0		100,0	100,0	92,9	100,0	100,0	100,0
Météo	DV-VV		100	100	98,1	98,1	100	100	100	50,0		
	T		100	100	98,1	0	100	100	100	100		
	P		100	100	98,1	0	100	100	100	100		
	Hr		100	100	98,1	0	0	100	100	100		
COV								50				
Carbonylés								93,7				
ML PM ₁₀	100							100	100	100	100	100
ML dépôts	100							100	100	100	100	100
HAP PM ₁₀	100							100	100	100	100	100
HAP dépôts	100							100	100	100	100	100
Spéciation PM _{2.5}	100							100	100	100	100	100

Concernant la mesure radiométrique, le vieillissement des capteurs entraîne un défaut d'étanchéité et par conséquent une forte condensation sur le dôme du radiomètre. Le problème est connu puisque déjà constaté sur plusieurs stations de l'observatoire. Les réparations ne sont pas possibles. Ces données de rayonnement, jugées non prioritaires, ne seront plus reportées à l'EMEP.

Le taux de fonctionnement pour la mesure des COV est faible à 50,0%. Il est à noter que plusieurs canisters présentant des fuites n'ont pas pu être analysés, et une fuite sur une voie de prélèvement a nécessité le retour du préleveur à IMT LD. Comme indiqué précédemment, une réflexion est en cours sur l'observatoire MERA pour un remplacement des mesures off-line de COV hydrocarbonés et composés carbonylés par des mesures on-line.

6. Suivi chronologique des données 2020 (données préliminaires)

Lors du premier confinement suite au COVID-19, les mesures manuelles sur les sites MERA ont été interrompues sur la période du 24 mars au 19 mai 2020 car les personnels techniques d'AASQA, les laboratoires d'analyses et les sociétés de transport ne pouvaient pas maintenir les interventions nécessaires à l'opérationnalité de l'observatoire. Une vigilance particulière lors de l'expertise environnementale des données 2020 sera portée sur les délais importants entre l'échantillonnage et l'analyse des contaminants.

6.1. Métaux lourds

6.1.1. Dans les aérosols

Au 31 décembre 2020, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des métaux lourds dans les aérosols jusqu'au mois d'octobre 2020. Les moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur cette période de l'année sont reportées Tableau 7.

Le plomb est en moyenne l'élément trace métallique majoritaire parmi les 4 éléments analysés dans les aérosols pour toutes les stations. Les concentrations moyennes en plomb dans les PM₁₀ varient de 0,880 à 3,01 ng.m⁻³ sur la période étudiée. Les concentrations en nickel sont en moyenne de 0,327 à 6,21 ng.m⁻³. En arsenic, les concentrations moyennes sont proches de 0,159 ng.m⁻³. La station de Revin se distingue des autres stations car les concentrations moyennes en plomb sont les plus élevées, d'un facteur 2 environ. Pour le nickel, les plus fortes concentrations moyennes sont identifiées à la station Kergoff (6,21 ng.m⁻³), de plus d'un facteur 6.

Tableau 7 : Moyennes des mesures de métaux lourds (ng/m³) dans les aérosols de l'observatoire MERA pour la période du 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	Arsenic (ng/m3)	Cadmium (ng/m3)	Plomb (ng/m3)	Nickel (ng/m3)
Kergoff	18	0,132	0,031	0,880	6,215
Donon	20	0,129	0,033	1,196	0,340
Peyrusse	17	0,187	0,045	1,330	0,345
Revin	20	0,206	0,090	3,010	0,465
Saint-Nazaire	20	0,128	0,034	0,962	0,327
Verneuil	21	0,173	0,051	1,294	0,379

Au 06 octobre 2020, les gammes de variations des concentrations mesurées des métaux lourds dans les aérosols des stations sont :

- pour Pb entre 0,184 ng.m⁻³ (KER) et 5,35 ng.m⁻³ (REV) ;
- pour Cd entre 0,008 ng.m⁻³ (KER) et 0,215 ng.m⁻³ (REV) ;
- pour As entre 0,042 ng.m⁻³ (KER) et 0,379 ng.m⁻³ (REV) ;
- pour Ni entre 0,049 ng.m⁻³ (PEY,SND) et 26,4 ng.m⁻³ (KER).

Le plomb a une gamme étendue de concentrations par rapport à l'arsenic et au cadmium. Pour ce bilan provisoire, la station de Kergoff est caractérisée par une teneur maximale très élevée en nickel de 26,4 ng.m⁻³ et trois mesures sont supérieures à 20 ng.m⁻³. Ces valeurs extrêmes ne sont pas considérées comme représentative au regard de la gamme historique d'évolution du nickel sur les autres stations de l'observatoire mais n'avait pas été détectée lors de la campagne de recouvrement avec Guipry. Une saisonnalité sur l'évolution temporelle des concentrations en métaux lourds dans les aérosols mesurés sur les sites de l'observatoire MERA est faiblement marquée (Figure 5) et plus élevée en début d'année (visible notamment sur Verneuil), en particulier pour le plomb.

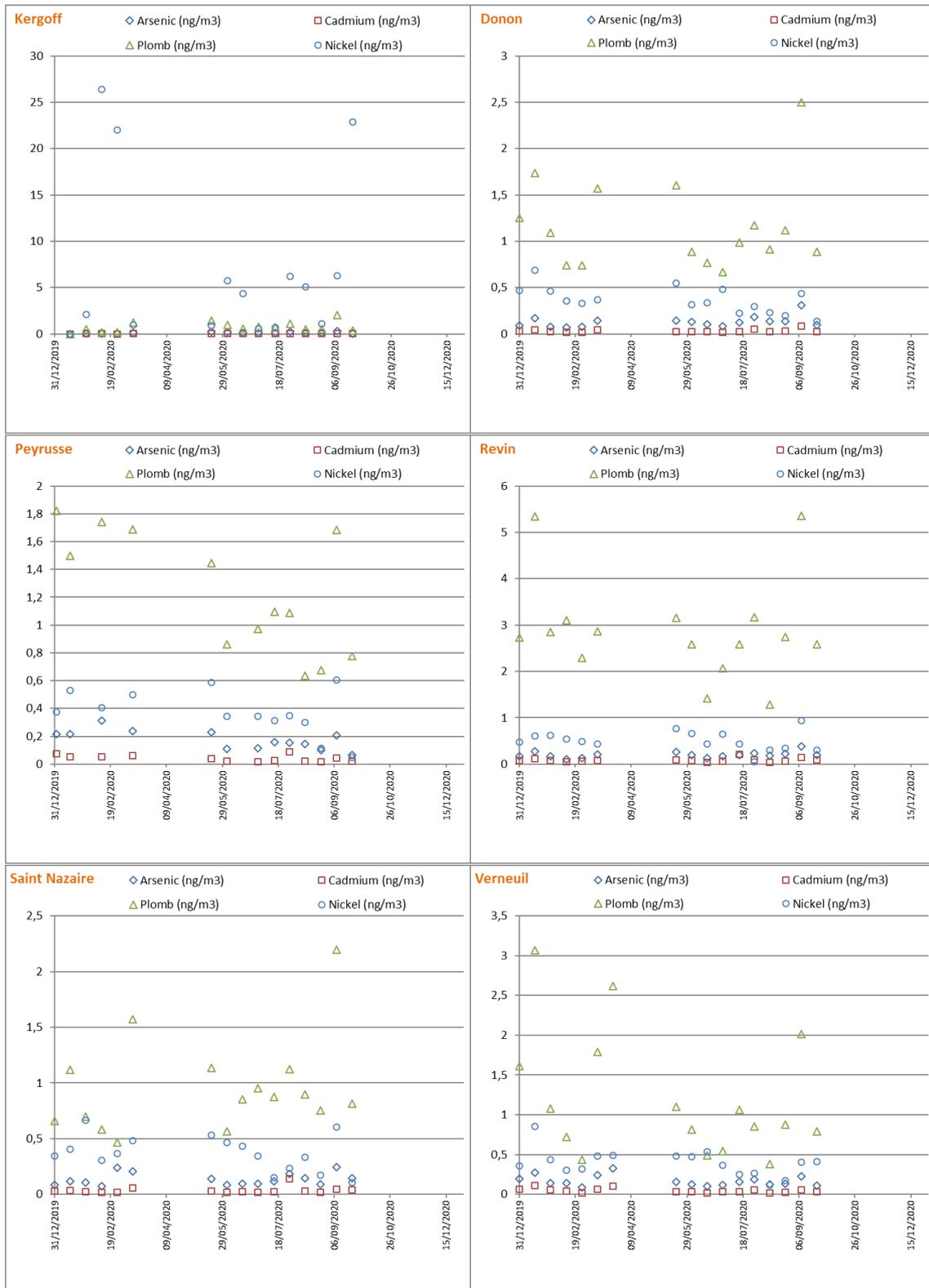


Figure 5 : Evolution temporelle des concentrations en métaux lourds (ng.m⁻³) dans les aérosols mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2020 (données préliminaires)

6.1.2. Dans les précipitations

Les métaux lourds dans des eaux de précipitations collectées sont analysés toutes les 4 semaines suivant un calendrier établi et commun à tous les sites. Les résultats d'analyse sont transmis à l'IMT LD dans un délai de deux mois après la date de fin de prélèvement des échantillons. La validation définitive des analyses est réalisée de manière annuelle après contrôle de l'ensemble des résultats.

Au 31 décembre 2020, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des métaux lourds dans les précipitations jusqu'au mois d'octobre 2020. Les moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée sont reportées Tableau 8.

Comme pour les aérosols, l'élément trace métallique analysé prépondérant dans les pluies est le plomb, à l'exception des pluies échantillonnées sur la station de Saint-Nazaire-le-Désert, où les concentrations moyennes en arsenic sont légèrement supérieures à celles en plomb dans les pluies. Les concentrations en métaux lourds dans les pluies sont globalement les plus élevées sur la station de Peyrusse-Vieille en raison d'épisodes de sécheresse estivale, impliquant des volumes faibles d'échantillons à très fortes concentrations (Figure 6). Suite à plusieurs casses de jauge pendant le transport, il manque des échantillons sur la station de Peyrusse-Vieille, de Donon et de Revin.

Tableau 8 : Moyennes des mesures de métaux lourds ($\mu\text{g l}^{-1}$) dans les pluies sur l'observatoire MERA pour la période 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	Arsenic ($\mu\text{g/l}$)	Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	Plomb ($\mu\text{g/l}$)	Nickel ($\mu\text{g/l}$)
Kergoff	9	0,120	0,041	0,656	0,329
Donon	7	0,260	0,238	0,910	0,525
Peyrusse	7	0,668	0,122	3,357	2,179
Revin	8	0,205	0,121	2,078	0,807
Saint-Nazaire	9	0,113	0,034	0,928	0,373
Verneuil	9	0,229	0,075	1,358	0,776

Jusqu'au 06 octobre 2020, les gammes de variations des concentrations pour les métaux lourds dans les dépôts totaux des stations sont :

- pour Pb entre $0,003 \mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et $15,36 \mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) ;
- pour Cd entre $0,001 \mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et $0,535 \mu\text{g l}^{-1}$ (DON) ;
- pour As $0,006 \mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et $2,99 \mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) ;
- pour Ni entre $0,004 \mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et $9,33 \mu\text{g l}^{-1}$ (PEY).

Les basses valeurs coïncident avec les limites de quantification (valeurs exprimées en LQ/2) pour tous les éléments sur un échantillon prélevé à Saint-Nazaire-le-Désert, cet échantillon était un échantillon sec pour lequel l'analyse des métaux a été réalisée sur le volume d'eau de rinçage. Pour ce bilan provisoire, c'est la station de Peyrusse-Vieille qui est caractérisée par des valeurs maximales de concentrations pour tous les métaux analysés. Comme expliqué précédemment, l'échantillon de juillet a récolté des pluies les plus concentrées sur un événement pluvieux de très faible intensité, contribuant à des valeurs élevées en concentrations.

L'évolution temporelle des concentrations en métaux lourds dans les pluies collectées en 2020 sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 6. Les concentrations en métaux lourds dans les pluies sont marquées par plusieurs pics de concentrations pouvant être partagés par les stations en période estivale notamment (prélèvement du 15/07 au 11/08) et d'autres non communs comme celui de la période du 25/02 au 24/03 à Saint-Nazaire-Le-Désert). Comme précisé précédemment, ces pics sont déterminés par des hauteurs de pluies très faibles associées à des pluies relativement concentrées.

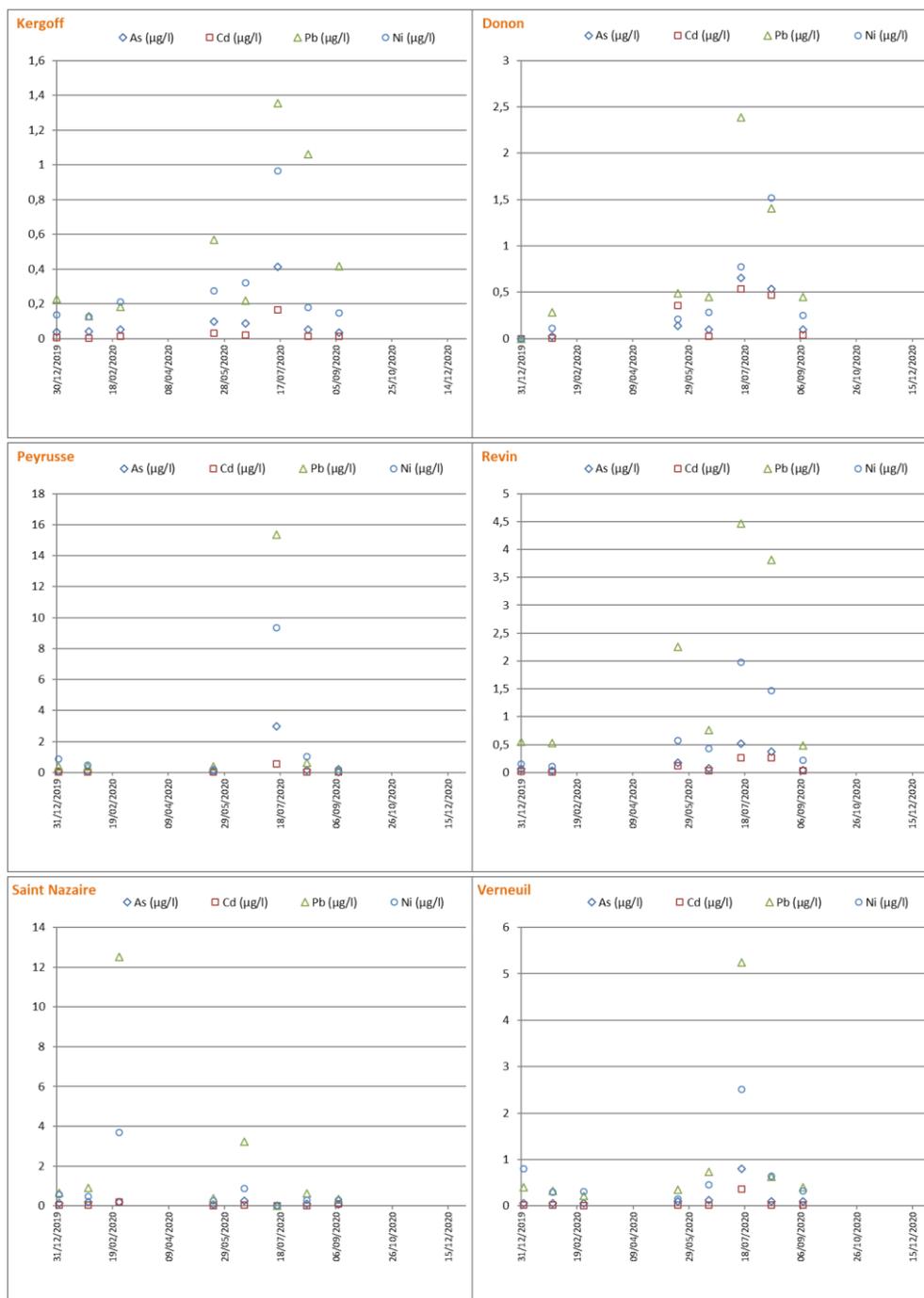


Figure 6 : Evolution temporelle des concentrations en métaux lourds ($\mu\text{g/l}$) dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2020 (données préliminaires)

6.2. HAP

6.2.1. Dans les aérosols

Les stations sont équipées de préleveurs automatiques pour le prélèvement sur 24 heures dans l'air ambiant des particules de taille inférieure à 10 µm. Le filtre à échantillonner est placé pour un prélèvement programmé (1j/6j) suivant un calendrier établi et commun à tous les sites. Les résultats d'analyse sont transmis à l'IMT LD dans un délai de deux mois après la date de fin de prélèvement des échantillons. La validation définitive des analyses est réalisée après contrôle de l'ensemble des résultats.

Au 31 décembre 2020, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des HAP dans les aérosols jusqu'au mois d'octobre 2020. Les moyennes des concentrations en HAP mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée sont reportées Tableau 9.

Le composé majoritaire de la famille des HAP analysés dans les aérosols est, en moyenne, le BbF pour toutes les stations. La station de Saint-Nazaire-le-Désert est caractérisée par les aérosols les plus fortement concentrées en HAP en moyenne alors que les aérosols mesurés à la station Peyrusse sont les moins concentrés en HAP en moyenne par rapport aux autres stations.

Tableau 9 : Concentrations moyennes des HAP (ng/m³) dans les aérosols PM₁₀ sur l'observatoire MERA pour la période du 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	BaP	BaA	BbF	BjF	BkF	DBahA	IcdP
Kergoff	34	0,016	0,007	0,035	0,018	0,014	0,006	0,027
Donon	40	0,025	0,013	0,039	0,019	0,016	0,007	0,028
Peyrusse	35	0,017	0,006	0,029	0,015	0,012	0,007	0,023
Revin	38	0,033	0,016	0,057	0,027	0,022	0,009	0,040
Saint-Nazaire	36	0,051	0,029	0,071	0,040	0,031	0,012	0,055
Verneuil	34	0,029	0,012	0,059	0,031	0,023	0,010	0,043

Les gammes de variations des concentrations pour les HAP dans les aérosols mesurées sur les stations sont :

- pour le BaP entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,549 ng.m⁻³ (SND);
- pour le BaA entre 0,002 ng.m⁻³ (tous) et 0,399 ng.m⁻³ (SND);
- pour le BbF entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,620 ng.m⁻³ (SND);
- pour le BjF entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,385 ng.m⁻³ (SND);
- pour le BkF entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,303 ng.m⁻³ (SND);
- pour le DBahA entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,090 ng.m⁻³ (SND);
- pour l'IcdP entre 0,004 ng.m⁻³ (tous) et 0,453 ng.m⁻³ (SND).

Les basses valeurs coïncident toutes avec des concentrations inférieures aux limites de quantification pour les éléments (valeur exprimée en LQ/2). Toutes les valeurs

maximales des concentrations en HAP sont associées aux échantillons prélevés sur la station de Saint-Nazaire-le-Désert.

L'évolution temporelle des concentrations en HAP dans les aérosols mesurés sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 7. Une forte variabilité saisonnière est observée, les concentrations hivernales sont généralement plus élevées que les concentrations printanières. En été, les concentrations sont les plus faibles (inférieures aux limites de quantification). Les évolutions temporelles des concentrations en HAP sont comparables entre les stations, notamment, fin janvier (pic du 24/01) des niveaux moyens élevés en HAP ont été communément observés sur Kergoff et Donon.

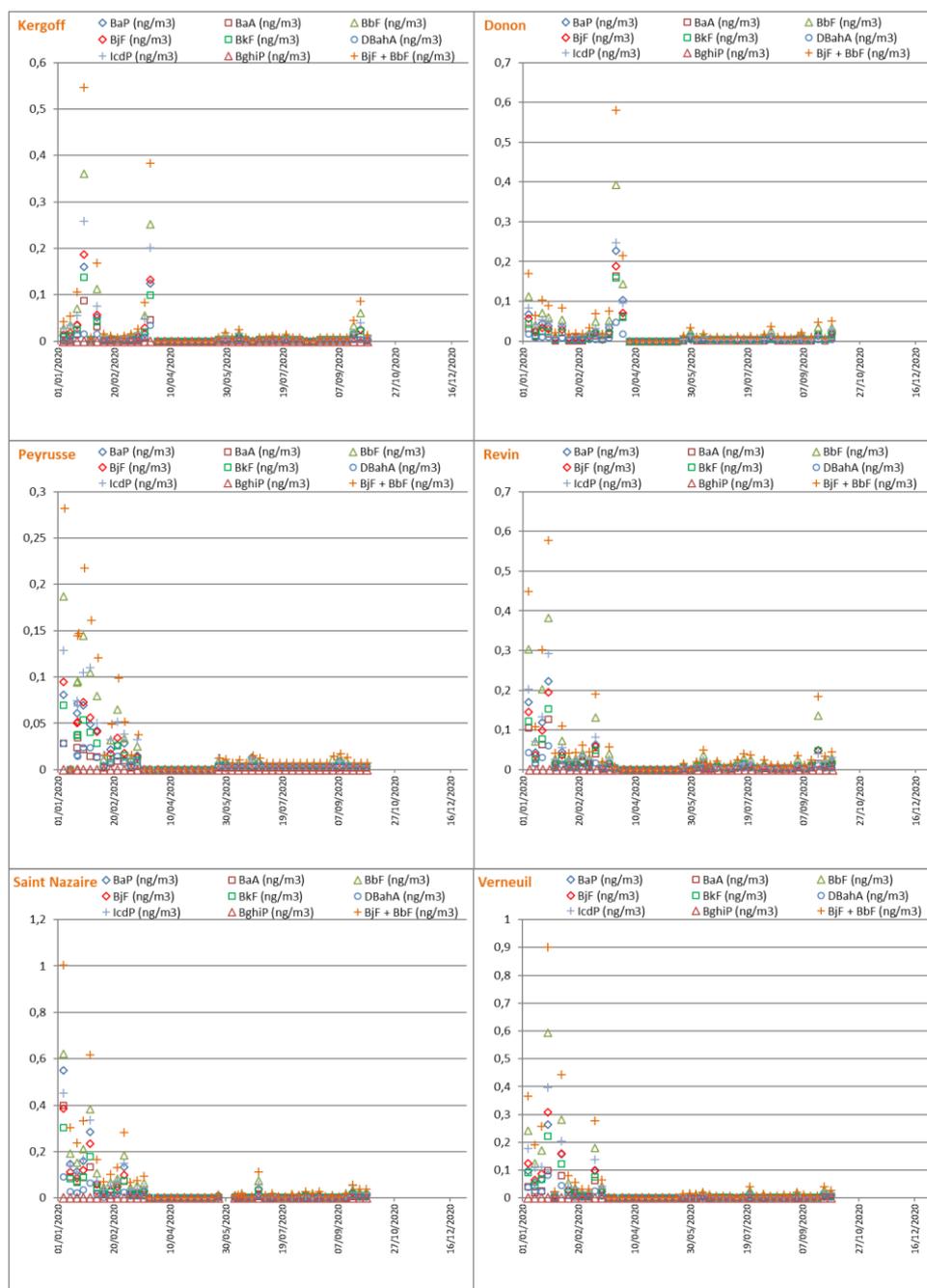


Figure 7 : Evolution temporelle des concentrations en HAP (ng/m³) dans les aérosols mesurés sur les sites de l'observatoire MERA en 2020 (données préliminaires)

6.2.2. Dans les précipitations

Les HAP sont mesurés dans les eaux de précipitations pour une durée d'échantillonnage de 4 semaines suivant un calendrier établi et commun à tous les sites. Les résultats d'analyse sont transmis à l'IMT LD dans un délai maximum de deux mois après la date de fin de prélèvement des échantillons. La validation définitive des analyses est réalisée après contrôle de l'ensemble des résultats.

Au 31 décembre 2020, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des HAP dans les pluies jusqu'au mois d'octobre 2020. Les moyennes des concentrations en HAP mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée sont reportées Tableau 10.

L'élément HAP analysé majoritaire dans les pluies est en moyenne le BbF pour toutes les stations. La station de Kergoff enregistre des concentrations en HAP plus basses que les autres stations de l'observatoire.

Tableau 10 : Moyennes des mesures des HAP ($\mu\text{g/l}$) dans les pluies sur l'observatoire MERA pour la période du 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	BaP	BaA	BbF	BjF	BkF	DBahA	lcdP
Kergoff	8	1,5	0,9	2,5	0,9	0,9	0,3	1,3
Donon	8	2,5	1,2	4,2	2,0	1,7	0,8	3,2
Peyrusse	6	4,0	1,7	6,6	2,1	2,9	1,7	7,3
Revin	8	7,3	2,9	11,9	4,7	4,7	2,1	7,8
Saint-Nazaire	8	3,2	3,4	6,3	2,4	1,7	1,4	6,7
Verneuil	8	2,9	1,6	5,2	2,1	1,8	0,6	3,7

Les gammes de variations des concentrations pour les HAP dans les dépôts totaux des stations sont :

- pour le BaP entre $0,133 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $19,7 \mu\text{g l}^{-1}$ (REV) ;
- pour le BaA entre $0,067 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $19,1 \mu\text{g l}^{-1}$ (SND) ;
- pour le BbF entre $0,452 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $29,4 \mu\text{g l}^{-1}$ (REV) ;
- pour le BjF entre $0,133 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $10,3 \mu\text{g l}^{-1}$ (REV) ;
- pour le BkF entre $0,133 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $11,5 \mu\text{g l}^{-1}$ (REV) ;
- pour le DBahA entre $0,095 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $5,57 \mu\text{g l}^{-1}$ (REV) ;
- pour l'lcdP entre $0,292 \mu\text{g l}^{-1}$ (KER) et $31,4 \mu\text{g l}^{-1}$ (PEY).

Les basses valeurs coïncident avec les valeurs de limites de quantification pour les éléments (valeur exprimée en LQ/2). La majorité des valeurs maximales des concentrations est associée à la station de Revin. Les concentrations maximales mesurées sur cette station sont comparables aux valeurs maximales observées sur Peyrusse-Vieille.

L'évolution temporelle des concentrations en HAP dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 8. Les concentrations en HAP dans les pluies sont généralement plus élevées en hiver et au printemps par rapport aux concentrations estivales. En revanche des pics de concentration ont été mesurés lors de la période estivale sur plusieurs stations dans les pluies de faibles volumes (quelques millimètres).

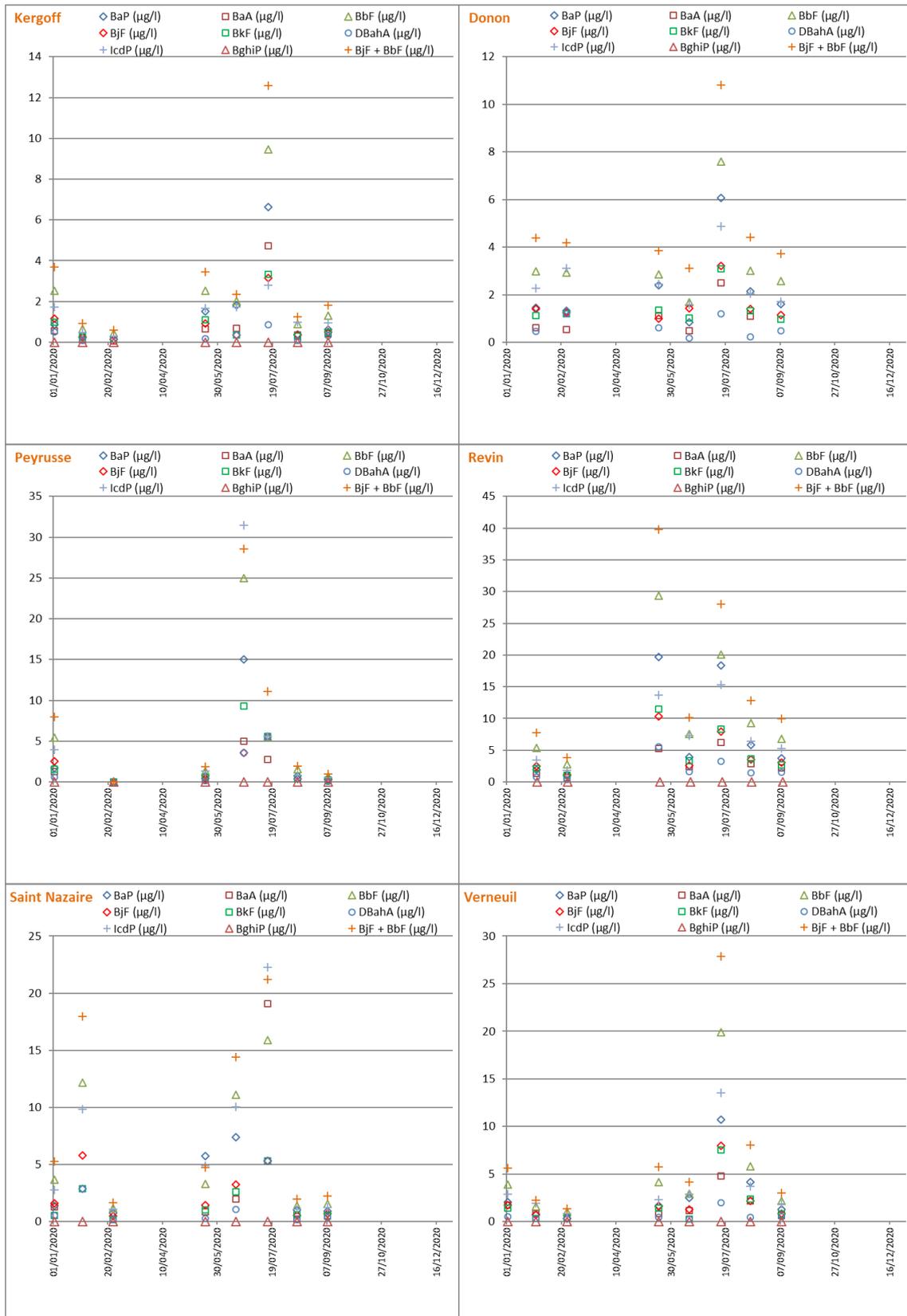


Figure 8 : Evolution temporelle des concentrations en HAP ($\mu\text{g/l}$) dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2020 (données préliminaires)

6.3. Spéciation dans les PM_{2,5}

La spéciation des PM_{2,5} est mesurée dans les particules PM_{2,5} pour une durée d'échantillonnage de 24 heures suivant un calendrier établi et commun à tous les sites (1j/6j). Les résultats d'analyse sont transmis dans un délai de deux mois après la date de fin de prélèvement des échantillons. La validation définitive des analyses est réalisée après contrôle de l'ensemble des résultats.

Au 31 décembre 2020, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse de la spéciation des PM_{2,5} prélevés jusqu'au mois d'octobre 2020. Les moyennes des concentrations en carbone organique, en carbone élémentaire et en espèces ioniques majeures inorganiques mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée sont reportées Tableau 11 à Tableau 12.

Les concentrations moyennes en carbone total sont comparables entre la majorité des stations, les concentrations sont néanmoins plus élevées sur la station de Saint-Nazaire-le-Désert. En moyenne, le carbone total est constitué à 92% de carbone organique. Les concentrations de carbone élémentaire mesurées à Kergoff en carbone élémentaire ont une contribution plus élevée au carbone total (12%) que sur les autres stations.

Globalement les concentrations moyennes parmi les plus faibles en ions inorganiques sont mesurées sur les stations de Peyrusse-Vieille et de Saint-Nazaire-le-Désert. Les concentrations moyennes en sulfate, en nitrate et en ammonium sont plus élevées sur Revin et Kergoff. Les concentrations moyennes les plus élevées en calcium sont mesurées sur Verneuil et Saint-Nazaire-le-Désert. Les concentrations en magnésium, sodium et en chlorure élevées dans les PM_{2,5} prélevées sur la station Kergoff sont dues à la proximité de cette station avec la façade maritime atlantique.

Tableau 11 : Moyennes des mesures par transmittance de carbones total, organique et élémentaire ($\mu\text{gC}/\text{m}^3$) dans les PM_{2,5} sur l'observatoire MERA pour la période du 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	TC	OC	EC
Kergoff	34	1,30	1,15	0,15
Donon	39	1,82	1,71	0,10
Peyrusse	35	1,74	1,62	0,12
Revin	37	1,64	1,48	0,16
Saint-Nazaire	36	2,39	2,24	0,15
Verneuil	34	1,82	1,68	0,14

Tableau 12 : Moyennes des mesures des ions majeurs inorganiques ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans les PM_{2,5} sur l'observatoire MERA pour la période du 31 décembre 2019 9h TU au 06 octobre 2020 9h TU (données préliminaires)

Stations	n	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Kergoff	34	0,363	0,787	0,558	0,262	0,406	0,028	0,030	0,030
Donon	39	0,024	0,340	0,687	0,049	0,369	0,020	0,006	0,021
Peyrusse-Vieille	35	0,061	0,161	0,756	0,094	0,284	0,027	0,011	0,025
Revin	37	0,113	0,940	0,831	0,134	0,545	0,027	0,016	0,024
Saint-Nazaire	36	0,020	0,139	0,733	0,054	0,298	0,033	0,008	0,043
Verneuil	34	0,118	0,459	0,634	0,138	0,294	0,038	0,019	0,040

Les gammes de variations des concentrations spéciées dans les PM_{2,5} mesurées sur les stations sont :

- pour le carbone organique entre 0,185 µgC.m⁻³ (REV) et 7,87 µgC.m⁻³ (VER) ;
- pour le carbone élémentaire entre 0,022 µgC.m⁻³ (5/6 stations) et 0,747 µgC.m⁻³ (VER) ;
- pour le chlorure entre 0,004 µg.m⁻³ (tous) et 3,71 µg.m⁻³ (KER) ;
- pour le nitrate entre 0,022 µg.m⁻³ (tous) et 7,74 µg.m⁻³ (KER) ;
- pour le sulfate entre 0,004 µg.m⁻³ (REV) et 3,50 µg.m⁻³ (SND) ;
- pour le sodium entre 0,003 µg.m⁻³ (3/6 stations) et 2,41 µg.m⁻³ (KER) ;
- pour l'ammonium entre 0,004 µg.m⁻³ (2/6 stations) et 2,86 µg.m⁻³ (KER) ;
- pour le potassium entre 0,002 µg.m⁻³ (4/6 stations) et 0,295 µg.m⁻³ (VER) ;
- pour le magnésium entre 0,001 µg.m⁻³ (tous) et 0,286 µg.m⁻³ (KER) ;
- pour le calcium entre 0,002 µg.m⁻³ (5/6 stations) et 0,301 µg.m⁻³ (KER).

De nombreuses valeurs basses coïncident à des concentrations inférieures aux limites de quantification (valeur exprimée en LQ/2). Les valeurs maximales des concentrations en carbones organique et élémentaire sont associées à la station de Verneuil, tout comme les valeurs maximales de potassium. Pour les ions tels que le nitrate et l'ammonium, les valeurs maximales ont été observées sur la station de Kergoff et des concentrations équivalentes ont été mesurées sur les stations de Verneuil et Revin. Les concentrations les plus élevées en calcium, magnésium, sodium et chlorure sont mesurées sur la station de Kergoff.

L'évolution temporelle des concentrations mesurées dans les PM_{2,5} sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 9. Les concentrations en carbones organique et élémentaire dans les PM_{2,5} sont faiblement marquées par une variabilité saisonnière. Les concentrations en carbones organique et élémentaire mesurées lors de la journée du 24/01 sont globalement plus élevées sur Verneuil. Des niveaux élevés en carbone organique ont été observés à Revin et Donon lors de la journée estivale du 09/08.

Des concentrations plus élevées en nitrate et en ammonium, sont épisodiques et ont été observées sur les stations du nord/centre/ouest France, en janvier (24/01) puis en mars (18 au 24/03), des pics en juin et septembre a été observé sur Revin (10/06) et Kergoff (20/09) respectivement. Les concentrations en calcium mesurées dans les PM_{2,5} présentent des pics épisodiques mesurés sur Kergoff (29/05) et Verneuil (26/09). Les concentrations maximales en sodium, magnésium et chlorure ont été mesurées à Kergoff lors du mois de mai (23/05).

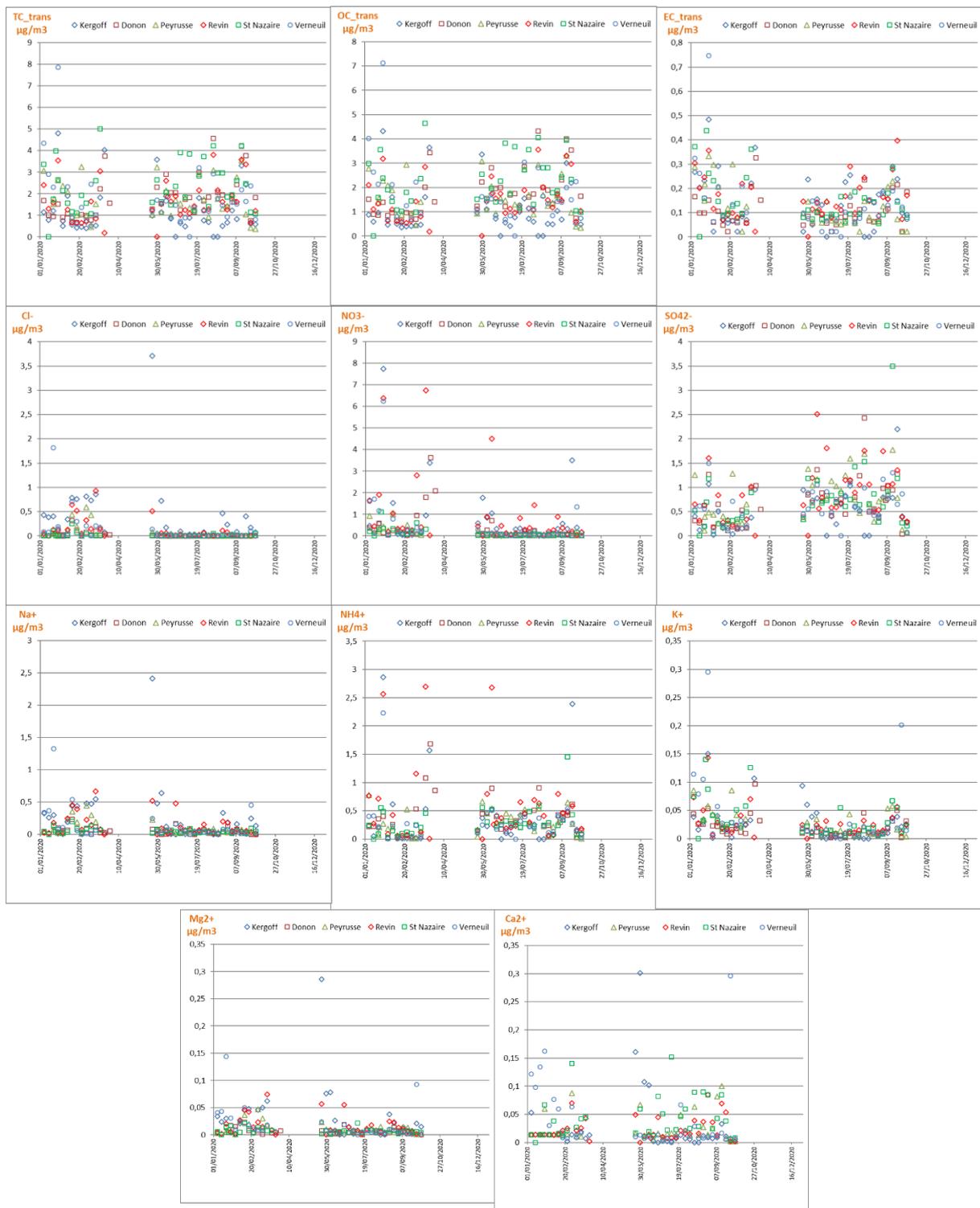


Figure 9 : Evolution temporelle des concentrations en carbone total, carbone organique, carbone élémentaire, chlorure, nitrate, sulfate, sodium, ammonium, potassium, magnésium et calcium dans les $\text{PM}_{2,5}$ mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2020 (données préliminaires)

7. Conclusion et faits marquants

Ce rapport constitue un bilan de la coordination générale du programme MERA (Sites Ruraux Nationaux) réalisé par l'IMT LD suivant la convention MTE/IMT LD n°2201243754, notifiée le 02 juillet 2020. Il fait état des différentes actions engagées en termes d'harmonisation du dispositif, d'organisation de la chaîne de mesure, de suivi des prestataires d'analyse, de validation, de rapportage et de valorisation des données du dispositif. Les résultats présentés à la date de rédaction du rapport sont partiels puisque des analyses et des mesures de l'année 2020 sont encore en cours la date de finalisation de ce rapport.

Cinq laboratoires d'analyse ont été prolongés sur 2020 suite à un renouvellement des contrats établis en 2019 avec chacun d'entre eux. Cette reconduction a été possible car leurs performances sur l'année 2019 ont été jugées satisfaisantes. L'ensemble des laboratoires a participé à des exercices de comparaison inter-laboratoires organisés au niveau national par le LCSQA, au niveau européen (EMEP et ACTRIS) voire international (GAW) avec des résultats assez satisfaisants, néanmoins un surcroît de contrôle qualité sera mené pour permettre une amélioration de la qualité des données d'analyse de pH et les résultats de certains exercices ne sont pas encore connus.

Les conventions IMT LD/AASQA ont pour but de préciser les conditions d'exploitation et de gestions financière et technique des stations rurales nationales de l'observatoire MERA. En 2020, la convention avec Atmo Nouvelle-Aquitaine a été signée, portant le nombre d'AASQA conventionnées à 4. Les conventions avec les 5 dernières AASQA devraient être initiée en 2021.

En 2020, les demandes de subventions MTE pour les investissements 2021 concernent le parc instrumental de 6 AASQA. Une priorisation a été faite sur des équipements de type Eigenbrodt, instruments devenus vétustes et non réparables. D'autres équipements concernant des mesures de gaz (NOx de type analyseur traces) ou de particules (FIDAS 200) ont reçus une subvention allouée par le MTE.

Par ailleurs, les coûts de fonctionnement des sites MERA sont réévalués chaque année compte tenu de l'évolution des sites et du programme. Ils sont globalement assez stables en 2020 et reflètent des activités récurrentes similaires aux années précédentes pour la gestion des sites MERA. Ces informations sont transmises annuellement au MTE pour une prise en compte dans la subvention de fonctionnement des AASQA.

Dans le cadre de la Commission de Suivi (CS) « Observatoires Nationaux », un groupe utilisateur « MERA » a été créé au sein de cette CS pour pouvoir échanger sur les aspects techniques opérationnels spécifique à l'observatoire. Deux réunions se sont tenues en 2020 (février et décembre). Le redéploiement des mesures CARA-filtres a été demandé par aucune AASQA en 2020, en conséquence la procédure précisant les modalités de fonctionnement sur les sites MERA n'a pas été mise en place par le LCSQA.

Tous les documents relatifs aux procédures de prélèvement et les fiches de suivi ont nécessité une mise à jour. Ces révisions ont débuté en 2019 et se sont poursuivies en 2020. Les procédures de prélèvement et de transfert des données révisées ont été

mises à disposition des AASQA et les nouvelles fiches de suivi devront intégrer l'opérationnalité des stations de mesure en 2021.

La base de données de l'IMT LD nécessite un renouvellement pour intégrer les évolutions du programme de mesure de ces dernières années. La version finale du cahier des charges sera transmise dans le courant de l'année 2021 aux services informatiques de l'IMT LD en charge de la réalisation de la nouvelle application. Ils étudieront la faisabilité de mise en œuvre des besoins qui y sont présentés et modéliseront l'application à développer. Puis, le développement de l'application aura lieu, sur une période initialement estimée à 12 mois, en s'appuyant sur un phasage temporel défini par la priorité et l'opérationnalité de certaines fonctions.

L'intégration des données MERA dans GEOD'AIR est désormais encadrée par un référentiel de codes constituant un document produit en 2020 en collaboration avec le LCSQA. Dans la mesure du possible, il est envisagé que la remontée des données 2020 sur GEOD'AIR se fasse selon ce référentiel mais les travaux se poursuivront en 2021 pour que toutes les données MERA soient remontées au niveau national.

Les travaux en cours à l'IMT LD sur la traçabilité métrologique pour les mesures de NOx ont permis une première réalisation d'un étalon de travail en NO de faible concentration dont la stabilité est encore à améliorer. La situation sanitaire et des contraintes expérimentales ont décalé le planning prévisionnel sur 2020, mais il est envisagé qu'un test d'étalon NO soit réalisé en station en 2021.

Suite à l'adoption de la stratégie EMEP 2020-2029 par l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance en décembre 2019, une réflexion a été engagée sur l'évolution du programme de mesure en cohérence avec la nouvelle stratégie. En particulier, une étude de l'état de l'art et des besoins d'implémentation pour le suivi long terme de la répartition gaz-particules des espèces inorganiques a été initiée en 2020 et se poursuivra sur 2021.

Compte tenu de la crise sanitaire liée au COVID-19, le développement analytique de la méthode on-line pour la mesure de COV ainsi que l'évaluation des performances métrologiques initialement prévus en 2020, ont été reportés à l'année 2021. De plus, un recouvrement entre les deux méthodes off-line, existante, et on-line devrait être conduit en 2021.

Des actions de communication et de valorisation du programme MERA se sont poursuivies en 2020. Un point important est la collaboration avec le Service de la donnée et des études statistiques du MTE pour la publication d'un article dans la collection Théma. Le site du LCSQA a également été complété par une fiche de résultats synthétiques sur les particules en suspension. Par ailleurs, d'autres communications orales et écrites ont permis de valoriser les données du programme MERA lors de réunions d'experts européens.

Le suivi et le bilan technique sont présentés dans ce rapport. Plusieurs modes de suivi technique (visite de maintenance, fiches d'information, contrôle qualité, etc.) se complètent et ont pour but d'assurer un taux de représentativité suffisant des mesures et une bonne qualité des données. En ce qui concerne le bilan technique, la plupart des instruments présentent des taux de fonctionnement satisfaisants. A noter toutefois des problèmes de vétusté de matériel pour les collecteurs Eigenbrodt pour lesquels

un plan de renouvellement a été engagé en 2020 et doit se poursuivre en 2021-2020. De même, un renouvellement des capteurs météorologiques est en cours.

Une partie des résultats de mesure, a été présentée pour l'année 2020, des analyses étant encore en cours à la date d'édition du rapport (décembre 2020). Pour les métaux lourds, les HAP et la spéciation des PM_{2,5}, les résultats montrent une bonne cohérence entre les sites. Les résultats fournissent des informations intéressantes sur la saisonnalité des polluants et sur les niveaux de fond rencontrés à comparer avec les niveaux observés en zone urbaine. Les données directives ont toutes été reportées au niveau national, de manière trimestrielle, jusqu'au 3^{ème} trimestre 2020. Le dernier trimestre 2020 sera rapporté prochainement. Le rapportage à l'EMEP des données 2019 est en cours de finalisation.

ANNEXE 1

**Programme de mesure de la stratégie EMEP définie
pour 2020-2029**

MONITORING REQUIREMENTS FOR THE VARIOUS LEVELS SPECIFIED BY THE MONITORING STRATEGY

<i>Level 1 - "variables to be measured at all basic EMEP sites"</i>		<i>Recommended temporal resolution</i>
Inorganic compounds in precipitation	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , H ⁺ (pH), Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , precipitation amount	24 hours
Inorganic compounds in air	SO ₂ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ , HNO ₃ , NH ₄ ⁺ , NH ₃ , (sNO ₂ , sNH ₃), HCl, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	24 hours
Elemental and Organic Carbon	EC and OC in PM _{2.5}	24 hours / 7 days
Nitrogen dioxide	NO ₂	1 hour/24 hours
Ozone	O ₃	1 hour
PM mass concentration	PM _{2.5} , PM ₁₀	24 hours
Heavy metals in precipitation	Cd, Pb (1st priority), Cu, Zn, As, Cr, Ni (2nd priority)	7 days
Meteorology	Precipitation amount (RR), temperature (T), wind direction (dd), wind speed (ff), relative humidity (rh), atmospheric pressure (pr)	24 hours (RR), others 1 hour
<i>Level 2 - "additional variables to be measured at a subset of sites - EMEP level 2 sites"</i>		<i>Recommended temporal resolution</i>
Oxidant precursors and gaseous short-lived climate pollutants		
Nitrogen oxide	NO	1 hour
Light hydrocarbons	C ₂ -C ₅ , BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene)	1 hour/grab sample once or twice per week
OVOCs	Aldehydes and ketones	Absorbing Solution tube, once or twice per week
Hydrocarbons	C ₆ -C ₁₂	1 hour/ABS tube, once or twice per week
Methane	CH ₄	1 hour
Carbon Monoxide	CO	1 hour
Particulate matter (PM) observations contribute to the assessment of particulate matter and its source apportionment		
PM mass	PM ₁	1 hour
Elemental and Organic Carbon in air	EC and OC in PM ₁₀	24 hours/7 days

<i>Level 2 - "additional variables to be measured at a subset of sites - EMEP level 2 sites"</i>		<i>Recommended temporal resolution</i>
Mineral dust in PM ₁₀	Si, Al, Fe, Ca	24 hours/7 days
Particle light absorption/equivalent black carbon	Light absorption coefficient, eBC	1 hour
Particle number concentration	dp >10nm	1 hour
Particle number size distribution	dN/dlogDp, (sub/supernumerometer)	1 hour
Particle light-scattering coefficients	Light-scattering coefficient, Light backscatter coefficients (multi-wavelengths)	1 hour
Particle chemistry speciation	Non-refractory organic and inorganic composition (ACSM, AMS)	1 hour
Aerosol Optical Depth	AOD at 550 nm	1 hour
Acidification and eutrophication observations contribute to the assessment of nitrogen chemistry, influence by local emissions and dry deposition fluxes		
Gas particle ratio of N-species	NH ₃ /NH ₄ ⁺ , HNO ₃ /NO ₃ - (artefact-free methods)	1 hour/24 hours
Gas particle ratios of N-species	NH ₃ , NH ₄ ⁺ , HNO ₃ , NO ₃ - (HCl) (complementing the filter pack sampling)	1 month
Heavy metals observations contribute to the assessment of mercury and heavy metals fluxes		
Mercury in precipitation	Hg	7 days
Mercury in air	Hg (TGM)	1 hour/24 hours/7 days
Heavy metals in air	Cd, Pb (1st priority), Cu, Zn, As, Cr, Ni (2nd priority)	7 days
Persistent organic pollutants (POPs) observations contribute to the assessment of persistent organic pollutants		
POPs in precipitation	PAHs, PCBs, HCB, chlordanes, HCHs, DDT/DDE	7 days
POPs in air	PAHs, PCBs, HCB, chlordanes, HCHs, DDT/DDE	24 hours/7 days/24 hours or 48 hours once or twice per week (depending on sampling with respect to artefact problems)
Tracers observations contributes to the assessment of individual long-range transport events and their source apportionment		
Halocarbons	CFCs, HCFCs, HFCs, PFCs, SF ₆	1 hour

<i>Level 3 – Research-based and voluntary measurements, preferably, but not limited to, EMEP level 1/2 sites. May also include both campaign and long-term observations. Observations contribute to the understanding of processes relevant to long-range transport of air pollutants and support model development and validation</i>		
		<i>Recommended temporal resolution</i>
NO _y chemistry	HNO ₂ , NO ₃ , N ₂ O ₅ , PAN, organic nitrates	1 hour
Ammonia in emission areas (optional)	NH ₃	1 month
Vertical profiles	O ₃ soundings, aerosol LiDAR	1 hour
Organic tracers, OC fractionation	Levoglucosan, others, Water soluble and water insoluble OC (WSOC/WINSOC)	24 hours/7 days
Organic tracers	Levoglucosan, others	24 hours/7 days
Isotopic information	OC, EC, VOCs, CH ₄ , CO ₂ , Hg	24 hours/7 days
Greenhouse gases	CO ₂ , N ₂ O	1 hour
Hydrogen	H ₂	1 hour
Hydroxyl radical	OH-	1 hour
Hydroperoxide	H ₂ O ₂	1 hour
OVOC Alcohols	Methanol, Ethanol	ABS tube, once or twice per week
Major inorganics in PM _{2.5} and PM ₁₀	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ₂ ⁺ , Mg ⁺ (Cl ⁻)	7 days
Mercury speciation	RGM and TPM	1 hour/24 hours/7 days
POPs passive sampling at higher spatial resolution	For example, PAHs, PCBs, HCB, chlordane, HCHs, DDT/DDE	1 month
POPs other than those listed above, as well as organic contaminants of emerging concern	For example, PBDEs, PFAS, SCCPs	As considered appropriate
Dry deposition flux	nitrogen species, O ₃ , VOCs, particles, other	1 hour

ANNEXE 2

Fiche Polluant Concentrations Massiques en PM_{2,5} et PM₁₀

EVOLUTION SUR LE LONG TERME DES CONCENTRATIONS MASSIQUES EN PM_{2,5} ET PM₁₀

1. Les particules en suspension en zone rurale de fond

Les **concentrations massiques des particules** (PM) en suspension dans l'atmosphère de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 et 10 µm (PM_{2,5} et PM₁₀, respectivement) sont mesurées au sein de l'observatoire MERA au moyen d'**analyseurs automatiques équivalents** à la **méthode de mesure de référence** (cf. [programme de mesure MERA](#)) depuis 2009 à **trois stations** (Revin, la Tardière et Peyrusse Vieille). Des mesures antérieures ont été réalisées au moyen d'analyseurs TEOM non équipés de modules FDMS, ne permettant donc pas de mesurer la fraction volatile des PM, c'est pourquoi ces mesures ne sont pas considérées dans cette étude. Le dispositif de mesure des PM de l'observatoire a été développé au fil des années et il comporte en 2018 **10 stations équipées** pour la mesure automatique de la concentration massique en PM_{2,5} et/ou PM₁₀.

La Figure 1 présente les niveaux de concentrations qui ont été observés en moyenne à ces stations sur leur période de mesure respective. Seules les concentrations pluriannuelles en PM des stations dont leurs mesures ont été représentatives des périodes couvertes (cf. Aparté n°1) sont indiquées en Figure 1.

Les **concentrations en PM les plus élevées** ont été enregistrées aux stations de **Revin** et de **la Tardière** (concentrations en PM_{2,5} en moyenne de 11,3 et 11,1 µg.m⁻³, respectivement – concentrations en PM₁₀ de 17,2 et 16,6 µg.m⁻³, respectivement). Les concentrations en PM_{2,5} des autres stations sont inférieures à 10 µg.m⁻³ et celles en PM₁₀ à 16 µg.m⁻³.

APARTÉ N°1 : Précisions sur les calculs des moyennes temporelles des concentrations en PM

Les **moyennes temporelles** (horaires, journalières, mensuelles, saisonnières, annuelles et multi-annuelles) des mesures automatiques des PM ont été calculées suivant les recommandations du **LCSQA** présentes dans le **guide méthodologique** pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air [1] (cf. Section 8).

Ces statistiques sont calculées à partir de **données primaires**, qui correspondent aux **données horaires** pour les moyennes temporelles des concentrations massiques en PM_{2,5} et PM₁₀ et aux **données journalières** pour les parts moyennes des PM_{2,5} dans les PM₁₀. Le guide LCSQA [1] précise également des **critères de validité** associés à chaque statistique, qui correspondent à des pourcentages minimaux de données valides à atteindre (i.e. couverture des données minimale) pour que les moyennes soient considérées comme valides et d'assurer leurs **représentativités temporelles** sur la période considérée.

Dans le cas de mesures automatiques des PM, ces critères de validité sont :

- au moins 75% de données quart-horaires valides sur l'heure pour les concentrations horaires,
- au moins 75% de données horaires valides sur le jour pour les concentrations journalières,
- au moins 85% de données primaires valides sur la période pour les concentrations mensuelles, saisonnières et annuelles,
- au moins 75% de données primaires valides sur la période pour les concentrations multi-annuelles.

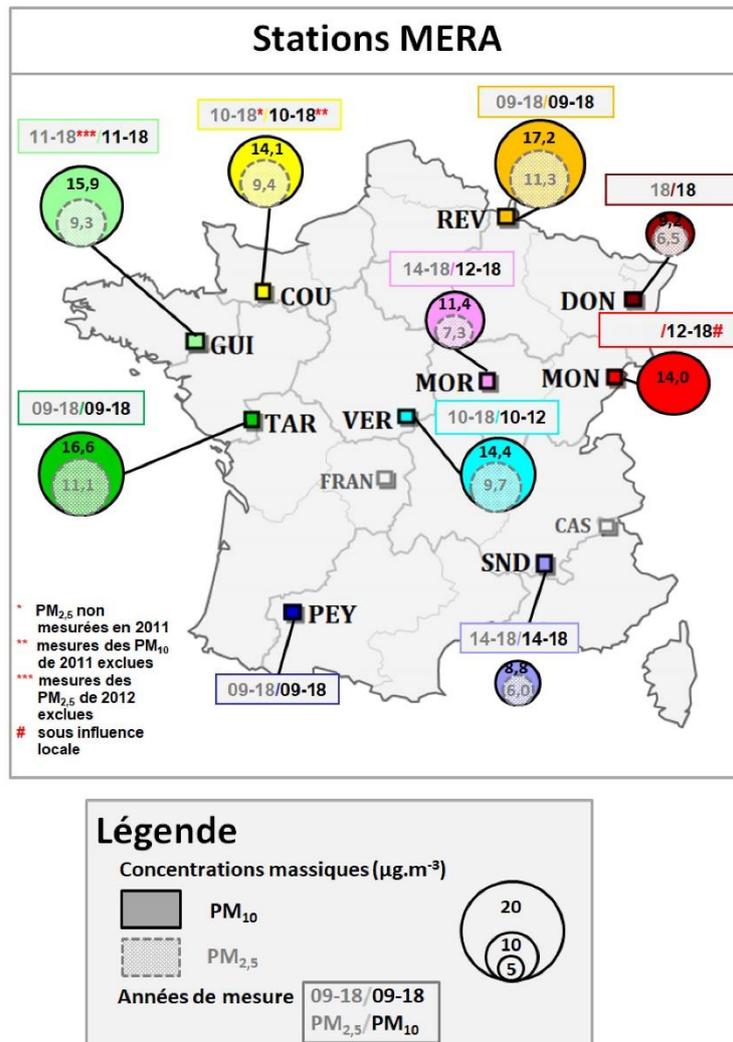


Figure 1 : Concentrations massiques moyennes en PM_{2,5} et PM₁₀ mesurées aux stations MERA.
 Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives sont indiquées (cf. Aparté n°1)

Il est à noter que l'étude de la **variabilité spatiale** des concentrations en PM en zones rurales de fond ne peut être réalisée au regard de la Figure 1. Du fait de la mise en place des dispositifs de mesure des PM sur plusieurs années aux stations MERA, la comparaison des variabilités observées à ces stations nécessite d'être regardée par période de temps. En conséquence, elle sera étudiée ultérieurement au sein de cette fiche en Section 5.

2. Profils horaires des PM

La Figure 2 indique les **profils horaires** des concentrations en PM observées aux stations MERA. Il s'agit des **concentrations horaires moyennes** déterminées aux différentes heures de la journée. Les PM de chaque station montrent la **même variabilité horaire** et leurs profils horaires sont **reproductibles** d'une année à l'autre (cf. Annexe 1), pouvant suggérer une certaine stabilité de la représentativité des stations. En outre, il apparaît des **formes d'oscillation similaires** entre les stations. Ces oscillations sont d'**assez faible amplitude** et sont assez **typiques d'observations sur des sites ruraux de fond**. Ces variations en zones éloignées de sources de particules sont principalement gouvernées par la **dynamique atmosphérique**. Les amplitudes des variations horaires des concentrations en $PM_{2,5}$ sont globalement du même ordre de grandeur que celles des PM_{10} , ce qui peut également suggérer que les variations des concentrations en PM_{10} peuvent être en grande partie induites par leur fraction fine (les $PM_{2,5}$). En outre, il faut toutefois noter une **dynamique légèrement plus marquée** pour les concentrations en PM des sites de la Tardière, Guipry et Verneuil qui semblent montrer une **influence locale** non négligeable.

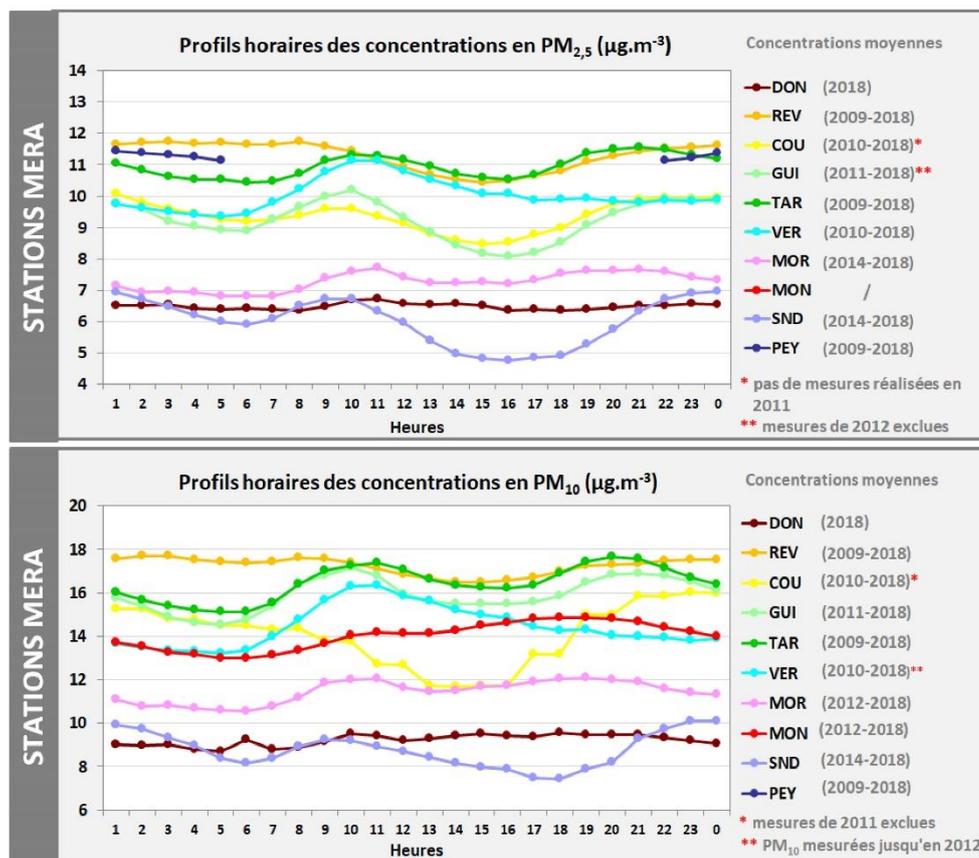


Figure 2 : Profils horaires des concentrations massiques en $PM_{2,5}$ et PM_{10} mesurées aux stations MERA.

Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives sont indiquées (cf. Aparté n°1)

3. Variations mensuelles des PM

La Figure 3 compare les **variations mensuelles des concentrations massiques en PM représentatives** (cf. Aparté n°1) mesurées aux stations MERA. En complément, la Figure 4 présente les **parts moyennes mensuelles des $PM_{2,5}$ dans les PM_{10}** . Globalement, les **variations mensuelles** des concentrations en **PM** mesurées à ces stations sont relativement **similaires entre elles** (hormis celles observées à Donon du fait de la spécificité de l'année 2018 – cf. Annexe 2). Ces variations sont étudiées dans la suite de cette section en 3 temps (janvier-mai, juin-août et septembre-décembre).

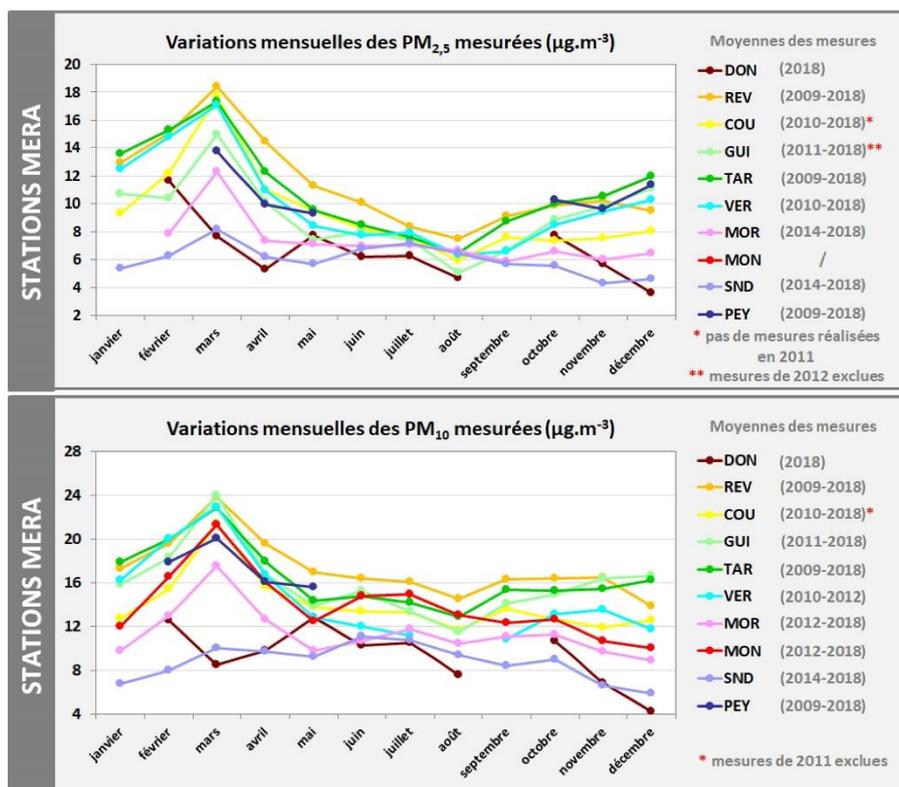


Figure 3 : Variations mensuelles des concentrations massiques en $PM_{2,5}$ et PM_{10} mesurées aux stations MERA (cf. Aparté n°1).

Pour commencer, les **concentrations en PM** ont **augmenté** en **hiver** (janvier-février) et au **début du printemps** (mars) où elles ont été **maximales**, puis elles ont **diminué** en **avril et mai**. Quant aux **fractions grossières des PM_{10}** (les $PM_{10-2,5}$) mesurées aux stations, elles ont montré **peu de variabilité** sur cette période, hormis aux stations de l'est (Donon et Montandon) et du sud-est (Saint-Nazaire-le-Désert) de la France où leurs concentrations ont légèrement augmenté en avril et mai (de 1,8 à 4,2 $\mu g \cdot m^{-3}$). Les **parts des $PM_{2,5}$ dans les PM_{10}** entre janvier et mars (50-90%) ont été les **plus élevées de l'année**, puis elles ont diminué en avril et mai. L'augmentation significative des concentrations en $PM_{2,5}$ peut être reliée à l'usage accru de la **combustion de biomasse pour le chauffage résidentiel** en hiver et à l'**augmentation des concentrations en aérosols inorganiques secondaires** en fin hiver/début printemps (cf. fiche MERA : [Evolution sur le long terme de la composition chimique des \$PM_{2,5}\$](#)). En outre, un **gradient spatial nord-sud** est à noter sur cette période : les concentrations en PM sont **plus élevées aux stations**

situées au **nord** (Revin), à l'**ouest** (la Coulonche, Guipry et la Tardière) et au **centre de la France** (Morvan et Verneuil) et l'amplitude de leurs variations est également plus importante. Ces niveaux de concentrations ont pu être induits par une influence plus significative à ces stations du **transport de pollutions aux particules** par des **masses d'air** provenant du **nord** et du **nord-est de l'Europe** et aux **conditions météorologiques** (baisses des températures plus marquées dans le nord de la France par rapport au sud) pouvant influencer l'intensité des sources en PM.

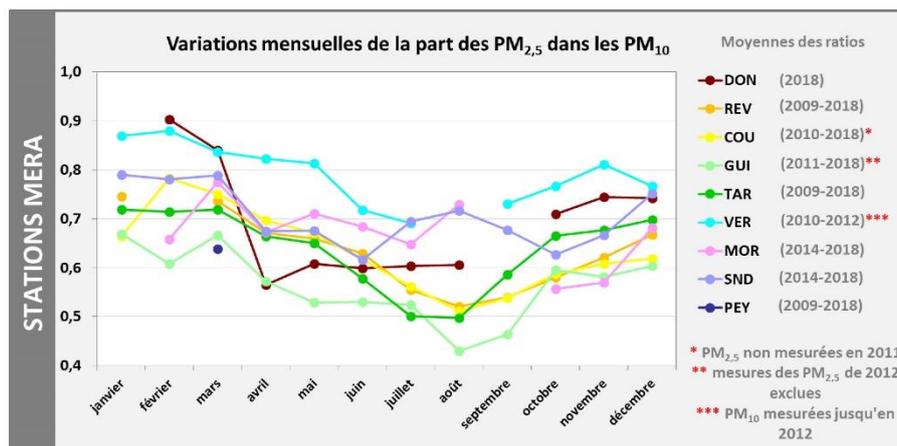


Figure 4 : Variations mensuelles de la part des PM_{2,5} dans les PM₁₀ mesurées aux stations MERA (cf. Aparté n°1).

En **été** (juin à août), les concentrations en PM ont été globalement **faibles** et ont montré **peu de variabilité**. Les **parts des PM_{2,5} dans les PM₁₀** ont globalement été **stables** ou ont légèrement **diminué**. Toutefois, elles ont **augmenté** à la station de **Saint-Nazaire-le-Désert**, du fait d'une hausse plus significative des concentrations en PM_{2,5} en comparaison avec celles en PM_{10-2,5}. Cette hausse des PM_{2,5} peut résulter de la **formation d'aérosols secondaires** (organiques et sulfatés - cf. fiche MERA : [Evolution sur le long terme de la composition chimique des PM_{2,5}](#)), favorisée notamment dans le sud de la France du fait des températures estivales plus élevées. En outre, les concentrations en **PM₁₀** ont **augmenté** en été dans le **centre** et l'**est** de la France (Morvan et Montandon), ce qui peut être en lien avec la variabilité des concentrations en **poussières minérales** qui peuvent être plus **élevées** en cette saison, notamment dans l'**est** et le **sud-est** de la France (cf. fiche MERA : [Evolution sur le long terme de la composition chimique des PM_{2,5}](#)).

En **automne** (septembre-novembre) et en **début d'hiver** (décembre), les concentrations en **PM_{2,5}** ont de nouveau **augmenté** dans le **nord** et l'**ouest de la France** ainsi qu'à la station de **Verneuil** tandis que les concentrations en **PM_{2,5}** de la station du **Morvan** ont été **stables** et celles du **sud-est** et de l'**est** de la France ont **diminué**. Ce **gradient spatial nord/ouest-sud/est** des concentrations en PM_{2,5} peut témoigner des baisses de température en ces saisons plus marquées dans le nord de la France, pouvant induire un usage accru du chauffage résidentiel et donc une augmentation des concentrations en PM_{2,5}. Les concentrations en **PM_{10-2,5}** mesurées aux stations MERA ont montré peu de variabilité sur cette période ou ont légèrement augmenté (sur la façade est de la France) d'où l'augmentation globale des **parts des PM_{2,5} dans les PM₁₀** mesurées aux stations.

4. Variations sur le long terme des PM

Les Figures 5 et 6 comparent les **variations annuelles** des concentrations massiques en PM représentatives (cf. Aparté n°1) qui ont été mesurées aux stations MERA afin d'étudier les **variations sur le long terme** des niveaux de concentrations en PM en zones rurales de fond. En complément, les **tendances annuelles** des concentrations massiques en PM des stations disposant d'au moins 6 années d'observation et une représentativité d'au moins 75 % de la période couverte par leurs mesures ont été évaluées suivant les **tests non-paramétriques** de **Mann-Kendall** et de **Sen-Theil** (cf. note méthodologique MERA [2]). Les tendances identifiées par ces tests seront consolidées par la suite, dès l'obtention de bases de données d'au moins 10 années de mesure.

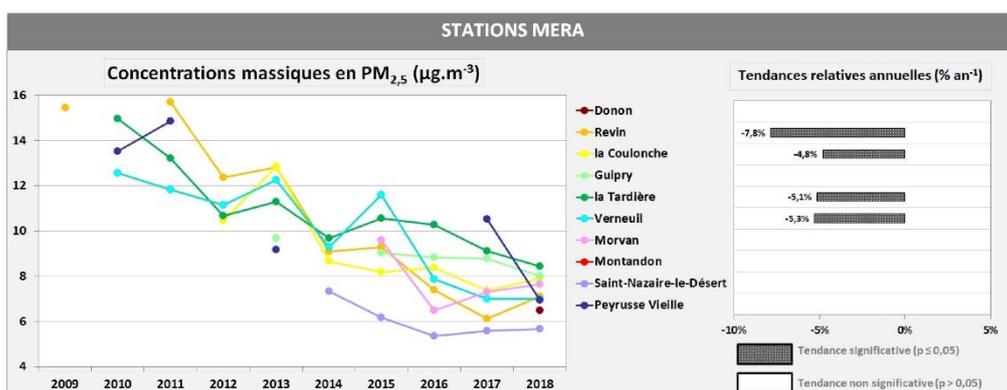


Figure 5 : Variations annuelles des concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées aux stations MERA (à gauche - cf. Aparté n°1) et tendances relatives annuelles (à droite - cf. note méthodologique [2]).

Globalement, les concentrations annuelles en PM_{2,5} mesurées aux 10 stations sont du **même ordre de grandeur** (amplitude entre les concentrations annuelles des stations en moyenne de 3,6 µg.m⁻³ et jusqu'à 5,4 µg.m⁻³), même si de plus faibles concentrations ont été mesurées chaque année à Saint-Nazaire-le-Désert. Ces concentrations ont **diminué** depuis 2009 pour toutes les stations de l'observatoire MERA. Cette tendance à la diminution a été **plus marquée** dans le **nord** de la France (-8 % an⁻¹ pour Revin) **que** dans l'**ouest** (-5 % an⁻¹ pour la Coulonche et la Tardière) et le **centre** (-5 % an⁻¹ pour Verneuil). Toutes les concentrations annuelles en PM_{2,5} sont **inférieures à la valeur limite réglementaire** selon la directive 2008/50/CE (valeur cible de 25 µg.m⁻³) mais elles étaient en majeure partie **supérieures à la valeur guide pour la protection de la santé** (10 µg.m⁻³ selon les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé - OMS [3]) **jusqu'en 2013**. Depuis 2014, la baisse progressive des niveaux de fond en PM_{2,5} a été suffisamment conséquente pour que les concentrations annuelles en PM_{2,5} soient dorénavant globalement inférieures à cette valeur guide (quelques exceptions sont à noter pour Verneuil, la Tardière et Peyrusse Vieille).

Similairement aux PM_{2,5}, les concentrations massiques en PM₁₀ annuelles sont du **même ordre de grandeur** (amplitude entre les concentrations en moyenne de 7,4 µg.m⁻³ et au maximum de 13,0 µg.m⁻³), même si des concentrations plus élevées ont été mesurées à Revin notamment en 2010 et 2011 et de plus faibles concentrations à Saint-Nazaire-le-Désert et Verneuil (entre 2010 et 2012). Les **PM₁₀ en zones rurales de fond** sont majoritairement composées de leur **fraction fine**. En effet, les parts moyennes annuelles des PM_{2,5} dans les PM₁₀ sont comprises entre **48 et 86%**, les **plus faibles** ayant été généralement observées dans le **nord** et l'**ouest de la France**, et les **plus élevées** sur la **façade est**. Les concentrations en PM₁₀ ont globalement montré la **même tendance à la diminution** depuis 2009 que les PM_{2,5}. La diminution a été légèrement **plus faible** que celle des concentrations en PM_{2,5} dans le nord (-7 % an⁻¹ pour Revin) et l'ouest de la France (de -5 à -3 % an⁻¹ pour la Coulonche, Guipry et la Tardière) et de -3 % an⁻¹ pour Montandon. En conséquence, les variations sur le long terme des concentrations en PM₁₀ sont fortement **influencées** par celles de leur **fraction fine**. Quant à leur

fraction grossière, les concentrations annuelles en $PM_{10-2,5}$ ont **peu varié**, voire **légèrement augmenté** (notamment à la Coulonche et Saint-Nazaire-le-Désert). Toutes les concentrations annuelles en PM_{10} mesurées depuis 2009 sont **inférieures à la valeur limite réglementaire** selon la directive 2008/50/CE (valeur cible de $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). La baisse progressive des niveaux de fond en PM_{10} a été suffisamment conséquente pour que les concentrations annuelles en PM_{10} soient toutes **inférieures à la valeur guide pour la protection de la santé** ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ selon les lignes directrice de l'OMS [3]) **à partir de 2013**.

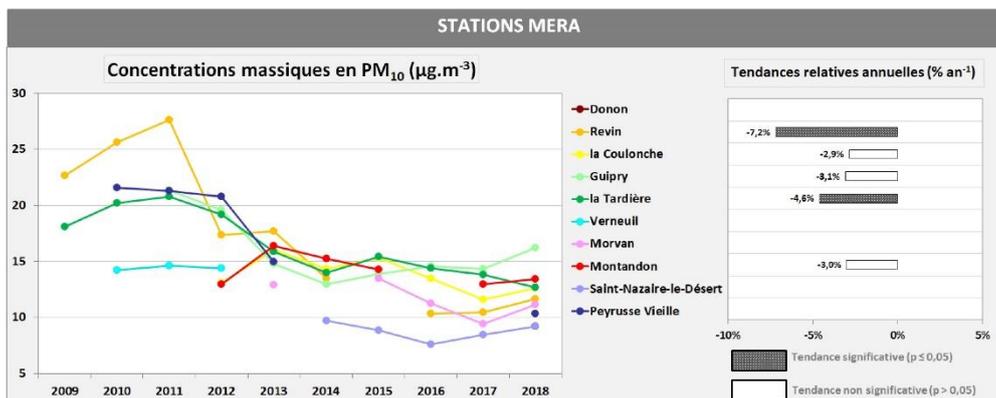


Figure 6 : Variations annuelles des concentrations massiques en PM_{10} mesurées aux stations MERA (à gauche - cf. Aparté n°1) et tendances relatives annuelles (à droite - cf. note méthodologique [2]).

Pour compléter, les **variations sur le long terme des concentrations massiques saisonnières des PM représentatives** (cf. Aparté n°1) ont été étudiées, afin d'examiner l'**influence potentielle des différentes sources de PM** (identifiées à partir des variations des PM en Section 3 et de la fiche MERA sur l'**Evolution sur le long terme de la composition chimique des $PM_{2,5}$**) sur les **variations de leurs concentrations annuelles**. Pour y répondre, les Figures 7 et 8 présentent les **tendances annuelles des concentrations saisonnières en PM** qui ont été identifiées et quantifiées suivant la même méthodologie que celles associées aux concentrations annuelles. L'expression de ces tendances en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} \text{ an}^{-1}$ facilite les comparaisons entre les concentrations saisonnières malgré leur variabilité. A l'heure actuelle, l'étude des variations interannuelles des sources de PM sur les variations sur le long terme des PM a été limitée aux mesures des stations du nord et de l'ouest de la France, du fait qu'elles présentent un nombre suffisant d'années d'observation et que leurs mesures de PM sont suffisamment représentatives des périodes qu'elles couvrent.

Dans le nord et l'ouest de la France, les tendances annuelles des **concentrations saisonnières des PM** globalement **diminué**, les **plus élevées** ont été observées au **printemps**, et dans une moindre mesure en hiver et en automne, et les **plus faibles** en **été**. Les tendances des concentrations saisonnières en PM_{10} sont principalement induites par celles des $PM_{2,5}$ en hiver, au printemps et en automne alors qu'elles résultent de celles des $PM_{2,5}$ et des $PM_{10-2,5}$ dans des proportions similaires en été. Il est à noter que les tendances associées aux concentrations saisonnières en PM_{10} de la station de Revin ont été plus conséquentes par rapport à celles des autres stations du fait des concentrations mesurées à Revin notamment en 2010 et 2011.

En conclusion, la **variabilité interannuelle des épisodes printaniers** en aérosols inorganiques secondaires (cf. Section 3) a influencé plus significativement les variations sur le long terme des concentrations annuelles en $PM_{2,5}$ que celle des sources de combustion de biomasse liées au chauffage résidentiel. Ces dernières sont à mettre en relation avec les conditions météorologiques et l'intensité des sources de combustion. En outre, les résultats peuvent suggérer que la production favorisée en été d'aérosols secondaires et d'émissions de particules d'origine naturelle (poussières désertiques - cf. Section 3) ont peu influencé les variations sur le long terme des concentrations annuelles, tout au moins dans le nord et l'ouest de la France.

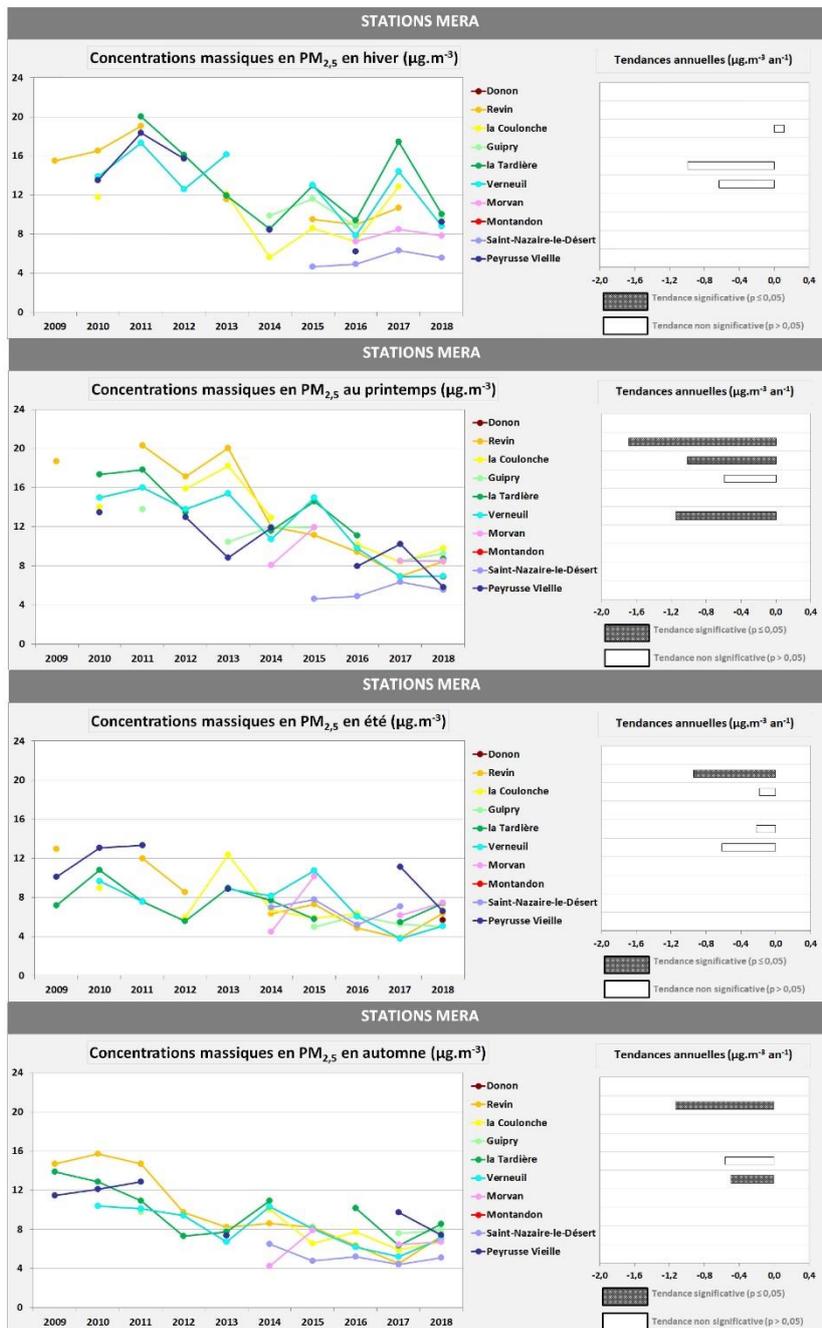


Figure 7 : Variations annuelles des concentrations massiques saisonnières en PM_{2,5} mesurées aux stations MERA (à gauche - cf. Aparté n°1) et tendances relatives annuelles (à droite - cf. note méthodologique [2]).

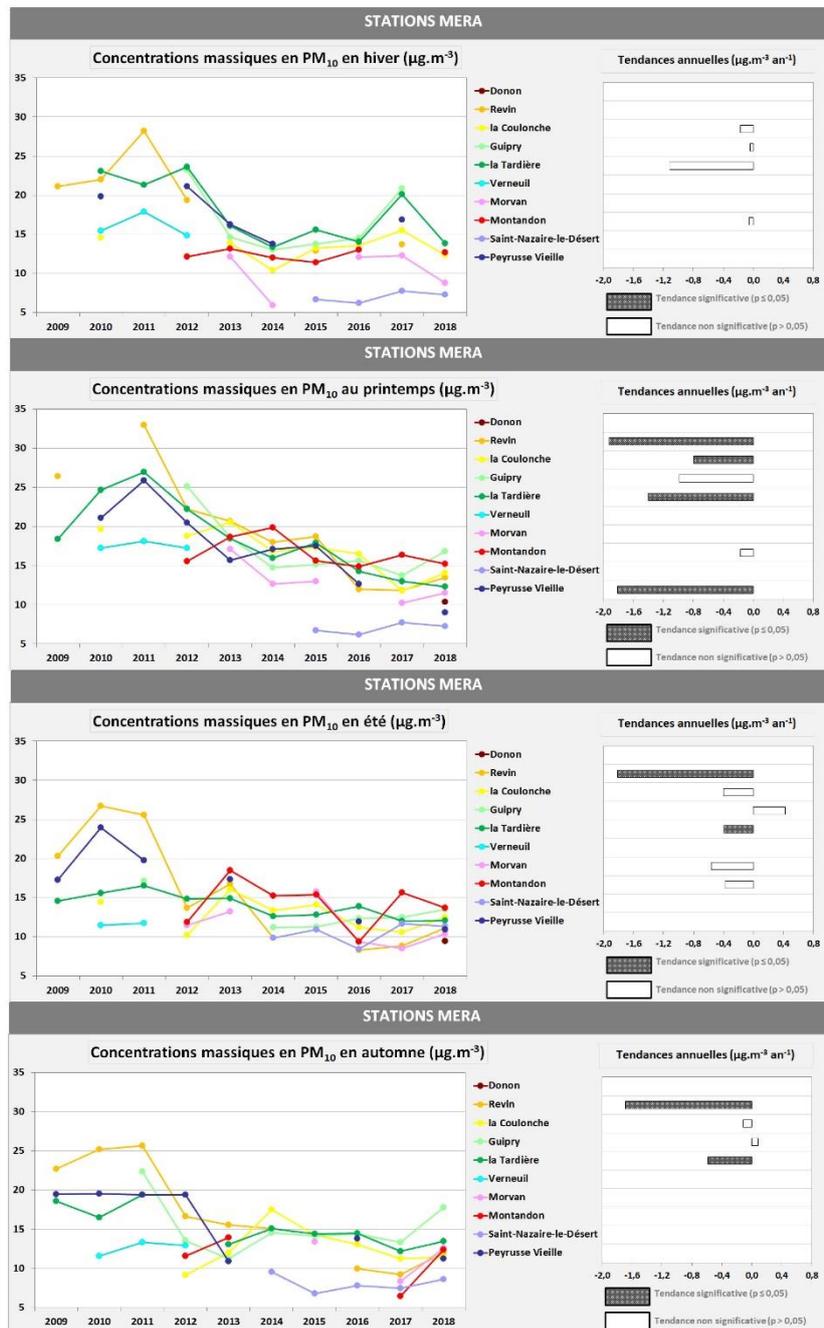


Figure 8 : Variations annuelles des concentrations massiques saisonnières en PM₁₀ mesurées aux stations MERA (à gauche - cf. Aparté n°1) et tendances relatives annuelles (à droite - cf. note méthodologique [2]).

5. Variabilité spatiale des PM en zones rurales de fond

La Figure 9 retrace les **concentrations pluriannuelles** en PM mesurées aux stations MERA depuis 2009 afin d'en étudier leur **variabilité spatiale**. La comparaison de ces concentrations a été réalisée par période de temps pour tenir compte de la mise en place des dispositifs de mesure des PM au sein de l'observatoire MERA au fil des années (Section 1). En outre, ce choix a été également motivé par le fait que les variabilités sur le long terme des concentrations en PM sont plus ou moins marquées suivant les stations (Section 4) ce qui peut avoir une incidence sur l'interprétation des variations spatiales des niveaux de fond en PM.

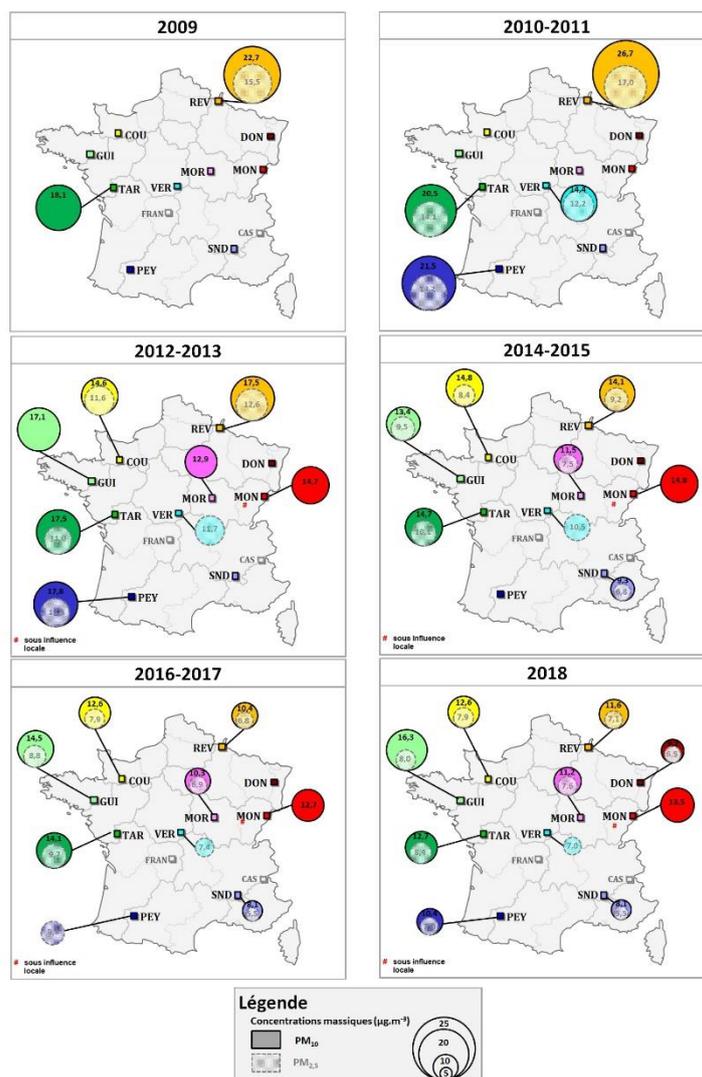


Figure 9 : Variations spatiales des concentrations massiques moyennes en PM_{2,5} et PM₁₀ mesurées aux stations MERA

Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives sont indiquées (cf. Aparté n°1)

Les niveaux de fond en PM les **plus élevés** ont été généralement observés au fil des années dans l'**ouest de la France** (stations de la Coulonche, la Tardière et Guipry situées à des altitudes comprises entre 30 et 309 m). En complément, les concentrations en PM dans le **nord de la France** (station de Revin située à une altitude de 390 m) ont été **plus élevées** que celles observées dans l'ouest de la France entre **2009 et 2011**. Du fait d'une tendance à la diminution des concentrations en PM plus marquée à la station de Revin par rapport à celles des autres stations de l'observatoire MERA (cf. Section 4), les concentrations en PM observées dans le nord de la France sont devenues comparables à celles de l'ouest de la France (entre 2012 et 2015), puis plus faibles (depuis 2016). Une interprétation similaire peut être appliquée aux concentrations en PM mesurées dans le **sud-ouest** de la France (station de Peyrusse Vieille située à une altitude de 200 m) : elles ont été du même ordre de grandeur que celles observées dans l'ouest de la France (entre 2009 et 2017) ou inférieures (en 2018). De façon plus générale, les variations spatiales des concentrations dénotent un **gradient ouest/nord-est/sud** : plus nous nous éloignons de l'ouest de la France, plus les concentrations en PM diminuent. Les concentrations les **plus faibles** ont ainsi été mesurées dans l'**est** (station du Donon située à une altitude de 775 m) et le **sud-est** de la France (station de Saint-Nazaire-le-Désert, 605 m), à des stations situées à plus hautes altitudes en comparaison aux sites de l'ouest de la France. Des concentrations en PM intermédiaires ont été enregistrées dans le centre de la France, notamment à la station du Morvan (altitude de 620 m). Concernant les concentrations en $PM_{2,5}$ de la station de Verneuil (altitude de 180 m), leur importance comparée aux concentrations enregistrées aux autres stations varie dans le temps : elles ont été comparables à celles observées dans l'ouest de la France (entre 2012 et 2015) puis inférieures (depuis 2016). Il est à noter que les concentrations en PM_{10} mesurées à la station de Montandon (altitude de 836 m) ont été relativement élevées et peu variables dans le temps, ce qui peut être en lien avec le fait que la station est située à proximité immédiate d'une route de campagne amenant du ré-entrainement de particules au passage de véhicules.

En conclusion, ces **variations spatiales** peuvent témoigner d'une **contribution significative** aux concentrations en PM observées dans l'**ouest de la France de sources locales** (en partie liées à l'activité agricole) ou du transport de **pollutions transfrontières** arrivant sur la France métropolitaine sur le nord-ouest. A partir de 2016, les niveaux de fond en PM observés dans le **nord** et l'**est** de la France sont du **même ordre de grandeur** que ceux mesurés dans le **centre** de la France. L'**augmentation des concentrations en PM** en lien avec des **épisodes particuliers printaniers** a eu tendance à diminuer notamment dans le **nord** de la France (cf. Section 4), ce qui peut être en lien avec le **transport de pollutions** aux particules provenant du **nord et du nord-est de l'Europe** et ainsi induire des niveaux de concentrations en PM moins importants dans le nord de la France. En plus de l'**influence du transport longue-distance** sur la variabilité spatiale des niveaux de fond en PM, l'**altitude des stations** peut également être un déterminant non négligeable.

6. Représentativité des niveaux de fond en PM au niveau national

Afin de permettre une **évaluation à une échelle nationale plus complète**, les résultats de l'observatoire MERA ont été comparés aux **mesures de fond en PM** réalisées par les **AASQA** (hors DROM) en **zones rurales, périurbaines et urbaines** en Figures 10 et 11. Les résultats présentés sur ces figures ciblent les **mesures automatiques** des particules en suspension réalisées **entre 2014 et 2018** qui ont été reportées à la base de données **Geod'AIR** (cf. Aparté n°2). Afin d'être **cohérent temporellement**, les concentrations multi-annuelles en PM mesurées dans le cadre de l'observatoire MERA indiquées sur ces figures ont été restreintes à la période 2014-2018.

APARTÉ N°2 : Précisions sur les calculs des moyennes multi-annuelles des concentrations en PM des AASQA extraites de Geod'AIR

Les **moyennes multi-annuelles** ont été calculées suivant les recommandations du **LCSQA** présentes dans le **guide méthodologique** pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air [1] à partir des **données annuelles** des stations **AASQA** sur la période 2014-2018.

Les données annuelles des **mesures de fond en PM** des **stations urbaines, périurbaines et rurales** (rurales régionales et rurales proches de zones urbaines [4]) des **AASQA** (hors DROM) ont été extraites de la base de données **Geod'AIR**. Seules les mesures automatiques de $PM_{2,5}$ ou de PM_{10} considérées dans le **dispositif réglementaire et équivalentes à la méthode de référence** (méthodes **TEOM-FDMS**, jauges **Beta** et

granulométrie optique – cf. [programme de mesure MERA](#)) ont été sélectionnées à partir du référentiel Geod'AIR « Configuration de mesure ». Lorsqu'un changement de méthode de mesure est survenu à une station au cours d'une année, la concentration annuelle a été reconstruite et pondérée par la **représentativité annuelle** (calculée à partir du **taux de saisie** exprimé en pourcentage et multiplié par la **couverture temporelle** des mesures, cf. guide LCSQA [1]) respective des données annuelles des différents dispositifs de mesure déployés au cours de l'année.

Pour obtenir les **moyennes multi-annuelles**, un **critère de validité** d'au moins **75 %** de **données primaires valides** sur la **période 2014-2018** a été appliqué (cf. Aparté n°1). Ce critère a été calculé à partir des représentativités annuelles des concentrations annuelles de la manière suivante :

$$\text{critère de validité} = \frac{\sum_1^n R_i \times N_{\text{jours},i}}{\sum_1^n N_{\text{jours},i}}$$

Utilisant les représentativités (R_i) des concentrations annuelles (C_i) des stations pour les années (i) sur la période 2014 ($i=1$) à 2018 ($i=n$) pondérées par le nombre de jours des années ($N_{\text{jours},i}$) considérées dans le calcul. Si le critère de validité est atteint, la moyenne multi-annuelle en $PM_{2,5}$ d'une station s'obtient de la manière suivante :

$$C_{\text{multi-annuelle}} = \frac{\sum_1^n C_i \times R_i}{\sum_1^n R_i}$$

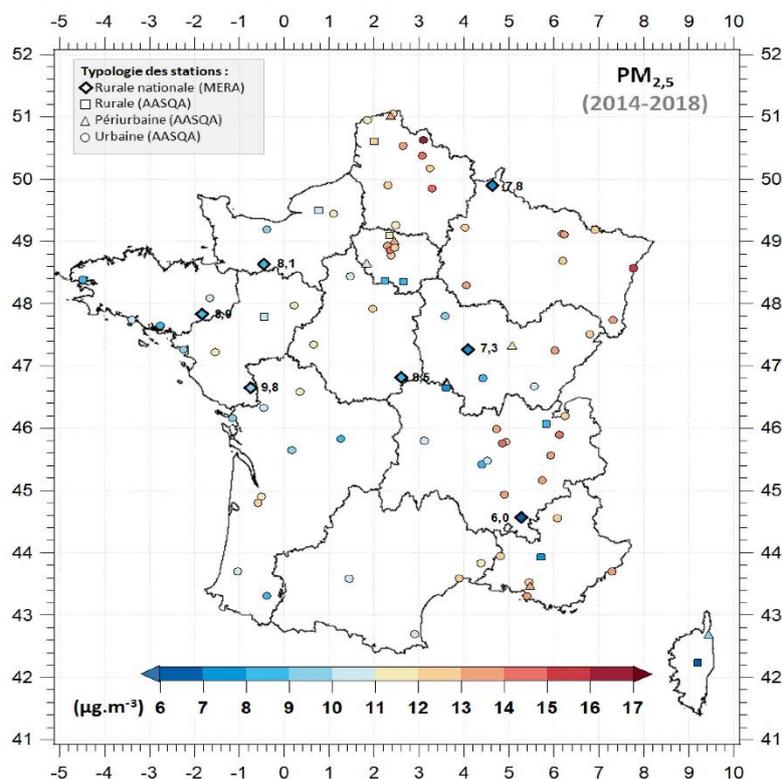


Figure 10 : Variations spatiales des concentrations massiques multi-annuelles moyennes en $PM_{2,5}$ mesurées aux stations MERA et AASQA

Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives de la période 2014-2018 sont indiquées (cf. Aparté n°1)

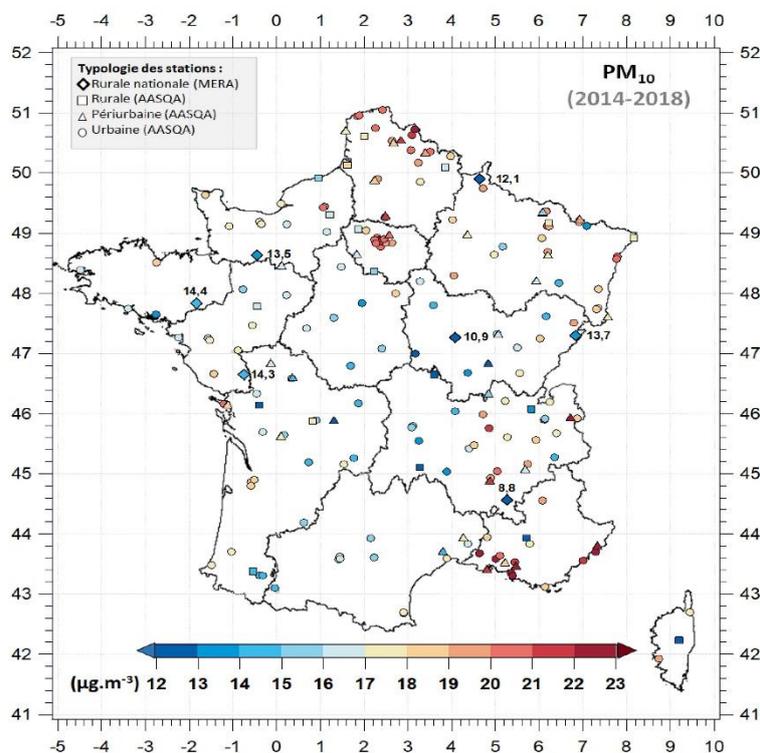


Figure 11 : Variations spatiales des concentrations massiques multi-annuelles moyennes en PM_{10} mesurées aux stations MERA et AASQA

Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives de la période 2014-2018 sont indiquées (cf. Aparté n°1)

Les Figures 10 et 11 permettent de se rendre compte que les concentrations multi-annuelles en **PM** de l'observatoire MERA sur la période de 2014-2018 (en moyenne de 8,1 et 12,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , respectivement) sont **légèrement plus faibles** que celles observées aux **stations AASQA rurales** (9,2 et 14,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Cela peut être en lien avec le fait que la typologie des stations MERA (rurales nationales) respecte le cahier des charges des sites EMEP en termes de sources environnantes (cf. [programme de mesure MERA](#)), qui est plus drastique que celui appliqué aux sites AASQA ruraux (régionaux et proches de zones urbaines - [4]). Des concentrations **plus élevées** ont été notamment observées aux stations AASQA rurales situées à **proximité de la métropole du Grand Paris** et dans le **nord de la France** (en moyenne de 11,8 et 16,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , respectivement). Les concentrations multi-annuelles en PM mesurées en **zones urbaines et périurbaines** sont en moyenne de 11,9 et 18,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , respectivement. De **plus fortes concentrations** ont été observées aux stations urbaines et périurbaines situées en **Ile-de-France** (concentrations en moyenne de 13,1 et 20,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , respectivement), dans le **nord** de la France (13,4 et 20,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et sur la **façade est** (13,1 et 19,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), notamment aux niveaux des **métropoles** qui sont **fortement urbanisées** (selon le CGET, 2019 à partir de données issues de Corine Land Cover 2017) et qui sont donc **sous l'influence de sources anthropiques locales** significatives. Cependant, les **niveaux de fond** caractérisant le nord et l'est de la France ne représentent en moyenne que la **moitié de ces concentrations en PM** en ces zones urbaines et périurbaines. De plus, de **plus faibles concentrations** caractérisent les stations urbaines et périurbaines de l'ouest et du **centre de la France** (concentrations en moyenne de 10,3 et 15,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , respectivement) alors que les **niveaux de fond** en PM caractérisant l'ouest et le centre de la France sont **plus élevées** et correspondent en moyenne à 86-89 % des concentrations en PM observées en ces zones urbaines et périurbaines.

7. Evolution sur le long terme des concentrations en PM au niveau européen

Afin de permettre une **évaluation** à une **plus large échelle**, les résultats de l'observatoire MERA ont été comparés aux **mesures de fond** en PM réalisées sur **25 stations rurales européennes du réseau EMEP** pour les **PM_{2,5}** (Figure 12) et sur **34 stations** pour les **PM₁₀** (Figure 13). Les résultats présentés dans ces figures ciblent les mesures reportées à la base de données **EBAS** qui sont **représentatives** de la période **2009-2018** (cf. Aparté n°3), afin d'être **cohérent temporellement** avec les évolutions sur le long terme des concentrations en PM dans le cadre de l'observatoire MERA (Section 4). Le degré de significativité de ces tendances est également explicité en Figures 12 et 13. Ces figures mettent en évidence une **variabilité spatiale marquée** des **niveaux de fond** en PM observés en **Europe continentale** entre **2009 et 2018**.

APARTÉ N°3 : Précisions sur les calculs des moyennes multi-annuelles des concentrations en PM des stations européennes extraites d'EBAS

Les **moyennes multi-annuelles** ont été calculées suivant les recommandations du **LCSQA** présentes dans le **guide méthodologique** pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air [1] à partir des **données annuelles** des **stations européennes** sur la période 2009-2018.

Les données annuelles des **mesures de fond** en PM de ces stations ont été calculées suivant les extractions des mesures reportées à la base de données **EBAS**. Seules les mesures automatiques ou sur filtres de PM considérées **équivalentes** à la **méthode de référence** et à une **fréquence** allant de **l'horaire** à **l'hebdomadaire** ont été considérées dans cette étude.

Les résultats présentés dans cette fiche ciblent les mesures qui sont **représentatives** de la période **2009-2018** en termes de **concentrations multi-annuelles** (au moins 75 % de données primaires valides sur la période 2009-2018 – Aparté n°1) et de **tendances annuelles** (au moins 75 % des concentrations annuelles représentatives sur la période).

Les concentrations en **PM_{2,5}** observées dans le **nord**, **l'ouest** et le **centre** de la **France** ($10,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne) sont du même ordre de grandeur que celles caractérisant les **Pays-Bas** ($10,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Des concentrations moyennes en **PM_{2,5}** **plus élevées** ont été observées dans le **nord de l'Allemagne** ($11,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), au **nord-est de la Pologne** ($13,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), en **Europe centrale** ($13,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), en **Italie** ($17,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ainsi qu'à **Chypre** ($13,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). En outre, les concentrations observées aux **régions limitrophes** à la France au **sud** (Espagne - $6,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne) et à **l'est** (sud de l'Allemagne - $7,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont plus **faibles** que celles observées aux stations situées le plus au nord de la France, ce qui est cohérent avec le **gradient spatial** des concentrations en PM en **France en zones rurales de fond** discuté en Section 5. Les **plus faibles** concentrations moyennes ont été enregistrées en **Estonie** ($5,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), en **Grande Bretagne** ($4,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et en **Europe du Nord** ($3,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Les concentrations en **PM₁₀** observées dans le **nord**, **l'ouest** et le **centre** de la **France** ($16,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont du même ordre de grandeur que celles observées au **nord-est de l'Allemagne** ($15,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Des concentrations en **PM₁₀** **plus élevées** ont été observées, aux **Pays-Bas** ($20,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), dans le **nord-ouest de l'Allemagne** ($23,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), au **centre de la république Tchèque** ($18,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), à **l'est de l'Autriche** ($20,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), au **nord-est de la Pologne** ($16,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ainsi qu'à **Chypre** ($23,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). En outre, les concentrations observées aux **régions limitrophes** à la France au **sud** (Espagne - $13,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne) et à **l'est** (sud de l'Allemagne - $9,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et l'ouest de l'Autriche - $10,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont plus **faibles** que celles observées aux stations situées le plus au nord de la France, ce qui est cohérent avec le **gradient spatial** des concentrations en PM en **France en zones rurales de fond** discuté en Section 5. Les **plus faibles** concentrations moyennes ont été enregistrées en **Europe du Nord** ($4,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

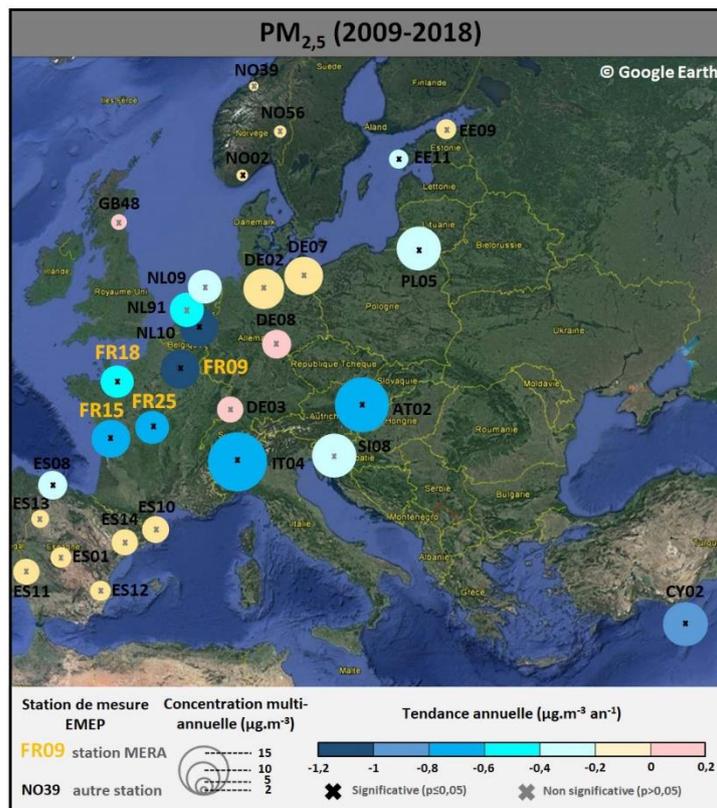


Figure 12 : Variations spatiales des concentrations massiques multi-annuelles moyennes en PM_{2,5} mesurées aux stations MERA et EMEP
 Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives de la période 2009-2018 sont indiquées (cf. Aparté n°1)

Les concentrations en PM ont diminué entre 2009 et 2018 à 22 stations EMEP de $-0,30 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne pour les PM_{2,5} et à 27 stations EMEP de $-0,32 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne pour les PM₁₀. Ces tendances sont significatives à 41 % et 33 % de ces stations respectivement pour les PM_{2,5} et les PM₁₀. Les tendances à la baisse des concentrations en PM des 4 stations MERA de l'étude ont été plus importantes ($-0,77$ et $-0,90 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne pour les PM_{2,5} et les PM₁₀, respectivement) notamment à la station du nord de la France ($-1,20$ et $-1,80 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ pour les PM_{2,5} et les PM₁₀, respectivement). De plus, des baisses marquées des concentrations en PM_{2,5} ont été également observées aux stations européennes ayant enregistré les concentrations en PM_{2,5} les plus élevées sur la période étudiée (i.e. en moyenne de $-0,54 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ pour les stations des Pays-Bas, du nord-est de la Pologne, d'Europe Centrale, d'Italie, et de Chypre). Quant aux PM₁₀, de fortes tendances à la baisse ont été principalement observées aux Pays-Bas ($-1,02 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne) et des moins marquées aux stations situées à Chypre, Slovaquie, Autriche, Suisse et au nord-ouest de l'Allemagne ($-0,41 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne). En revanche, les concentrations en PM ont peu varié ou légèrement augmenté à la majorité des stations de l'Allemagne et de l'Espagne et à celles ayant enregistré les plus faibles concentrations en PM sur la période étudiée (tendances annuelles de $-0,10$ et $-0,06 \mu\text{g.m}^{-3} \text{an}^{-1}$ en moyenne, pour les PM_{2,5} et les PM₁₀, respectivement).

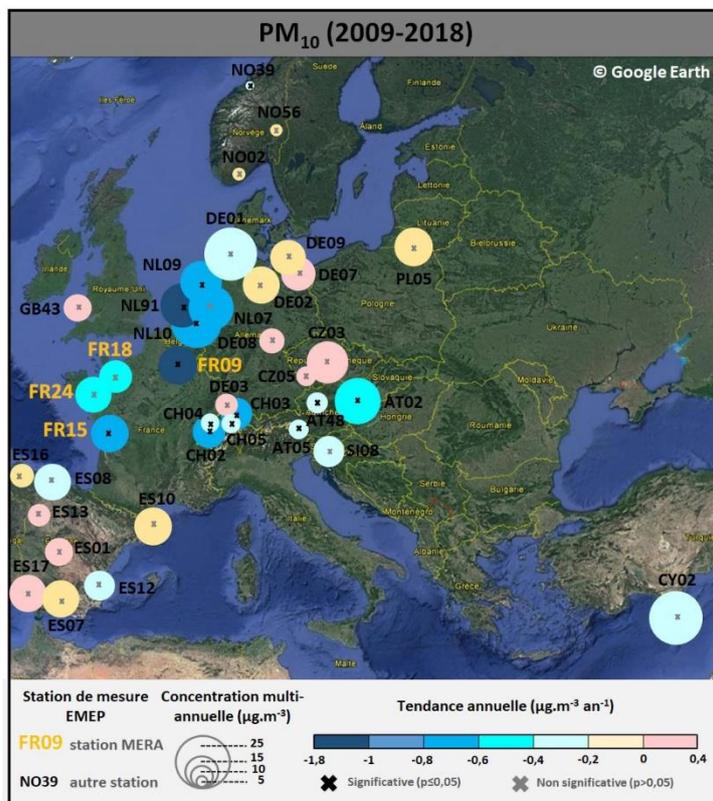


Figure 13 : Variations spatiales des concentrations massiques multi-annuelles moyennes en PM₁₀ mesurées aux stations MERA et EMEP

Note : seules les moyennes multi-annuelles représentatives de la période 2009-2018 sont indiquées (cf. Aparté n°1)

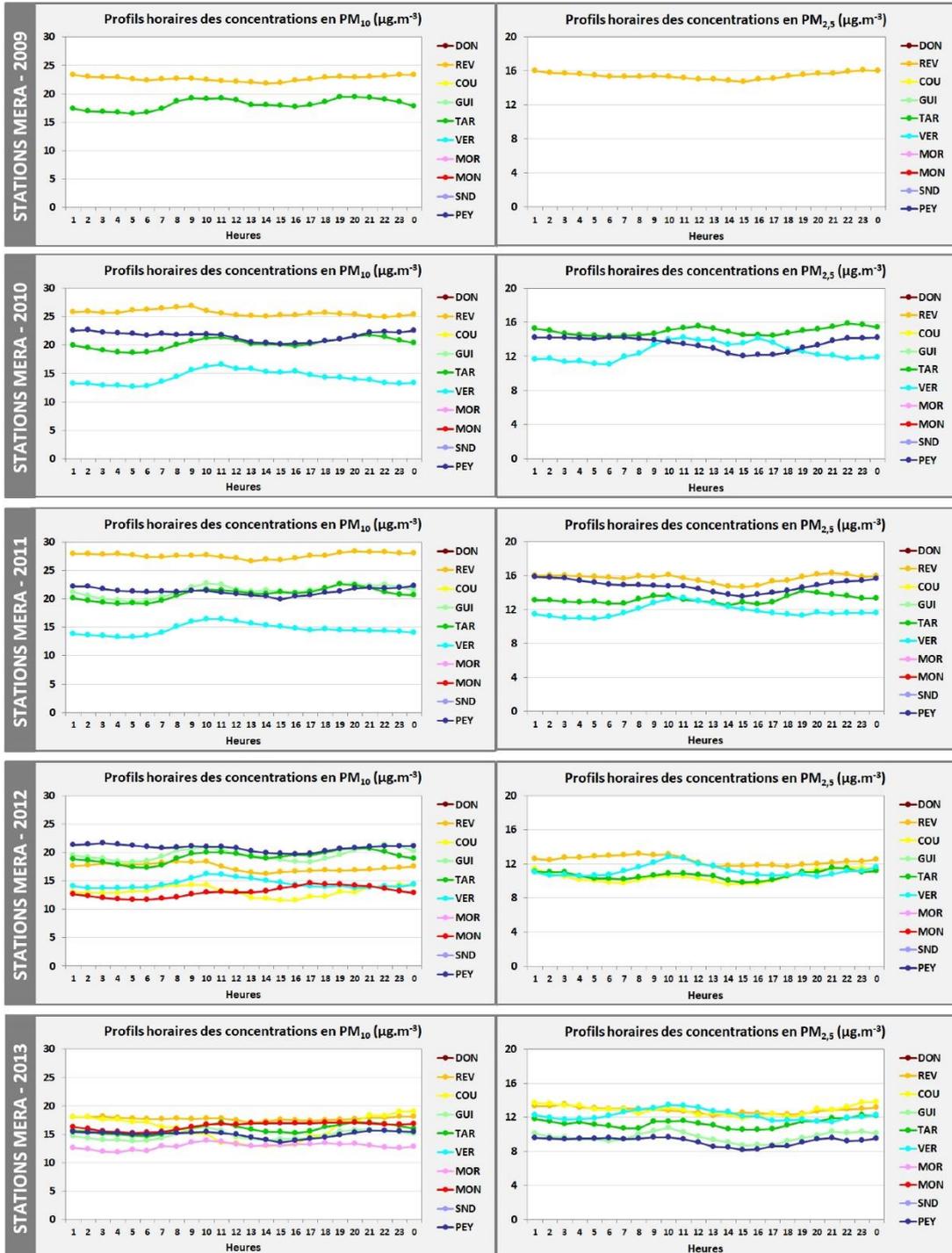
Un rapport EMEP [5] paru en 2016 présente les variations sur le long terme des concentrations en PM observées à **18 stations européennes** pour les PM_{2,5} (dont 11 stations sont également incluses dans l'étude des tendances des concentrations en PM_{2,5} sur la période 2009-2018) et à 29 stations européennes pour les PM₁₀ (dont 20 stations sont également incluses dans l'étude des tendances des concentrations en PM₁₀ sur la période 2009-2018) entre **2002 et 2012**. Les tendances identifiées par EMEP ont été obtenues suivant la même démarche que celle suivie pour cette étude. Les concentrations en PM_{2,5} entre **2002 et 2012** ont **significativement diminué** à plus de la moitié des stations de l'étude EMEP, correspondant à une tendance annuelle médiane des concentrations en PM_{2,5} de -0,29 µg.m⁻³ an⁻¹ (soit -3,1 % an⁻¹). Celles en PM₁₀ entre **2002 et 2012** ont **significativement diminué** à 38 % des stations de l'étude EMEP, correspondant à une tendance annuelle médiane des concentrations en PM₁₀ de -0,35 µg.m⁻³ an⁻¹ (soit -2,9 % an⁻¹). Sur la période **2009-2018**, la tendance à la **diminution** des concentrations en PM des stations européennes (incluant les 4 stations MERA) était légèrement **moins marquée** (tendance annuelle médiane de -0,23 et -0,21 µg.m⁻³ an⁻¹ pour les PM_{2,5} et les PM₁₀, respectivement soit -3,1 et -2,2 % an⁻¹, respectivement).

8. Références

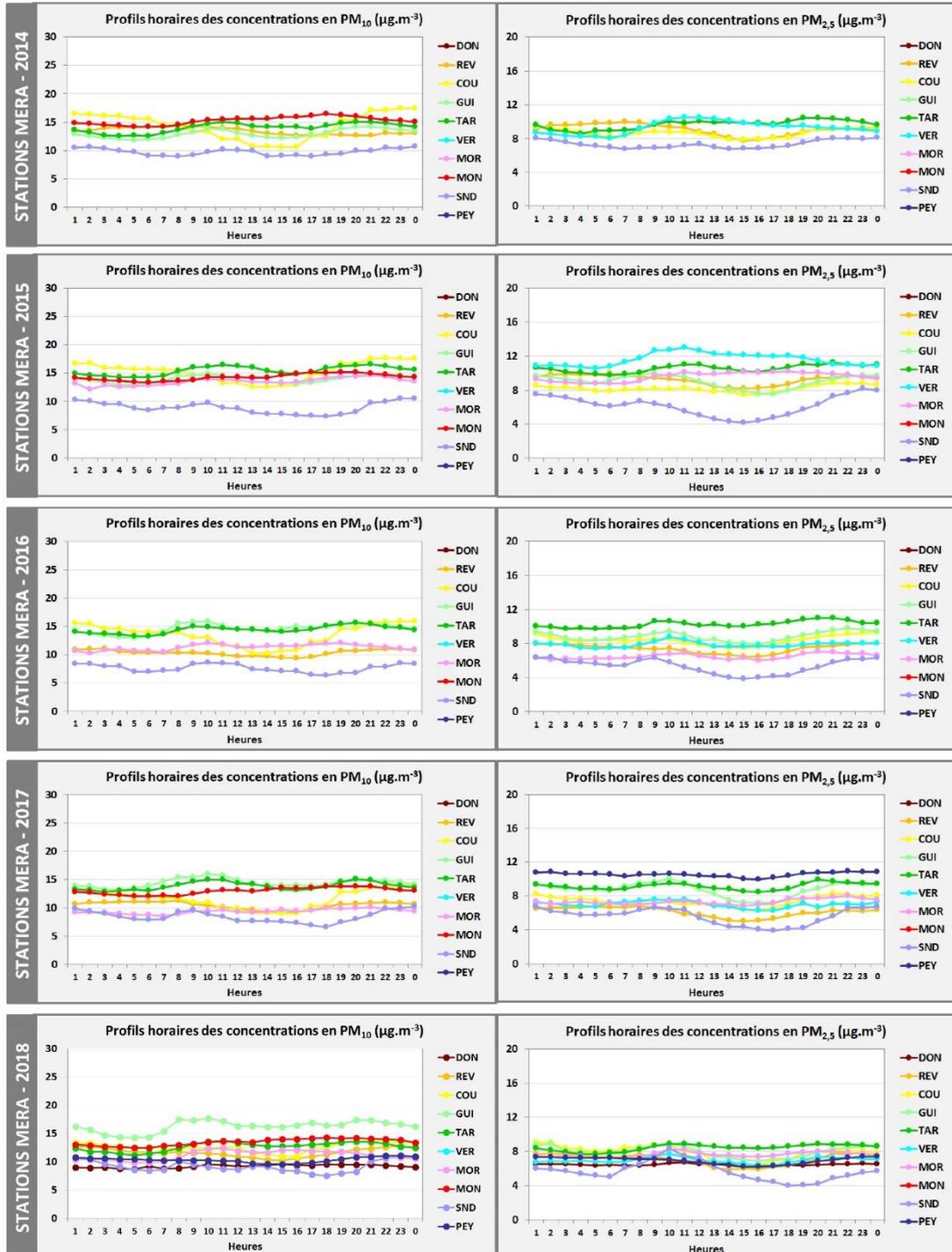
- [1] Guide méthodologique LCSQA pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air , version de juin 2016, url : <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/ineris/guide-methodologique-calcul-statistiques-relatives-qualite-air-juin-2016>
- [2] Note méthodologique : Méthode d'analyse des tendances appliquée aux données de l'observatoire MERA, url : https://www.lcsqa.org/system/files/documents/2.7.2-NoteM%C3%A9thodologiqueMERA_Tendances.pdf
- [3] Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air – mise à jour mondiale 2005, url : https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_agg/fr/
- [4] Guide LCSQA méthodologique sur les stations françaises de surveillance de la qualité de l'air, version de février 2017, url : <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-francaises-surveillance-qualite-air>
- [5] Rapport EMEP : CCC-Report 1/2016 – Air pollution trends in the EMEP region between 1990 and 2012 (version Mai 2016), url : https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/Air_pollution_trends_in_the_EMEP_region.pdf

Toute modification fera l'objet de la mise à jour de la fiche

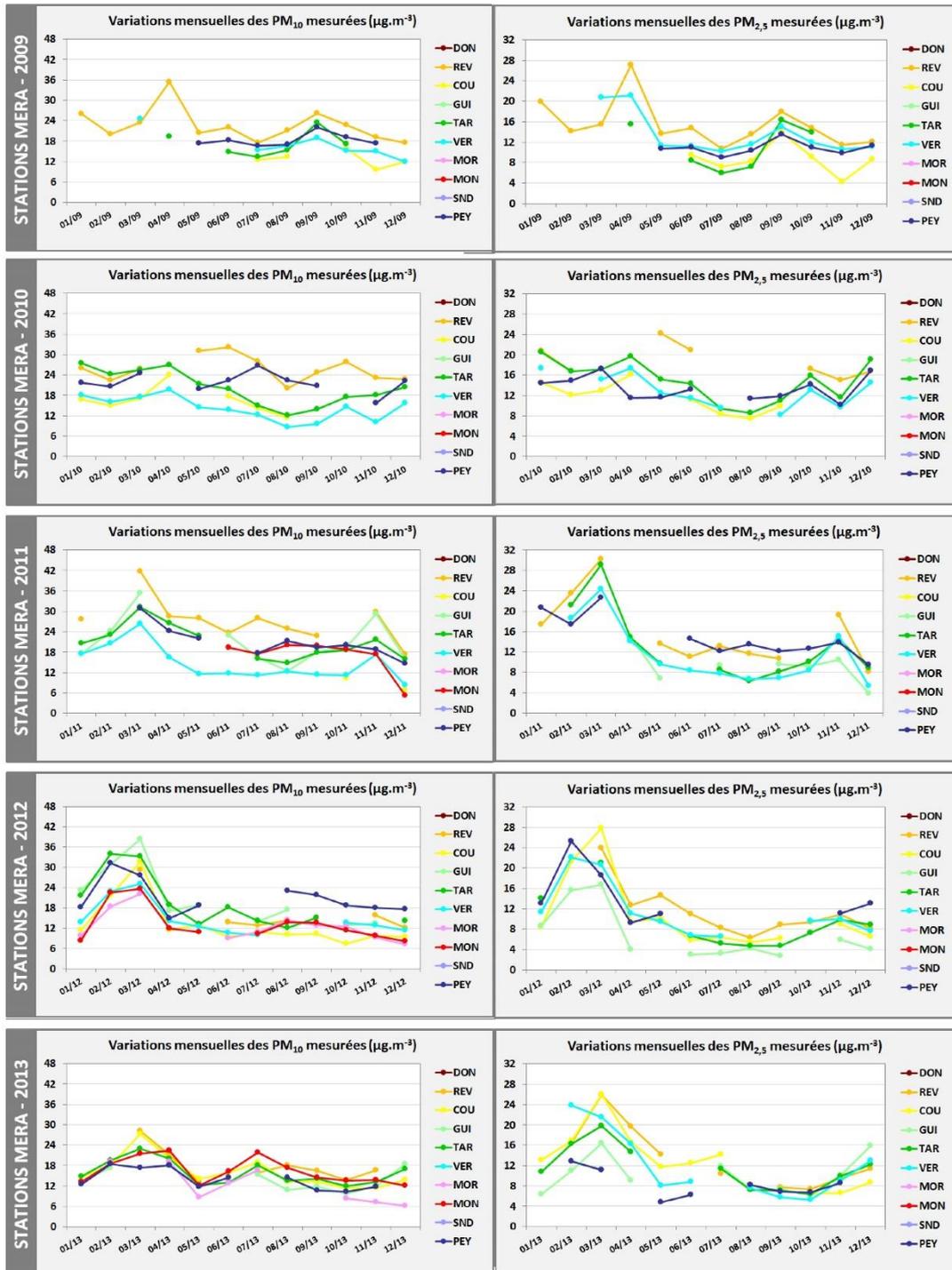
Annexe 1 : Profils horaires des PM (par année) - 1/2



Annexe 1 : Profils horaires des PM (par année) - 2/2



Annexe 2 : Variations mensuelles des PM (par année) - 1/2



Annexe 2 : Variations mensuelles des PM (par année) - 2/2

