



PROGRAMME MERA

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

**Convention n°2201192072 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 SYNTHÈSE D'ACTIVITÉ

**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. CEBEVEC, I. FRONVAL, B. HERBIN et E.TISON

décembre 2019

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	8
2.5. SUIVI TECHNIQUE	9
3. COORDINATION DU PROGRAMME.....	10
3.1. CONSULTATION ET SELECTION DES LABORATOIRES D'ANALYSE.....	10
3.2. REVISION DE LA STRATEGIE DE MESURE EMEP 2020/2029	11
3.3. CONVENTION AASQA.....	11
3.4. REVISION DES PROCEDURES MERA ET MISE A DISPOSITION DES AASQA.....	12
3.5. CAMPAGNE DE RECOUVREMENT GUIPRY/KERGOFF – AIR BREIZH.....	12
3.6. RENOUVELLEMENT DE LA BASE DE DONNEES DE TRAVAIL	13
3.7. VISITES DES STATIONS	14
3.8. INVESTISSEMENT POUR UN OU PLUSIEURS PRELEVEURS A DESTINATION DES STATIONS MERA PAR LES AASQA	16
3.9. INVESTISSEMENT POUR LA MESURE AUTOMATIQUE DE COV EN LIGNE A LA STATION DE PEYRUSSE- VIEILLE 16	
3.10. BANCARISATION DES DONNEES MERA.....	17
3.11. REDEPLOIEMENT DE SITES CARA VERS LE DISPOSITIF MERA	17
3.12. COMMUNICATION ET VALORISATION.....	18
4. BILAN TECHNIQUE PROVISoire 2019.....	19
4.1. DELAIS DE TRANSPORT ET D'ANALYSE	19
4.2. RESULTATS DES COMPARAISONS INTER-LABORATOIRES.....	20
4.3. BILAN DE FONCTIONNEMENT	21
4.3.1. <i>Gestion des données</i>	21
4.3.2. <i>Taux de fonctionnement estimatifs</i>	22
5. SUIVI CHRONOLOGIQUE DES DONNEES 2019 (DONNEES PRELIMINAIRES)	23
5.1. METAUX LOURDS	23
5.1.1. <i>Dans les aérosols</i>	23
5.1.2. <i>Dans les précipitations</i>	26
5.2. HAP	28
5.2.1. <i>Dans les aérosols</i>	28
5.2.2. <i>Dans les précipitations</i>	30
5.3. SPECIATION DANS LES PM _{2,5}	32
6. CONCLUSION GENERALE ET FAITS MARQUANTS.....	35
ANNEXE 1.....	37
PROGRAMME DE MESURE DE LA STRATEGIE EMEP DEFINIE POUR 2010-2019	37
ANNEXE 2.....	41
RAPPORT SUR LA CAMPAGNE DE RECOUVREMENT KERGOFF/GUIPRY	41
ANNEXE 3.....	67
FICHE POLLUANT SPECIATION PM_{2,5}	67

1. Introduction

Depuis le 1^{er} janvier 2014, le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) 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), particuliers (métaux lourds, HAP, ions majeurs, EC/OC, et masse PM₁₀, PM_{2,5}, ...) et les paramètres météorologiques.

La convention MTES/IMT LD n°2201192072 a pour objet le soutien financier de MERA sur l'année 2019. 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 2019. 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 de l'observatoire MERA. 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 2019 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 MTES, 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).

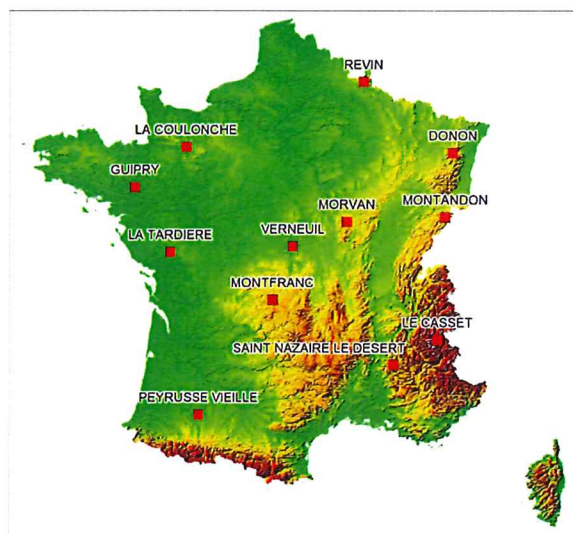


Figure 1 : Localisation des stations du dispositif MERA dans sa configuration actuelle

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 (Drôme Rurale Sud)	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	Guipry	FR19008
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 2017 comparés à ceux des années antérieures. La Slovénie a l'indice le plus élevé car tous les paramètres requis ont été mesurés en 2017 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, la tendance est à l'augmentation sur la période 2010-2017. D'autres améliorations ont été également notables sur cette période par exemple en Italie, Belgique et Suède.

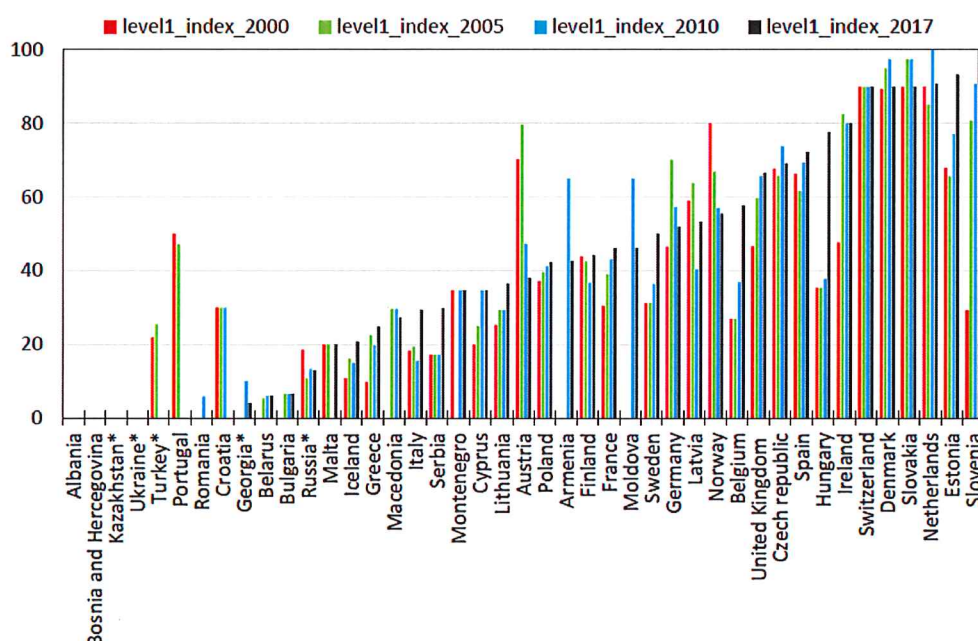


Figure 2 : Indices d'implémentation du programme de mesure relativement à la stratégie EMEP de niveau 1, calculés sur la base des données reportées en 2000, 2005, 2010 et 2017 (Source : EMEP Status Report 1/2019)

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.

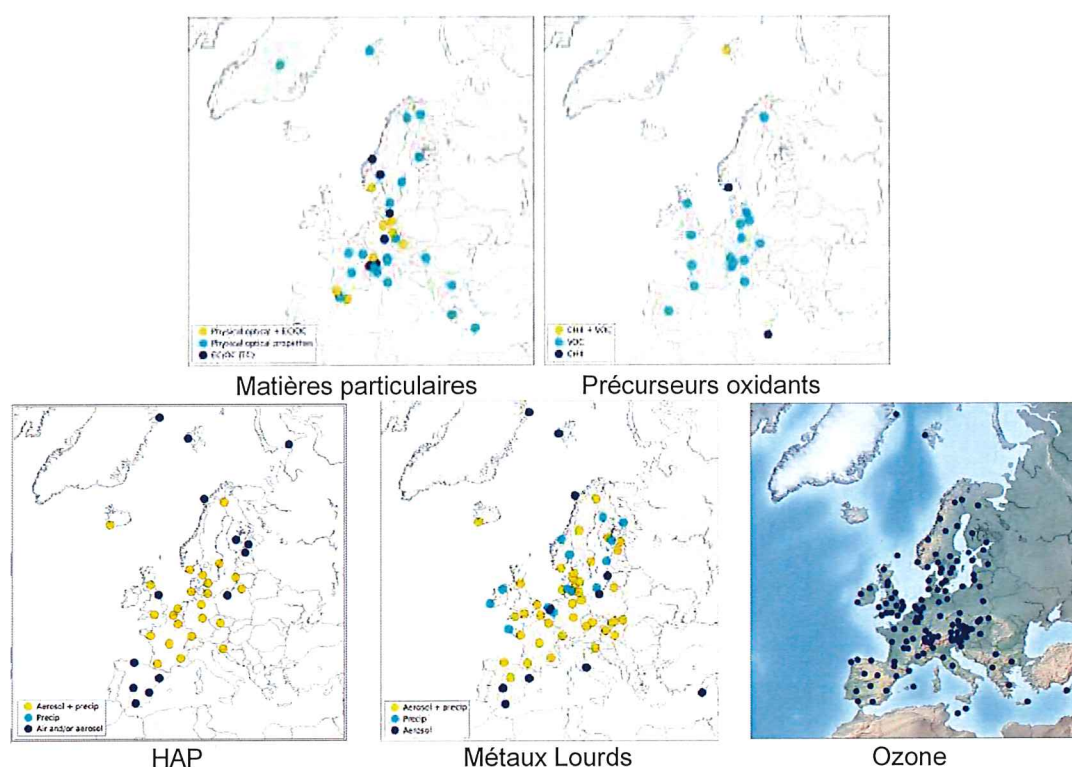


Figure 3 : Sites ayant reporté en 2017 certains paramètres de niveau 2 ou de niveau 1 de la stratégie de mesure EMEP (Source : EMEP Status Report 1/2019)

En 2019, 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 (O_3 , NO_2 , COV) et particulaires (métaux lourds, HAP, PM_{10} , spéciation $PM_{2,5}$) et les paramètres météorologiques.

Tableau 2 : Caractéristiques des stations MERA en 2019 en fonction des niveaux de programme de la stratégie EMEP

		DON	CAS	COU	FRA	TAR	MON	MOR	PEY	REV	GUI	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
	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 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 MTES. 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,...). 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. Annuellement, 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 2019, a été publiée en novembre 2018 pour une prise effective d'activité sur les échantillons du 1^{er} janvier 2019. Le coût total du marché d'analyses a évolué à la baisse en 2019 en raison des évolutions de programmes détaillées dans les paragraphes suivants. 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 engagés en 2019 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. Révision de la stratégie de mesure EMEP 2020/2029

La stratégie de mesure du programme EMEP 2010-2019 dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance est arrivée à échéance.

Débutées en 2018, les actions pour la définition de la nouvelle stratégie 2020-2029 ont été poursuivies par les Parties en 2019 en collaboration étroite avec les centres EMEP (Chemical Coordinating Centre, Meteorological Synthesizing Centres et Centre on Emission Inventories and Projections). Une version préliminaire de la stratégie a été présentée lors de la réunion de la Task Force on Measurements and Modelling (TFMM) en mai 2019. Une version finalisée de la stratégie de mesure 2020-2029 du programme EMEP a été présentée au dernier trimestre 2019 pour les réunions de l'Organe directeur de l'EMEP et de l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. L'adoption de la nouvelle stratégie par l'Organe exécutif devrait intervenir prochainement.

Les évolutions concernant le programme de mesure impliquent des ajouts, des compléments ou des changements de priorité :

- Niveau 1 :
 - Ajout : Carbone élémentaire et organique dans les PM_{2,5}
 - Suppression (passé en niv 2) : Rapport gaz/particules des espèces azotées - NH₃, NH₄⁺, HCl, HNO₃, NO₃⁻
- Niveau 2 :
 - Ajout (depuis niv 3) Hydrocarbures - C₆-C₁₂
 - Complément : Hydrocarbures légers – BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)
 - Ajout: Spéciation chimique des particules – composition organique et inorganique non réfractaire
- Niveau 3 :
 - Ajout : COV oxygénés (alcools) - méthanol, éthanol
 - Complément : information sur les isotopes - EC, CH₄, CO₂, Hg

3.3. Convention AASQA

Les conventions IMT LD/AASQA sont en cours d'écriture. Elles ont pour but de préciser les conditions d'exploitation et de gestions financière et technique des stations rurales nationales de l'observatoire MERA. Les conventions sont établies pour une durée initiale de 5 ans. La première établie en 2018 avec Atmo Occitanie a servi de modèle pour les conventions suivantes. Les projets proposés à Atmo Grand Est et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en 2019 ont été finalisés. Les conventions avec les autres AASQA devraient intervenir courant 2020.

3.4. 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.). Elles constituent des protocoles spécifiques associés au référentiel technique national du LCSQA. Certains de ces documents nécessitent une mise à jour. Une révision a donc débuté en 2019 et se poursuivra en 2020. Ces procédures de prélèvement et de transfert des données révisées seront par la suite mises à disposition des AASQA via un lien de partage.

En parallèle, les fiches de suivi remplies sur les stations par les AASQA seront remises à jour pour l'année suivante afin de prendre en compte si nécessaire les révisions de procédure. La version numérique pourrait être également à l'essai pour les AASQA qui le souhaitent.

3.5. Campagne de recouvrement Guipry/Kergoff – Air Breizh

Suite à des travaux d'aménagement, la représentativité de la station Guipry (Ille-et-Vilaine, 35) implantée sur un terrain accueillant les services techniques de la ville, a été remise en question. Les intérêts scientifiques et techniques ont conduit à maintenir un site MERA sur la région bretonne. Un nouveau site a donc été recherché et suite aux visites de terrain, un site potentiel « Kergoff », sur la commune de Merléac, a été retenu pour une évaluation préliminaire avant l'implantation de la future station. Ce site est localisé sur un terrain du service départemental des Eaux.

Une campagne de mesure a été mise en œuvre sur le site de Kergoff (Figure 4) en parallèle des mesures effectuées sur le site de Guipry, afin d'évaluer les potentielles sources locales de polluants atmosphériques et la représentativité du site en terme de pollution de fond aux échelles régionale et nationale.



Figure 4: Photographies des instruments de mesure dans le camion laboratoire et des préleveurs extérieurs lors de la campagne d'évaluation du site candidat de Kergoff

Des mesures de divers polluants sous forme de gaz, de particules ou de dépôts ont été réalisées pendant 3 mois au cours de la période couvrant la fin de l'hiver et le printemps 2019 (26/02/2019-23/05/2019) afin de prendre en compte l'aspect

saisonnier des sources anthropiques pouvant influencer le site (telles que le chauffage résidentiel, le trafic routier et les activités agricoles). Un rapport d'évaluation du site candidat a été réalisé par l'IMT LD et fourni à Air Breizh (annexe 2).

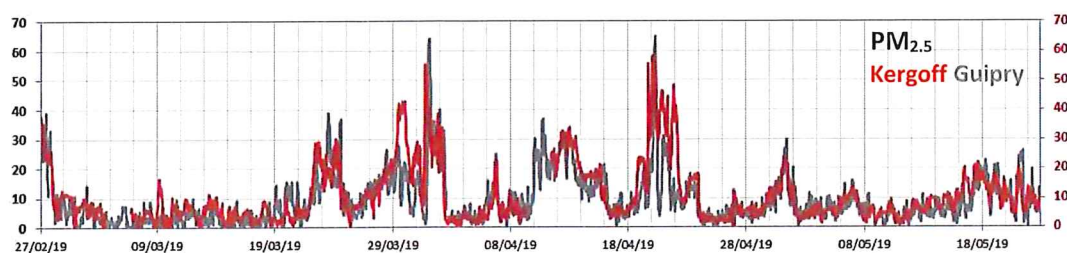


Figure 5: Série temporelle des concentrations horaires de $PM_{2.5}$ mesurées à Kergoff et Guipry ($\mu g m^{-3}$)

A partir de l'analyse croisée des concentrations des polluants, de leurs profils horaires (Figure 5) et des cartes journalières modélisées de concentrations de ces polluants issues de Prev'Air, plusieurs périodes ont été identifiées lors de la campagne d'évaluation, selon si le site de Kergoff était sous des influences régionales et ou locales plus ou moins marquées. D'un point de vue national, pour la surveillance de la pollution de fond et à longue distance, le site présente un intérêt certain de par sa situation géographique et de par les différentes provenances de masses d'air amenant des situations contrastées. L'intérêt régional du site est également à mettre en avant. Le positionnement dégagé (311m sur une bute) et l'absence de sources locales marquées de type feu de bois et trafic routier sont les atouts de ce site. Une vigilance sera toutefois à maintenir concernant la source agricole. Une particularité régionale a également été relevée pour le nickel. L'analyse des données montre un site globalement cohérent avec les autres sites ruraux nationaux. Au final, ce site, situé sur la pointe bretonne, est un site d'intérêt pour surveiller la pollution de fond et il pourra intégrer l'observatoire MERA après validation du processus de caractérisation et de sélection par le LCSQA.

Les prochaines étapes sont :

- Le déplacement du programme de mesure de Guipry vers Kergoff en décembre 2019
- La mise en œuvre des prélèvements sur Kergoff à partir de janvier 2020

3.6. 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 Lille Douai en assure la gestion depuis 1990. Cet observatoire est en constante évolution que ce soit en matière de nombre de sites de mesures, de polluants et de caractéristiques multiples et variées comme la qualification et le format d'échange des données, la fréquence et la durée des mesures, etc.

La base de données de travail utilisée par l'IMT LD pour le processus de validation notamment des données manuelles doit être renouvelée. 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 besoin d'être actualisés.

Au cours de l'année 2018, un premier document a été conçu dans le but de revoir le cahier des charges de l'application MERA conçue initialement en 1995. Il doit également prendre en compte les évolutions en termes de logiciels de gestion et les évolutions passées et à venir de l'observatoire MERA. Il reprend les besoins des intervenants locaux de l'IMT LD basés sur l'ancienne application développée sous Paradox. L'application Paradox étant obsolète, il est désormais indispensable de migrer vers un autre système de gestion de base de données opérationnel permettant un suivi à long terme des données. L'application doit également gagner en souplesse, en lisibilité et en confort d'utilisation. Elle doit enfin étendre la possibilité d'échanges de données sous différents formats. En effet, la base de données de l'observatoire MERA doit à terme alimenter, de manière plus souple et plus automatisée qu'actuellement, la base de donnée européenne gérée par le NILU (nommée EBAS) ainsi que la base de données nationale gérée par le LCSQA (nommée GEOD'AIR, ex BDQA).

Ce document, sera complété et optimisé en 2020, il devra décrire plus précisément la structure et l'organisation générale de l'application MERA actuelle et les évolutions souhaitées. Le rôle de chaque intervenant y sera clairement décrit. Les critères et les détails de transmission des données seront notifiés. La réalisation de la nouvelle application pourra s'appuyer sur un phasage temporel défini par la priorité et l'opérationnalité de certaines fonctions.

3.7. 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 3 ci-dessous reprend le classement EMEP des stations de l'observatoire MERA et les périodicités minimales d'intervention décidées suivant leur programme de mesure 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 3 : Niveau des stations au regard de la stratégie EMEP et périodicité des visites.

STATION	NIVEAU EMEP	périodicité d'intervention/ équipements (nombre/an)
CASSET	1	1
COULONCHE	1	1
DONON	2	2
MONTANDON	1	1
MONTFRANC	1	1
MORVAN	1	1
PEYRUSSE	2	2
REVIN	2	2
ST NAZAIRE	2	0.5
TARDIERE	2	2
VERNEUIL	2	0.5
KERGOff	2	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. Des actions curatives/préventives ont donc été réalisées en 2019 sur les stations de l'observatoire, telles que :

- Morvan : remise en fonction du collecteur Eigenbrodt suite à des pannes récurrentes ;
- Casset : remise en fonction de l'ouverture-fermeture du collecteur Eigenbrodt ;
- Peyrusse : remplacement du collecteur Eigenbrodt;
- Revin : remplacement intégral des capteurs météorologiques par des capteurs VAISALA type WMT700 pour la direction et vitesse du vent et WXT500 pour la pression, température et l'humidité relative.

Le site du Donon devrait être équipé au premier semestre 2020 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 sera discuté avec les différentes AASQA concernées pour envisager leur possible 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.

Enfin, la station de Montandon a fait l'objet d'une réfection complète de clôture en début d'année 2019.

3.8. Investissement pour un ou plusieurs préleveurs à destination des stations MERA par les 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 2019, le nombre total de demandes s'élève à 2 pour des équipements dédiés aux stations Kergoff et Donon.

3.9. Investissement pour la mesure automatique de COV en ligne

Dans le cadre du programme de mesure répondant au niveau 2 de la stratégie 2010-2019 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 remplacées début 2021 par une méthode de mesure automatique on-line. L'achat d'un analyseur a été réalisé au 4^{ème} trimestre 2019. La mise au point de l'instrument et la rédaction de la procédure ad-hoc sont prévues début 2020. Un recouvrement entre les deux méthodes off-line et on-line est planifié fin 2020.

3.10. Bancarisation des données MERA

En 2019, une enquête a été réalisée auprès des AASQA correspondantes MERA dans le cadre de la bancarisation des données relatives aux directives européennes (HAP PM₁₀ et dépôts, métaux lourds PM₁₀ et dépôts, et spéciation des PM_{2.5}). Elle a eu pour but de recenser les pratiques relatives à ces données manuelles MERA et à leur intégration dans les postes centraux avant transmission vers GEOD'AIR.

A minima, les moyennes des 12 derniers mois des données manuelles MERA nécessitent d'être diffusées et mises à disposition du public avec une périodicité de mise à jour de l'information chaque trimestre. Au terme de l'année, actuellement, une partie de ces données est intégrée dans GEOD'AIR.

Les résultats de cette enquête ont été compilés pour être présentés lors de la Commission de Suivi Observatoires Nationaux du 22 novembre 2019. L'utilisation et le mode de gestion des données MERA (HAP, ML et spéciation PM_{2.5}) ont été présentés pour les cinq AASQA participantes. Il est ressorti la nécessité de mettre en œuvre des fichiers Excel trimestriels contenant les données associées aux codes qualités avec un niveau de validation conforme au guide LCSQA de validation des données différées. Les unités seront celles demandées par GEOD'AIR (e.g. µg/m³ pour le plomb dans les PM₁₀, avec un nombre de chiffres significatifs suffisants). Une fréquence annuelle a été considérée suffisante pour l'intégration des données dans les postes centraux car certaines AASQA ne les utilisent pas pour la communication trimestrielle des données. Un référentiel « remontée MERA », indiquant notamment les codes ISO des polluants et les unités associées, sera à mettre en œuvre après soumission au Comité de Pilotage du dispositif de la Surveillance de la qualité de l'air du LCSQA. Dans la mesure du possible, il est envisagé que la remontée des données 2019 sur GEOD'AIR se fasse selon ce référentiel.

3.11. Redéploiement de sites CARA vers le dispositif MERA

Le programme CARA repose historiquement sur l'analyse différée en laboratoire de filtres collectés pour la compréhension et l'information sur l'origine des épisodes de pollution particulaire. Dans un souci de rationalisation du programme CARA, le LCSQA envisage un redéploiement de certains sites CARA-filtres vers des sites ruraux nationaux de l'observatoire MERA.

Les discussions entre les AASQA et le LCSQA sur ce point ont eu lieu lors de la CS Observatoires Nationaux du 22 novembre 2019. Le principe est de préserver les sites CARA urbains actuels jusqu'au printemps 2020 (mai juin 2020). A partir de mi-2020, seuls quelques sites urbains seraient conservés et une partie des 6 sites ruraux nationaux où des mesures des HAP sont réalisées (sur HVS-DA80) pourrait accueillir des prélèvements PM₁₀. L'analyse chimique des filtres prélevés sera 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. Une procédure précisera les modalités de mises en place de prélèvements CARA sur les sites MERA.

3.12. Communication et valorisation

Au cours de l'année 2019, la valorisation des données issues du programme MERA a été développée. La page web MERA, hébergée par le site internet du LCSQA a été créée (Figure 6). Elle intègre des fiches venant présenter l'observatoire MERA, son programme de mesure, l'assurance qualité et le contrôle qualité mis en œuvre. Des fiches de résultats synthétiques par polluant facilement réutilisables par les AASQA ou le MTES ont été conceptualisées. La première fiche a été mise en ligne en novembre 2019 (annexe 3), elle concerne les évolutions temporelles de la spéciation des $PM_{2,5}$ sur les stations de l'observatoire MERA (composition en carbones organique et élémentaire, et en ions inorganiques majeurs). Ces travaux de valorisation sur le site du LCSQA se poursuivront en 2020 avec la conceptualisation et l'édition de fiches polluants. La prochaine portera sur les concentrations massiques en PM_{10} et $PM_{2,5}$ mesurées sur les stations de l'observatoire.

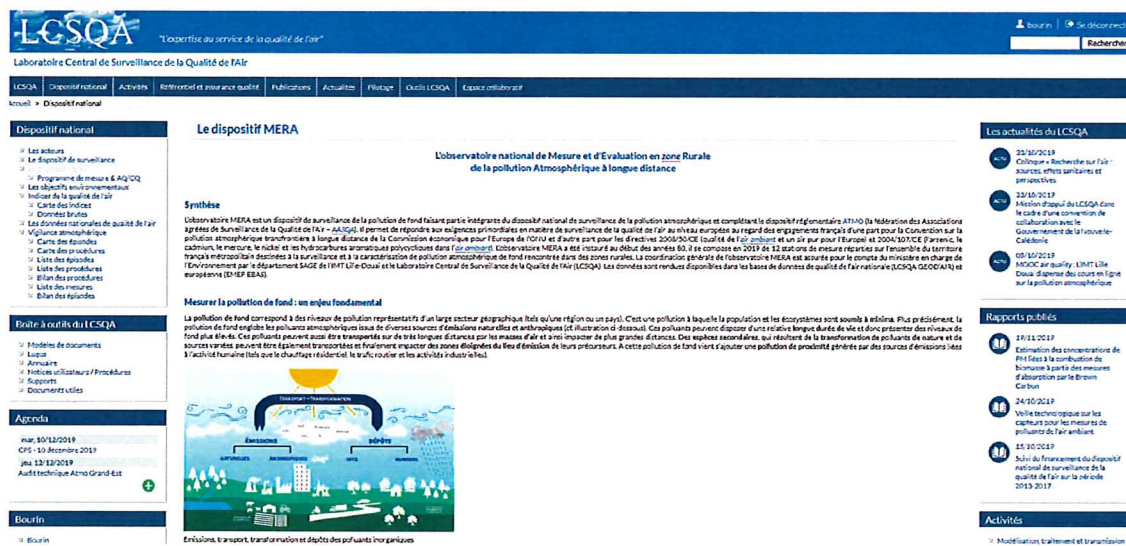


Figure 6 : Page web de l'observatoire MERA hébergée sur le site du LCSQA

De manière plus générale, la communication et la valorisation des données de surveillance de la qualité de l'air sur les stations rurales nationales réglementaires ont été réalisées en 2019 par l'IMT LD et ses partenaires par le biais de différents supports scientifiques :

- En mars 2019, une **communication orale** a été présentée lors d'un congrès national : S. Sauvage et al., Surveillance des composés azotés inorganiques au sein des observatoires nationaux de la qualité de l'air, Colloque Agriculture et Qualité de l'air, Paris, 21-22 mars 2019
- En mars 2019, une **communication par affiche** a été présentée lors d'un congrès national : P. Espina Martin et al., Comparing $PM_{2,5}$ levels in periurban, rural and remote sites in North of France: from local to transported sources, 5ème journée scientifique Labex Cappa, Villeneuve d'Ascq, 6 mars 2019

- En juillet 2019, une **communication par affiche** a été présentée lors d'un congrès national : P. Espina Martin et al., Seasonal PM_{2.5} concentrations and sources at urban, rural and remote sites in the North of France, Conseil Scientifique du Labex Cappa CaPPA, Villeneuve d'Ascq, 1 juillet 2019
- En août 2019, une **communication par affiche** a été présentée lors d'un congrès international : Devedec C. et al., PM_{2.5} chemical speciation: long-term trends and climatology observed at 5 French background monitoring stations, European Aerosol Conference, Göthenburg (Suède), August 25-30, 2019
- En septembre 2019, un **rapport d'évaluation** a été publié dans le cadre des activités liées au site potentiel de mesure de Kergoff : Bourin et al., rapport d'évaluation du site potentiel de mesure de Kergoff, programme MERA, septembre 2019

4. Bilan technique provisoire 2019

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

4.1. Délais de transport et d'analyse

Le Tableau 4 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.

Calculé pour la période du 01 janvier au 30 septembre 2019, le délai pour l'analyse des anions et des cations dans les précipitations est en moyenne de 12 jours. Les analyses de pH et de conductivité sont réalisées en moyenne sous 9 jours.

Concernant les métaux lourds, le délai entre la fin du prélèvement et le jour d'analyse s'établit pour 2019, sur la période du 02 janvier au 08 octobre, à 33 jours pour le traitement et l'analyse des filtres et à 24 jours pour les échantillons de pluie. Ces délais d'analyse sont satisfaisants.

Les délais d'analyse des HAP sont également satisfaisants avec 20 jours pour le traitement et l'analyse des filtres, et de 15 jours pour les échantillons de pluie, en moyenne sur la période du 01 janvier au 08 octobre 2019.

Les délais d'analyse de la spéciation des PM_{2.5} (analyses des carbones et ions inorganiques confondus) sont courts, de l'ordre de 11 jours pour la période du 01 janvier au 08 octobre 2019, avec quatre jours de délais entre les analyses EC/OC (14 jours) et anions/cations (10 jours).

Enfin, les délais pour les analyses de COV hydrocarbonés sont de 13 jours pour la période du 01 janvier au 22 juillet 2019 et pour les composés carbonylés de 9 jours pour la période du 01 janvier au 30 août 2019. La baisse significative du délai d'analyse

des composés carbonylés est en lien avec l'arrêt d'un des deux sites de mesure (18 jours en 2018 contre 9 jours en 2019).

Tableau 4 : Moyenne des délais (en jours) d'analyse des derniers échantillons de chaque série au cours de l'année 2019 (bilan fait au 31/12/2019 selon la disponibilité des données)

	mi-2019
pH, Cond	7
Anions / cations	12
Métaux lourds PM ₁₀	33
Métaux lourds Pluies	24
HAP PM ₁₀	20
HAP Pluie	15
Speciation PM _{2,5}	11
COV hydrocarbonés	13
Carbonylés	9

4.2. 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 2019, le laboratoire CEA/LSCE a participé à deux CIL, l'une sur les analyses d'EC/OC dans les PM_{2,5} (ECAC 2019-1), et la seconde sur les analyses d'ions inorganiques majeurs dans une solution aqueuse (EMEP37). Les résultats à ces deux exercices sont globalement satisfaisants. Une vigilance est à apporter sur les mesures de nitrate et de sodium dans les PM_{2,5} car les objectifs de qualité n'ont pas été atteints pour 1 échantillons sur 3. Par ailleurs, les pourcentages de biais (erreurs systématiques) et de variabilité (erreurs aléatoires) sur les analyses d'EC dans les PM_{2,5} ont été évaluées à 3% et 8.3%. Il a été estimé que ce biais avait tendance à être systématique car plus de 75% des échantillons testés étaient concernés.

Le laboratoire SGS Multilabs a participé à une CIL sur les analyses d'ions inorganiques dans les dépôts en décembre 2019 (EMEP37) dont les résultats complets seront connus courant 2020. D'après les premières informations mises en ligne par le NILU sur l'exercice EMEP37, le laboratoire a des résultats de qualité questionnable sur les analyses de pH. Concernant la CIL EMEP36 (faite en décembre 2018), les analyses de pH n'aient également pas été de qualités suffisantes car une déviation supérieure à ± 0.2 unité pH par rapport aux valeurs attendues avait été observée. Ces déviations ont été systématiques sur les 4 échantillons testés. Une demande d'analyse des causes a été demandée au laboratoire et une augmentation significative du contrôle qualité sera menée en 2020.

Le laboratoire TERA Environnement a participé à la CIL EMEP37 sur les analyses de métaux lourds. Les résultats préliminaires de l'exercice indiquent une qualité satisfaisante des analyses. Cependant lors de la CIL EMEP36, les 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.

4.3. Bilan de fonctionnement

4.3.1. 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 5 présente les différents fournisseurs de données par type de mesure.

Tableau 5 : 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	SGS							Atmo Auvergne-Rhône-Alpes	GEOD'AIR
Morvan								Atmo Bourgogne Franche-Comté	
Montandon									
La Coulonche								Atmo Normandie	
Montandon								Atmo Bourgogne Franche-Comté	
Le Montfranc								Atmo Nouvelle-Aquitaine	
La Tardière								Air Pays de la Loire	
Peyrusse-Vieille								TERA	
Revin		Atmo Grand Est							
Donon		AIR BREIZH							
Guipry		Atmo Auvergne-Rhône-Alpes							
Saint-Nazaire le Désert									
Verneuil		LIG'AIR							

Le tableau de bord relatif à la gestion des données de l'observatoire est présenté sur la Figure 7. 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.

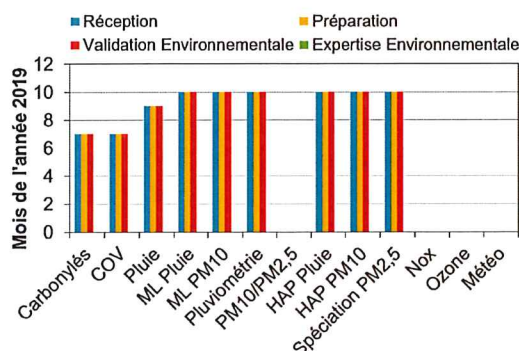


Figure 7 : Etat de la gestion des données 2019 du dispositif MERA au 31/12/2019

4.3.2. Taux de fonctionnement estimatifs

Les taux de fonctionnement sur l'année 2019 (arrêtés au 30/10/2019) 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%.

Tableau 6 : Bilan de fonctionnement du programme de mesure 2019 (01/01/2019 au 30/10/2019).
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	GUI	SND	VER
Collecteur	98,3	92,0	92,1	91,1	98,1	98,2	86,7	89,1	92,3			
Pluviomètre	94,1	93,8	99,3	96,0	99,3	97,4	97,1	99,6	97,1			
Gravi PM _{2,5}	97,7		100		100		100	100	97,7	100	100	100
Gravi PM ₁₀	97,7		100		97,7	97,7	97,7	100	100	95,2		
Ozone	95,2	100	100	90,5	100	97,6	90,5	100	97,6	100	100	100
NO - NO ₂					100		90,5	95,2	97,6	100	100	100
Météo	DV-VV	100	100	92,0	90,0	100	100	100	54			
	T	100	100	100	50	100	100	100	100			
	P	100	100	100	50	100	100	100	100			
	Hr	100	100	100	50	0	100	100	100			
COV					100			94,9				
Carbonylés								96,7				
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

Les taux de fonctionnement des collecteurs Eigenbrodt des stations du Morvan et de Peyrusse sont inférieurs à 90%. Lors de la visite de maintenance à la station du Morvan, la carte relais ainsi que le détecteur de pluie ont été changés. Pour la station de Peyrusse, il a été nécessaire d'installer un collecteur de 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 et Revin ont été équipées sur la période 2018-2019 de nouveaux capteurs de chez VAISALA : weather transmitter WXT530 et 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 pallier 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.

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.

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.

Les taux de fonctionnement pour les mesures des COV sont satisfaisants pour les deux stations sur les périodes considérées. Concernant La Tardière, les mesures de COV hydrocarbonés et de composés carbonylés ont été arrêtées en février 2019. Pour la station de Peyrusse-Vieille, il est à noter que plusieurs canisters présentant des fuites n'ont pas pu être analysés. 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.

5. Suivi chronologique des données 2019 (données préliminaires)

5.1. Métaux lourds

5.1.1. Dans les aérosols

Au 31 décembre 2019, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des métaux lourds dans les aérosols depuis le 02 janvier jusqu'au mois d'octobre 2019. Les moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur cette période de l'année 2019 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 PM_{10} varient de 1,41 à 3,70 $ng.m^{-3}$ sur la période étudiée. Les concentrations en nickel sont en moyenne de 0,41 à 2,57 $ng.m^{-3}$. En arsenic, les concentrations moyennes sont proches de 0,21 $ng.m^{-3}$, faisant ainsi du cadmium l'élément le plus faible avec une concentration moyenne proche de 0,06 $ng.m^{-3}$. 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 Guipry (2,57 $ng.m^{-3}$), de plus d'un facteur 3.

Tableau 7 : Moyennes des mesures de métaux lourds (ng/m³) dans les aérosols de l'observatoire MERA pour la période du 02 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU (données préliminaires)

	n	Arsenic	Cadmium	Plomb	Nickel
Guipry	19	0,307	0,063	1,819	2,565
Donon	20	0,177	0,041	1,807	0,412
Peyrusse-Vieille	20	0,199	0,046	1,606	0,543
Revin	21	0,258	0,097	3,700	0,867
Saint-Nazaire	20	0,151	0,035	1,414	0,406
Verneuil	18	0,182	0,053	1,624	0,447

Au 08 octobre 2019, les gammes de variations des concentrations mesurées des métaux lourds dans les aérosols des stations sont :

- pour Pb entre 0,400 ng.m⁻³ (GUI) et 7,02 ng.m⁻³ (REV) ;
- pour Cd entre 0,006 ng.m⁻³ (VER) et 0,204 ng.m⁻³ (GUI) ;
- pour As entre 0,063 ng.m⁻³ (DON) et 0,678 ng.m⁻³ (GUI) ;
- pour Ni entre 0,039 ng.m⁻³ (SND) et 19,4 ng.m⁻³ (GUI).

Le plomb a une gamme étendue de concentrations par rapport à l'arsenic et au cadmium. Pour ce bilan provisoire, la station de Guipry est caractérisée par une teneur maximale très élevée en nickel de 19,4 ng.m⁻³, cette valeur n'est pas considérée comme représentative au regard de la gamme historique d'évolution du nickel sur cette station et sur les autres stations de l'observatoire. En moyenne, les teneurs maximales pour les 5 autres sites sont de 1,07 ng.m⁻³. Une particularité en nickel sur la station de Guipry est récurrente depuis plusieurs années, l'origine de cette signature n'a pas été identifiée à ce jour.

L'évolution temporelle des concentrations en métaux lourds dans les aérosols mesurés sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 8. Une saisonnalité est faiblement marquée dans les concentrations en métaux lourds, plus élevées en début d'année (visible notamment sur Verneuil) et en particulier pour le plomb.

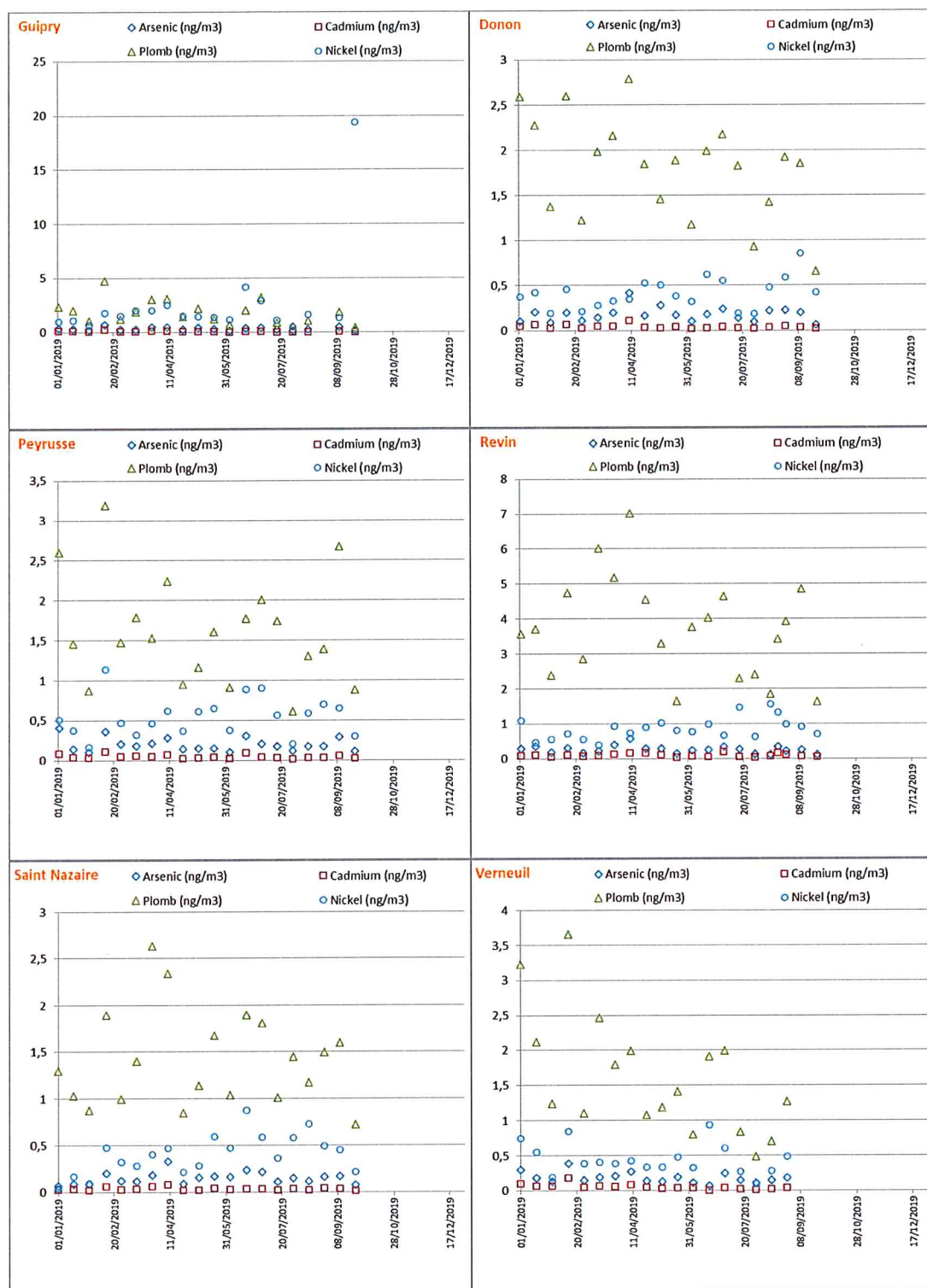


Figure 8 : Evolution temporelle des concentrations en métaux lourds (ng.m^{-3}) dans les aérosols mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2019 (données préliminaires)

5.1.2. 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 2019, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des métaux lourds dans les précipitations depuis le 02 janvier jusqu'au mois d'octobre 2019. Les moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée de l'année 2019 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 Guipry, où les concentrations moyennes en nickel sont légèrement supérieures à celles en plomb. Les concentrations moyennes de métaux dans les pluies sur la station de Saint-Nazaire-le-Désert sont élevées sur la période étudiée en raison d'un échantillon faible en pluviométrie où les concentrations ont été très élevées (juillet 2019). Les concentrations en métaux lourds dans les pluies sont globalement les plus faibles sur la station de Peyrusse-Vieille. Suite à une casse de jauge pendant le transport, il manque un échantillon sur la station de Peyrusse-Vieille.

Tableau 8 : Moyennes des mesures de métaux lourds ($\mu\text{g l}^{-1}$) dans les pluies sur l'observatoire MERA pour la période du 02 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU (données préliminaires)

	n	Arsenic	Cadmium	Plomb	Nickel
Guipry	10	0,945	0,041	2,616	3,381
Donon	10	0,272	0,158	0,761	0,654
Peyrusse-Vieille	9	0,216	0,042	0,953	0,823
Revin	10	0,129	0,062	1,485	0,624
Saint-Nazaire	10	1,104	0,190	7,476	7,540
Verneuil	10	0,983	0,108	4,970	2,200

Jusqu'au 08 octobre 2019, 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 41,56 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) ;
- pour Cd entre 0,001 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et 1,09 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) ;
- pour As 0,006 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et 5,76 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) ;
- pour Ni entre 0,004 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND) et 48,99 $\mu\text{g l}^{-1}$ (SND).

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 également la station de Saint-Nazaire-le-Désert 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 2019 sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 9. 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 18/06 au 16/07) et d'autres non communs comme celui de la période du 16/07 au 13/08 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.

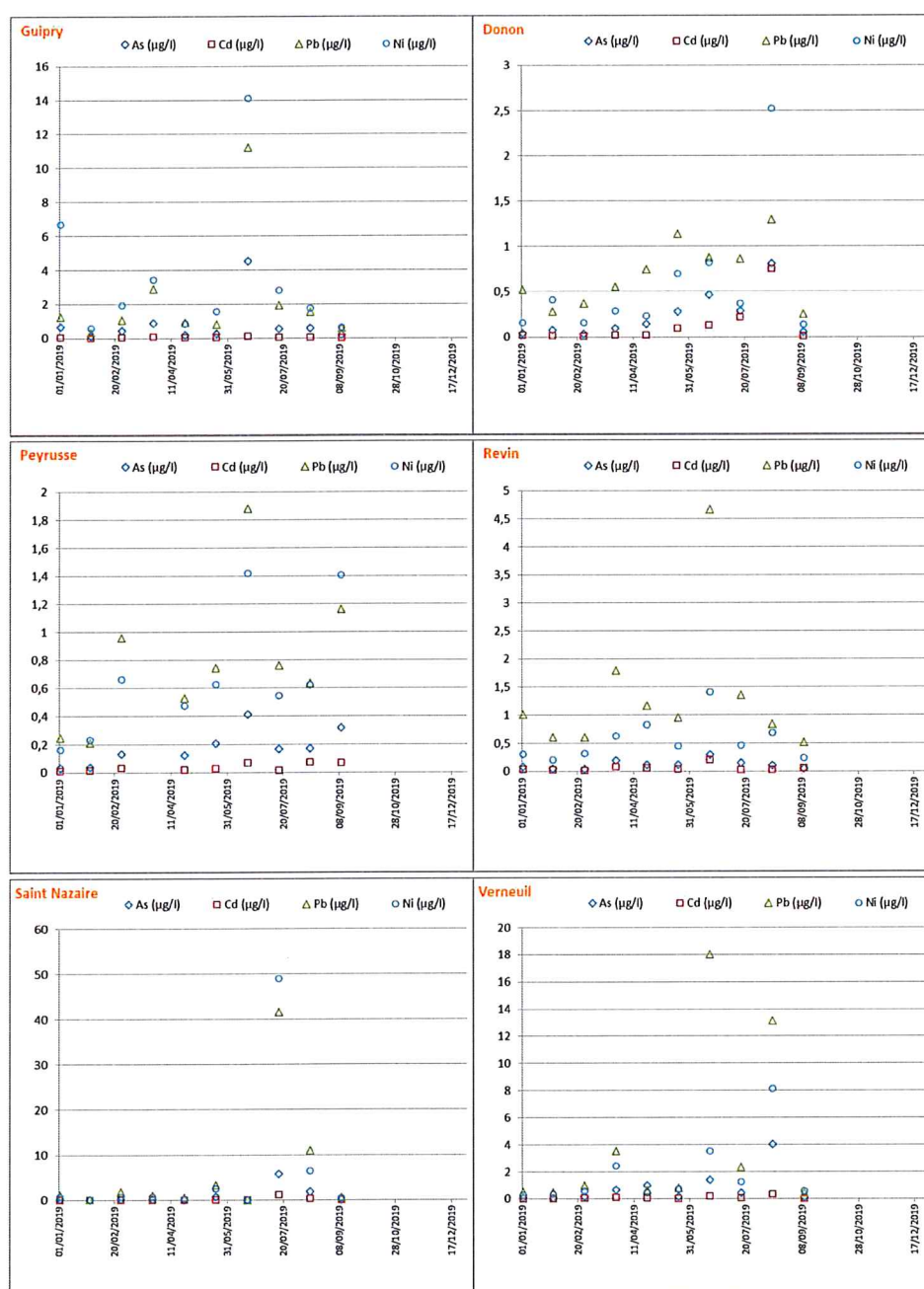


Figure 9 : Evolution temporelle des concentrations en métaux lourds ($\mu\text{g/l}$) dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2019 (données préliminaires)

5.2. HAP

5.2.1. 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 2019, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des HAP dans les aérosols depuis le 02 janvier jusqu'au mois d'octobre 2019. Les moyennes des concentrations en HAP mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée de l'année 2019 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 Verneuil 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 02 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU (données préliminaires)

	n	BaP	BaA	BbF	BjF	BkF	DBahA	IcdP
Guipry	46	0,069	0,035	0,100	0,062	0,049	0,025	0,081
Donon	46	0,042	0,024	0,062	0,038	0,032	0,019	0,049
Peyrusse-Vieille	46	0,026	0,012	0,040	0,027	0,023	0,019	0,032
Revin	45	0,044	0,026	0,070	0,039	0,035	0,020	0,050
Saint-Nazaire	46	0,035	0,018	0,058	0,035	0,029	0,018	0,045
Verneuil	46	0,097	0,061	0,148	0,092	0,070	0,032	0,118

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

- pour le BaP entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 0,822 ng.m⁻³ (VER);
- pour le BaA entre 0,009 ng.m⁻³ (tous) et 0,567 ng.m⁻³ (VER);
- pour le BbF entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 1,10 ng.m⁻³ (VER);
- pour le BjF entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 0,696 ng.m⁻³ (VER);
- pour le BkF entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 0,504 ng.m⁻³ (VER);
- pour le DBahA entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 0,179 ng.m⁻³ (VER);
- pour l'IcdP entre 0,018 ng.m⁻³ (tous) et 0,853 ng.m⁻³ (VER).

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 Verneuil.

L'évolution temporelle des concentrations en HAP dans les aérosols mesurées sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 10. 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 (23/01) et mi-février (16/02) des niveaux moyens élevés en BaP ont été communément observés.

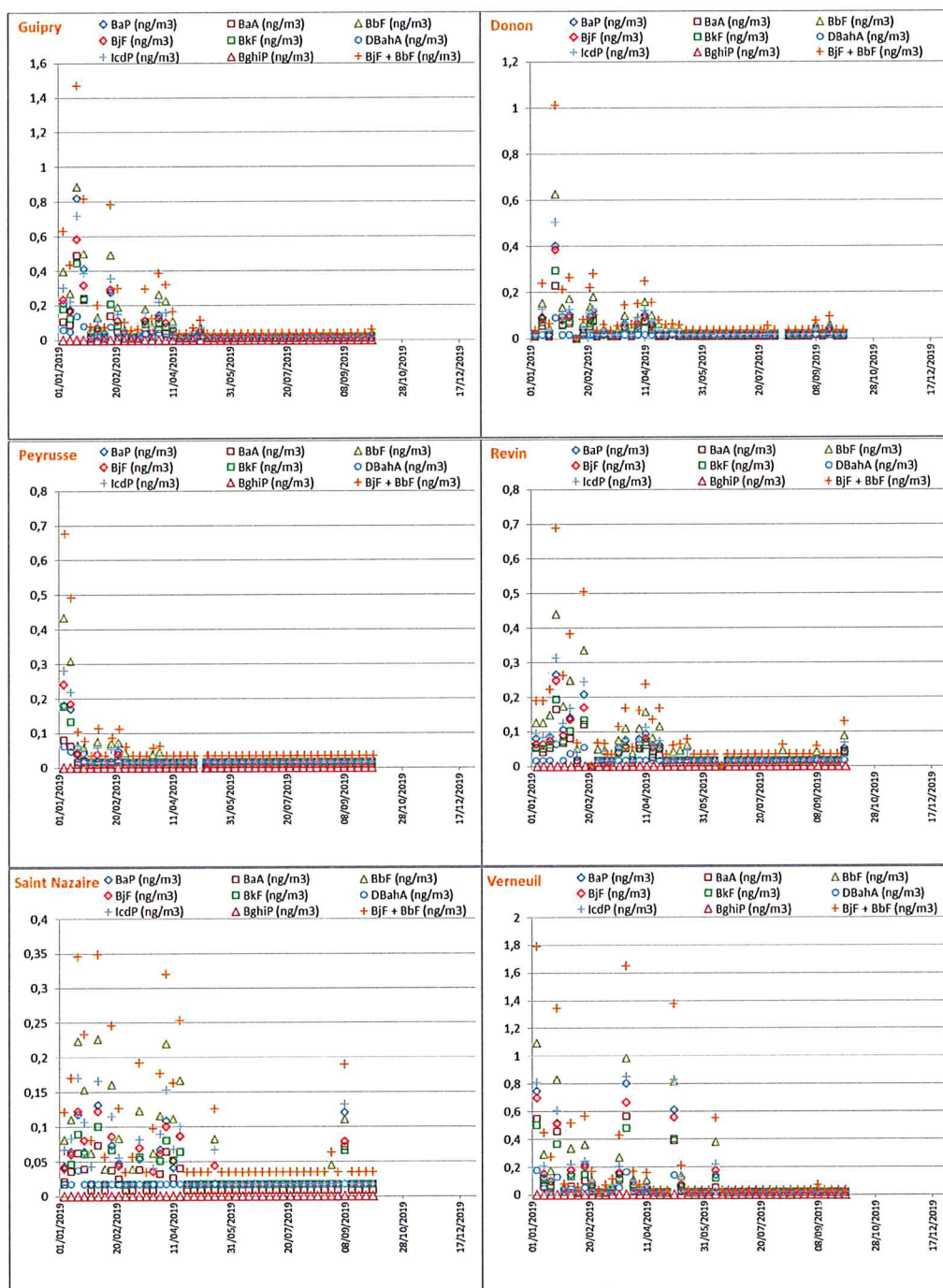


Figure 10 : Evolution temporelle des concentrations en HAP (ng/m³) dans les aérosols mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2019 (données préliminaires)

5.2.2. 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 2019, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse des HAP dans les pluies depuis le 02 janvier jusqu'au mois d'octobre 2019. Les moyennes des concentrations en HAP mesurées sur les sites de l'observatoire MERA sur la période validée de l'année 2019 sont reportées Tableau 10.

L'élément HAP analysé majoritaire dans les pluies est en moyenne le BbF pour toutes les stations. Les stations de Saint-Nazaire-le-Désert, Donon et Peyrusse-Vieille enregistrent 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 02 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU

	n	BaP	BaA	BbF	BjF	BkF	DBahA	lcdP
Guipry	10	6,7	3,4	11,5	5,0	5,0	2,1	9,1
Donon	10	4,9	2,0	8,6	3,5	4,1	1,5	7,0
Peyrusse	10	1,3	0,7	2,3	0,9	0,9	0,5	2,1
Revin	10	6,0	3,1	10,7	4,5	4,8	1,9	9,3
Saint-Nazaire	10	4,3	1,4	4,6	2,1	1,9	1,5	4,1
Verneuil	10	6,6	3,8	10,2	4,7	4,7	1,5	8,5

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

- pour le BaP entre 0,433 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 25,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI) ;
- pour le BaA entre 0,145 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 9,48 $\mu\text{g l}^{-1}$ (VER) ;
- pour le BbF entre 1,100 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 48,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI) ;
- pour le BjF entre 0,241 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 21,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI) ;
- pour le BkF entre 0,241 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 20,0 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI) ;
- pour le DBahA entre 0,145 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 9,23 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI) ;
- pour l'lcdP entre 0,810 $\mu\text{g l}^{-1}$ (PEY) et 43,7 $\mu\text{g l}^{-1}$ (GUI).

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 Guipry. Les concentrations mesurées sur cette station sont comparables aux valeurs observées sur Revin et Verneuil. Les concentrations les plus faibles sont mesurées sur les stations de Saint-Nazaire-le-Désert, Donon et Peyrusse-Vieille.

L'évolution temporelle des concentrations en HAP dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 11. Les concentrations en HAP dans les pluies sont généralement plus élevées en hiver et au printemps par rapport aux concentrations estivales. En revanche un pic de concentration a été mesuré sur plusieurs stations dans les pluies de faibles volumes (quelques millimètres) de la

période du 18/06 au 16/07. En revanche, en janvier, sur la période du 02/01 au 29/01, les concentrations sont élevées sur plusieurs stations, comme Revin ou Saint-Nazaire-le-Désert.

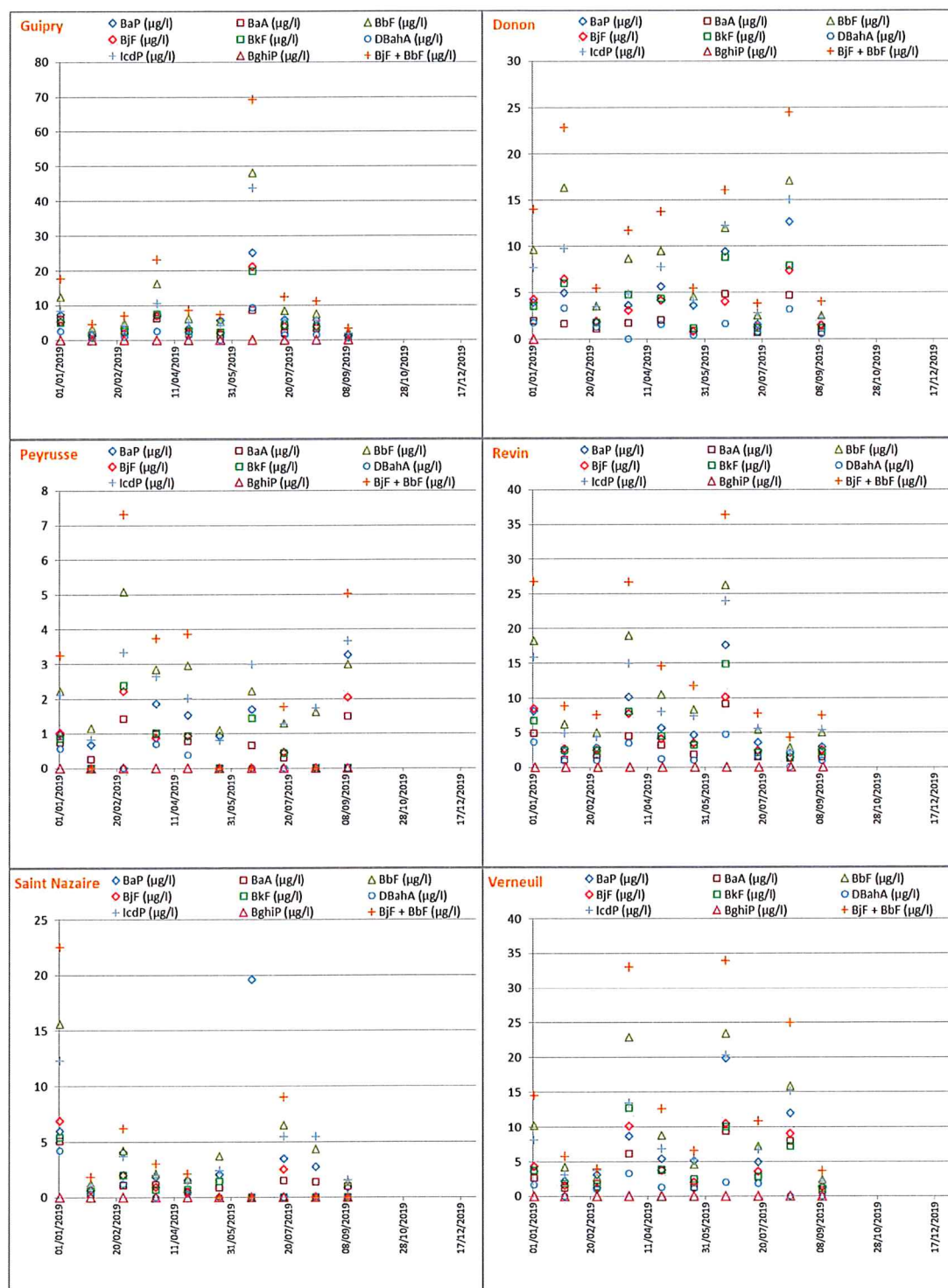


Figure 11 : Evolution temporelle des concentrations en HAP (µg/l) dans les pluies mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2019 (données préliminaires)

5.3. 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 2019, l'IMT LD dispose des résultats d'analyse de la spéciation des PM_{2,5} prélevés du 04 janvier jusqu'au mois d'octobre 2019. 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 de l'année 2019 sont reportées Tableau 11 à Tableau 12.

Les concentrations moyennes en carbone total sont comparables entre les stations. Les concentrations mesurées à Guipry en carbone élémentaire sont cependant plus élevées par rapport à celles observées aux 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 Guipry. Les concentrations moyennes les plus élevées en calcium sont mesurées sur Revin et Saint-Nazaire-le-Désert. Les concentrations en sodium et en chlorure élevées dans les PM_{2,5} prélevées sur la station Guipry 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 (µgC/m³) dans les PM_{2,5} sur l'observatoire MERA pour la période 04 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU (données préliminaires)

	n	TC	OC	EC
Guipry	45	2,580	2,248	0,331
Donon	46	2,022	1,860	0,162
Peyrusse-Vieille	46	1,957	1,804	0,151
Revin	47	2,385	2,180	0,204
Saint-Nazaire	46	2,291	2,120	0,171
Verneuil	44	2,380	2,161	0,219

Tableau 12 : Moyennes des mesures des ions majeurs inorganiques (µg/m³) dans les PM_{2,5} sur l'observatoire MERA pour la période 04 janvier 2019 9h TU au 08 octobre 2019 9h TU (données préliminaires)

	n	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Guipry	45	0,171	1,571	1,001	0,127	0,878	0,043	0,016	0,017
Donon	46	0,019	0,971	1,006	0,045	0,704	0,031	0,006	0,019
Peyrusse-Vieille	46	0,030	0,395	0,962	0,064	0,462	0,037	0,009	0,018
Revin	47	0,055	1,876	1,251	0,106	1,005	0,042	0,015	0,048
Saint-Nazaire	46	0,018	0,422	1,014	0,047	0,495	0,035	0,008	0,037
Verneuil	44	0,059	1,145	0,904	0,094	0,666	0,055	0,012	0,021

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

- pour le carbone organique entre 0,467 µgC.m⁻³ (GUI) et 9,50 µgC.m⁻³ (GUI) ;
- pour le carbone élémentaire entre 0,022 µgC.m⁻³ (3/6 stations) et 1,17 µgC.m⁻³ (GUI) ;
- pour le chlorure entre 0,005 µg.m⁻³ (3/6 stations) et 1,11 µg.m⁻³ (GUI) ;
- pour le nitrate entre 0,006 µg.m⁻³ (DON, SND) et 15,2 µg.m⁻³ (VER) ;
- pour le sulfate entre 0,106 µg.m⁻³ (DON) et 4,23 µg.m⁻³ (SND) ;
- pour le sodium entre 0,003 µg.m⁻³ (SND) et 0,821 µg.m⁻³ (GUI) ;
- pour l'ammonium entre 0,003 µg.m⁻³ (PEY) et 6,31 µg.m⁻³ (VER) ;
- pour le potassium entre 0,002 µg.m⁻³ (3/6 stations) et 0,556 µg.m⁻³ (VER) ;
- pour le magnésium entre 0,001 µg.m⁻³ (5/6 stations) et 0,092 µg.m⁻³ (VER) ;
- pour le calcium entre 0,001 µg.m⁻³ (4/6 stations) et 0,423 µg.m⁻³ (REV).

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 Guipry, tout comme les valeurs maximales de chlorure et de sodium. Pour de nombreux autres ions, tels que le nitrate et l'ammonium, les valeurs maximales ont été observées sur la station de Verneuil. Les concentrations les plus élevées en calcium sont mesurées sur la station de Revin.

L'évolution temporelle des concentrations mesurées dans les PM_{2,5} sur les sites de l'observatoire MERA est présentée Figure 12. 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 16/02 sont globalement plus élevées sur Revin, Guipry et Verneuil. Des niveaux élevés en carbone organique ont été observés à Revin lors de la journée estivale du 25/07.

Des concentrations plus élevées en nitrate et en ammonium, sont épisodiques et ont été observées sur les stations du nord/centre France, en janvier (05/01 et 23/01) puis en février (16/02 et 22/02) et un pic en mars a été observé sur Verneuil, Revin et Donon (24/03). Les concentrations en calcium mesurées dans les PM_{2,5} sur la station de Saint-Nazaire-le-Désert sont élevées sur la fin de saison printanière et le début de saison estivale alors que des concentrations élevées en calcium ont été mesurées à Revin lors du mois de juillet (25/07).

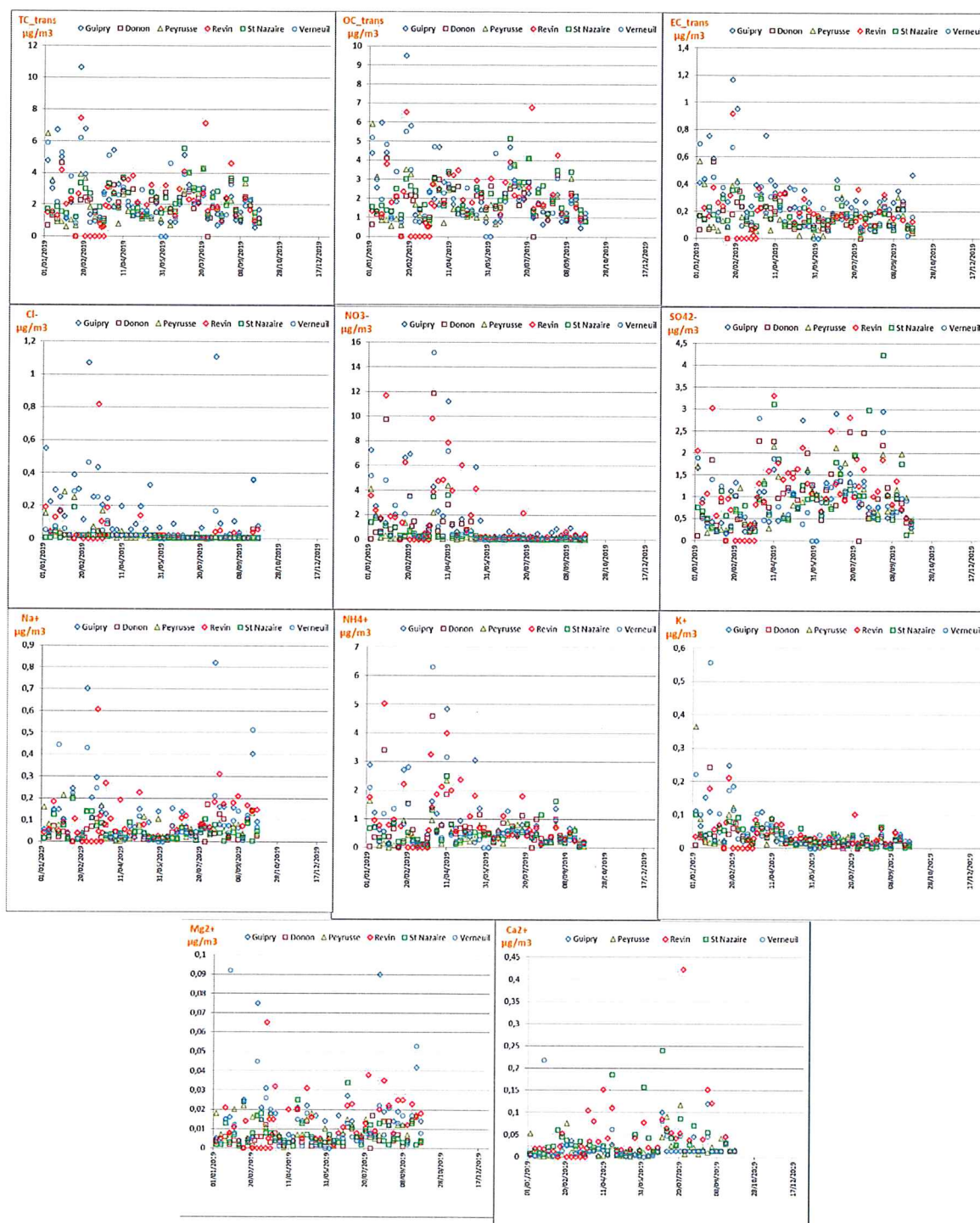


Figure 12 : Evolution temporelle des concentrations en carbone total, carbone organique, carbone élémentaire, chlorure, nitrate, sulfate, sodium, ammonium, potassium, magnésium et calcium dans les PM_{2.5} mesurées sur les sites de l'observatoire MERA en 2019 (données préliminaires)

6. Conclusion générale 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 MTES/IMT LD n°2201192072, notifiée le 21 juin 2019. 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 et de rapportage des données. Les résultats présentés à la date de rédaction du rapport sont partiels puisque des analyses et des mesures sont encore en cours de finalisation pour les mesures de l'année 2019.

Cinq laboratoires d'analyse ont été sélectionnés fin 2018 suite à une mise en concurrence. Un contrat avait été établi pour 2019 avec chacun d'entre eux. En fonction des performances sur l'année 2019, les laboratoires analytiques pourront être reconduits pour l'année 2020, car cette possibilité a été ajoutée dans le contrat 2019. 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 satisfaisant, néanmoins un surcroît de contrôle qualité sera mené pour permettre une amélioration de la qualité des données d'analyse de pH.

La révision de la stratégie de mesure du programme EMEP 2010-2019 a débuté en 2018 et s'est poursuivie en 2019. Une version finalisée de la stratégie de mesure 2020-2029 du programme EMEP a été présentée au dernier trimestre 2019 pour les réunions de l'Organe directeur de l'EMEP et de l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Les évolutions concernant le programme de mesure impliquent des ajouts, des compléments ou des changements de priorité dans les trois niveaux relatifs à la stratégie. L'adoption de la nouvelle stratégie par l'Organe exécutif doit intervenir en fin d'année 2019.

Certains documents relatifs aux procédures de prélèvement nécessitent une mise à jour. Une révision a donc débuté en 2019 et se poursuivra en 2020. Ces procédures de prélèvement et de transfert des données révisées seront par la suite mises à disposition des AASQA.

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. Les conventions proposés à Atmo Grand Est et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en 2019 ont été finalisées et signées. Les conventions avec les autres AASQA devraient intervenir courant 2020.

Dans le cadre du programme de mesure répondant au niveau 2 de la stratégie 2010-2019 de l'EMEP, les prélèvements manuels de COV réalisés sur la station de La Tardière n'ont pas été renouvelés en 2019. En parallèle, il a été mené une réflexion sur l'implantation de mesure automatique on-line sur Revin.

En 2019, une campagne d'évaluation pour l'implantation d'un nouveau site d'Air Breizh a été mise en œuvre. Les mesures sur ce site nommé Kergoff réalisées en parallèle des mesures effectuées sur le site de Guipry, ont permis de confirmer l'absence de sources locales de polluants atmosphériques et la bonne représentativité du site en termes de pollution de fond aux échelles régionale et nationale. L'analyse des données

montre un site globalement cohérent avec les autres sites ruraux nationaux et donc d'intérêt pour surveiller la pollution de fond dans le cadre de l'observatoire MERA.

La base de données de l'IMT LD nécessite un renouvellement pour intégrer les évolutions du programme de mesure de ces dernières années. Un cahier des charges détaillé a été conçu dans ce but et il sera à finaliser au cours de l'année 2020. La bancarisation des données MERA dans les postes centraux avant transmission vers GEOD'AIR a fait l'objet d'une enquête auprès des AASQA. Un référentiel « remontée MERA », indiquant notamment les codes ISO des polluants et les unités associées sera à produire par le LCSQA. Dans la mesure du possible, il est envisagé que la remontée des données 2019 sur GEOD'AIR se fasse selon ce référentiel.

Le suivi et le bilan technique sont présentés dans ce rapport. Plusieurs modes de suivi technique (visite de maintenance, fiches d'information, contrôle qualité,...) 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 doit être engagé. De même, un renouvellement des capteurs météorologiques est en cours.

Une partie des résultats de mesure, a été présentée pour l'année 2019, des analyses étant encore en cours à la date d'édition du rapport (décembre 2019). 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 2019. Le dernier trimestre 2019 sera rapporté prochainement. Le rapportage à l'EMEP des données 2018 est en cours de finalisation.

Des actions de communication et de valorisation du programme MERA se sont poursuivies en 2019. Un point important est la mise en place de la page web MERA qui est désormais hébergée par le site internet du LCSQA. Elle sera complétée par des fiches de résultats synthétiques par polluant facilement réutilisables par les AASQA ou le MTES. Par ailleurs, d'autres communications orales et écrites ont permis de valoriser les données du programme MERA.

Une Commission de Suivi (CS) « Observatoires Nationaux » a été mise en place en juin 2019. Elle 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 d'optimiser l'exploitation et la valorisation des résultats. Dans un souci de rationalisation du programme CARA, le LCSQA envisage un redéploiement de certains sites CARA-filtres vers des sites ruraux nationaux de l'observatoire MERA. Ce point a été débattu en séance et un document du LCSQA précisera les modalités d'application.

Enfin, les coûts de fonctionnement des sites MERA sont réévalués chaque année compte tenu de l'évolution des sites et du programme. Ces informations sont transmises annuellement au MTES pour une prise en compte dans la subvention de fonctionnement des AASQA.

ANNEXE 1

Programme de mesure de la stratégie EMEP définie pour 2010-2019

MONITORING REQUIREMENTS FOR THE VARIOUS LEVELS SPECIFIED BY THE MONITORING STRATEGY

Level 1 sites: Observations contribute to the assessment of atmospheric transport and deposition of key parameters relevant for acidification, eutrophication, photochemical oxidants, heavy metals and particulate matter

Programme	Parameters	Minimum time resolution	Notes
Inorganic compounds in precipitation	SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , H^+ (pH), Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , (cond)	Daily	Recommended by WMO/GAW and its precipitation network (GAW Report No 158 and GAW report No 172 (Strategic plan 2008-2015))
Heavy metals in precipitation	Cd, Pb (1st priority), Cu, Zn, As, Cr, Ni (2nd priority)	Daily/weekly	Deposition of As, Cd, Ni is required in the Directive 2004/107/EC. CEN method established
Inorganic compounds in air	SO_2 , SO_4^{2-} , NO_3^- , HNO_3 , NH_4^+ , NH_3 , (sNO_3 , sNH_4), HCl , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}	Daily	Recommended to be complemented with low cost denuders or passive samplers
NO_2 in air	NO_2	Hourly/Daily	EU Directive 2008/50/EC (note differences in reference methodology)
Ozone in air	O_3	Hourly	EU Directive 2008/50/EC
PM mass in air	$\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}	Hourly/Daily	EU Directive 2008/50/EC. Included in WMO/GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No. 153
Gas particle ratios of N-species	NH_3 , NH_4^+ , HCl , HNO_3 , NO_3^- (in combination with filter pack sampling)	Monthly	Low-cost methods
Meteorology	Precipitation amount (RR), temperature (T), wind direction (dd), wind speed (ff), relative humidity (rh), atmospheric pressure (pr)	Daily (RR), Hourly	Can be taken from a representative meteorological site

Level 2 sites: Level 2 sites should also measure a majority of parameters required at level 1.

Programme	Parameters	Minimum time resolution	Notes
Acidification and eutrophication Observations contributes to the assessment of nitrogen chemistry, influence by local emissions and dry deposition fluxes (see also para. 18b)			
Gas particle ratio	$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$ (artifact-free methods)	Hourly/Daily	
Ammonia in emission areas (optional)	NH_3	Monthly	Optional low cost alternative to provide high spatial resolution information in emission areas, where desired.
Photochemical oxidants observations contributes to the assessment of oxidant precursors (see also paragraph 18b)			
NO_x	NO , NO_2	Hourly	In the EU Directive 2008/50/EC, WMO GAW
Light hydrocarbons	C_2-C_7	Hourly	In the EU Directive 2002/3/EC and benzene in 2008/50/EC, WMO GAW
Carbonyls	Aldehydes and ketones	Hourly twice a week	In the EU Directive 2002/3/EC
CH_4	Methane	hourly	WMO GAW
Heavy metals observations contributes to the assessment of mercury and heavy metals fluxes (see also paragraph 18b)			
Mercury in precipitation	Hg	Weekly	In the EU Directive 2004/107/EC
Mercury in air	Hg (TGM)	Hourly/Daily	In the EU Directive 2004/107/EC
Heavy metals in air	Cd, Pb (1st priority), Cu, Zn, As, Cr, Ni (2nd priority)	Daily/Weekly	In the EU Directive 2004/107/EC for As, Cd, Ni and 2008/50/EC for Pb
Persistent organic pollutants observations contributes to the assessment of persistent organic pollutants (see also paragraph 18b)			
POPs in precipitation	PAHs, PCBs, HCB, chlordanes, HCHs, DDT/DDE	Weekly	PAH in EU Directive 2004/107/EC. POP is included in UNEP Stockholm Convention
POPs in air	PAHs, PCBs, HCB, chlordanes, HCHs, DDT/DDE	Daily/Weekly	PAH in EU Directive 2004/107/EC. POP is included in UNEP Stockholm Convention
Particulate matter observations contributes to the assessment of particulate matter and its source apportionment (see also paragraph 20 (c))			
PM mass in air	PM_{10}	Hourly/Daily	
Mineral dust in PM_{10}	Si, Al, Fe, Ca	Daily/Weekly	Chemical speciation included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153 and No 172
EC and OC in PM_{10}	Elemental and Organic Carbon	Daily/Weekly	Chemical speciation included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153 and No 172
Aerosol absorption	Light absorption coefficient	Hourly/Daily	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153/172. Core parameter
Aerosol size number distribution	$dN/d\log D_p$	Hourly/Daily	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153/172
Aerosol scattering	Light scattering coefficient	Hourly/Daily	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153/172. Core parameter
Aerosol Optical Depth	AOD at 550 nm	Hourly	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153/172. Core parameter
Tracers observations contributes to the assessment of individual long-range transport events and their source apportionment (see also paragraph 18b)			
Carbon Monoxide	CO	Hourly	In the EU Directive 2004/107/EC, WMO GAW report No 172
Halocarbons	CFCs, HCFCs, HFCs, PFCs, SF_6	Hourly	WMO GAW report No 172

Level 3 sites: Research based and voluntary -monitoring at these sites do not require all level 1 and level 2 parameters. Level 3 sites also include campaign type data. Observations contribute to the understanding of processes relevant for long-range transport of air pollutants and support model development and validation

Programme	Parameters	Minimum time resolution	Notes
Dry deposition flux	SO ₂ , NH ₃ , HNO ₃ (SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻)	Hourly	
Dry deposition flux of O ₃	O ₃	Hourly	
Dry deposition flux of VOCs	OVOCs and terpenes	Hourly	
Hydrocarbons	C ₆ -C ₁₂	Hourly/Daily	WMO GAW report No 172
NO _y chemistry	PAN, organic nitrates	Hourly/Daily	WMO GAW report No 172
Vertical profiles	O ₃ soundings, aerosol Lidar	Hourly/Daily	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network (GAW report No 153).
OC fractionation	Water soluble and water insoluble OC (WSOC/WINSOC)	Hourly/Daily	
Organic tracers	Levoglucosan, others	Daily, weekly	
Isotopic information	OC, VOCs	Hourly/Daily/Weekly	
Greenhouse gases	CO ₂ , N ₂ O	Hourly	WMO GAW report No 172
Hydrogen	Hydrogen (H ₂)	Hourly	WMO GAW report No 172
Major inorganics in both PM _{2.5} and PM ₁₀	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ (Cl ⁻)	Hourly/Daily	Included in WMO GAW recommendation for the aerosol network, GAW report No 153/172.
Mercury speciation	TGM, RGM and TPM	Daily/Weekly	
Congener-specific	POPs PCBs, PAHs, PCDDs and PCDFs	Daily/Weekly	

GAW Report No. 172: WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Strategic Plan: 2008–2015

ANNEXE 2

Rapport sur la campagne de recouvrement Kergoff/Guipry



PROGRAMME MERA

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

RAPPORT D'EVALUATION DU SITE POTENTIEL DE MESURE DE KERGOFF

Travaux cofinancés par la Direction Générale de l'Energie et du Climat et l'Institut Mines Telecom Lille Douai - Convention n°2201192072 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

A. BOURIN, C. DEBEVEC, S. SAUVAGE
avec la collaboration de I. FRONVAL et E.TISON

Septembre 2019

CONTENU DU RAPPORT

1. INTRODUCTION	3
2. CAMPAGNE DE MESURE	4
3. RESULTATS	6
3.1. DECOMPOSITION DE LA PERIODE ETUDIEE	6
3.1.1. <i>Influence régionale</i>	6
3.1.2. <i>Influence locale</i>	6
3.2. COMPARAISON AVEC LES MESURES DE GUIPRY	8
3.2.1. <i>Mesures automatiques</i>	8
3.2.2. <i>Mesures manuelles</i>	10
3.3. COMPARAISON AVEC LES MESURES DES AUTRES STATIONS MERA.....	12
3.4. REPRESENTATIVITE DE DIFFERENTS FLUX METEOROLOGIQUES	13
4. CONCLUSION.....	14
ANNEXES	15

1. Introduction

La station de Guipry (Ille-et-Vilaine, 35) est une station de mesure d'Air Breizh intégrée au programme MERA depuis 2014. Elle permet de répondre au besoin du dispositif de surveillance national de la pollution atmosphérique dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et dans le cadre des Directives 2004-107-CE et 2008-50-CE. Implantée sur un terrain accueillant les services techniques de la ville, la représentativité du site de Guipry a été remise en question lorsque des travaux d'aménagements ont été entrepris par la ville afin de procéder à un regroupement de plusieurs services techniques.

Les motivations et volontés pour le déplacement de ce site exposées par l'IMT Lille Douai et Air Breizh ont fait émerger des intérêts scientifiques et techniques pour conserver un site MERA au sein d'Air Breizh :

- Intérêt d'un site sur la façade Ouest et en particulier en région Bretagne, pour une meilleure représentativité des cartes de pollution de fond nationales en termes de climatologie, de flux de masses d'air et de type d'activités ;
- Amélioration de la représentativité des comparaisons mesures-modèles ;
- Meilleure évaluation de la problématique liée aux composés azotés (dans les dépôts et les PM) sur cette région ;
- Meilleure représentativité au niveau régional, conformément au PRSQA.

La recherche d'un nouveau site s'est appuyée sur le cahier des charges d'un site rural national: état des lieux des implantations envisagées, visite des lieux potentiels, campagne d'évaluation de la pollution atmosphérique, etc. A partir de l'étude d'Air Breizh concernant l'identification d'une zone répondant aux différents critères concernant la proximité aux sources d'émissions (industries, les zones urbaines, les routes, etc.), une zone d'implantation potentielle a été identifiée en centre Bretagne, entre Loudéac, Guingamp et Carhaix, à environ 50 km du littoral. Au sein de cette zone, les recherches de sites ont été focalisées sur la zone SE (comprenant 5 à 6 communes de la communauté de Loudéac).

Suite aux visites de terrain, un site potentiel « Kergoff », sur la commune de Merléac, a été retenu pour une évaluation préliminaire avant l'implantation de la future station. Ce site est localisé sur un terrain du service départemental des Eaux (SDAEP 22). En parallèle des mesures effectuées sur le site de Guipry, une campagne de mesure a donc été mise en œuvre sur le site de Kergoff afin d'évaluer les potentielles sources de polluants atmosphériques et la représentativité du site en terme de pollution de fond aux échelles régionale et nationale. Ces mesures ont été réalisées pendant 3 mois au cours de la période couvrant la fin de l'hiver et le printemps 2019 afin de prendre en compte l'aspect saisonnier des sources anthropiques pouvant influencer le site (telles que le chauffage résidentiel, le trafic routier et les activités agricoles).

2. Campagne de mesure

La campagne a eu lieu du 26 février au 23 mai 2019. Pour cette étude préliminaire, le site provisoire de Kergoff a été implanté à proximité des installations SDAEP (Figure 1). Un camion laboratoire d'Air Breizh ainsi que des préleveurs extérieurs ont été positionnés à environ 20 m du réservoir (Figure 2). Les instruments de mesure portaient sur la mesure des polluants atmosphériques sous les formes gazeuse, particulaire et de retombées atmosphériques (Figure 3 et Tableau 1). Le matériel a été mis à disposition par Air Breizh et par l'IMT Lille Douai. Par ailleurs, l'analyse des échantillons prélevés lors de cette campagne d'évaluation a été réalisée par les laboratoires prestataires de l'observatoire MERA dans le cadre de leurs marchés annuels pour les analyses des échantillons.

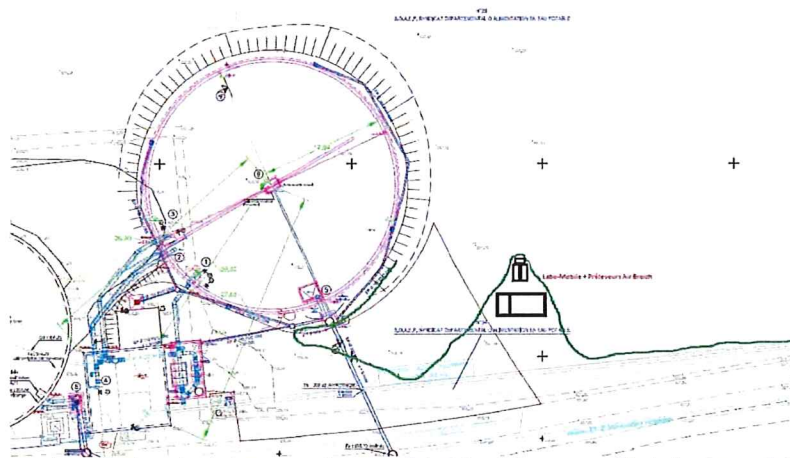


Figure 1: Plan de l'implantation des instruments de mesure déployés lors de la campagne d'évaluation (source Air Breizh)



Figure 2: Photographies de l'implantation du camion laboratoire, des préleveurs extérieurs au regard de la distance les séparant du réservoir d'eau de la SDAEP

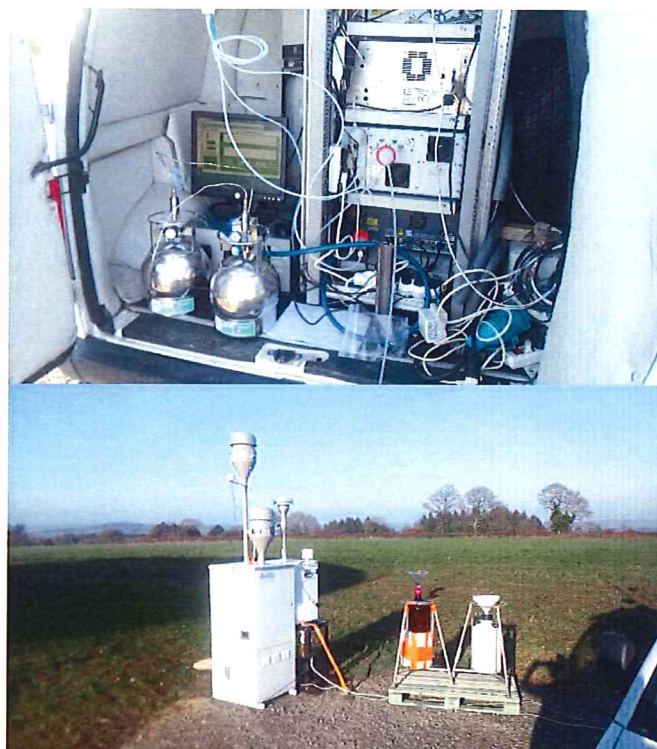


Figure 3: Photographies des instruments de mesure dans le camion laboratoire et des préleveurs extérieurs

Tableau 1: Paramètres mesurés, équipements et fréquences de mesure

Paramètres mesurés	Préleveurs / Analyseurs	Fréquences de mesure
O ₃	APOA	horaire
PM _{2.5}	FIDAS	horaire
PM ₁₀	FIDAS	horaire
NH ₃ (mode actif)	PICARRO G2103	horaire
NH ₃ (mode passif)	Tubes Radiello	7j
NO, NO ₂ , NO _x	42 i TL	horaire
Métaux Lourds (PM ₁₀)	Partisol 2000 (filtre)	14j
HAP (PM ₁₀)	DHA-80 (filtre)	24h - 1j/6
EC / OC (PM _{2.5})	DHA-80 (filtre)	24h - 1j/6
Anions / Cations (PM _{2.5})	DHA-80 (filtre)	24h - 1j/6
Métaux lourds (retombées atmosphériques)	Jauge dépôts totaux (bouteille + entonnoir)	28j
HAP (retombées atmosphériques)	Jauge dépôts totaux (bouteille + entonnoir)	28j
COV	PRECOV 2.1 (canister)	4h - aléatoire

3. Résultats

3.1. Décomposition de la période étudiée

A partir de la co-variation des mesures des polluants atmosphériques, de leurs profils horaires et des cartes journalières modélisées de concentrations de ces polluants (Prev'Air), plusieurs périodes ont été identifiées selon si le site de Kergoff était sous des influences plus ou moins marquées locale et/ou régionale (Figure 4).

3.1.1. Influence régionale

Une influence régionale sur la qualité de l'air de Kergoff a été observée lors des trois périodes : fin février (27/02), fin mars (18/03 au 01/04) et fin avril (18/04 au 23/04) (Figure 4 et Annexe 1). Associées à des vitesses de vents faibles, les roses de pollution indiquent que des concentrations élevées en NO_2 et en PM ont été observées lorsque le site était sous l'influence de vents du Sud le 27/02 et sous l'influence de vents du Nord/Nord-Est lors des épisodes de fin mars et fin avril (Annexe 1). Généralement de l'ordre de $80 \mu\text{g m}^{-3}$, les concentrations journalières en ozone ont été significativement plus élevées pendant 4 jours avec un pic le 21 avril à environ $120 \mu\text{g m}^{-3}$ (Figure 5). Cette augmentation en ozone sur la période du 18 au 23 avril s'est accompagnée d'une augmentation de la fraction grossière dans les PM_{10} (Annexe 2). D'après les déplacements de masses d'air issues des modélisations de l'OMM via leur système d'annonce et d'évaluation des tempêtes de sable et de poussière, il semblerait que cet épisode de fin avril soit le résultat d'une remontée de poussières désertiques ayant contourné la France par l'Ouest et impacté Kergoff par des vents de Nord-Est, ce qui est en cohérence avec les concentrations élevées en calcium dans la spéciation chimique des $\text{PM}_{2.5}$ relevées ces mêmes jours à Kergoff (Annexe 15).

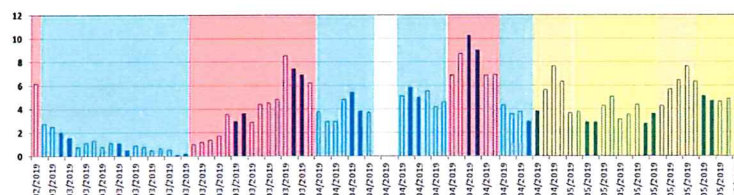


Figure 4: Série temporelle des concentrations journalières de NO_2 mesurées à Kergoff ($\mu\text{g m}^{-3}$) avec en bleu : pas d'influence notable (locale ou régionale), en rouge : contributions régionales significatives, en orange : influences à la fois régionale et locale, et en jaune : influence locale potentielle.

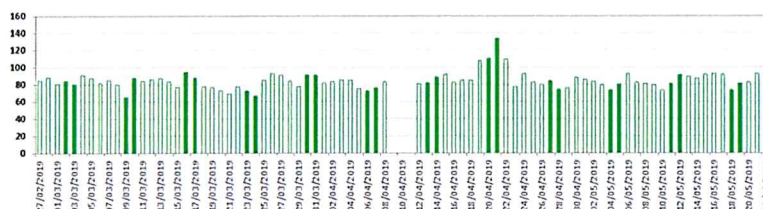


Figure 5: Série temporelle des concentrations journalières d' O_3 mesurées à Kergoff ($\mu\text{g m}^{-3}$)

3.1.2. Influence locale

Aucune influence locale notable n'a pas été observée pour les particules PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$. En effet, les profils horaires de leurs concentrations en masse ne montrent pas de variations significatives en semaine et les week-ends (Annexe 3). Lors de la campagne d'évaluation, un épisode de pollution locale en NO (concentrations horaires ayant dépassé $10 \mu\text{g m}^{-3}$) a été relevé entre le 28/04 et le 02/05 (Figure 6). Le NO est un polluant réactif, a une durée de vie très courte, émet principalement par des processus de combustion. Son augmentation traduit la présence ponctuelle d'une source à proximité du site. Ce pic est lié à une activité anthropique ayant eu lieu en semaine sur 3 jours consécutifs en journée (10h-20h), il pourrait s'agir de passages de véhicules motorisés à proximité.

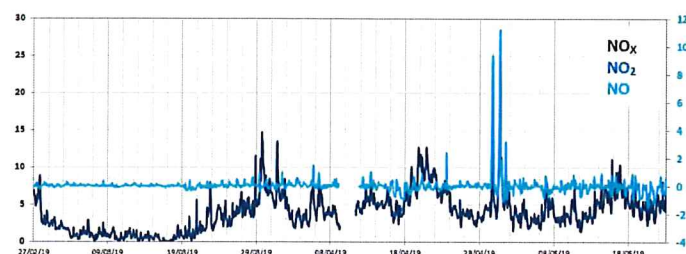


Figure 6: Série temporelle des concentrations journalières de NO_x, NO₂ et NO mesurées à Kergoff (µg m⁻³). Les données de NO ont été corrigées selon les recommandations ACTRIS (Wegener and Holla, Baseline Determination for NO data, v1, 2019/02/02). nb : NO₂ et NO_x sont superposés sur cette figure.

Afin d'étudier l'influence potentielle des zones agricoles localisées à proximité de la station Kergoff, des mesures d'ammoniac ont été effectuées en continu du 26/02 au 14/03. Les concentrations horaires de NH₃ mesurées sont élevées entre le 27/02 et le 03/03, avec un pic significatif à plus de 50 ppb (Figure 7). Sur cette période, les concentrations horaires en NO₂ et en PM_{2.5} ont des variabilités similaires (Annexe 4), ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'un épisode particulaire induit par la formation d'espèces inorganiques. Sur cette période, la variabilité des concentrations en NH₃ est corrélée à celle de la température, les conditions météorologiques ont probablement influencé les émissions de NH₃. Les concentrations observées en NH₃ à Kergoff sur cette période sont comparables à celles pouvant être observées sur un site proche de zones d'épandages (rapport intermédiaire d'activité du projet PRIMEQUAL Amp'Air), ce qui a été confirmé par l'observation d'odeurs ammoniacales importantes lors de l'installation des instruments.

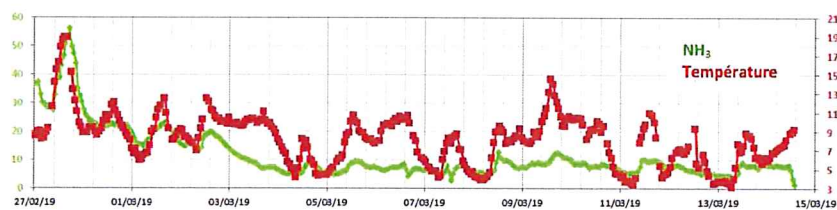


Figure 7: Série temporelle des concentrations horaires de NH₃ (ppb) et celle de la température (°C) observées à Kergoff

Les concentrations de NH₃ sont globalement élevées (>10ppb) et elles sont légèrement plus élevées en journée (Figure 8). Comme vu précédemment, ce profil journalier est probablement lié à l'évolution de la température conduisant à des émissions de NH₃ par des sources diffuses associées aux épandages. Cela indique un impact non négligeable des émissions de NH₃ par le secteur agricole sur les concentrations en NH₃ observées à Kergoff pendant la période de fin février à mi-mars.

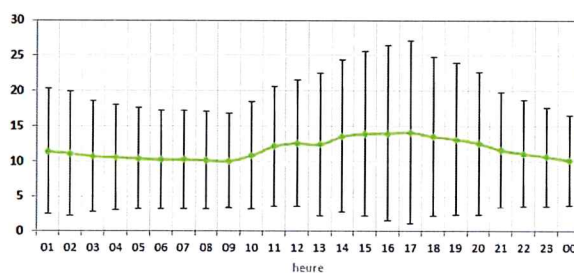


Figure 8: Profil horaire des concentrations de NH₃ mesurées à Kergoff (ppb)

Sur la suite de la campagne d'évaluation, du 07/03 au 16/05, des tubes passifs Radiello ont été installés en triple exemplaires sur une durée d'exposition de 7 jours. Le débit d'échantillonnage a été fixé à 190 ml/min selon les recommandations de Martin et al., 2019¹ (débit d'échantillonnage du constructeur 228,33 ml/min à 20°C et 1013 hPa). Les concentrations hebdomadaires de NH_3 acquises par tubes passifs ont été élevées lors de la semaine du 28/03 au 04/04 (Figure 9), et correspondent à l'épisode de pollution identifié fin mars ayant induit des concentrations élevées en particules PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ et en gaz NO_2 et O_3 . En revanche, au cours de cet épisode, les concentrations en NH_4^+ des particules $\text{PM}_{2.5}$ observées à Kergoff ont été plus élevées que celles observées à Guipry (Figure 10). Les résultats montrent des épisodes régionaux qui potentiellement peuvent être renforcés par des émissions locales à Kergoff comme entre le 28/03 et le 04/04.

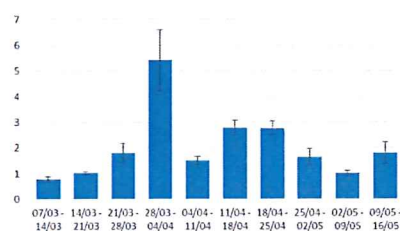


Figure 9: Série temporelle des concentrations hebdomadaires de NH_3 mesurées par tubes passifs à Kergoff ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

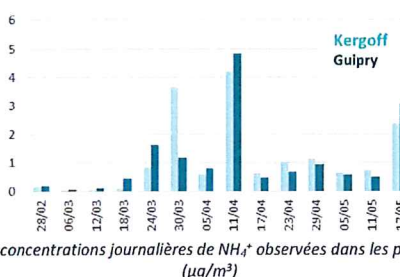


Figure 10: Série temporelle des concentrations journalières de NH_4^+ observées dans les particules $\text{PM}_{2.5}$ à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.2. Comparaison avec les mesures de Guipry

3.2.1. Mesures automatiques

Les concentrations observées de NO_2 à Kergoff sont globalement plus faibles que celles observées à Guipry (Figure 11). Les fortes concentrations en NO observées à Kergoff entre le 28/04 et le 02/05 ne co-varient pas avec celles de Guipry, ce qui appuie l'hypothèse d'une influence locale sur ce polluant lors de cette période. Pour les concentrations de NO , les niveaux observés sont plus faibles à Kergoff et leurs amplitudes journalières sont plus restreintes. Les pics de NO observés sur Guipry sont caractéristiques d'une source d'émission locale. Les deux sites présentent la même évolution des niveaux de fond en ozone. Toutefois, une forte variabilité (haute fréquence) est observée à Guipry et est à mettre en relation avec la forte variabilité des niveaux de NO (titration de l'ozone par le NO) due à l'activité sur le site.

¹ Martin et al., 2019 Validation of ammonia diffusive and pumped samplers in a controlled atmosphere test facility using traceable Primary Standard Gas Mixtures. Atmospheric Environment, 199. 453-462. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.038>

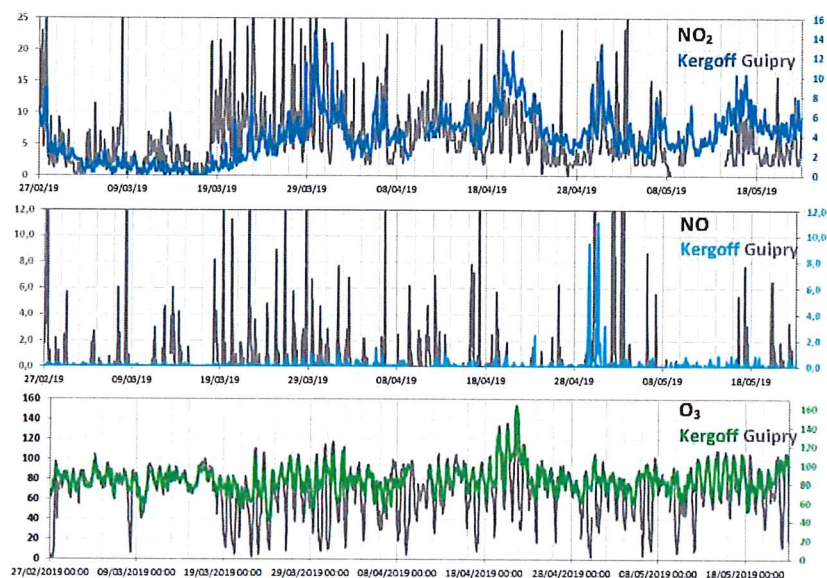


Figure 11: Série temporelle des concentrations horaires de NO_2 , NO et O_3 mesurées à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Les concentrations horaires en PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ ont globalement la même variabilité sur les deux sites et les mêmes gammes sont mesurées à Kergoff et à Guipry (Figure 12). Pendant la période étudiée, la moyenne en PM_{10} est plus faible sur Kergoff mais une plus forte contribution des $\text{PM}_{2.5}$ aux PM_{10} est observée à Kergoff (Annexe 5). Lors des épisodes de pollution identifiés précédemment, les concentrations en $\text{PM}_{2.5}$ sont plus élevées à Kergoff que sur Guipry.

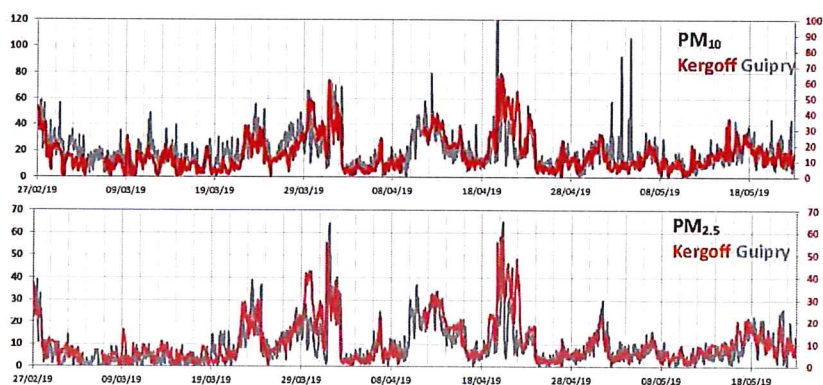


Figure 12: Série temporelle des concentrations horaires de PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ mesurées à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g m}^{-3}$)

3.2.2. Mesures manuelles

Pour les échantillons prélevés hors épisodes de pollution, les concentrations des ions inorganiques secondaires majeurs (NH_4^+ , SO_4^{2-} et NO_3^-) dans les $\text{PM}_{2.5}$ sont plus élevées sur Kergoff sur la période du 17/04 au 11/05 (Figure 10 et Figure 13), ce qui est en cohérence avec une influence des précurseurs légèrement plus marquée à Kergoff tel que l'ammoniac émis par le secteur agricole. Lors des épisodes de pollution particulaire, les concentrations de NO_3^- et en SO_4^{2-} sont plus élevées sur les deux sites appuyant l'hypothèse d'épisodes de pollution régionaux induits par la formation d'espèces inorganiques secondaires. Sur l'ensemble de la campagne d'évaluation, les $\text{PM}_{2.5}$ à Kergoff sont composées en moyenne de 23% de matière organique (OM) et de 45% d'ions inorganiques secondaires majeurs (Figure 14). La proportion d'ions inorganiques secondaires dans les $\text{PM}_{2.5}$ est comparable sur les deux sites. En revanche, sur le site de Guipry, la contribution de la matière organique aux particules $\text{PM}_{2.5}$ est plus importante par rapport à la contribution observée à Kergoff, ce qui témoigne d'une influence moins marquée des sources primaires et secondaires d'OM sur le site de Kergoff. La contribution relative des sels de mer dans les $\text{PM}_{2.5}$ est en moyenne comparable entre Kergoff et Guipry (Figure 14), bien qu'une influence marine soit légèrement plus marquée sur les concentrations des ions Cl^- , Na^+ et Mg^{2+} à Kergoff (Annexe 6).

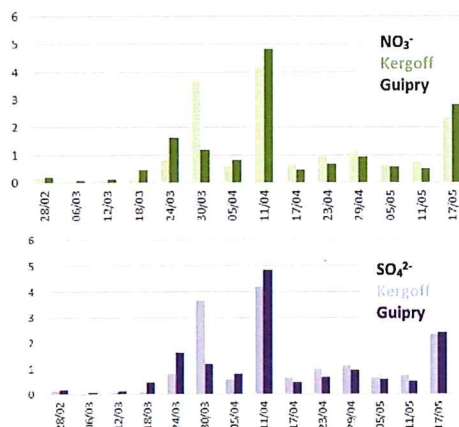


Figure 13: Série temporelle des concentrations journalières de NO_3^- et SO_4^{2-} observées dans les particules $\text{PM}_{2.5}$ à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

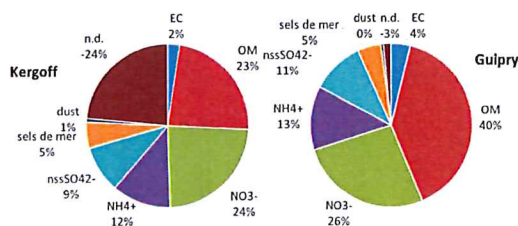


Figure 14: Composition chimique moyenne observée dans les particules $\text{PM}_{2.5}$ à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19 (OM : matière organique, nss SO_4^{2-} : sulfate d'origine non marine)

Les concentrations de carbone organique (OC) et carbone élémentaire (EC) mesurées à Kergoff sont globalement plus faibles que celles observées à Guipry (Figure 15). Le carbone organique à Kergoff est en moyenne de 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alors qu'à Guipry il est en moyenne de 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre le début et la fin de la période de la campagne, le ratio OC/EC a augmenté sur les deux stations (Figure 16). Il est par ailleurs plus élevé à Kergoff en fin de période (05/05 et 17/05). Ce ratio plus élevé peut être lié à un changement dans les sources de matière organique : une baisse de la contribution des sources primaires et/ou une contribution plus importante de la formation d'aérosols organiques secondaires.

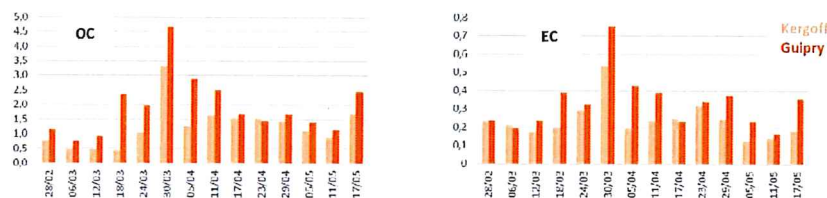


Figure 15: Série temporelle des concentrations journalières de OC et EC observées dans les particules $PM_{2.5}$ à Kergoff et Guipry ($\mu g/m^3$)

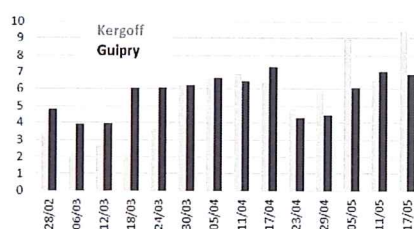


Figure 16: Série temporelle du ratio OC/EC des concentrations journalières observées dans les particules $PM_{2.5}$ à Kergoff et Guipry ($\mu g/m^3$)

L'évolution des concentrations en métaux lourds sont similaires entre Kergoff et Guipry, que ce soit dans les retombées atmosphériques totales (Annexe 7) ou dans les PM_{10} (Figure 17). En revanche les niveaux de concentrations sont plus faibles à Kergoff, en particulier pour le Ni. En raison de pluviométries légèrement différentes (Annexe 8) et au regard des concentrations dans les retombées atmosphériques totales, les dépôts totaux en métaux lourds sont plus faibles sur Kergoff (Figure 18).

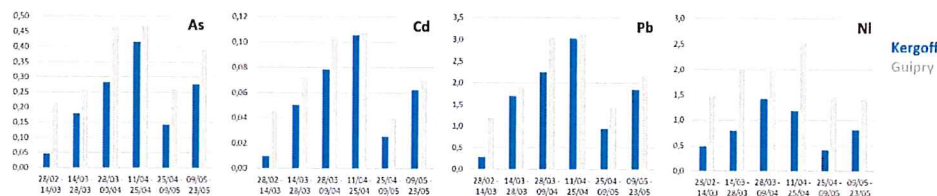


Figure 17: Histogramme des concentrations d'As, Cd, Pb et Ni dans les PM_{10} mesurées à Kergoff et Guipry (ng/m^3)

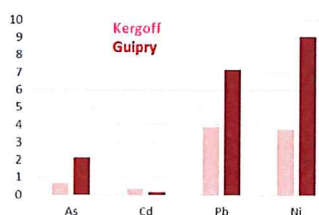


Figure 18: Dépôts totaux d'As, Cd, Pb et Ni mesurés à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19 ($\mu g/m^2$)

Les gammes de concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont globalement plus faibles à Kergoff par rapport à Guipry, que ce soit dans les retombées atmosphériques totales (Annexe 9) ou dans les PM_{10} (Figure 19). Pour les PM_{10} , les concentrations en HAP sont en dessous des limites de quantification analytiques dans la majorité des échantillons prélevés à Kergoff. En raison de pluviométrie légèrement différentes (Annexe 8) les dépôts totaux en HAP sont plus faibles sur Kergoff (Figure 20).

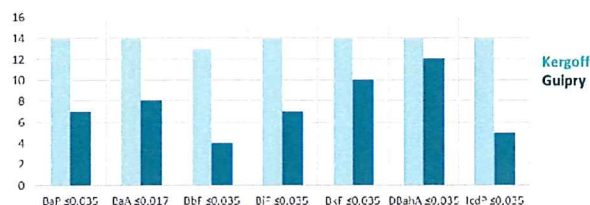


Figure 19: Nombre d'échantillons pour lesquels les concentrations de HAP dans les PM₁₀ mesurées étaient inférieures à la limite de quantification (LQ) à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19 (HAPs ≤ LQ ng/m³)

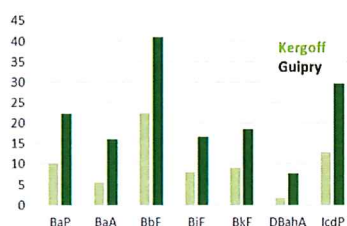


Figure 20: Dépôts totaux en BaP, BaA, BbF, BkF, DBaA et IcdP mesurés à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19 (μg/m²)

3.3. Comparaison avec les mesures des autres stations MERA

Les concentrations observées en NO, NO₂, O₃ et PM sur le site de Kergoff sont comparables aux autres stations MERA (Annexe 10 à Annexe 14). Lors des épisodes de pollution identifiés précédemment, les concentrations observées en PM₁₀ et en PM_{2.5} ont été plus élevées à l'Ouest de la France notamment à Kergoff, Guipry, La Tardière et La Coulonche. Ces différences entre les stations localisées à l'Ouest de la France et les autres stations MERA ont été observées au cours de pics de pollution sous l'influence d'épisodes régionaux dont l'étendue géographique a été confirmée avec les cartes du modèle Prev'Air.

La mise en perspective des données de spéciation chimique des particules et des dépôts, pour les métaux, les HAP et les espèces ioniques majeures sur l'ensemble des sites du programme ne présente pas de profil chimique particulier pour Kergoff (Annexe 15 à Annexe 17). Les niveaux de polluants gazeux, particulaires et de retombées atmosphériques mesurés lors de la campagne d'évaluation à Kergoff sont comparables à ceux mesurés sur les autres stations MERA. Il faut noter cependant une particularité pour le Ni dans les PM₁₀ avec des concentrations à Kergoff plus faibles que sur Guipry mais plus élevées que sur les autres stations MERA (Figure 21). La contribution de Ni à la somme des métaux lourds est plus élevée sur les sites bretons par rapport aux autres sites MERA (Figure 22). Cette particularité pourrait être liée à des apports terrigènes issus de l'érosion mécanique des sols de la région.

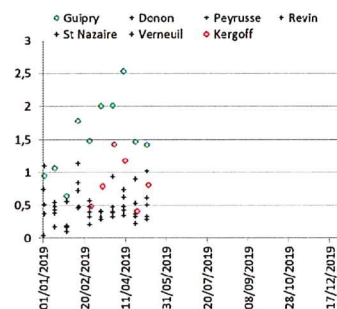


Figure 21: Comparaison des concentrations bimensuelles de nickel dans les PM₁₀ mesurées à Kergoff et aux stations MERA (ng/m³)

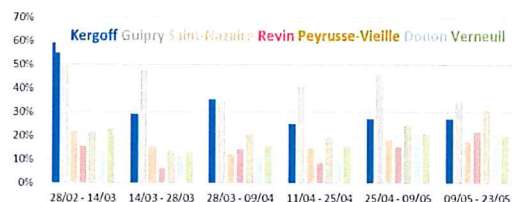


Figure 22: Contributions du Ni à la somme des métaux lourds dans les PM_{10} mesurées aux stations de l'observatoire MERA (%)

Des prélèvements d'air ambiant ont été réalisés à Kergoff par canisters dans le but de mesurer les concentrations de composés organiques volatils (COV) dont certains sont des traceurs spécifiques de sources liées au trafic, à l'évaporation de carburants, à l'usage de solvants, à la combustion de bois. Les concentrations observées à Kergoff ont été comparées aux concentrations mesurées la même semaine sur un site de l'observatoire MERA (Peyrusse-Vieille, Gers). Les niveaux observés à Kergoff sont du même ordre que ceux rencontrés à Peyrusse-Vieille (Figure 23). Ils sont représentatives des niveaux de fond et ne montrent pas de contamination locale.

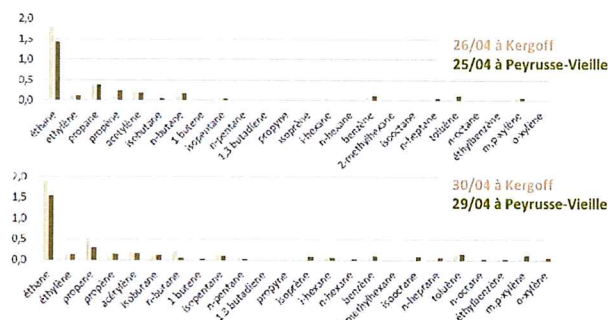


Figure 23: Concentrations en composés organiques volatils mesurées à Kergoff et Peyrusse-Vieille

3.4. Représentativité de différents flux météorologiques

Une analyse par classification des rétrotrajectoires finissantes à Kergoff a été réalisée sur l'année 2018 (HYSPLIT LINUX version 998 : 500 m au-dessus du niveau du sol, 4 rétrotrajectoires/jour, 1 point/heure, temps de remontée 72h). Quatre classes de masses d'air ont été retenues (Figure 24) : Nord-Ouest longues (31%), Ouest longues (8%), Ouest courtes (29%) et Est (32%). Ce site est soumis majoritairement à des masses d'air en provenance de l'Ouest (environ 70%). Au sein de ces masses d'air d'origine occidentale, une variabilité saisonnière est marquée entre les classes 1-2 et la classe 3 (Figure 25). La classe 1 Nord-Ouest longues et la classe 2 Ouest longues sont plus fréquentes lors des mois d'hiver (à l'exception du mois d'août pour la classe 1) alors que la classe 3 Ouest courtes est plus représentée lors du printemps, de l'été et de l'automne. La classe 4 Est est plus marquée entre les mois de février et juin, puis en automne. Cette diversité d'influences et leur saisonnalités offrent un potentiel intéressant d'analyse de situations contrastées suivant la provenance des masses d'air Nord-Ouest longues et Ouest longues/courtes versus Est et Ouest courtes, océaniques propres/dégradées versus continentales.

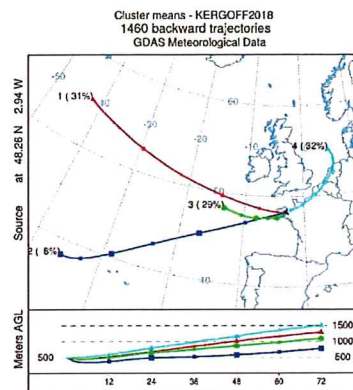


Figure 24: Classes de rétrotrajectoires finissantes sur la station Kergoff réalisées sur l'année 2018

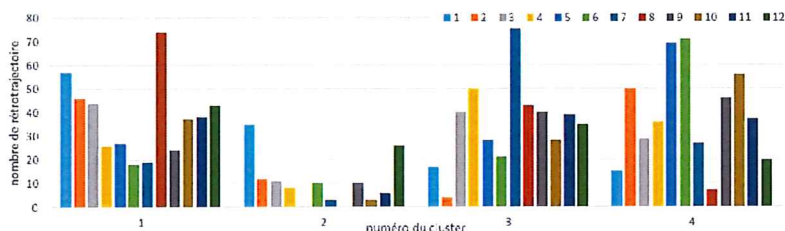


Figure 25: Variabilité mensuelle du nombre de rétrotrajectoires distingués par classes de rétrotrajectoires finissantes sur la station Kergoff réalisées sur l'année 2018

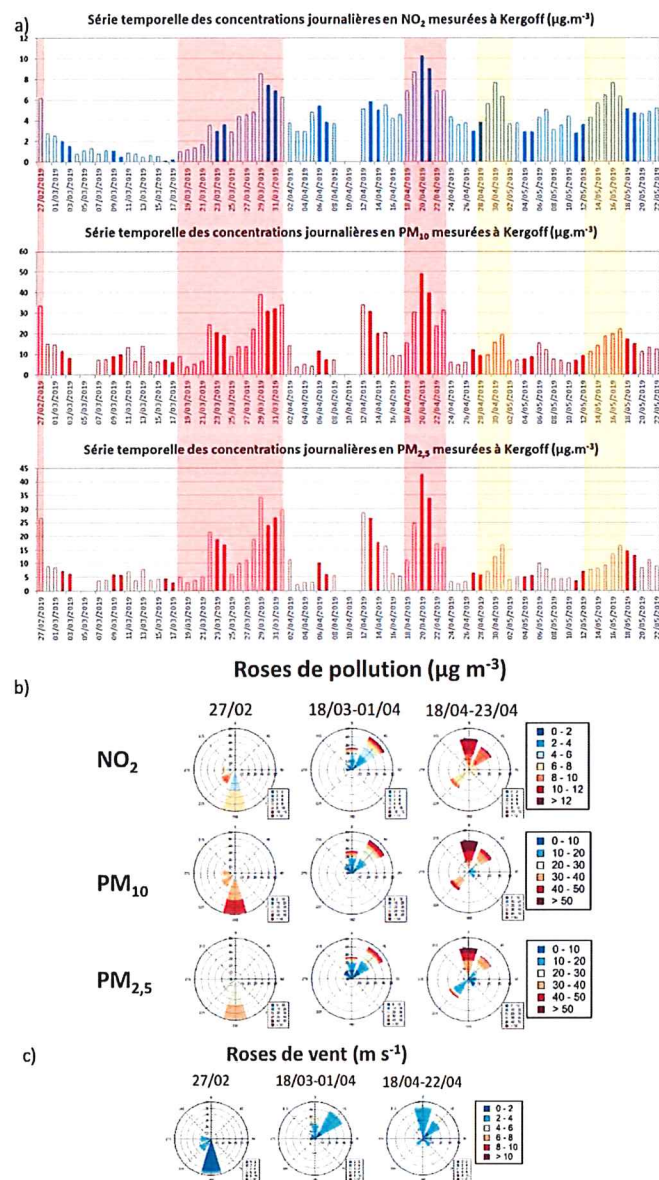
4. Conclusion

A partir de l'analyse croisée des polluants, de leurs profils horaires et des cartes journalières modélisées de concentrations de ces polluants issues de Prev'Air, plusieurs périodes ont été identifiées lors de la campagne d'évaluation, selon si le site de Kergoff était sous des influences régionales et ou locales plus ou moins marquées. D'un point de vue national, pour la surveillance de la pollution de fond et à longue distance, le site présente un intérêt certain de par sa situation géographique et de par les différentes provenances de masses d'air amenant des situations contrastées. L'intérêt régional du site est également à mettre en avant. Le positionnement dégagé (311m sur une bute) et l'absence de sources locales marquées du type feu de bois et trafic routier sont les atouts de ce site. Une vigilance sera toutefois à maintenir concernant la source agricole. Une particularité régionale a été relevée pour le en nickel. L'analyse des données montre un site globalement cohérent avec les autres sites ruraux nationaux. Au final, ce site, situé sur la pointe bretonne, est un site d'intérêt pour surveiller la pollution de fond et il pourra intégrer l'observatoire MERA après validation du processus de caractérisation et de sélection par le LCSQA.

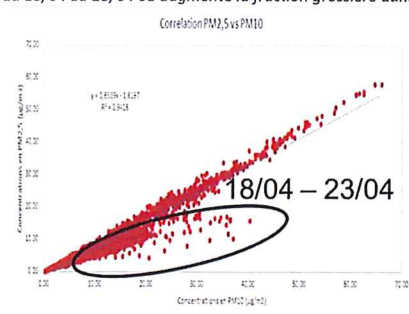
Annexes

Annexe 1: a) Série temporelle des concentrations journalières de NO ₂ , PM ₁₀ et PM _{2.5} mesurées à Kergoff (µg m ⁻³) avec en rouge : Contributions régionales significatives, en jaune : Influence plus locale potentielle. b) Roses de pollution pour les périodes à contributions régionales significatives. c) Roses des vents pour les périodes à contributions régionales significatives	16
Annexe 2: Corrélation entre les concentrations horaires de PM _{2.5} et de PM ₁₀ mesurées à Kergoff, avec un encadré sur la période du 18/04 au 23/04 où augmente la fraction grossière dans les PM ₁₀	17
Annexe 3: Profils horaires des concentrations de PM _{2.5} et PM ₁₀ mesurées à Kergoff (µg/m ³)	17
Annexe 4: Corrélation entre les concentrations horaires de NH ₃ et celles de NO ₂ et PM _{2.5} mesurées à sur la période du 26/02/2019 au 14/03/2019	17
Annexe 5: Statistiques du ratio des concentrations journalières de PM _{2.5} et PM ₁₀ mesurées à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/2019 au 23/05/2019.....	17
Annexe 6: Corrélation entre les concentrations journalières de Cl ⁻ , Na ⁺ , et Mg ²⁺ dans les PM _{2.5} mesurées à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19	17
Annexe 7: Histogramme des concentrations d'As, Cd, Pb et Ni dans les retombées atmosphériques totales mesurées à Kergoff et Guipry (µg/l)	18
Annexe 8: Histogramme des hauteurs de pluie mesurées à Kergoff et Guipry (mm)	18
Annexe 9: Histogramme des concentrations de HAP dans les retombées atmosphériques totales mesurées à Kergoff et Guipry (µg/l)	18
Annexe 10: Comparaisons des concentrations horaires de NO mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg m ⁻³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations	19
Annexe 11: Comparaisons des concentrations horaires de NO ₂ mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg/m ³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations	20
Annexe 12: Comparaisons des concentrations horaires d'O ₃ mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg/m ³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations	21
Annexe 13: Comparaisons des concentrations horaires de PM ₁₀ mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg/m ³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations	22
Annexe 14: Comparaisons des concentrations horaires de PM _{2.5} mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg/m ³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations	23
Annexe 15: Séries temporelles des concentrations journalières d'ions inorganiques majeurs dans les PM _{2.5} mesurées à Kergoff et aux stations MERA.	24
Annexe 16: Séries temporelles des concentrations journalières de carbones organique et élémentaire dans les PM _{2.5} mesurées à Kergoff et aux stations MERA.	24
Annexe 17: Séries temporelles des concentrations bimensuelles de métaux lourds dans les PM ₁₀ mesurées à Kergoff et aux stations MERA.....	25

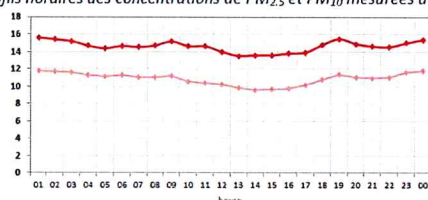
Annexe 1: a) Série temporelle des concentrations journalières de NO_2 , PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ mesurées à Kergoff ($\mu\text{g m}^{-3}$) avec en rouge : Contributions régionales significatives, en jaune : Influence plus locale potentielle. b) Roses de pollution pour les périodes à contributions régionales significatives. c) Roses des vents pour les périodes à contributions régionales significatives



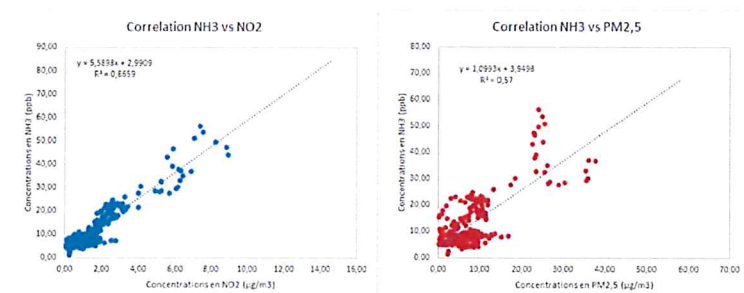
Annexe 2: Corrélation entre les concentrations horaires de $PM_{2,5}$ et de PM_{10} mesurées à Kergoff, avec un encadré sur la période du 18/04 au 23/04 où augmente la fraction grossière dans les PM_{10} .



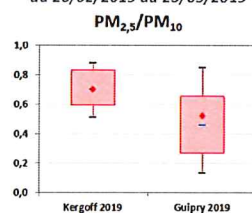
Annexe 3: Profils horaires des concentrations de $PM_{2,5}$ et PM_{10} mesurées à Kergoff ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



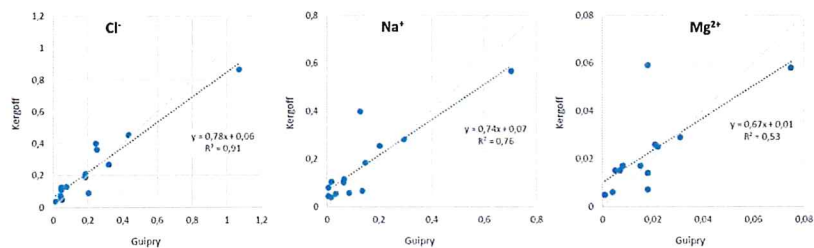
Annexe 4: Corrélation entre les concentrations horaires de NH_3 et celles de NO_2 et $PM_{2,5}$ mesurées à sur la période du 26/02/2019 au 14/03/2019



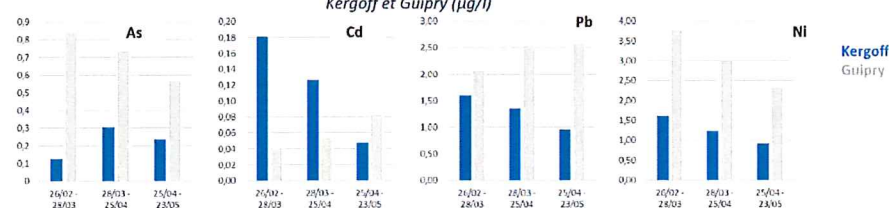
Annexe 5: Statistiques du ratio des concentrations journalières de $PM_{2,5}$ et PM_{10} mesurées à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/2019 au 23/05/2019



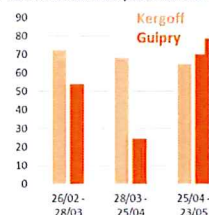
Annexe 6: Corrélation entre les concentrations journalières de Cl^- , Na^+ , et Mg^{2+} dans les $PM_{2,5}$ mesurées à Kergoff et Guipry sur la période du 26/02/19 au 23/05/19



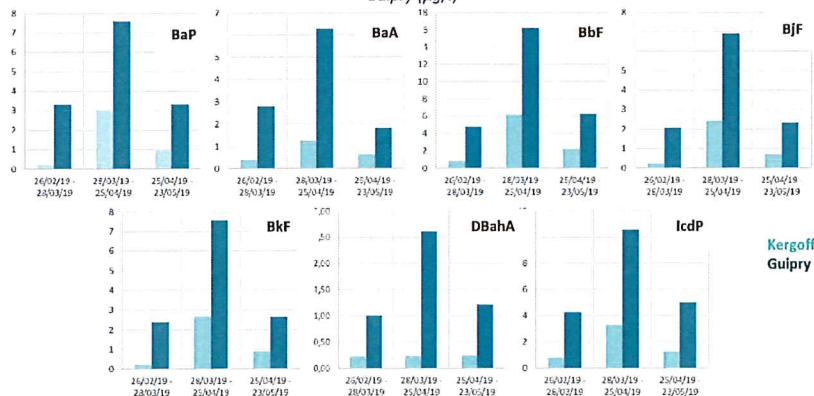
Annexe 7: Histogramme des concentrations d'As, Cd, Pb et Ni dans les retombées atmosphériques totales mesurées à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g/l}$)



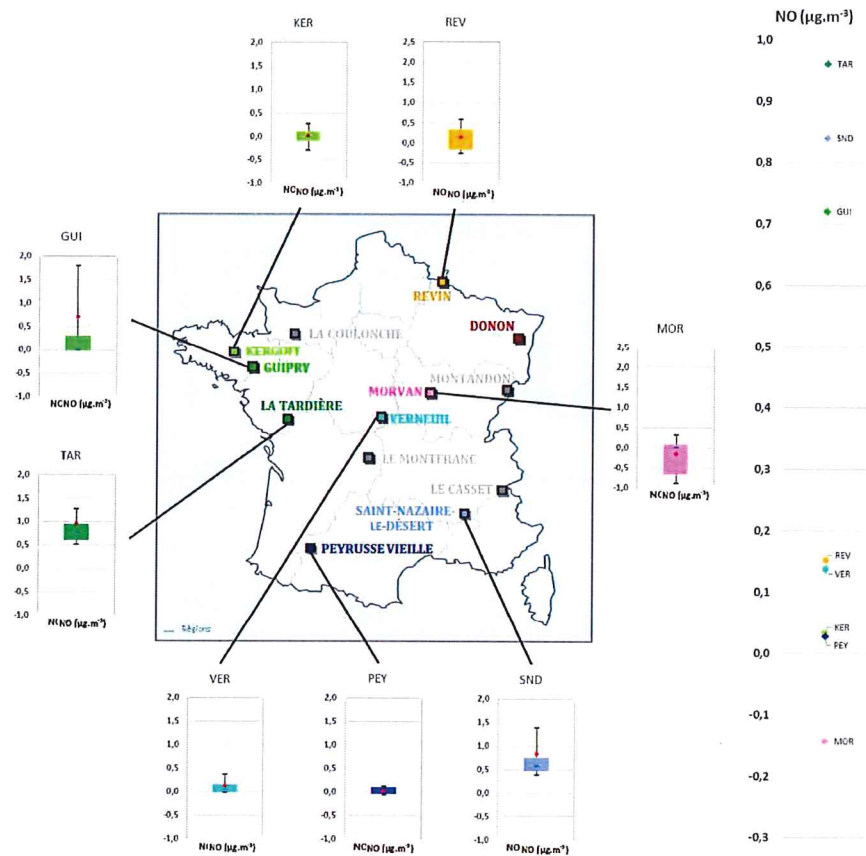
Annexe 8: Histogramme des hauteurs de pluie mesurées à Kergoff et Guipry (mm)



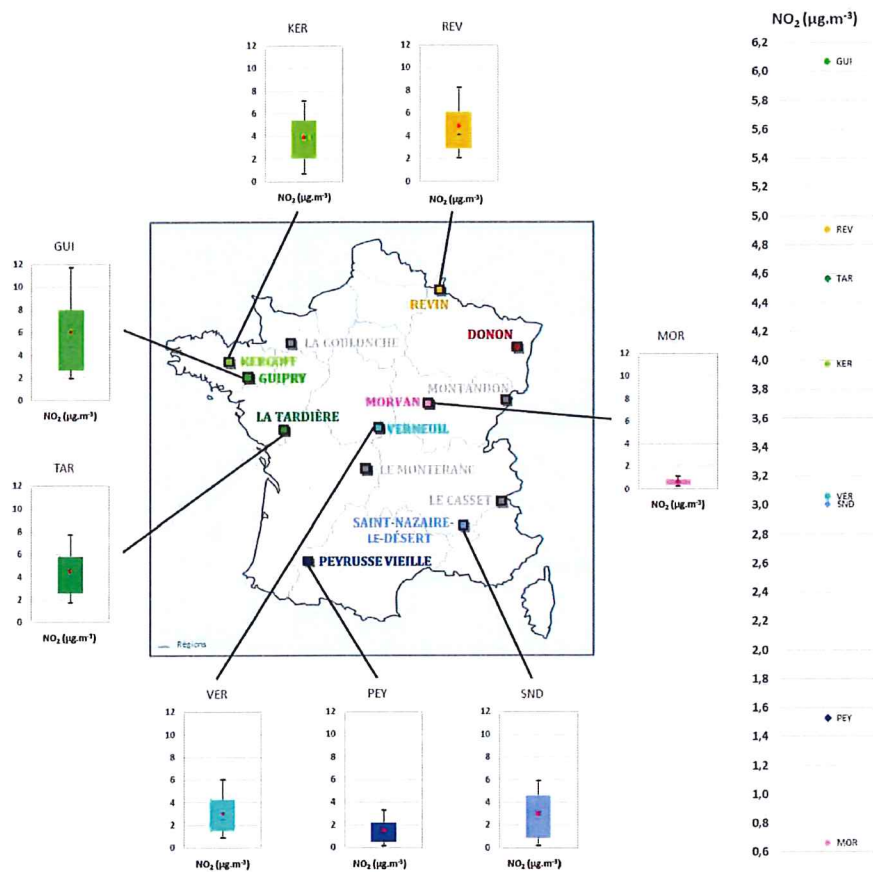
Annexe 9: Histogramme des concentrations de HAP dans les retombées atmosphériques totales mesurées à Kergoff et Guipry ($\mu\text{g/l}$)



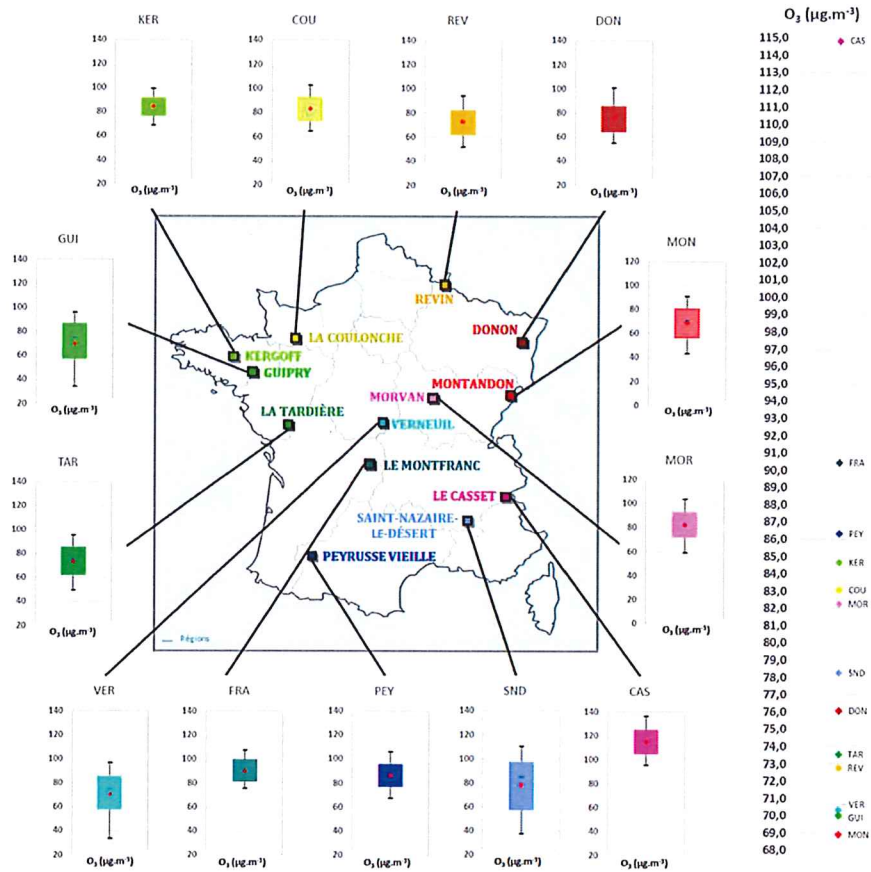
Annexe 10: Comparaisons des concentrations horaires de NO mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 ($\mu\text{g m}^{-3}$). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations



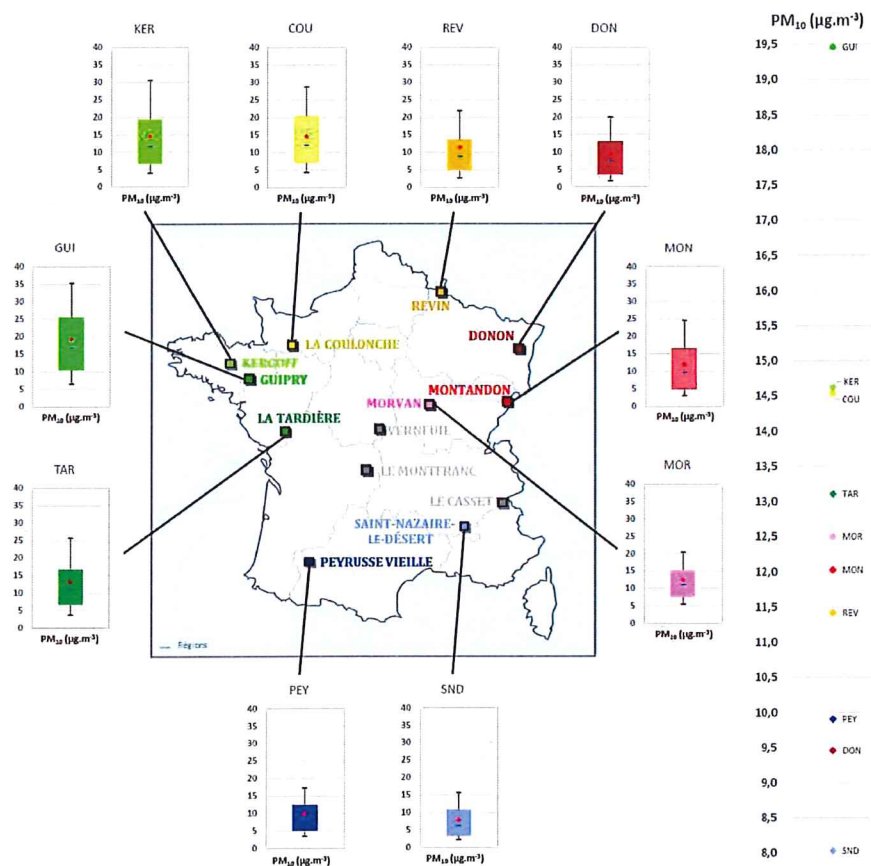
Annexe 11: Comparaisons des concentrations horaires de NO_2 mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations



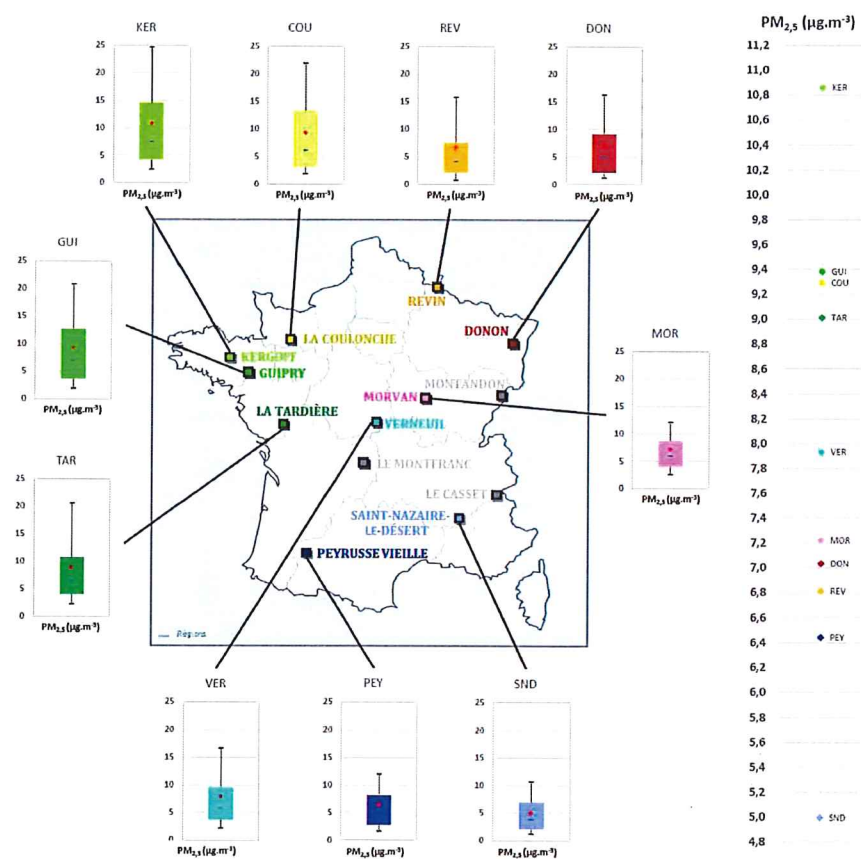
Annexe 12: Comparaisons des concentrations horaires d'O₃ mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 (µg/m³). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations



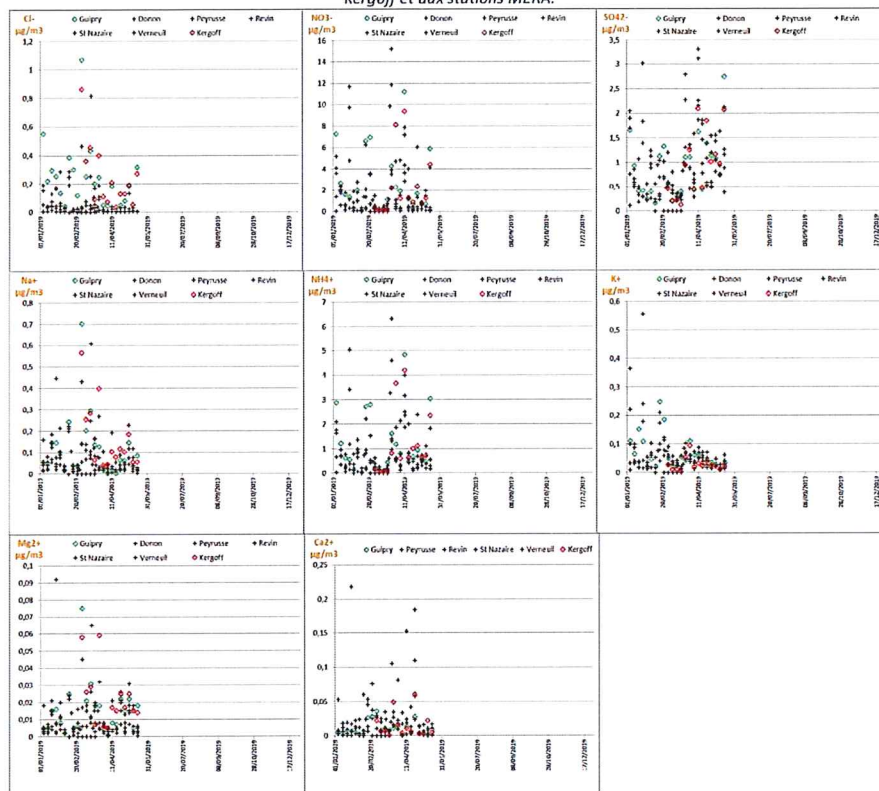
Annexe 13: Comparaisons des concentrations horaires de PM_{10} mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 ($\mu g/m^3$). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations



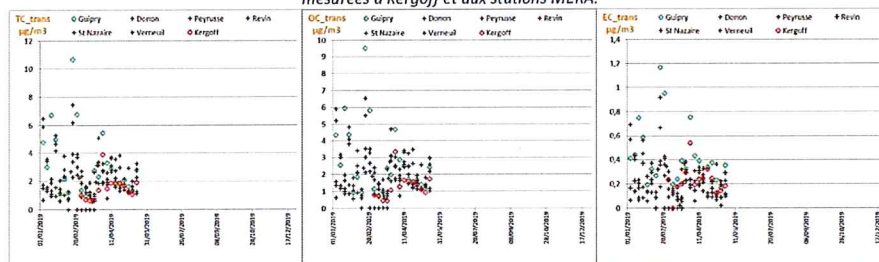
Annexe 14: Comparaisons des concentrations horaires de $PM_{2,5}$ mesurées aux stations MERA sur la période du 27/02/2019 au 23/05/2019 ($\mu g/m^3$). A gauche : statistiques des concentrations ; à droite : moyennes des concentrations



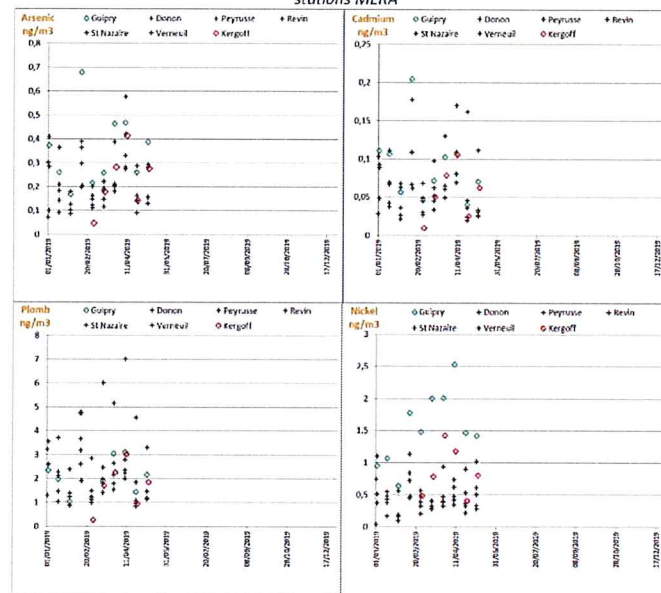
Annexe 15: Séries temporelles des concentrations journalières d'ions inorganiques majeurs dans les $PM_{2.5}$ mesurées à Kergoff et aux stations MERA.



Annexe 16: Séries temporelles des concentrations journalières de carbones organique et élémentaire dans les $PM_{2.5}$ mesurées à Kergoff et aux stations MERA.



Annexe 17: Séries temporelles des concentrations bimensuelles de métaux lourds dans les PM₁₀ mesurées à Kergoff et aux stations MERA



ANNEXE 3

Fiche Polluant Spéciation PM_{2.5}

EVOLUTION SUR LE LONG TERME DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES $PM_{2,5}$

1. Les composantes majoritaires des $PM_{2,5}$ en zone rurale de fond

Les $PM_{2,5}$ sont majoritairement constituées de **particules carbonées**, d'**espèces inorganiques secondaires**, de **sels de mer** et de **poussières minérales**. Ces composantes majoritaires des $PM_{2,5}$ peuvent être reliées à des familles de sources et peuvent permettre d'estimer l'impact de ces sources sur la masse totale des $PM_{2,5}$. Certaines de ces composantes majoritaires des $PM_{2,5}$ sont mesurées **directement** par **analyses chimiques**, d'autres nécessitent d'être **estimées** de manière plus ou moins directe à l'aide de facteurs de conversion*. La Figure 1 présente la composition chimique moyenne des $PM_{2,5}$ mesurées sur les 6 stations de l'observatoire MERA.

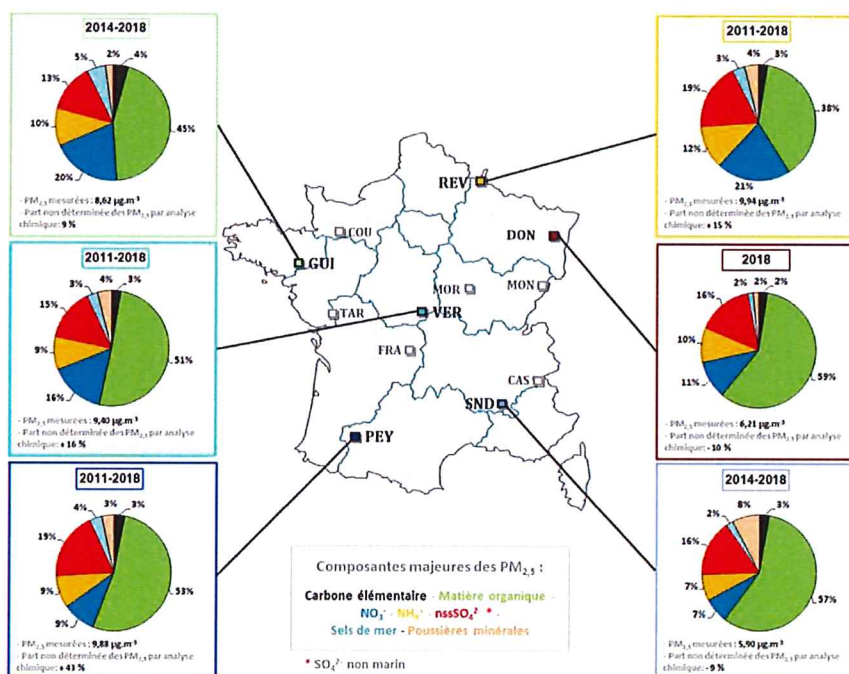


Figure 1 : Composition relative moyenne des $PM_{2,5}$

* Pour plus d'information sur les calculs ou sur les estimations réalisés pour obtenir les concentrations de certaines des composantes majeures des $PM_{2,5}$, voir dans les sections 1.1 à 1.3 de la présente fiche.

Des compositions chimiques des $PM_{2,5}$ similaires ont été observées à ces stations, pouvant indiquer que les concentrations massiques en $PM_{2,5}$ en zone rurale de fond sont **globalement influencées par les mêmes sources et/ou processus**. La contribution des composantes majoritaires aux $PM_{2,5}$ sera discutée dans la suite de cette section. En outre, comme le recommande le processus de validation des données d'analyse chimique des particules atmosphériques défini par le LCSQA [1] (cf. Section 5), un **exercice de fermeture chimique** est réalisé chaque année et consiste à comparer la somme des masses de chacune des composantes majeures mesurées (ou estimées) à la masse totale des $PM_{2,5}$ mesurée de façon indépendante. Il est à noter qu'il existe différentes sources d'incertitude, liées aux techniques de prélèvement et d'analyse ainsi qu'aux hypothèses d'estimation des concentrations de certaines des composantes majeures, ce qui peut en partie expliquer les parts non déterminées des $PM_{2,5}$ par analyse chimique présentées en Figure 1.

1.1 Les particules carbonées

Le **carbone élémentaire (EC)** est constitué quasi-exclusivement d'atomes de carbone et sa structure s'apparente à celle du graphite impur (i.e., très légèrement fonctionnalisé). Il est **émis** directement dans l'atmosphère par les **processus de combustion**, en particulier les **transports routier et maritime** et le chauffage résidentiel, et les **émissions industrielles**. L'EC a contribué aux $PM_{2,5}$ mesurées aux stations MERA de l'ordre de **2 à 4 %** en moyenne, la plus large fraction ayant été observée à la station de Guipry.

La **matière organique (OM)** peut être **émise directement** dans l'atmosphère par des **sources anthropiques** (les processus de combustion dont le trafic routier) et **naturelles** (les débris de végétaux, le pollen ou les bactéries ...) et peut également résulter de **mécanismes de transformations secondaires** impliquant notamment des **composés organiques volatils (COV)**. L'OM est constituée d'une multitude d'espèces chimiques, dont le nombre et les concentrations individuelles sont impossibles à quantifier dans leur intégralité. En conséquence, les concentrations en OM ne sont généralement pas mesurées directement sur filtres. Elles sont plutôt estimées en multipliant les concentrations en **carbone organique (OC)** par un facteur de correction (OM/OC), permettant de prendre en compte le **niveau de fonctionnalisation** du carbone organique dans l'aérosol. En **zone rurale de fond**, on s'attend à trouver un **aérosol organique** âgé et donc **plus fonctionnalisé** c'est pourquoi un **facteur de correction de 1,8** a été défini par le LCSQA** et est appliqué aux concentrations en OC pour estimer celles en OM en zone rurale de fond. Les $PM_{2,5}$ mesurées aux stations MERA sont majoritairement composées d'OM, à hauteur de **38 % (Revin) à 59 % (Donon)**. Les stations situées le plus au **nord** et à l'**ouest** de la France (Revin et Guipry, respectivement) présentent des **contributions de l'OM aux $PM_{2,5}$ moins importantes** comparées à celles situées plus au **sud** (Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert voir Verneuil) et à l'**est** (Donon).

1.2 Les espèces inorganiques primaires

Les **sels de mer**, communément notés « *sea salt* », sont principalement constitués de **chlorure de sodium (NaCl)**. Le **sodium (Na⁺)** est plus usuellement utilisé comme **traceur** de cette composante particulière que le **chlore (Cl⁻)** dans la mesure où le chlore peut se volatiliser sous forme d'acide chlorhydrique ou être issu d'autres sources, industrielles notamment. Néanmoins, Na⁺ peut être émis par d'autres sources, telles que les sources de combustion et les poussières minérales. Un **rapport** des concentrations entre Na⁺ et le **magnésium (Mg²⁺)** (composé également présent dans les sels de mer et mesuré sur filtres) proche de celui de l'**eau de mer** (soit un rapport des équivalents proche de **0,23** selon la procédure de validation de la composition chimique des $PM_{2,5}$ définie par le LCSQA**) permet de raisonnablement justifier l'utilisation de Na⁺ comme traceur des sels de mer. La concentration en sels de mer peut être alors estimée comme étant le triple de la concentration en Na⁺ en zone rurale de fond selon le LCSQA**. Les sels de mer mesurés aux stations MERA contribuent aux $PM_{2,5}$ de l'ordre de **2 à 5 %** en moyenne, la plus large fraction ayant été observée à la station de Guipry.

Les **poussières minérales**, communément notées « *dust* », peuvent être **d'origine terrigène**, tels que l'érosion des sols et les poussières désertiques, ou bien **d'origine anthropique** (les processus d'abrasion par exemple) et sont principalement formées d'aluminium, silicium, fer et **calcium (Ca²⁺)**. Minoritairement émis par des sources d'origine anthropique (la cimenterie par exemple), le **calcium non marin** (« *nssCa²⁺* ») se calcule par différence

** Les facteurs de conversion et les rapports d'équivalence utilisés pour estimer les concentrations en matière organique, sels marins et poussières minérales sont ceux issus du fichier Excel distribué et discuté lors d'un GT LCSQA [1].

entre le **calcium total** (Ca^{2+} mesuré directement lors des analyses chimiques des filtres) et le **calcium d'origine marine** (« ssCa^{2+} ») et peut être utilisé comme **traceur** pour les poussières minérales [2,3]. La contribution des **sels de mer** aux concentrations en ssCa^{2+} peut être estimée en considérant le fait que la **quantité de Ca^{2+}** présente dans l'eau de mer correspond à environ **3,9 %** [4] de celle en Na^+ . En zone rurale de fond, les concentrations en poussières minérales, s'estiment en appliquant un **facteur de conversion de 8** aux concentrations en nssCa^{2+} selon les recommandations du LCSQA [1] concernant l'analyse de la composition chimique des $\text{PM}_{2,5}$. Les poussières minérales mesurées aux stations MERA contribuent aux $\text{PM}_{2,5}$ de l'ordre de **2 à 8 %** en moyenne, la plus large fraction ayant été observée à la station de **Saint-Nazaire-le-Désert** alors que les contributions sur les stations en **façade atlantique** étaient **plus faibles**.

1.3 Les espèces inorganiques secondaires

Au sein des particules fines, le nitrate et le sulfate sont majoritairement associés à l'ammonium, respectivement sous la forme de **nitrate d'ammonium** (NH_4NO_3), et de **sulfate d'ammonium** (NH_4HSO_4 ou $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Ils sont issus de **mécanismes de formation secondaire** impliquant l'oxydation de leurs **précurseurs gazeux** (les oxydes d'azote - NO_x et le dioxyde de soufre - SO_2 , respectivement) et la combinaison des **produits d'oxydation** avec l'**ammoniac** (NH_3).

Leur formation dépend donc des niveaux de concentrations de leurs **précurseurs gazeux**. NH_3 est très majoritairement issu des **activités agricoles** en zone rurale, et dans une moindre mesure du **trafic automobile** en zone urbaine. Le **transport routier** est également considéré comme le premier émetteur de NO_x à l'échelle nationale. Le SO_2 est principalement émis par l'utilisation d'**hydrocarbures** et de **combustibles fossiles soufrés** (tels que le fioul lourd et le charbon) pour la **production d'énergie** (les centrales thermiques), les **transports maritimes** ainsi que certaines **activités industrielles** (telle que la pétrochimie) et des **sources naturelles** (les éruptions volcaniques et le sulfure de diméthyle - DMS - émis par le phytoplancton).

La formation de ces espèces inorganiques secondaires dépend également des **conditions météorologiques**. Le **nitrate d'ammonium** constitue une espèce **semi-volatile** en équilibre entre la phase gazeuse et la phase particulaire, et sa répartition entre phases est fonction de la **température** et de l'**hygrométrie** ambiantes. En revanche, le **sulfate d'ammonium** n'est pas semi-volatile. Il est donc **plus stable en phase particulaire**, et peut être directement **transporté** sur de longues distances. En outre, des conditions de fort **ensoleillement** sont propices à l'**oxydation du SO_2** et donc à la **formation de sulfate d'ammonium**.

Les méthodes d'analyse classiquement utilisées ne permettent pas de mesurer directement les concentrations en nitrate d'ammonium et sulfate d'ammonium. En revanche, les concentrations en **nitrate** (NO_3^-), **ammonium** (NH_4^+) et **sulfate** (SO_4^{2-}) sont obtenues **séparément** par analyses chimiques des filtres prélevés. En outre, le SO_4^{2-} peut être d'**origine marine**, c'est pourquoi il est usuel de distinguer le **sulfate marin** (« ssSO_4^{2-} ») du **sulfate non marin** (« nssSO_4^{2-} ») d'**origines variées** (i.e. le sulfate issu de sources anthropiques, la dégradation du DMS émis par le phytoplancton, des émissions volcaniques, etc...). Ainsi, seul le nssSO_4^{2-} est considéré être un composé inorganique secondaire. La contribution des **sels de mer** aux concentrations en ssSO_4^{2-} peut être estimée en considérant le fait que la quantité de SO_4^{2-} présente dans l'eau de mer correspond à environ **25,1 %** [4] de celle de Na^+ . Les concentrations en nssSO_4^{2-} se déduisent donc en retranchant les concentrations en ssSO_4^{2-} aux concentrations totales en SO_4^{2-} .

Les $\text{PM}_{2,5}$ mesurées aux stations MERA sont composées d'espèces inorganiques secondaires à hauteur de **30 à 52 %** et qui sont majoritairement constituées de nssSO_4^{2-} et de NO_3^- . Les stations MERA situées les plus au **nord** et à l'**ouest** de la France (Revin et Guipry, respectivement) présentent des contributions en espèces inorganiques secondaires **plus importantes** comparées à celles des sites les plus au **sud** (Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert) et à l'**est** de la France (Donon), en lien avec les contributions respectives de NO_3^- aux $\text{PM}_{2,5}$ (en moyenne de 20 % sur Revin et Guipry contre 8 % plus au sud pour Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert et 11 % à Donon). De la même manière, les contributions de NH_4^+ aux $\text{PM}_{2,5}$ sont légèrement plus fortes dans les stations situées au nord et à l'ouest de la France que dans celles plus au sud (en moyenne 11 % sur Revin et Guipry contre 8 % pour Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert).

2. Variations annuelles des composantes majeures des PM_{2,5}

La Figure 2 compare les variations annuelles des concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées (cf. Aparté n°1) aux stations MERA où sont mesurées les composantes majeures des PM_{2,5} afin de mieux comprendre les déterminants de ces variations (Figure 3). Les tendances annuelles des concentrations massiques en PM_{2,5} et de ses composantes majeures des stations disposant d'au moins 6 années d'observation ont été évaluées suivant les tests non-paramétriques de Mann-Kendall et Sen-Theil (cf. note méthodologique MERA [5]). 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.

Globalement, les concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées aux 6 stations sont du même ordre de grandeur, même si de plus faibles concentrations ont été observées à Saint-Nazaire-le-Désert. Ces concentrations ont diminué depuis 2011, de l'ordre de -10 % an⁻¹ (Revin) à -6 % an⁻¹ (Verneuil).

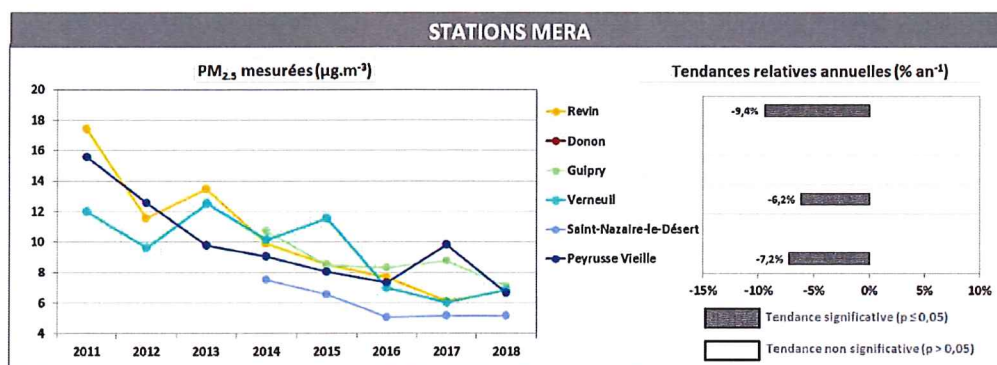


Figure 2 : Variations annuelles des concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées aux stations MERA (à gauche - cf. Aparté n°1) - Tendances relatives annuelles (à droite—cf. Note méthodologique MERA [5])

Les variations des concentrations en PM_{2,5} sont sensibles aux variations annuelles des concentrations en OM et en composés inorganiques secondaires (Figure 3). Les concentrations en composés inorganiques secondaires ont sensiblement diminué ces dernières années (des baisses de -10 % an⁻¹ à -4 % an⁻¹ ont été observées à Revin, Verneuil et Peyrusse Vieille) ainsi que celles du carbone élémentaire, des poussières minérales et des sels marins (des baisses de -9 % an⁻¹ à -0,3 % an⁻¹ ont été observées à Revin, Verneuil et Peyrusse Vieille). En revanche, les concentrations en OM ont diminué à Guipry et Verneuil (baisse de -5 % an⁻¹ observée à Verneuil) alors qu'elles ont augmenté à Revin et Peyrusse-Vieille (hausse comprises entre de 3 et 5 % an⁻¹) et qu'elles sont restées stables à Saint-Nazaire-le-Désert. En conséquence, la contribution relative de l'OM aux PM_{2,5} a globalement augmenté au fil des années alors que celles des composés inorganiques secondaires ont diminué.

APARTÉ N°1 : Précisions sur les concentrations massiques en PM_{2,5} considérées dans cette fiche

Comme le présente la fiche détaillant le [programme de mesure](#) de l'observatoire MERA, les concentrations en PM_{2,5} sont mesurées en continu en mode quart-horaire sur 10 stations et les mesures sont ensuite agrégées en données horaires alors que les prélèvements des PM_{2,5} de 24 heures sont réalisés tous les 6 jours sur 6 stations. En conséquence, pour permettre des rapprochements entre les concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées par analyseurs automatiques de PM aux stations MERA où sont mesurées les composantes majeures des PM_{2,5}, les concentrations massiques annuelles/mensuelles des PM_{2,5} considérées dans cette fiche ont été restreintes aux jours où des prélèvements des PM_{2,5} ont été réalisés et ont été agrégées sur 24 h.

L'étude complète des concentrations massiques en PM_{2,5} mesurées en continu et en mode horaire est présentée dans la fiche MERA « Evolution sur le long terme des concentrations massiques des particules en suspension ».

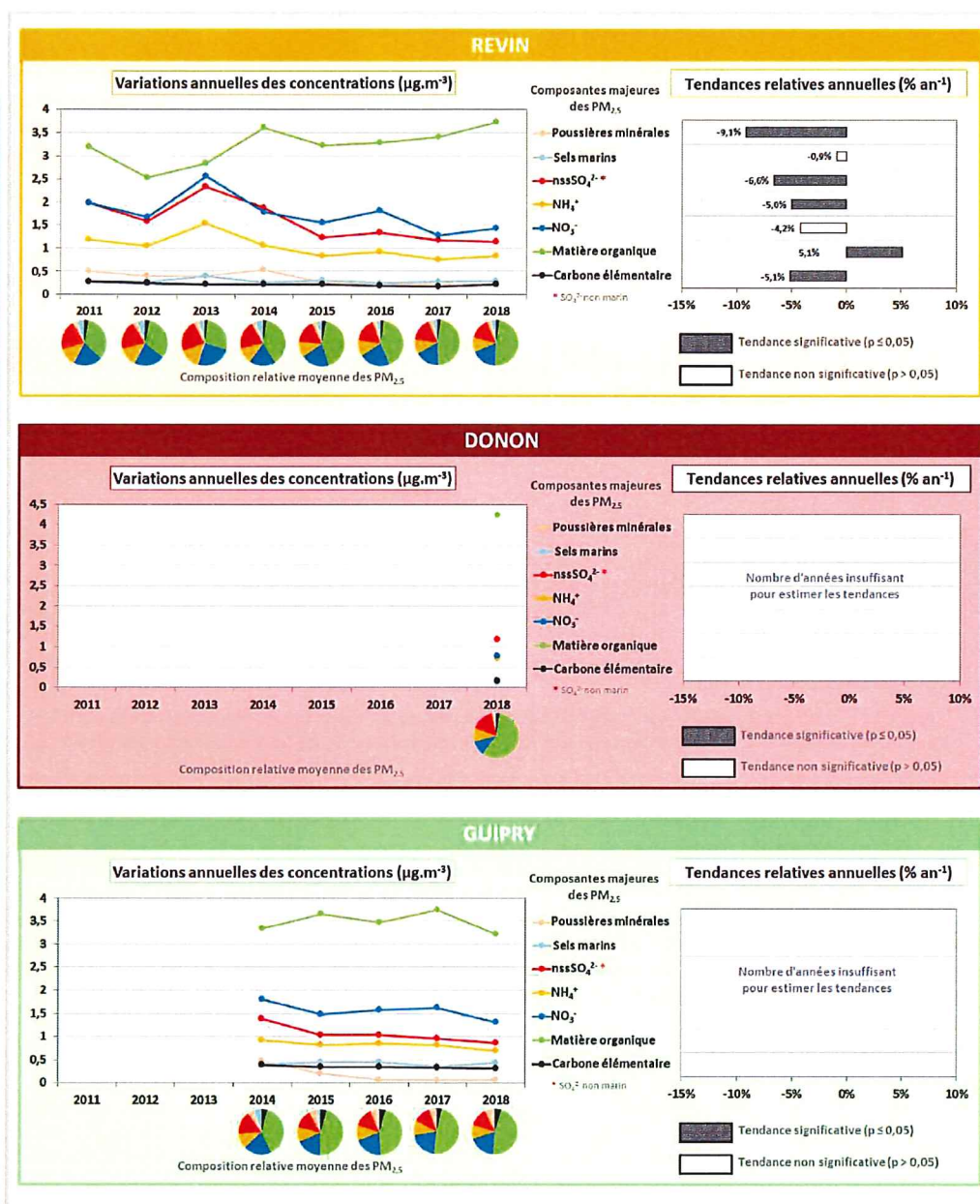


Figure 3 (légende page suivante)

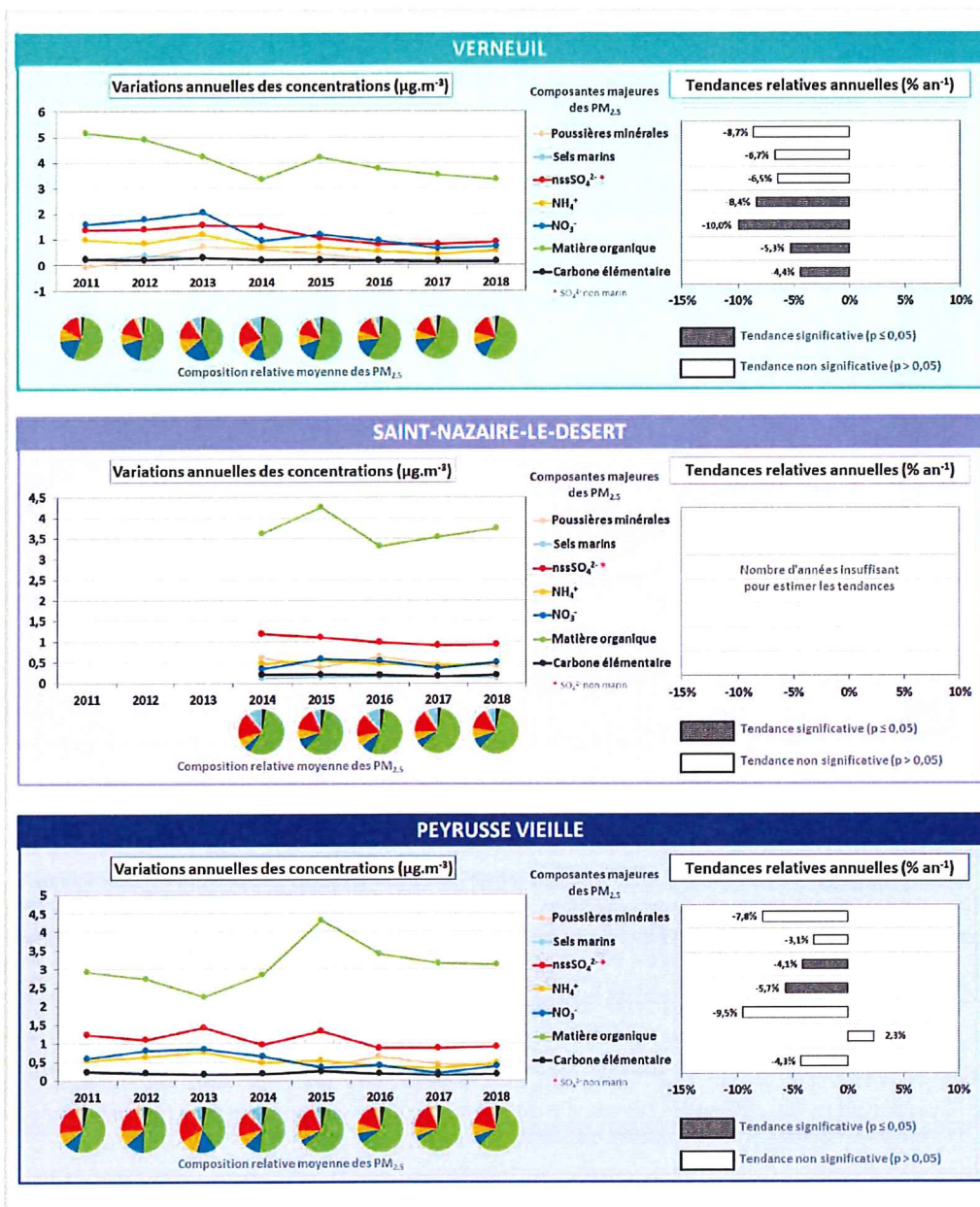


Figure 3: Variations annuelles des concentrations des composantes majeures des $\text{PM}_{2.5}$ mesurées aux stations MERA (à gauche) - Tendances relatives annuelles (à droite—cf. Note méthodologique MERA [5])

3. Variations mensuelles des composantes majeures des PM_{2,5}

La Figure 4 compare les variations mensuelles des **concentrations massiques en PM_{2,5}** mesurées aux stations MERA (cf. Aparté n°1) où sont mesurées les **composantes majeures des PM_{2,5}** afin de mieux comprendre les **déterminants** de ces variations (Figure 5). Globalement, les variations mensuelles des concentrations en PM_{2,5} mesurées à ces stations sont relativement **similaires** (hormis peut-être celles observées à Peyrusse Vieille qui se révèlent être moins marquées). Ces variations mensuelles sont étudiées en 3 temps (janvier-mai, juin-septembre et octobre-décembre) dans la suite de cette section.

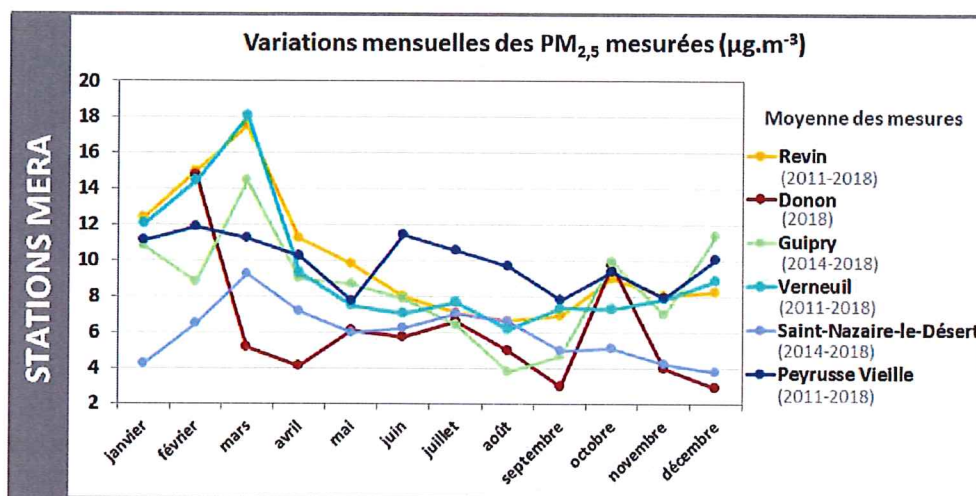


Figure 4 : Evolution des concentrations mensuelles en PM_{2,5} mesurées aux stations MERA (cf. Aparté n°1)

Pour commencer, les concentrations en PM_{2,5} ont augmenté de janvier jusqu'à mars, où elles sont **maximales** (hormis à Donon où elles sont maximales en février), puis elles diminuent en avril et mai. Ces variations ont été **plus marquées** aux stations situées les plus au **nord** et au **centre de la France** (des concentrations mensuelles maximales de 14,5-18,1 µg.m⁻³ ont été observées à Revin, Donon, Guipry et Verneuil) par rapport au sud de la France (des concentrations mensuelles maximales de 9,2-11,9 µg.m⁻³ ont été observées à Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert). Il est à noter que Saint-Nazaire-le-Désert présente de plus faibles concentrations en PM_{2,5} par rapport aux autres stations au cours de cette période. Les concentrations en PM_{2,5} en cette période de l'année s'explique en partie par l'**abaissement de la hauteur de la couche de mélange atmosphérique**, propice à l'augmentation des concentrations des composantes majeures des PM_{2,5}. En outre, les variations des concentrations en PM_{2,5} se révèlent également être fortement sensibles aux variations mensuelles des **composés inorganiques secondaires** et de la **matière organique** (Figure 5).

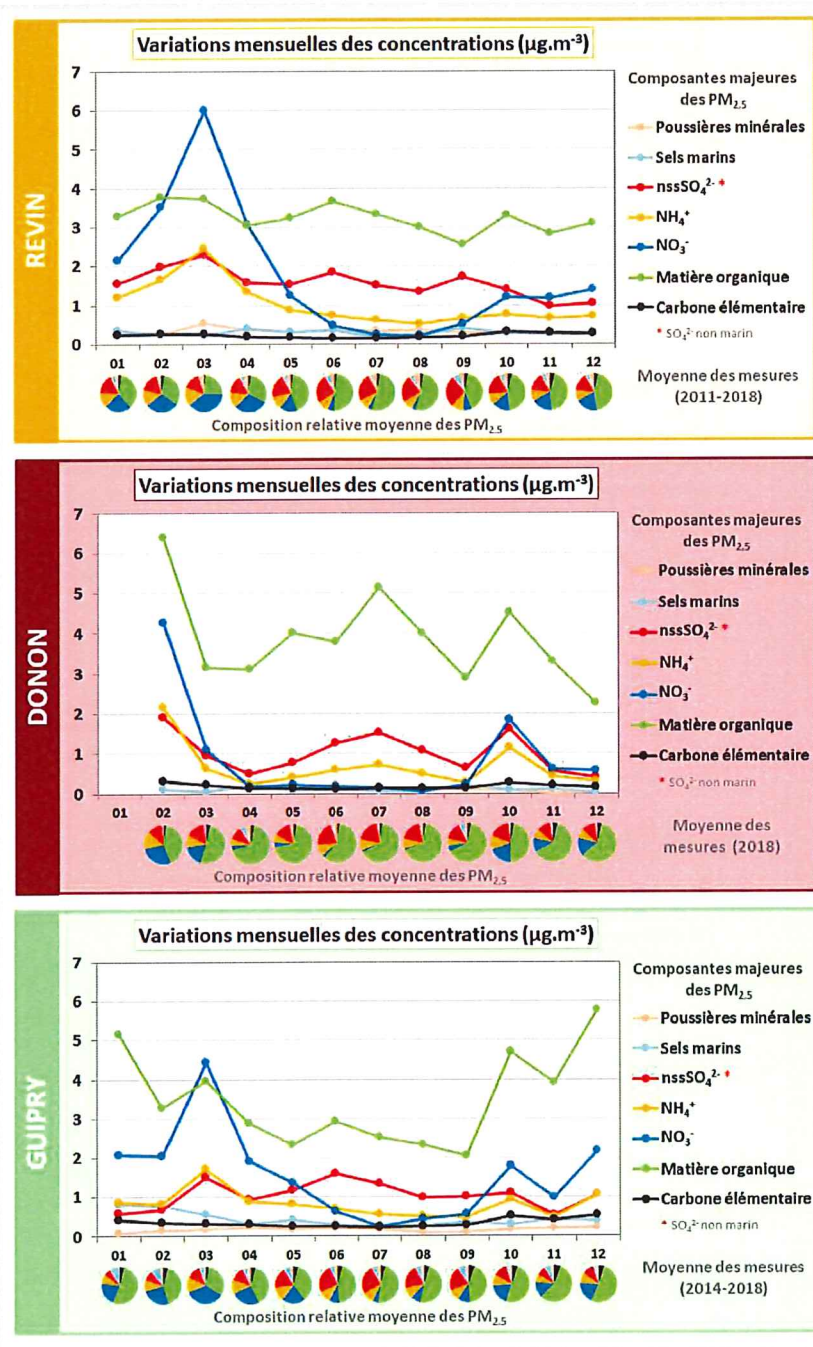


Figure 5 (légende page suivante)

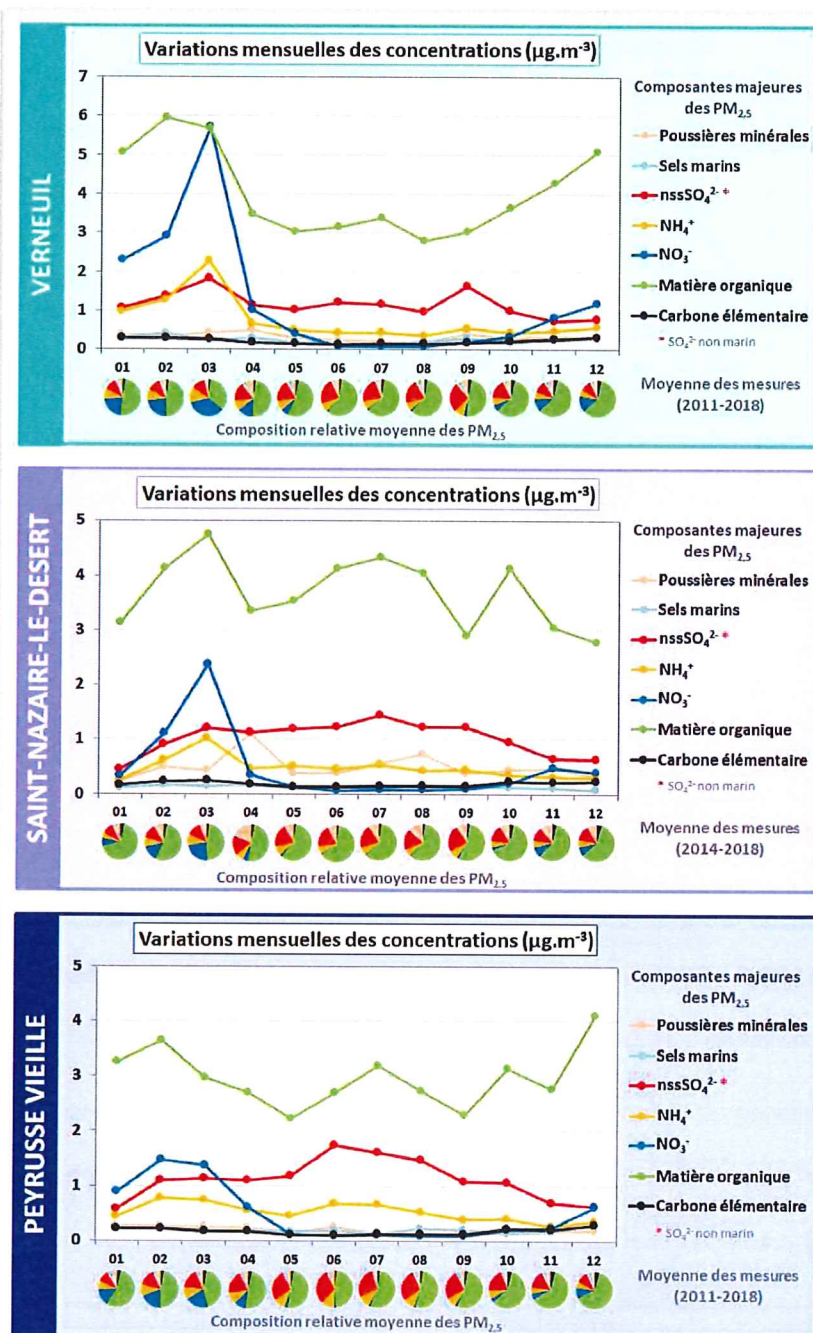


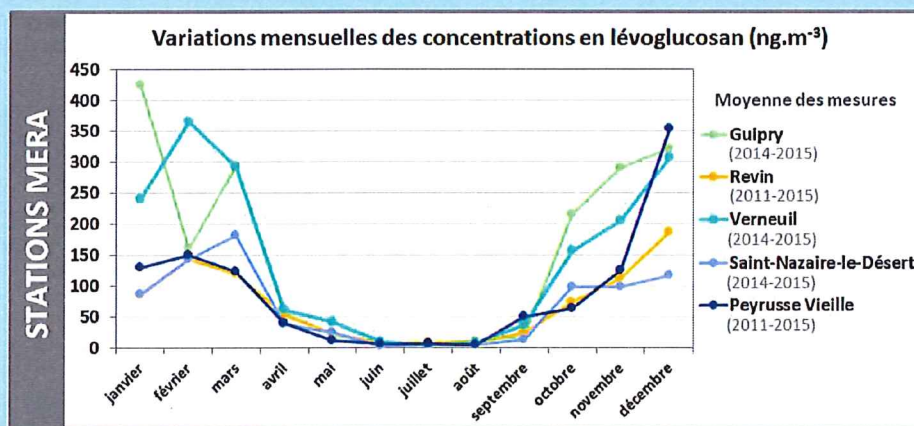
Figure 5: Variations mensuelles des concentrations des composantes majeures des $\text{PM}_{2.5}$ mesurées aux stations MERA

En hiver, les concentrations mensuelles en OM sont relativement élevées (comprises en moyenne entre 3,3 et 5,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$) en raison notamment d'une plus forte intensité de leurs sources d'émission telle que la **combustion de biomasse** (étant donné que son traceur, le lévoglucosan, a montré des concentrations plus élevées en hiver - cf. Aparté n°2), en lien avec un usage accru du chauffage résidentiel). En outre, en fin d'hiver/début printemps, les concentrations en composés inorganiques secondaires (notamment NO_3^- et, dans une moindre mesure, NH_4^+ et ssSO_4^{2-}) augmentent significativement. Ces augmentations sont **plus marquées** aux stations situées les plus au **nord et au centre de la France** (les concentrations mensuelles maximales en NO_3^- observées à Revin, Guipry, Donon et Verneuil en cette période de l'année sont en moyenne de 5,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$) par rapport au sud de la France (les concentrations maximales en NO_3^- observées à Peyrusse Vieille et Saint-Nazaire-le-Désert en cette période de l'année sont en moyenne de 1,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$). Ces fortes concentrations en composés inorganiques secondaires peuvent s'expliquer par la survenue d'**épisodes anticycloniques** (induisant des **températures froides** et des conditions de **stabilité atmosphérique**), couplée à des **épandages agricoles** principalement de NH_3 , qui associés aux émissions de SO_2 et de NO_x conduisent à la **formation d'aérosols secondaires**, plus précisément de nitrate d'ammonium ou de sulfate d'ammonium dans les $\text{PM}_{2,5}$. A noter que le **transport** de pollution aux particules par des masses d'air provenant du **Nord-Nord-Est de l'Europe** contribue également aux niveaux de concentrations des composés inorganiques secondaires observées en début d'année.

APARTÉ N°2 : VARIATIONS MENSUELLES DES CONCENTRATIONS EN LÉVOGLUCOSAN (MESURE ADDITIONNELLE D'UN TRACEUR DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE)

En complément de la mesure des composantes majeures des $\text{PM}_{2,5}$, des mesures de monosaccharides anhydres (incluant le lévoglucosan, émis suite à la pyrolyse de la cellulose) ont été réalisées à Revin et Peyrusse Vieille de 2011 à 2015 et à Guipry, Verneuil et Saint-Nazaire-le-Désert de 2014 à 2015. De par son mode de formation et son abondance, le lévoglucosan est utilisé comme traceur de la combustion de biomasse et permet d'évaluer l'influence de cette source sur les concentrations en $\text{PM}_{2,5}$.

De fortes concentrations en lévoglucosan ont été observées en hiver et automne, en lien avec un usage accru du chauffage résidentiel.



VARIATIONS MENSUELLES DES CONCENTRATIONS EN LÉVOGLUCOSAN DANS LES $\text{PM}_{2,5}$ MESURÉES AUX STATIONS MERA

De juin à septembre, les concentrations en $PM_{2,5}$ montrent globalement **peu de variabilité** et sont relativement **faibles**, hormis à Peyrusse-Vieille où elles augmentent de $3,7 \mu g.m^{-3}$ entre mai et juin puis elles diminuent progressivement jusqu'à atteindre $7,8 \mu g.m^{-3}$ en septembre. Au cours de cette période, les $PM_{2,5}$ sont majoritairement composées d'OM et de $nssSO_4^{2-}$. Les **températures élevées** et le **fort ensoleillement** sont caractéristiques de la période estivale et sont des conditions propices à l'émission de COV, notamment biogéniques, et aux **processus photochimiques** menant à la **formation d'aérosols organiques secondaires**. L'augmentation des concentrations en OM est plus marquée dans le **sud de la France** par rapport au nord, à l'est et au centre de la France. Les **conditions climatologiques** des stations situées le plus au sud de la France sont propices à la formation d'aérosol secondaire. En effet, Saint-Nazaire-le-Désert est caractérisé par un **climat méditerranéen** alors que Peyrusse-Vieille présente un **climat océanique plus ou moins altéré** selon Météo France potentiellement **sous influence méditerranéenne** lorsque la station reçoit des vents de secteurs sud/sud-est. L'augmentation des concentrations en OM est également marquée à Donon en été 2018. En outre, les conditions météorologiques estivales influencent également la **formation des aérosols inorganiques secondaires**. Elles sont **propices** à la formation de **sulfate d'ammonium** qui dispose également d'une **meilleure stabilité** que le **nitrate d'ammonium**, qui aura tendance à plus se **volatiliser** sous l'**effet des fortes températures** (cf. Section 1.3). En conséquence, le $nssSO_4^{2-}$ (et donc le sulfate d'ammonium) contribue significativement aux $PM_{2,5}$ au cours de cette saison. En revanche, une contribution plus faible est observée pour le NO_3^- en été à toutes les stations MERA en raison de la très forte volatilité du nitrate d'ammonium. Les concentrations en **poussières minérales** augmentent légèrement notamment à Saint-Nazaire-le-Désert. Ces concentrations ont tendance à augmenter en été en raison de **conditions météorologiques plus sèches** et propices à l'érosion des sols et à la **remise en suspension** sous l'effet du vent.

D'octobre à décembre, les concentrations en $PM_{2,5}$ ré-augmentent légèrement, notamment à Guipry et Verneuil. L'augmentation plus marquée des concentrations en $PM_{2,5}$ sur ces stations s'explique par une nette augmentation des concentrations en **OM** témoignant d'une influence importante de la **source de combustion de biomasse** liée au **chauffage résidentiel** (cf. Aparté n°2).

4. Composition chimique des $PM_{2,5}$ au niveau européen

Afin de permettre une **évaluation à plus large échelle spatiale**, les résultats de l'observatoire MERA ont été comparés aux concentrations des composantes majeures des $PM_{2,5}$ mesurées sur **16 stations rurales européennes du réseau EMEP** (Figure 6). Les résultats présentés dans cette figure ciblent les mesures des espèces majoritaires des $PM_{2,5}$ réalisées au moyen de préleveurs à bas ou haut débit **entre 2011 et 2018**, afin d'être **cohérent temporellement** avec les mesures réalisées dans le cadre de MERA.

La Figure 6 permet de se rendre compte que les **compositions chimiques des $PM_{2,5}$** observées au niveau européen sur des stations rurales de fond sont **globalement similaires** et que la **matière organique** est la composante majeure des $PM_{2,5}$ (à hauteur de 45 % en moyenne et jusqu'à 58 %). Les plus importantes contributions de l'OM aux $PM_{2,5}$ ont été observées en **Europe du Sud** (au centre et sud de l'Espagne et en Italie), en **France** (notamment à l'est et au sud), en **Pologne** ainsi qu'en **Slovénie**. Les **espèces inorganiques secondaires** correspondent également à une proportion importante des $PM_{2,5}$ (à hauteur de 45 % en moyenne et jusqu'à 57 %). Les plus importantes contributions des espèces inorganiques secondaires aux $PM_{2,5}$ ont été observées en **Europe Centrale** et dans le **nord de la France**, du fait d'une contribution généralement plus élevée de NO_3^- et/ou NH_4^+ , ce qui est **cohérent** avec la **répartition spatiale** au niveau européen des **émissions de leurs précurseurs** (NH_3 [6] et NO_x [7]). La plus forte contribution de $nssSO_4^{2-}$ aux $PM_{2,5}$ a été observée à **Chypre** (38 % à la station CY0002R, alors qu'elle est de 15 % en moyenne sur les autres stations), ce qui peut éventuellement être lié aux émissions résultant du **transport maritime**, relativement dense en mer Méditerranée, à l'advection d'émissions industrielles de SO_2 provenant de ses pays voisins, ainsi qu'à son **climat méditerranéen** propice à la **formation du sulfate d'ammonium** et à la **volatilisation du nitrate d'ammonium**. Les **sels de mer** et les **poussières minérales** contribuent aux $PM_{2,5}$ en moyenne de 4 % et 5 %, respectivement, et des contributions plus élevées ont été observées en **Espagne** et à **Chypre**. Le **carbone élémentaire** contribue aux $PM_{2,5}$ en moyenne de 3 %, les **plus larges fractions** (jusqu'à 6 %) ayant été observées aux stations où les **concentrations en $PM_{2,5}$** ont été les plus élevées, pouvant suggérer une **influence locale** (cas de la station IT0004R).

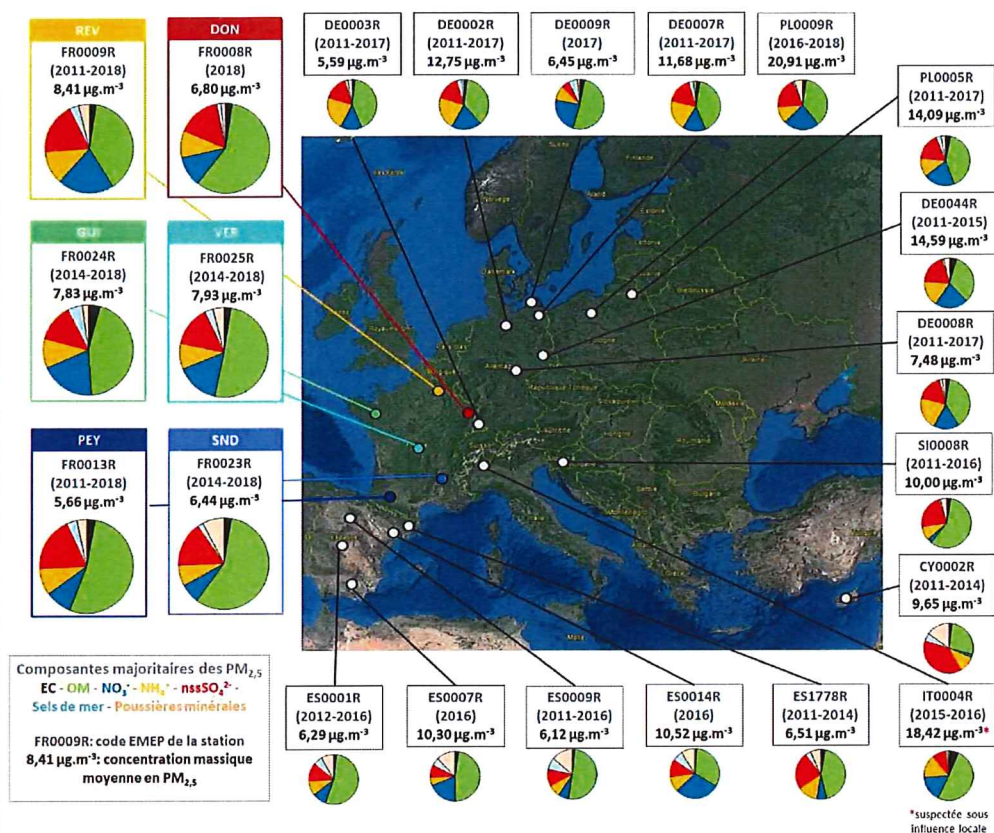


Figure 6 : Composition relative moyenne des PM_{2,5} observées aux stations du réseau EMEP entre 2011 et 2018 (Données disponibles sur le site EBAS, url : ebas.nilu.no/Default.aspx)

5. Références

- [1] GT LCSQA « sites ruraux » de la Commission de Suivi « HAP, Métaux, Benzène » (21/06/2012) : Procédure de validation des données d'analyse chimique des particules atmosphériques (anions/cations et EC/OC)
- [2] Putaud et al. (2004). Atmospheric Environment, 38(16), 2579-2595.
- [3] Sciare et al. (2005). Atmospheric Chemistry and Physics, European Geosciences Union, 2005, 5(8), 2253-2265.
- [4] Brewer & Spencer (1975). Marine Chemistry in the Coastal Environment, 80-96.
- [5] Note méthodologique : Méthode d'analyse des tendances appliquée aux données de l'observatoire MERA
- [6] Rapport LCSQA, Bilan bibliographique sur la mesure de l'ammoniac, Programme 2012, url : https://www.lcsqa.org/system/files/rf_lcsqa-md_etude_nh3_2012_1.pdf
- [7] Annual mean NO₂ concentrations in 2016 (figure produite par l'EEA), url : [d23ce6e30bad4474a5873f8633095e02](https://data.eea.europa.eu/dataset/annual-mean-no2-concentrations-in-2016)

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

