



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 206842 - 2750070 - v2.0

Surveillance environnementale des carrières **Dépôts atmosphériques**

Analyse des données 2018 à 2021

26/04/2023

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION SITES ET TERRITOIRES

Rédaction : CLAUDE Theo - SALOMON MORGANE

Vérification : MALHERBE LAURE; QUERON JESSICA; FRANCK CHRISTIAN

Approbation : Document approuvé le 26/04/2023 par MORIN ANNE

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Christophe LESCOT, Christian FRANCK

Table des matières

1.	Contexte	6
2.	Description des données issues de GEREP	7
3.	Analyse des données entre 2018 et 2021	8
3.1	Méthodes de prélèvement	9
3.2	Typologie d'emplacements	9
3.3	Périodicité de la surveillance	13
3.4	Dépassements de la valeur « objectif »	16
3.5	Etude de la corrélation entre la production annuelle et les niveaux de dépôt	17
3.6	Etude de corrélation entre les résultats de mesures et la famille de matériaux exploités	19
4.	Conclusion	22
5.	Annexes	23

Table des figures

Figure 1 : Nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre	8
Figure 2 : Proportion de points de mesure selon les supports de prélèvement entre 2018 et 2021	9
Figure 3 : Répartition des emplacements de mesure en fonction du type d'emplacement et du type de support entre 2018 et 2021.....	10
Figure 4 : Dispersion des moyennes annuelles pour les différents types d'emplacements intérieur, témoin (a), extérieur (b) et limite (c) par jauge (distribution totale en haut et tronquée à 500 mg/m ² /j en bas).....	12
Figure 5 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas)	14
Figure 6 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas, tronquées à 500 mg/m ² /j)	15
Figure 7 : Pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » pour les établissements et les emplacements de prélèvements.....	17
Figure 8 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2021 sur les emplacements de type (a) et (b)	18
Figure 9 : Pourcentage des quantités produites en fonction du pourcentage de déclarations.....	20
Figure 10 : Evolution des dépôts de poussières sur les sites (b) en fonction du type de matériau le plus produit au sein de l'établissement.....	21
Figure 11 : Représentation d'une boîte à moustaches (Laqrichi, 2015) – MRE : Magnitude of Relative Error.....	24
Figure 12 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2018 sur les emplacements de type (a) et (b)	25
Figure 13 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2019 sur les emplacements de type (a) et (b)	25
Figure 14 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2020 sur les emplacements de type (a) et (b)	26

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des déclarations annuelles de résultats obtenus par jauge et par plaquette	8
Tableau 2 : Répartition des données de dépôt moyennes annuelles par typologie d'emplacement (en mg/m ² /j) pour les mesures par jauge.....	11
Tableau 3 : Par trimestre, nombre d'emplacements de mesure (partie gauche du tableau) et nombre d'établissements (partie droite) pour lesquels des moyennes annuelles glissantes ont pu être calculées (1 ^{ère} colonne) et pour lesquels ces dernières dépassent un seuil donné (2 ^e et 3 ^e colonnes).....	16
Tableau 4 : Nombre d'établissements dont la production est nulle ou non détaillée par substance extraite pour les déclarations intégrant un emplacement de type (b).....	17
Tableau 5 : Répartition en pourcentage du nombre de déclarations en fonction des familles de minerais	19
Tableau 6 : Répartition en pourcentage de la quantité de minerais produite par an en fonction des familles de minerais	19

Résumé

L'arrêté¹ du 30 septembre 2016 relatif aux exploitations de carrières fixe les dispositions permettant de prévenir, limiter et contrôler les poussières émises par les exploitations de carrières de production annuelle autorisée supérieure à 150 000 tonnes, à l'exception des carrières en eau.

Cet arrêté impose le suivi des niveaux de dépôts totaux des poussières sédimentables collectées au moyen de jauges de retombées à partir du 1^{er} janvier 2018. Cette somme ne doit pas dépasser la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j sur 12 mois. Les campagnes de surveillance sont trimestrielles par défaut mais peuvent, sous certaines conditions, devenir semestrielles. Chaque année, les exploitants doivent déclarer, via l'application GEREP, les niveaux de dépôts mesurés. Ces résultats sont transférés dans la banque de données regroupant les déclarations annuelles des émissions polluantes et des déchets (base BDREP). Cette base de données permet une analyse plus globale des résultats à l'échelle du territoire et, éventuellement, d'identifier des difficultés dans la mise en place des plans de surveillance et l'application de l'arrêté.

Le présent rapport traite de l'exploitation statistique des données collectées entre 2018 et 2021 et déclarées sous l'application GEREP.

Le jeu de données sur les surveillances de carrières comprend 17 388 points de mesures sur 4 ans. Son traitement statistique a permis de mettre en avant les éléments suivants :

- Le nombre de déclarations est croissant, de 807 exploitations en 2018 à 1034 en 2021 ;
- Plus de 90 % des exploitations réalisent leurs mesures à l'aide de jauges depuis 2019, les autres à l'aide de plaquettes ;
- En 2021, 689 exploitations de carrières sont assez proches de bâtiments accueillant des personnes sensibles (centre de soin, crèche, école) ou situées suffisamment près d'habitations pour réaliser des prélèvements à proximité immédiate sur 1399 emplacements de mesures ;
- Parmi ces 689 exploitations, 301 ont *a priori* réalisé une surveillance semestrielle sur 627 emplacements de mesure ;
- Une augmentation du pourcentage d'exploitations dépassant la valeur « objectif » est observée depuis 2018, le maximum atteint environ 8 % des exploitations au dernier trimestre 2020. Dans les années à venir, l'évolution de ce pourcentage pourra être surveillée afin d'examiner si cette augmentation se confirme et de vérifier si elle est bien liée aux émissions des carrières et non à une augmentation des niveaux de fond nationaux.

A l'échelle du territoire, un lien a parfois pu être observé entre les niveaux de dépôts aux emplacements à l'extérieur des sites d'exploitation, au niveau des bâtiments accueillant des personnes sensibles ou des habitations (type b), et les niveaux de dépôts aux emplacements témoins (type a). En revanche, sur la base de ces données, aucun lien significatif n'est observé entre les niveaux de dépôts mesurés et les quantités produites ou le type de minerai produit sauf dans le cas de variations très marquées (ex. : forte baisse de production).

Le traitement statistique réalisé pourrait être nettement amélioré en développant et fiabilisant les déclarations sous l'application GEREP (et en adaptant la base de données BDREP en conséquence). Pour ce faire, des actions simples sont proposées dans ce rapport comme, en particulier, préciser dans la déclaration si la surveillance est trimestrielle ou semestrielle.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 206842 - 2750070 - v2.0

Mots-clés : Surveillance environnementale, Carrières, Dépôts atmosphériques, GEREP

¹ [Arrêté du 30 septembre 2016 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.](#)

1. Contexte

L'arrêté du 30 septembre 2016 fixe les dispositions permettant de prévenir, limiter et contrôler les poussières émises par les exploitations de carrières de production annuelle autorisée supérieure à 150 000 tonnes, à l'exception des carrières en eau. Cet arrêté impose au 1^{er} janvier 2018 le suivi des retombées atmosphériques totales, correspondant à la somme des fractions solubles et insolubles, par jauges de retombées suivant la norme NF X43-014.

Pour ce suivi, le plan de surveillance intègre nécessairement :

- l'acquisition des conditions météorologiques locales (la direction et la vitesse du vent, la température, et la pluviométrie) avec une résolution horaire au minimum ;
- au moins une **station de mesure témoin (notée a)** correspondant à un ou plusieurs lieux non impactés par l'exploitation de la carrière ;
- le cas échéant, une ou plusieurs **stations de mesure implantées à proximité immédiate des premiers bâtiments accueillant des personnes sensibles (notées b)** comme un centre de soins, une crèche, une école, etc. ou des premières habitations situées à moins de 1 500 mètres des limites de propriété de l'exploitation, sous les vents dominants ;
- une ou plusieurs **stations de mesure implantées en limite de site (notées c)**, sous les vents dominants.

*Les campagnes de mesure durent trente jours et sont réalisées tous les trois mois par défaut. La valeur « objectif » fixée dans l'arrêté est de **500 mg/m²/j en moyenne annuelle glissante** (définition rappelée à l'*

Équation 1) pour chaque jauge installée sur un emplacement de type b.

Équation 1 : Moyenne annuelle glissante pour une jauge donnée

$$\text{Résultat } n = \frac{\sum \text{niveaux de dépôts des trimestres } n \text{ à } n + 3}{4}$$

Dans le cas où les résultats de mesure sont inférieurs à la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j sur 8 moyennes annuelles glissantes successives, les campagnes peuvent être réalisées seulement tous les six mois. Par la suite, si un résultat de mesure excède la valeur « objectif », la surveillance redevient trimestrielle (sauf conditions exceptionnelles). Le passage à une surveillance semestrielle n'étant rendu possible que depuis le 1^{er} janvier 2018, les premières surveillances semestrielles ne pourront être mises en place qu'après 2 ans et 3 trimestres de mesure permettant de calculer 8 moyennes annuelles glissantes nécessaires, c'est-à-dire à partir du dernier trimestre 2020.

Dans le cadre de l'arrêté, l'exploitant est également tenu de renseigner les résultats de surveillance chaque année lors de l'Enquête Annuelle Carrières (EAC), en saisissant ces données dans l'application GEREP de déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets. Cette remontée des résultats est un outil efficace pour pouvoir analyser et interpréter les résultats de cette surveillance à l'échelle du territoire et potentiellement adapter ses conditions de mise en œuvre.

La surveillance des carrières inclut parfois des prélèvements sur plaquette de retombées atmosphériques sèches suivant la norme NF X43-007. Ce type de prélèvement n'est pas concerné par l'arrêté mais peut faire l'objet d'une déclaration sous GEREP.

Le présent rapport traite de l'exploitation statistique des données collectées par jauge ou par plaquette de 2018 à 2021 et déclarées sous l'application GEREP. Les données collectées par jauge conformément aux exigences de l'arrêté font l'objet d'une analyse plus approfondie.

2. Description des données issues de GEREP

Les informations traitées dans ce rapport, issues de l'ensemble des déclarations GEREP, sont les suivantes :

- Le code de l'établissement propre à chaque site ;
- Les valeurs de flux de dépôt, exprimées en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$, résultant des mesures réalisées sur 30 jours ;
- Le type d'emplacement : type **(a)**, **(b)** et **(c)** comme décrit dans l'arrêté (voir partie 1) ou de type « Intérieur » pour les éventuelles stations de mesure implantées à l'intérieur du site non exigées dans l'arrêté ;
- Le support de mesure : « jauge » ou « plaquette » ;
- Les commentaires de l'exploitant sur le point de mesure ou les résultats ;
- La quantité de minerais produite par substance extraite.

Le jeu de données extrait de la base de données BDREP² (export du 19/09/2022) est relativement important et couvre un champ plus large que celui traité dans cette étude. En outre, le remplissage des informations sur l'application GEREP peut parfois présenter des inhomogénéités, des imprécisions voire des erreurs. Il est donc nécessaire d'effectuer un prétraitement des données :

- Seules les données issues des carrières hors eau (ciel ouvert et souterrain) sont sélectionnées,
- Les déclarations sans mesure de dépôt ne sont pas prises en compte,
- Les valeurs des points témoins influencés par d'autres sources extérieures ne sont pas prises en compte,
- Les données manifestement aberrantes sont exclues.

A noter qu'il est difficile de repérer les données non fiables ou aberrantes. Le nombre de valeurs à passer en revue étant très élevé, le repérage des valeurs aberrantes est facilité par l'implémentation d'un test de Rosner³. Néanmoins, celui-ci n'est pas suffisant, c'est pourquoi ce travail d'identification reste en grande partie manuel et s'appuie principalement sur les commentaires de l'exploitant. Les valeurs à exclure comprennent, par exemple, les valeurs comportant un commentaire compromettant leur fiabilité (ex. : 4 valeurs identiques déclarées alors qu'une seule mesure a été réalisée, retranchement de la mesure acquise à l'emplacement témoin aux autres valeurs déclarées, etc.), les valeurs présentant des variations irréalistes d'un trimestre à l'autre et les valeurs exactement égales à 0 ou 1.

Par rapport aux années précédentes, il y a moins de valeurs égales à 1 à écarter. En effet, les déclarations semblent plus cohérentes car, en cas d'absence de mesure, les exploitants ne déclarent rien ou parfois, déclarent seulement la valeur 0, ce qui est plus simple à traiter. Toutefois, le nombre de valeurs non fiables ou aberrantes n'a pas tendance à diminuer.

² BDREP est la base de données du Registre national des émissions polluantes et des déchets. Elle est alimentée par les déclarations réalisées sous GEREP.

³ Rosner, Bernard (May 1983), *Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure*, *Technometrics*, **25** (2), pp. 165-172. Le test est décrit dans le cadre d'une application pratique dans le [e-Handbook of Statistical Methods](#) du NIST/SEMATECH, 01/12/2022.

3. Analyse des données entre 2018 et 2021

Les jeux de données entre 2018 et 2021 obtenus par jauges et plaquettes, et corrigés selon les prétraitements décrits précédemment, représentent 1178 déclarants et 17 388 emplacements de mesures sur 4 ans.

Les résultats de mesure correspondants se répartissent selon les années et les trimestres comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Le nombre de déclarants croît depuis 2018.

Tableau 1 : Répartition des déclarations annuelles de résultats obtenus par jauge et par plaquette

Année	Nombre de déclarants	Nombre d'emplacements Trimestre 1	Nombre d'emplacements Trimestre 2	Nombre d'emplacements Trimestre 3	Nombre d'emplacements Trimestre 4
2018	807	2416	3035	3329	3197
2019	839	3437	3618	3618	3516
2020	1013	3348	3583	3612	3332
2021	1034	3253	3467	3323	3054

Le passage de certaines surveillances trimestrielles à une périodicité semestrielle n'apparaît pas de façon marquée dans le

Tableau 1.

La Figure 1 représente le nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre. Il passe d'un peu plus de 4 emplacements en 2019 à un peu plus de 3 emplacements en 2021. Le nombre moyen d'emplacements semble relativement stable depuis début 2020.

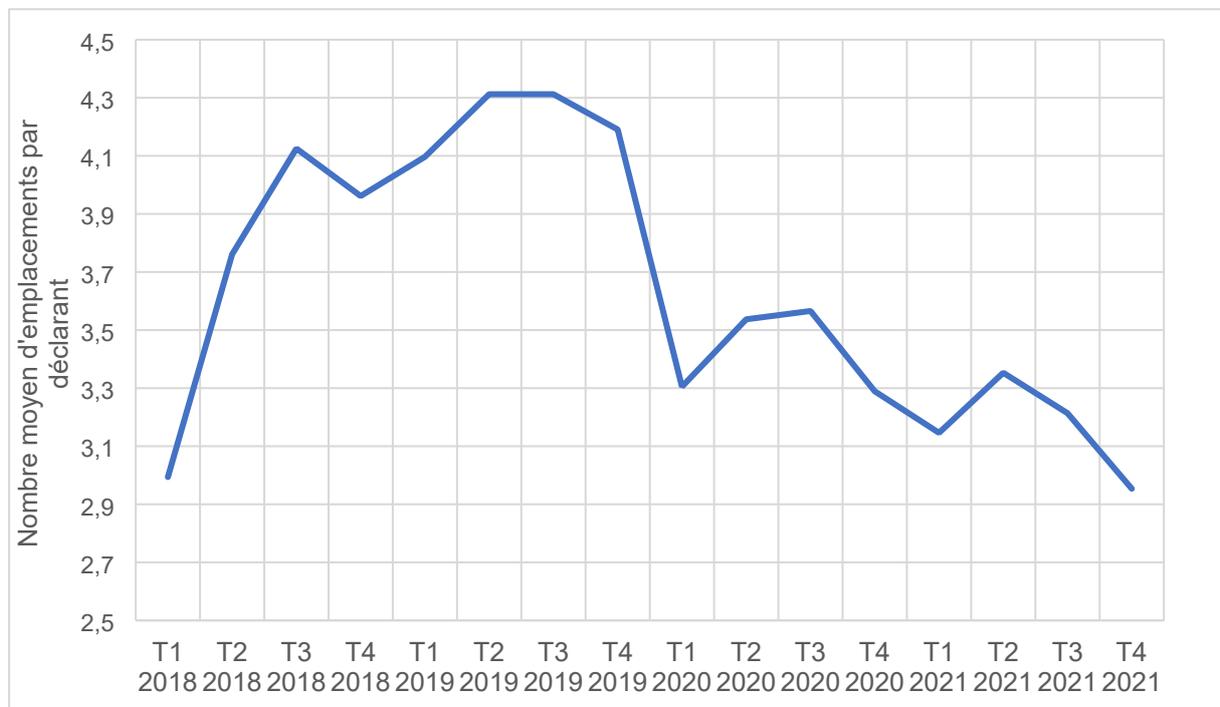


Figure 1 : Nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre

3.1 Méthodes de prélèvement

L'arrêté du 30 septembre 2016 recommande la mise en place du suivi des retombées de poussières atmosphériques totales liées aux activités des carrières par **prélèvement par jauge**. Pour rappel, la méthode des « plaquettes de dépôt » est uniquement qualitative, elle permet de comparer les retombées entre différents emplacements pour une même campagne (le prélèvement est fortement influencé par la pluviométrie, etc.). Dans un précédent rapport⁴, l'Ineris indique que le prélèvement par jauge peut entraîner une augmentation de la valeur mesurée par rapport à une mesure sur plaquette. Les proportions d'utilisation des supports de prélèvement sont présentées en Figure 2. Une forte diminution de l'emploi des plaquettes est observée en 2019, suivie d'une légère remontée progressive jusqu'en 2021.

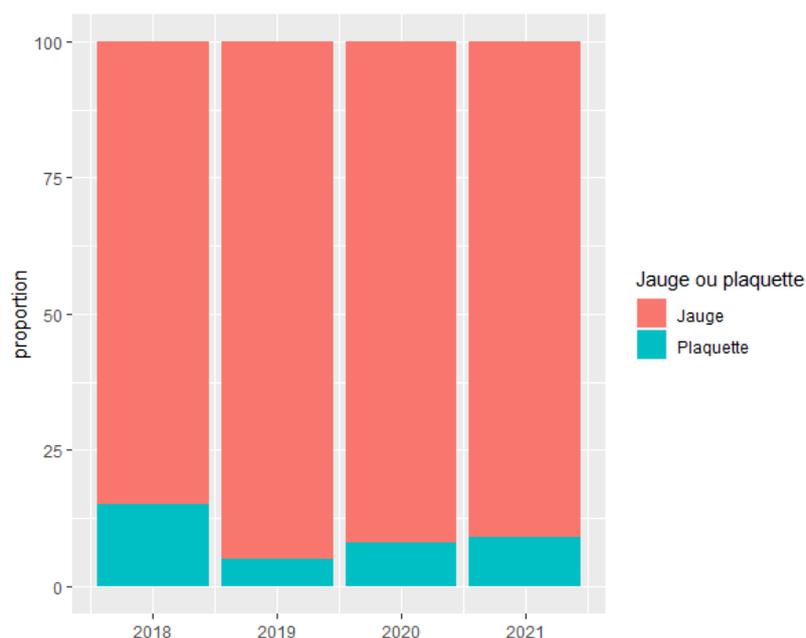


Figure 2 : Proportion de points de mesure selon les supports de prélèvement entre 2018 et 2021

Toutefois, 70 % des établissements réalisant des mesures par « plaquettes » disposent également de support de mesure de type « jauges ». A titre informatif, avant la mise en application de l'arrêté du 30 septembre 2016, 95 % des 823 établissements déclarants ont réalisé leurs mesures sur des supports de type « plaquettes ».

3.2 Typologie d'emplacements

A l'exception des emplacements « Intérieur » qui n'apparaissent plus depuis 2020 car ils ne peuvent plus être déclarés sur GEREP, la proportion des types d'emplacements de mesure est relativement similaire de 2018 à 2021 d'après la Figure 3. Ainsi, étant donné que le nombre moyen d'emplacements pas déclarant tend vers 3 en 2021, **les plans de surveillance intègrent en moyenne 1 emplacement de type (a), 1 emplacement de type (b) et 1 emplacement de type (c).**

En 2021, 79 établissements sur 1034 n'ont pas déclaré de mesure sur leur emplacement de type (a),

⁴ Rapport Ineris (2018), Surveillance environnementale des carrières - dépôts atmosphériques : analyse des données 2016, DRC-17-164668-10697A, 23 pages.

cela signifie une absence d'emplacement témoin sur le plan d'échantillonnage, ou un problème sur le prélèvement ou l'analyse du prélèvement réalisé à cet emplacement.

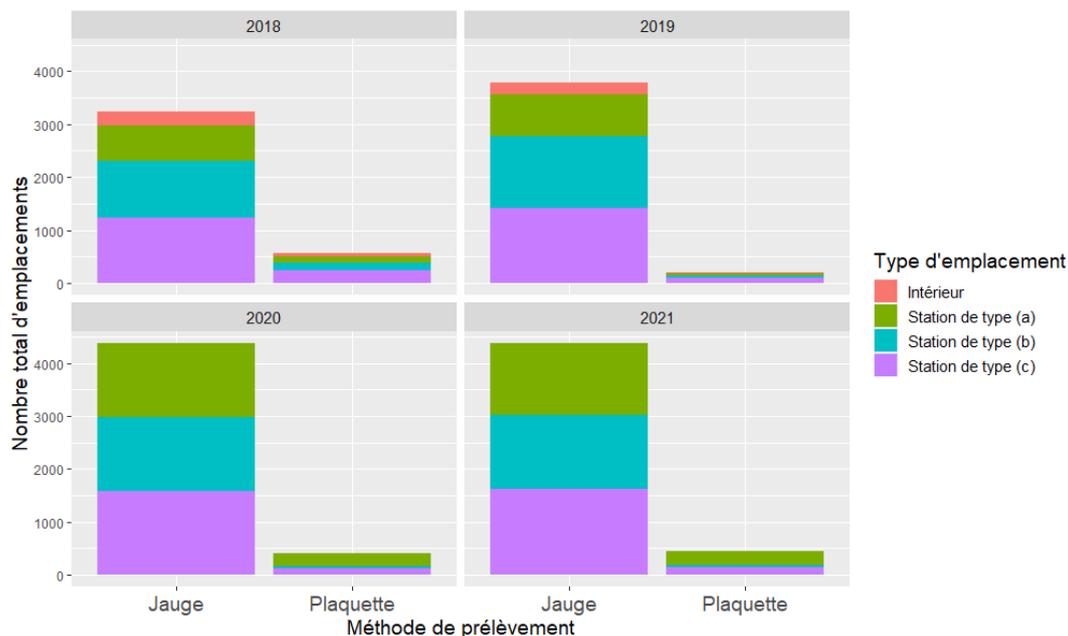


Figure 3 : Répartition des emplacements de mesure en fonction du type d'emplacement et du type de support entre 2018 et 2021

Le tableau ci-après présente la dispersion des moyennes annuelles en fonction de la typologie des emplacements. Si pour un établissement, plus de deux mesures sont réalisées pour un même type d'emplacement⁵, alors ces dernières sont moyennées. A noter que les moyennes sont calculées même dans le cas où il n'y a qu'une seule mesure trimestrielle ou semestrielle pour un type d'emplacement et un établissement donné.

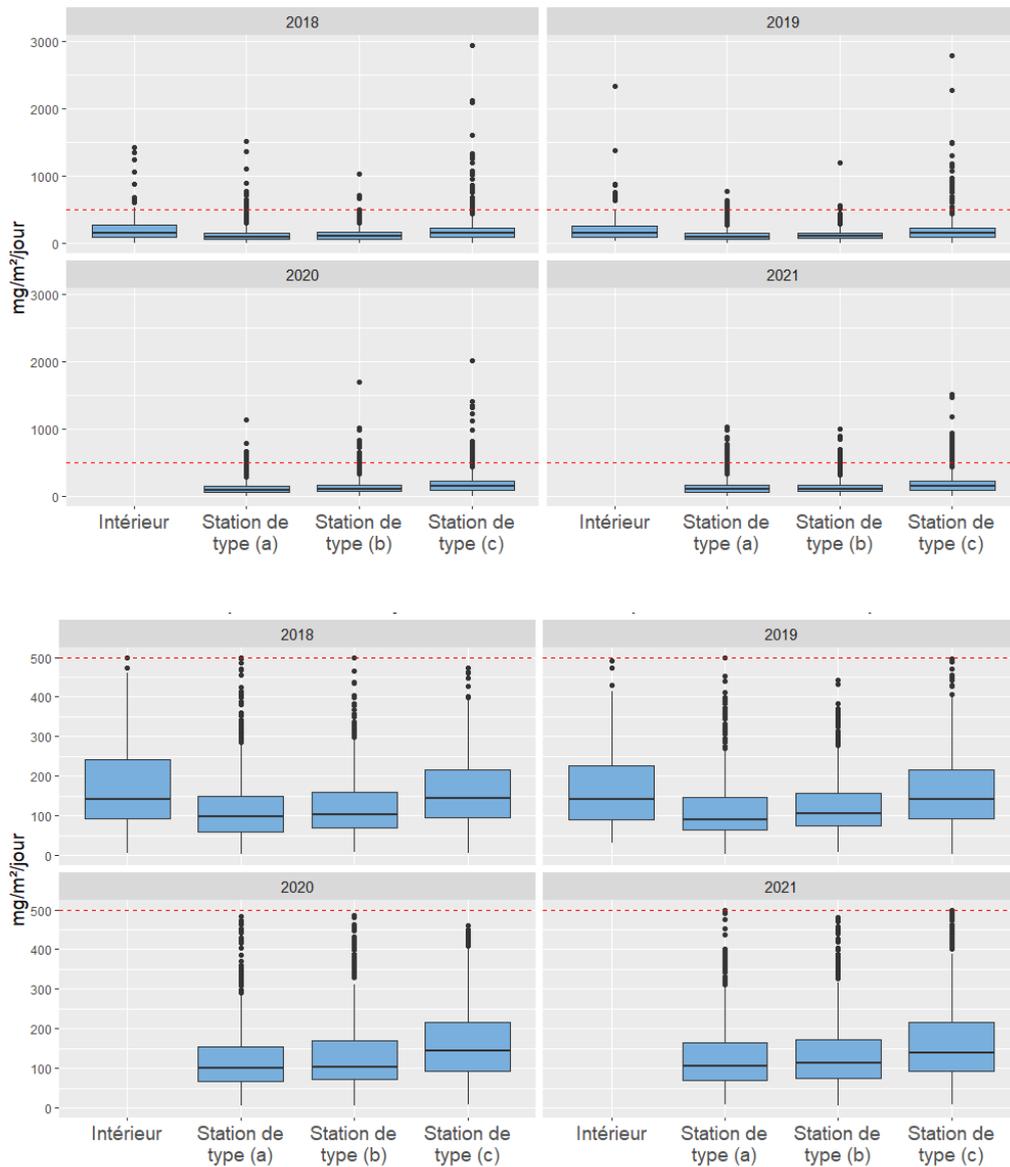
⁵ Dans le cas d'un plan de surveillance comportant deux emplacements B1 et B2 de type (b), la mesure de type (b) attribuée à l'établissement est la moyenne des résultats de mesure obtenus en B1 et B2.

Tableau 2 : Répartition des données de dépôt moyennes annuelles par typologie d'emplacement (en mg/m²/j) pour les mesures par jauge

2018				
Typologie	Témoin (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	654	164	558	532
Moyenne globale sur l'année	135.3	224.7	219,5	131.8
Min – Max des moyennes sur l'année	4-1515	5-1421.3	4.7-2948	7-1029.5
2019				
Typologie	Témoin (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	788	132	685	634
Moyenne globale sur l'année	118.3	230,6	204.6	131
Min – Max des moyennes sur l'année	2-780	30-2338.3	2.7-2795.4	7.4-1206,3
2020				
Typologie	Témoin (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	859		722	671
Moyenne globale sur l'année	132,8		191	145,5
Min – Max des moyennes sur l'année	4.3-1133.8		8-2013.5	6.3-1700.4
2021				
Typologie	Témoin (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	861		730	689
Moyenne globale sur l'année	144		192,8	148,9
Min – Max des moyennes sur l'année	7.5-1037,5		8-1515,2	5-1003

Chaque année, 40 % des établissements prélevant sur des jauges observent des valeurs de dépôt sur les emplacements de type (a) supérieures aux valeurs de dépôts sur les emplacements de type (b). Il y a donc a priori un biais sur le positionnement des emplacements témoins sur les plans de surveillance : soit l'emplacement témoin reste trop près et sous les vents de l'installation surveillée, soit il est impacté par une autre source de poussières qui n'a pas été prise en compte. Cela pourrait justifier une vérification plus poussée de certains plans de surveillance.

Ces résultats de mesure sont représentés sous la forme de *boxplots*, tracés avec toutes les données ou tronqués à 500 mg/m²/j pour plus de lisibilité, dans la suite de ce rapport. Chaque établissement n'est représenté qu'une fois dans l'ensemble statistique. Si un établissement a déclaré plusieurs mesures correspondant à des sites de type (b), les valeurs ont été moyennées.



Légende :valeur « objectif » à 500 mg/m²/jour

Figure 4 : Dispersion des moyennes annuelles pour les différents types d'emplacements intérieur, témoin (a), extérieur (b) et limite (c) par jauge (distribution totale en haut et tronquée à 500 mg/m²/j en bas)

Comme attendu, les moyennes annuelles les plus élevées sont obtenues pour les emplacements « intérieur » et « limite – type (c) ».

3.3 Périodicité de la surveillance

Pour tenir compte d'un éventuel passage d'une surveillance trimestrielle à semestrielle, les données ont été triées en séparant les déclarations qui comportent exactement 4 valeurs pour les 4 trimestres (a priori les surveillances trimestrielles) et celles qui en comportent exactement 2 (a priori les surveillances semestrielles). Ce tri comporte des biais : par exemple, il classe un établissement qui n'a déclaré que 2 valeurs sur 4 pour causes de problèmes, dans les surveillances semestrielles et, à l'inverse, il classe un établissement qui a déclaré 2 fois ses mesures semestrielles dans les surveillances trimestrielles. Il serait donc intéressant de pouvoir renseigner le type de surveillance, trimestrielle ou semestrielle, dans GEREP.

Les niveaux de dépôts étant soumis à un effet de saisonnalité⁶, les données ont été moyennées sur deux périodes⁷, « automne-hiver » et « printemps-été », et représentées à la Figure 5 et à la Figure 6. Comme attendu, les niveaux de dépôts sont plus élevés en moyenne en période « printemps-été », lorsque les conditions météorologiques sont plus chaudes et sèches.

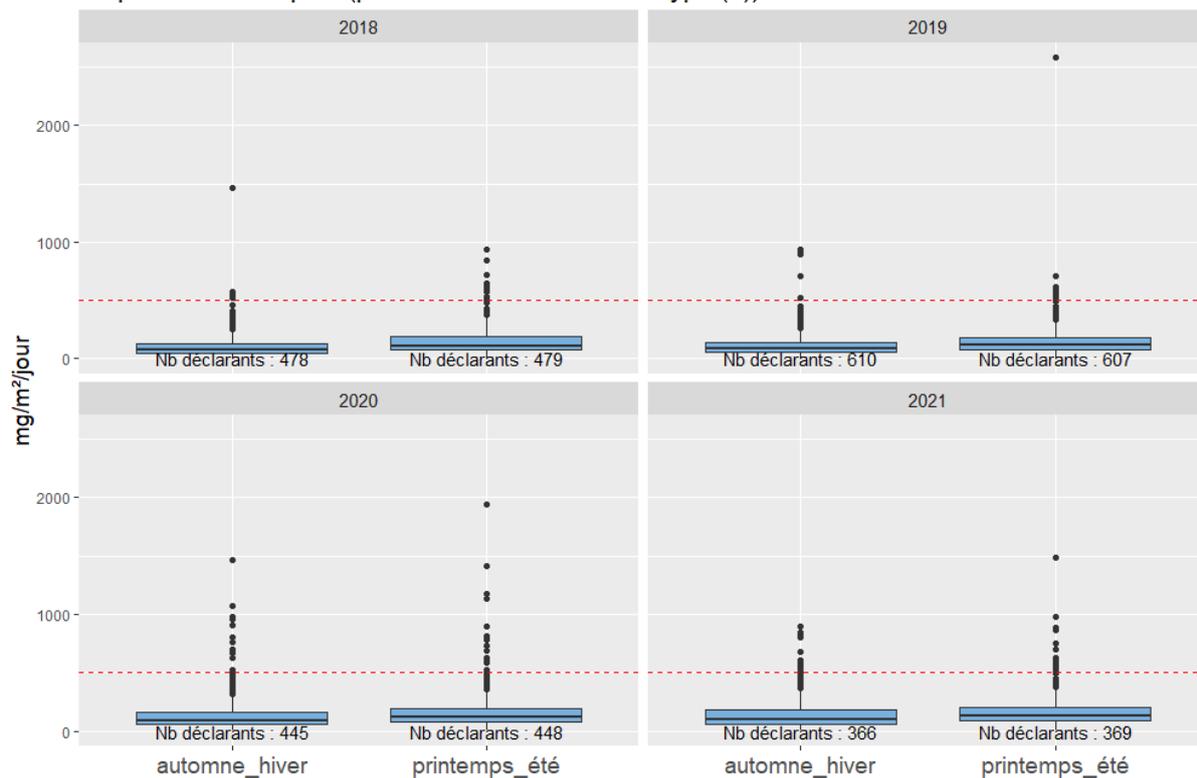
Le tri de données identifie une trentaine de surveillances semestrielles en 2018 et une dizaine en 2019 ce qui ne devrait pas être possible selon l'arrêté de 2016. Cela rend compte des biais déjà mentionnés ci-dessus. Environ 200 surveillances semestrielles sont identifiées en 2020, ce qui sous-entend que le critère de passage à une surveillance semestrielle a été appliqué conformément à l'arrêté.

D'après la Figure 5 et la Figure 6, les distributions des mesures semestrielles ne sont pas significativement différentes de celles issues des mesures trimestrielles. Il est donc envisageable que le ratio de surveillances semestrielles continue à croître dans les années à venir. En 2021, 5 mesures sont au-delà de la valeur « objectif » de l'arrêté pour les surveillances semestrielles en « automne-hiver » et en « printemps-été ». Si elles ne sont pas justifiées par des événements exceptionnels, la surveillance de ces établissements devrait redevenir trimestrielle en 2022. Ceci aurait pu être vérifié dans une étude ultérieure si le type de surveillance (trimestriel ou semestriel) était déclaré sous GEREP.

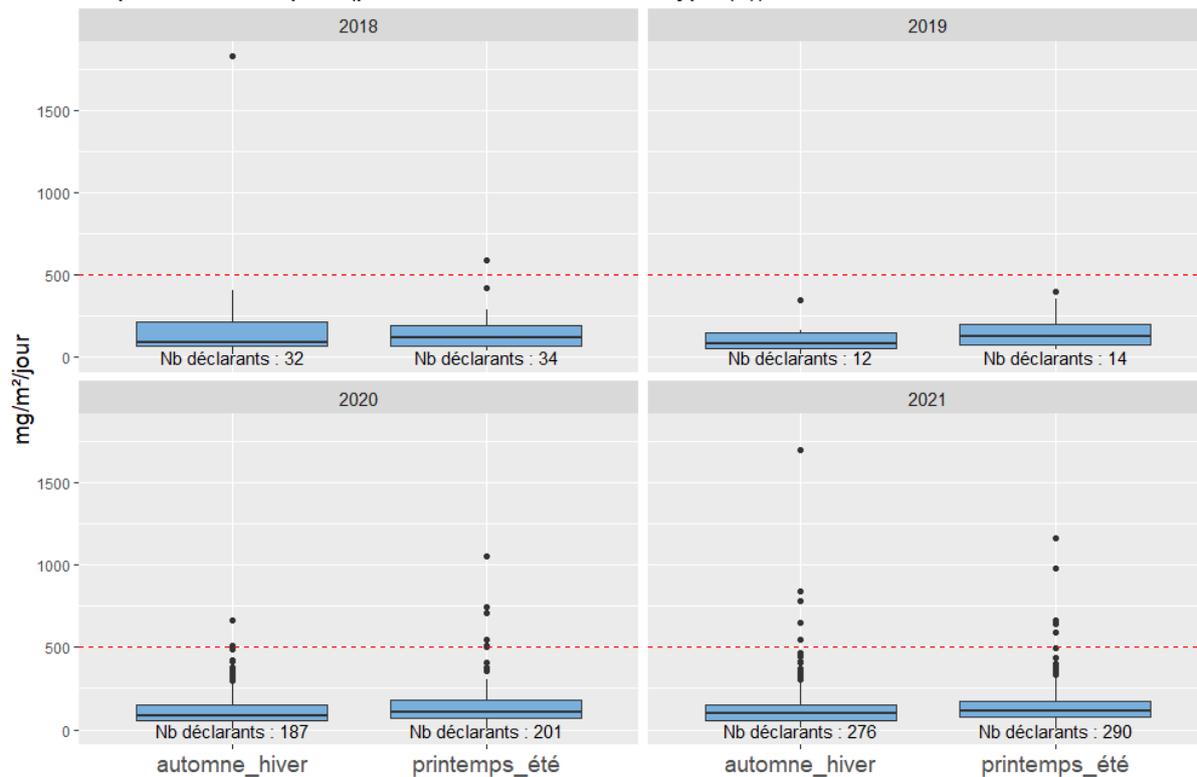
⁶ Institut national de l'environnement industriel et des risques, Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées - Retombées des émissions atmosphériques : Ineris - 201065 - 2172207 - v1.0, décembre 2021.

⁷ Puisque les dates de début et de fin de campagne de mesure ne sont pas rentrées sous l'application GEREP, une analyse temporelle plus fine des niveaux de dépôt n'est pas possible.

Dispersion des dépôts (prélèvement trimestriel de type (b)) en fonction de l'année



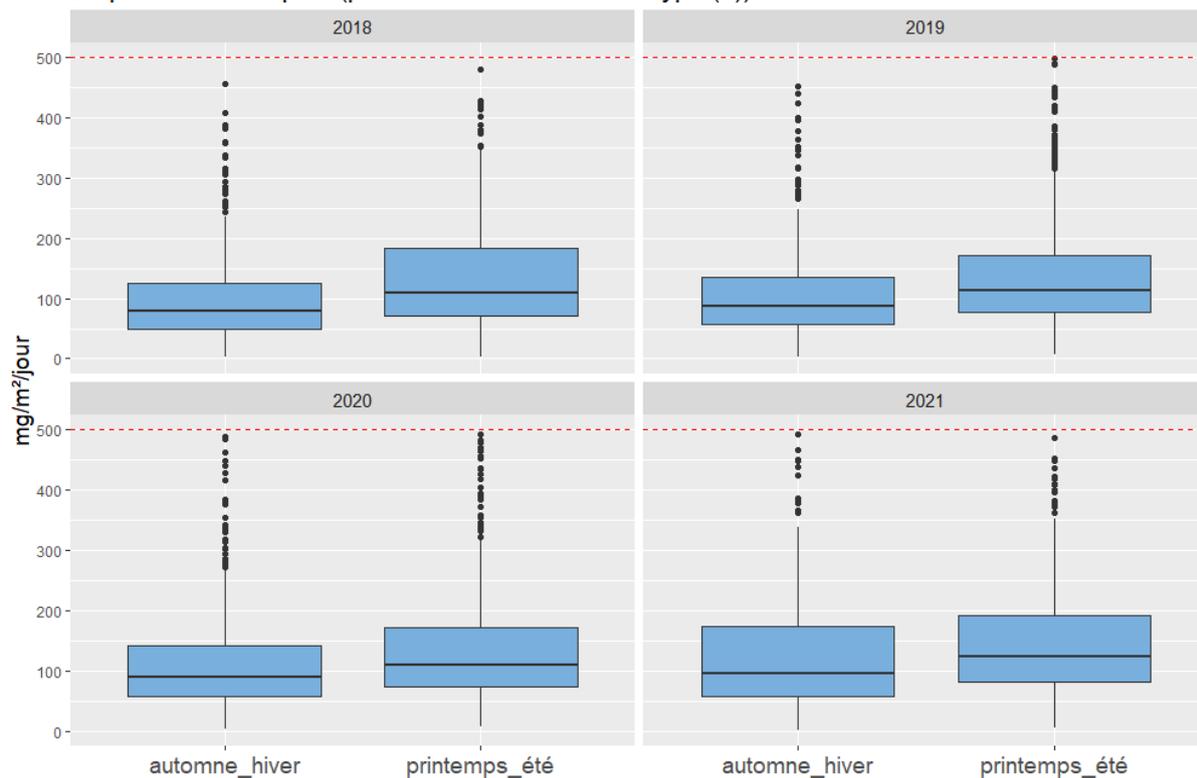
Dispersion des dépôts (prélèvement semestriel de type (b)) en fonction de l'année



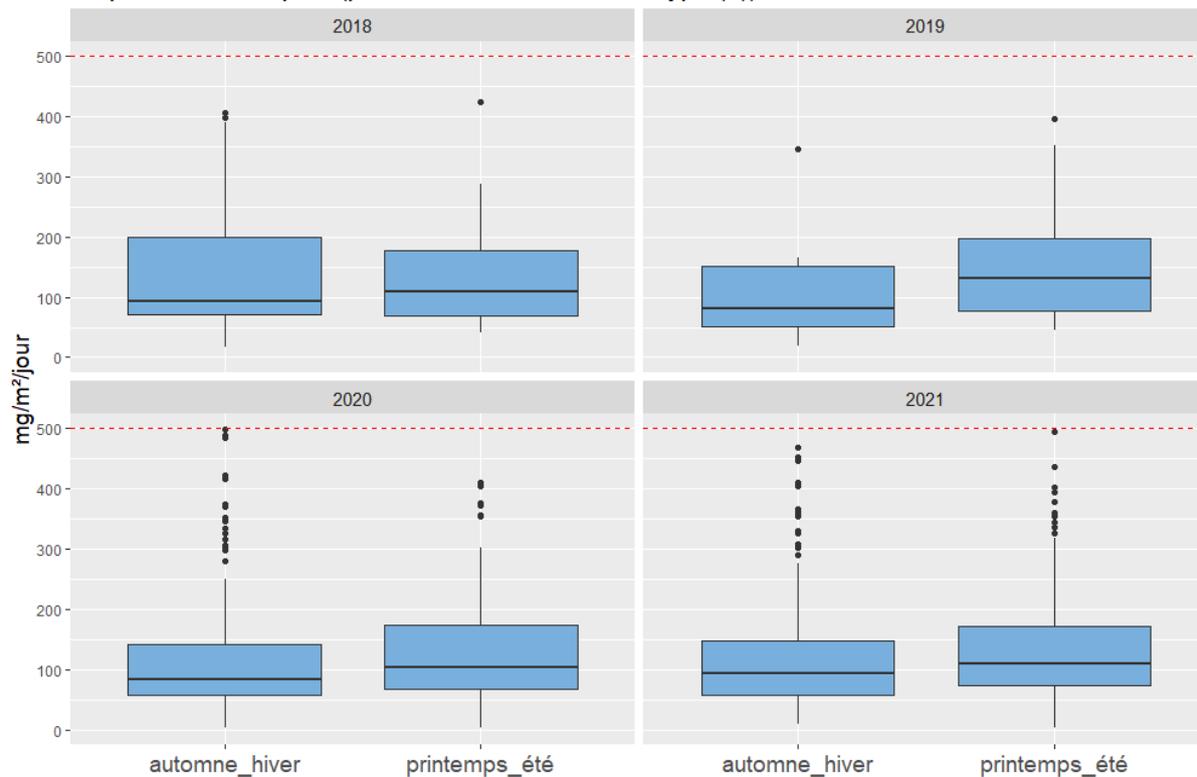
Légende :valeur « objectif » à 500 mg/m²/jour

Figure 5 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas)

Dispersion des dépôts (prélèvement trimestriel de type (b)) en fonction de l'année



Dispersion des dépôts (prélèvement semestriel de type (b)) en fonction de l'année



Légende :valeur « objectif » à 500 mg/m²/jour

Figure 6 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas, tronquées à 500 mg/m²/j)

3.4 Dépassements de la valeur « objectif »

Sur la période de 2018 à 2021, 875 établissements sont concernés par la réalisation de prélèvements par jauges aux emplacements extérieurs de typologie (b), donc potentiellement à proximité immédiate des premiers bâtiments accueillant des personnes sensibles (centre de soin, crèche, école) ou des premières habitations situées à moins de 1500 mètres des limites de propriété de l'exploitation.

Il n'est pas possible de calculer les moyennes annuelles glissantes sur les 4 ans (soit 13 résultats, voir § 1) pour tous ces établissements étant donné les éventuels problèmes de prélèvement, les inhomogénéités ou erreurs de déclaration et les modifications des plans de surveillances. Ainsi, ces moyennes n'ont été obtenues que dans les cas où un emplacement comportait un résultat de niveau de dépôt sur 4 trimestres consécutifs, c'est-à-dire sur 30 à 40 % des emplacements de type (b). Les nombres de dépassements constatés sont résumés dans le Tableau 3. Le seuil de 350 mg/m²/j a été ajouté à titre indicatif, en plus de la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j, comme palier intermédiaire⁸.

Tableau 3 : Par trimestre, nombre d'emplacements de mesure (partie gauche du tableau) et nombre d'établissements (partie droite) pour lesquels des moyennes annuelles glissantes ont pu être calculées (1^{ère} colonne) et pour lesquels ces dernières dépassent un seuil donné (2^e et 3^e colonnes)

Moyenne glissante	Nombre d'emplacements de mesures			Nombre d'établissements		
	> 350 mg/m ² /j	> 500 mg/m ² /j		> 350 mg/m ² /j	> 500 mg/m ² /j	
T1 2018	603	19	4	313	17	4
T2 2018	207	3	1	115	3	1
T3 2018	213	2	2	116	2	2
T4 2018	222	4	2	120	4	2
T1 2019	986	24	4	502	22	4
T2 2019	532	15	7	281	14	7
T3 2019	358	12	5	197	12	5
T4 2019	322	12	6	185	12	6
T1 2020	435	25	14	244	22	12
T2 2020	358	24	16	196	21	14
T3 2020	348	27	17	189	22	15
T4 2020	354	29	20	193	24	16
T1 2021	461	33	19	240	24	16

Le pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j est maximal fin 2020 et atteint environ 6 % pour les emplacements de mesures et 8 % pour les établissements. Ce pourcentage plus élevé pour les établissements sous-entend que les établissements incluant plusieurs emplacements de mesure de type (b) dans leur plan de surveillance présentent moins de dépassements.

Une augmentation du pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » fixée à 500 mg/m²/j est clairement visible sur la Figure 7. Bien que les données utilisées ne soient pas représentatives de l'ensemble des établissements déclarants, cela pourrait être représentatif d'une augmentation des

⁸ Elle correspond à la valeur réglementaire allemande et à la valeur limite de dépôts recommandée par l'Ineris en 2012 dans un projet de *Guide méthodologique pour la surveillance environnementale des carrières* (rapport d'étude N°DRC-12-126316-12954A).

dépassements de la valeur « objectif » à l'échelle du territoire. Cette évolution sera à surveiller lors des prochaines extractions GEREP.

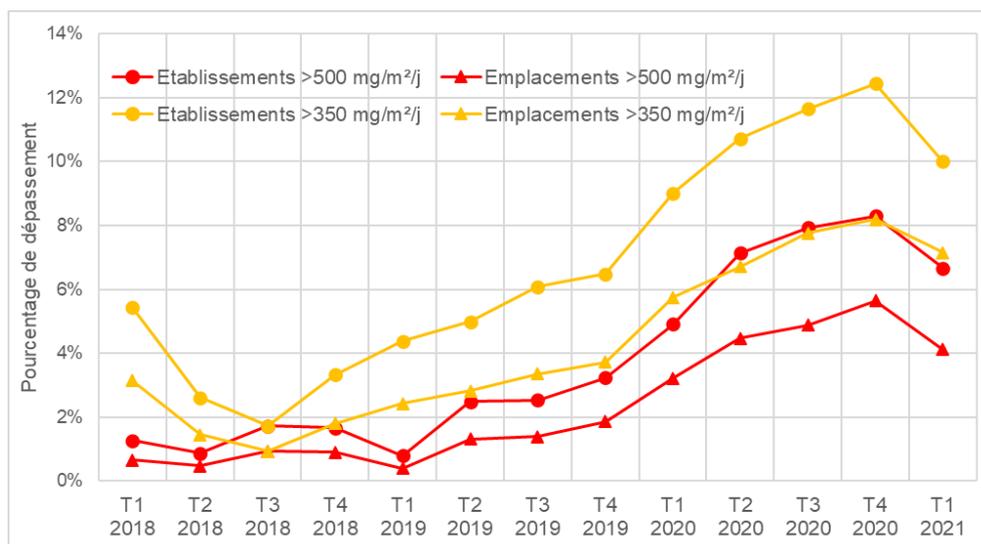


Figure 7 : Pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » pour les établissements et les emplacements de prélèvements

3.5 Etude de la corrélation entre la production annuelle et les niveaux de dépôt

Une exploitation des données est proposée sous forme de cartographies afin d'étudier s'il existe des corrélations entre les résultats de mesures et les données de production. Les cartographies ci-après sont réalisées sur les carrières qui ont fait l'objet de prélèvements **sur jauges mais également, à la demande du B3S, sur plaquettes** aux emplacements de type (b) entre 2018 et 2021. Le Tableau 4 donne le nombre de déclarations répondant à ce prérequis et le nombre de cas présentant une production nulle ou non détaillées par substance extraite.

Tableau 4 : Nombre d'établissements dont la production est nulle ou non détaillée par substance extraite pour les déclarations intégrant un emplacement de type (b)

Prélèvement sur jauge sur des emplacement de type (b)	2018	2019	2020	2021
Nombre d'établissements	532	634	671	689
Nombre d'établissements avec production nulle ou non détaillée par substance extraite	14 (2,6 %)	58 (9,1 %)	62 (9,2 %)	56 (8,1 %)

Les cartographies de dépôts de poussières (déclarants qui ont réalisé des mesures de retombées de poussières sur jauges et sur plaquettes sur les sites de type (b)) sont faites au regard des cartographies de production moyenne annuelle.

Les cartographies de production et de dépôts en 2021 sont présentées à la Figure 8. Visuellement, les mesures de dépôts ne sont pas corrélées à la quantité de production mais les mesures aux emplacements de type (a) semblent corrélées à celles aux emplacements de type (b). Cela rend compte d'émissions moyennes relativement faibles devant le fond de dépôts (dans un cas idéal, où les emplacements témoins seraient optimaux, pour une production nulle les mesures en type (a) doivent être identiques à celles en type (b)).

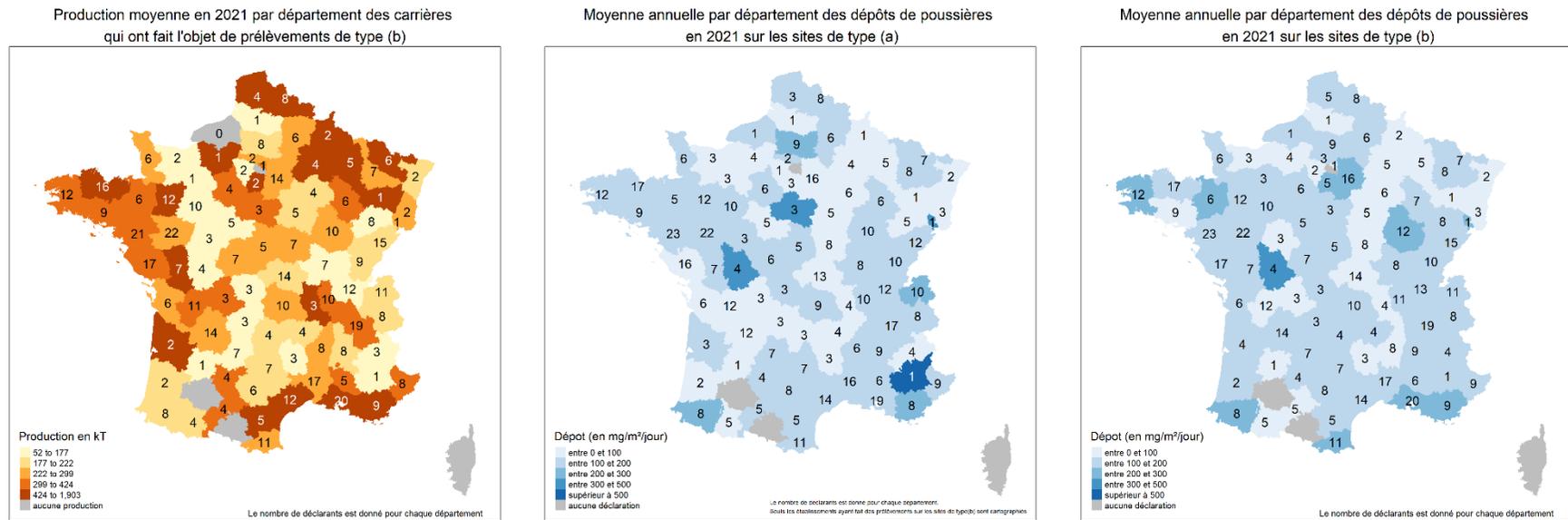


Figure 8 : Cartographie de production et des dépôts de poussières⁹ (sur jauges et plaquettes) en 2021 sur les emplacements de type (a) et (b)

⁹ Les dépôts moyens par département sont calculés en moyennant par département les dépôts moyens annuels des établissements.

3.6 Etude de corrélation entre les résultats de mesures et la famille de matériaux exploités

Un regroupement des familles de matériaux a été proposé (annexe 1). Ce regroupement a permis d'identifier les familles les plus représentées dans les données GERE (en nombre de déclarations) dans le Tableau 5 et les familles les plus produites (en quantité de minerais par an) dans le Tableau 6 entre 2018 et 2021. A noter que la somme des pourcentages sur une année dans le Tableau 5 est supérieure à 100 % (en pratique de l'ordre de 105 %) puisqu'une déclaration peut concerner plusieurs familles de minerais.

Tableau 5 : Répartition en pourcentage du nombre de déclarations en fonction des familles de minerais

Déclarations (%)				
Famille	2018	2019	2020	2021
Matériaux granulaires alluvionnaires/glaciaires	12,00	12,18	13,26	12,75
Roches feuilletées	3,87	3,65	3,20	3,86
Roches magmatiques plutoniques massives	12,00	11,91	12,49	11,68
Roches magmatiques volcaniques massives	7,35	6,90	6,19	5,36
Roches magmatiques volcaniques non massives	0,65	0,27	0,77	0,75
Roches métamorphiques massives	9,29	10,15	9,28	8,79
Roches sédimentaires argileuses	3,48	4,33	3,98	4,72
Roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques (calcaires, etc.)	46,19	45,06	44,86	46,41
Roches sédimentaires massives détritiques (grès, quartzite)	6,45	6,50	6,19	6,11
Sables	3,10	3,38	3,87	3,75
Sables et graviers marins	0,13	0,27	0,22	0,11
Silex /Chert	0,13	0,14	0,11	0,11
Sterile d'exploitation	1,03	0,27	0,55	0,54
Talc	0,13	0,14	0,11	
Terre végétale		0,14	0,11	0,11

Tableau 6 : Répartition en pourcentage de la quantité de minerais produite par an en fonction des familles de minerais

Quantité produite par an (%)				
Famille	2018	2019	2020	2021
Matériaux granulaires alluvionnaires/glaciaires	1,31	7,08	13,53	9,76
Roches feuilletées	13,75	3,56	0,74	2,07
Roches magmatiques plutoniques massives	1,96	1,57	4,40	12,81
Roches magmatiques volcaniques massives	1,11	13,86	2,22	6,16
Roches magmatiques volcaniques non massives	0,16	0,10	0,34	1,00
Roches métamorphiques massives	1,63	11,09	3,98	10,51
Roches sédimentaires argileuses	0,21	0,19	14,78	1,77
Roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques (calcaires, etc.)	78,41	61,41	56,81	46,94
Roches sédimentaires massives détritiques (grès, quartzite)	1,04	0,76	2,06	5,78
Sables	0,36	0,34	1,03	3,05
Sables et graviers marins	0,01	0,02	0,03	0,06
Silex /Chert	0,01	0,01	0,03	0,06
Sterile d'exploitation	0,02	0,00	0,01	0,03
Talc	0,03	0,02	0,04	

La Figure 9 représente les données du Tableau 6 en fonction de celles du Tableau 5.

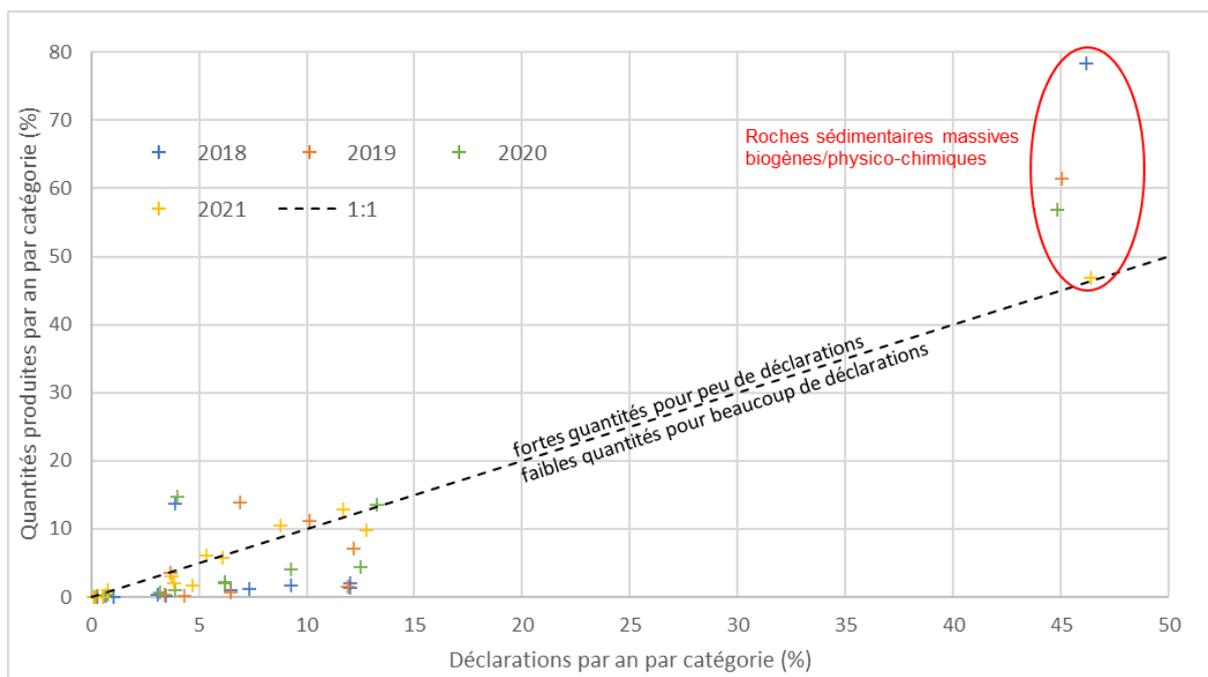


Figure 9 : Pourcentage des quantités produites en fonction du pourcentage de déclarations

Les roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques sont les matériaux avec les productions et les nombres de déclarations les plus importants toutes années confondues.

Jusqu'en 2020, certains matériaux pouvaient être produits par peu d'établissements et représenter de fortes quantités et, à l'inverse, produits par de nombreux établissements et représenter de faibles quantités. En 2021, le nombre de déclarations est plutôt bien corrélé aux quantités produites.

Les distributions des données de mesures par familles sont comparées à une distribution toute famille confondue sur la Figure 10.

Evolution des dépôts de poussières sur les sites (b) en fonction du matériau le plus produit d'une carrière
Uniquement sur les prélèvements sur des jauges



Figure 10 : Evolution des dépôts de poussières sur les sites (b) en fonction du type de matériau le plus produit au sein de l'établissement

Les roches magmatiques volcaniques non massives sortent nettement de la moyenne mais sont extrêmement peu représentées en nombre de déclarations (voir Tableau 5), c'est donc non représentatif. Globalement peu de familles se démarquent de la moyenne. Toutefois, une chute des émissions de roches sédimentaires argileuses est observée en 2021 et s'explique par une chute de production. A l'inverse, il y a une légère augmentation des émissions des familles des roches sédimentaires massives détritiques et des sables, expliquées par une augmentation relative de la production.

4. Conclusion

Le jeu de données sur les surveillances de carrières comprend 17 388 points de mesures sur 4 ans. Son traitement statistique a permis de mettre en avant les éléments suivants :

- Le nombre de déclarations est croissant depuis 2018, atteignant 1 034 exploitations en 2021 (807 en 2018) ;
- Plus de 90 % des exploitations réalisent leurs mesures à l'aide de jauges depuis 2019 ;
- En 2021, 689 exploitations sont assez proches de bâtiments accueillant des personnes sensibles (centre de soin, crèche, école) ou situées suffisamment près d'habitations pour réaliser des prélèvements à leur proximité immédiate sur 1 399 emplacements de mesures ;
- Parmi ces 689 exploitations, 301 ont a priori réalisé une surveillance semestrielle sur 627 emplacements de mesure ;
- Une augmentation du pourcentage d'exploitations dépassant la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j est observée depuis 2018, le maximum atteint environ 8 % au dernier trimestre 2020. Il paraît nécessaire d'investiguer ce point dans les années à venir pour vérifier que cette croissance est bien liée aux émissions des carrières et non à une augmentation des niveaux de fond nationaux.

A l'échelle du territoire, une corrélation légère a pu être observée entre les niveaux de dépôts aux emplacements de type b (à l'extérieur des sites d'exploitation, au niveau des bâtiments accueillant des personnes sensibles ou des habitations) et les niveaux de dépôts aux emplacements de type a (témoins). En revanche, les niveaux de dépôts mesurés ne sont a priori pas reliés avec la quantité produite ou le type de minerai produit. Néanmoins, une modification marquée du taux de production permet parfois d'expliquer une modification marquée des niveaux de dépôts pour un type de minerai donné.

Ce traitement statistique pourrait être amélioré en développant et fiabilisant les déclarations sous l'application GEREP (et en adaptant la base de données BDREP en conséquence) par des actions simples, notamment celles proposées ci-dessous par ordre de priorité :

1. **Ajouter le type de surveillance (trimestrielle ou semestrielle) dans les informations à déclarer ;**
2. Distinguer les mesures pour lesquelles un problème a été rencontré lors du prélèvement ou de l'analyse dans le protocole de déclaration (ne pas rentrer la mesure sous GEREP, ajouter un critère de fiabilité associé à la mesure ou donner des consignes précises pour encadrer le remplissage de la valeur 'commentaire') ;
3. Ajouter les dates de début et de fin de campagne de mesure ;
4. Rentrer systématiquement dans GEREP le détail de production par substance extraite.

Parallèlement à cela, il reste important de maintenir les efforts sur l'utilisation des mêmes noms d'emplacements dans la déclaration tant que ces derniers restent inchangés (une fois que le nom a été choisi, ne pas en changer tant que l'emplacement n'est pas déplacé dans le plan de surveillance). Cette contrainte sur les noms pourrait être levée si les coordonnées (latitude, longitude) des emplacements étaient rentrés sur la base de données. Cependant, il semble que cette modification soit trop lourde pour les exploitants.

5. Annexes

Annexe 1 : Proposition de regroupement des familles de matériaux

Famille	Substance							
Matériaux granulaires alluvionnaires/glaciaires	SABLES ET GRAVIERS ALLUVIONNAIRES	DEPOT GLACIAIRE						
Roches feuilletées	SCHISTES	MYLONITES	ARDOISES	CALCSCHISTE	MICASCHISTES	ANDALOUSITE / SILLIMANITE / KYANITE - (Cyanite - Disthène)		
Roches magmatiques plutoniques massives	GRANITE et GRANULITE	DIORITES	PORPHYRE (ou Roche à texture porphyrite)	QUARTZ (Galets ou Filons)	GABBRO	FELDSPATHS	MICAS	GRANODIORITE
Roches magmatiques volcaniques massives	BASALTE	RHYOLITE	ANDESITE	DOLERITE	DIABASE	OPHITE		
Roches magmatiques volcaniques non massives	POUZZOLANE	CENDRES VOLCANIQUES RICHES EN SILICE						
Roches métamorphiques massives	GNEISS	CORNEENNE	AMPHIBOLITE	LEPTYNITE	MIGMATITE			
Roches sédimentaires argileuses	ARGILES COMMUNES	KAOLIN	ARGILES (Smectites, bentonites)	ARGILES KAOLINIQUES				
Roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques (calcaires, marnes, gypse, dolomie, craie, marbre)	CALCAIRES	MARNES	GYPSE	DOLOMIE	CRAIE	DIATOMITES	MARBRES	ANHYDRITE
Roches sédimentaires massives détritiques (grès, quartzite)	GRES	QUARTZITES	ROCHES DETRITIQUES GROSSIERES	GRES SILICO-FERRUGINEUX	OCRES			
Sables	SABLE EXTRA SILICEUX (Sup. à 97% de silice)	SABLE SILICEUX OU SILICO-CALCAIRE (Correcteur pour béton)	SABLES A MINERAUX LOURDS					
Sables et graviers marins	SABLES ET GRAVIERS MARINS							
Silex / Chert	SILEX / CHERT							
Sterile d'exploitation	STERILE D'EXPLOITATION							
Talc	TALC							
Terre végétale	TERRE VEGETALE							

Annexe 2 : Rappel sur les *boxplots*

Une boîte à moustaches ou *boxplot* est une représentation graphique des données statistiques illustrée sur la Figure 11. Les bords du rectangle représentent le premier et troisième quartile. Les extrémités des segments sont calculées en utilisant 1,5 fois la distance interquartile. Le trait horizontal correspond à la médiane. Enfin, les points à l'extérieur des rectangles sont des valeurs s'écartant sensiblement de la distribution. Ici, elles ne correspondent pas à des valeurs considérées comme aberrantes dans le tri initial (voir § 2) mais à des valeurs particulièrement élevées par rapport aux autres mesures du même type.

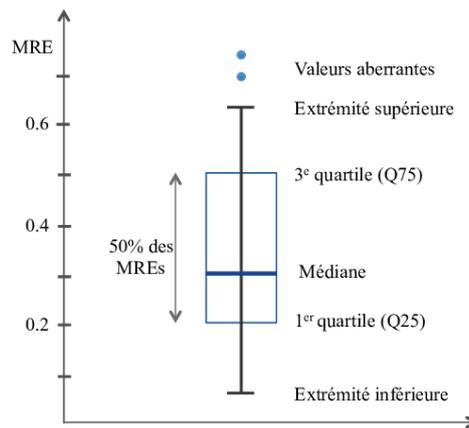


Figure 11 : Représentation d'une boîte à moustaches (Laqrichi¹⁰, 2015) – MRE : Magnitude of Relative Error

¹⁰ Safae Laqrichi. Approche pour la construction de modèles d'estimation réaliste de l'effort/coût de projet dans un environnement incertain : application au domaine du développement logiciel. Informatique. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2015. Français. <NNT : 2015EMAC0013>.

Annexe 3 : Cartographie de dépôts et de production

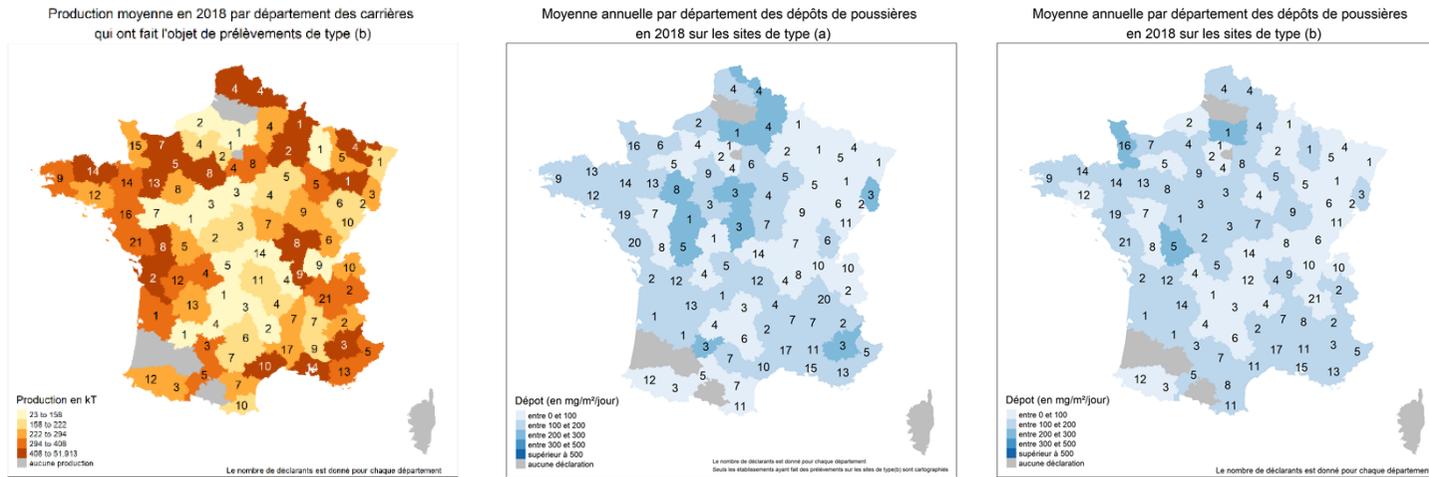


Figure 12 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2018 sur les emplacements de type (a) et (b)

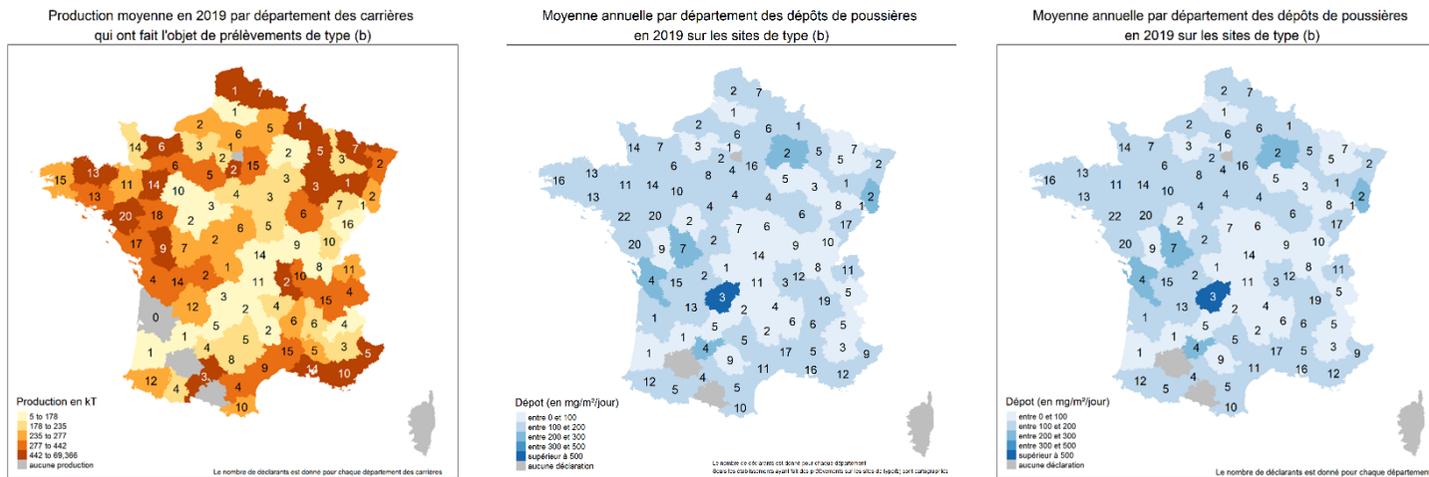


Figure 13 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2019 sur les emplacements de type (a) et (b)

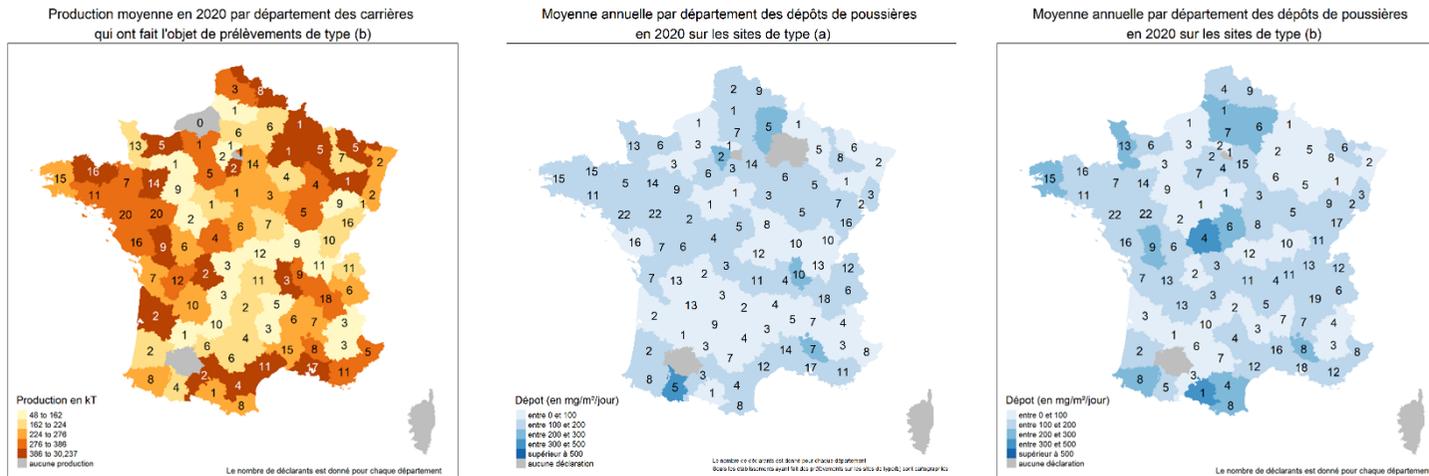


Figure 14 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2020 sur les emplacements de type (a) et (b)

