

(ID Modèle = 454913)

Ineris - 227352 - 2791550 - v1.0

17/06/2024

Surveillance environnementale des carrières

Dépôts atmosphériques

Analyse des données 2018 à 2022

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 MILIEUX ET IMPACTS SUR LE VIVANT

Rédaction : CLAUDE Theo ; SALOMON Morgane

Vérification : QUERON JESSICA; MALHERBE LAURE; FRANCK CHRISTIAN

Approbation : BOUDET CELINE - le 17/06/2024

17/06/2024

Table des matières

1.	Contexte	6
2.	Description des données issues de GEREP	7
3.	Analyse des données entre 2018 et 2022	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
3.4.1	Bilan national	16
3.4.2	Bilans régionaux	18
3.4.3	Evolution du pourcentage de dépassement à l'échelle nationale	19
3.5	Etude de la corrélation entre la production annuelle et les niveaux de dépôt	21
3.6	Influence de la famille de matériaux exploités	23
4.	Conclusion	24
5.	Annexes	25
5.1	Rappel sur les <i>boxplots</i>	25
5.2	Bilans régionaux des niveaux de dépôts	26
5.1.1	pour les emplacements de type (a)	26
5.1.2	Pour les emplacements de type (b)	38
5.3	Cartographie de dépôts et de production	51
5.4	Localisation des stations MERA et évolution de la concentration en Ca ²⁺ dans les dépôts humides	53
5.5	Proposition de regroupement des familles de matériaux	54

Table des figures

Figure 1 : Résultats de mesures correspondant à 8 campagnes de prélèvements	6
Figure 2 : Nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre	8
Figure 3 : Proportion de points de mesure selon les supports de prélèvement entre 2018 et 2022	9
Figure 4 : Répartition des emplacements de mesure en fonction du type d'emplacement et du type de support entre 2018 et 2022.....	10
Figure 5 : 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 6 : Estimation du pourcentage d'exploitants effectuant une surveillance semestrielle en fonction des années.....	13
Figure 7 : 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 8 : 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 9 : Exemple d'un bilan régional sur l'évolution des niveaux de dépôts de type b avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m ² /j.....	18
Figure 10 : Exemple d'un bilan régional sur l'évolution des niveaux de dépôts de type a avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m ² /j.....	18
Figure 11 : Exemple d'un bilan régional pour les DROM sur l'évolution des niveaux de dépôts de type a avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m ² /j	19
Figure 12 : Pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » pour les établissements et les emplacements de prélèvements (hors DROM) sur les prélèvements de type (a) en haut, et sur ceux de type (b) en bas.	20
Figure 13 : Evolution de la distribution du flux de dépôts des emplacements témoins (pour plus de lisibilité, les valeurs très élevées n'ont pas été représentées).....	21
Figure 14 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2022 sur les emplacements de type (a) et (b)	22
Figure 15 : Représentation d'une boîte à moustaches (Laqrichi, 2015).....	25
Figure 16 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2018 sur les emplacements de type (a) et (b)	51
Figure 17 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2019 sur les emplacements de type (a) et (b)	51
Figure 18 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2020 sur les emplacements de type (a) et (b)	52
Figure 19 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2021 sur les emplacements de type (a) et (b)	52
Figure 20 : Localisation géographique et référencement des stations MERA.....	53
Figure 21 : Evolution de la concentration en Ca ²⁺ dans les dépôts humides collectés par les stations MERA représentatives du fond rural.....	53

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 : Répartition régionale des données utilisées et représentativité régionale	16
Tableau 4 : Par intervalle de moyenne glissante, 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)	17
Tableau 5 : Répartition en pourcentage du nombre de déclarations en fonction des familles de minerais	23
Tableau 6 : Répartition en pourcentage de la quantité de minerais produite par an en fonction des familles de minerais	23

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 aux emplacements à l'extérieur des sites d'exploitation, au niveau des bâtiments accueillant des personnes sensibles ou des habitations (emplacements de type b). 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). Celle-ci 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 déclarées sous l'application GEREP et collectées entre 2018 et 2022.

Le jeu de données de ces surveillances environnementales autour de carrières comprend 20 380 points de mesures sur 5 ans. Son traitement statistique a permis de mettre en avant les éléments suivants :

- Le nombre de déclarations est croissant depuis 2018, il passe de 1033 exploitations en 2021 à 1 071 en 2022 ;
- Plus de 90 % des exploitations réalisent leurs prélèvements à l'aide de jauges depuis 2019, les autres à l'aide de plaquettes ;
- En 2022, 731 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 1 492 emplacements de mesures ;
- Parmi ces 731 exploitations, environ 50% ont *a priori* réalisé une surveillance semestrielle ;
- La moyenne des niveaux de dépôts mesurés sur les emplacements témoins est supérieure à celle des niveaux de dépôts mesurés sur les emplacements de type b. Cela laisse supposer un problème dans la construction de certains plans de surveillance ;
- Le pourcentage d'exploitations dépassant la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j atteignait jusqu'à 8% en 2021, celui-ci est retourné à une valeur relativement faible, inférieure à 2% ;
- Grâce aux prélèvements réalisés sur les emplacements témoins, le fonds national de dépôt a pu être estimé à 92 ± 6 mg/m²/j pour le dernier trimestre de 2022. Il observe une fluctuation saisonnière de 17 ± 2 mg/m²/j (avec un minimum de dépôts le 02/12 à 8 jours près) ainsi qu'une tendance à la hausse de + 3,8±1,2 mg/m²/j par an.

A l'échelle du territoire, un lien a parfois pu être observé entre les niveaux de dépôts aux emplacements de type b, et les niveaux de dépôts aux emplacements témoins (type a).

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 - 227352 - v1.0, 17/06/2024.

Mots-clés : Surveillance environnementale, Carrières, Dépôts atmosphériques, Poussières, 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 **type 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 **type 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 **type 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 un emplacement donné

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

L'arrêté précise également que « si, à l'issue de huit campagnes consécutives, les résultats sont inférieurs à la valeur [« objectif »], la fréquence [de surveillance] trimestrielle deviendra semestrielle ». En outre, dans le cas d'une surveillance semestrielle, « si un résultat excède la valeur [« objectif »] et sauf situation exceptionnelle [], la fréquence redeviendra trimestrielle pendant huit campagnes consécutives, à l'issue desquelles elle pourra être revue dans les mêmes conditions ». Etant donnée l'impossibilité de calculer des moyennes annuelles glissantes antérieures au 1^{er} janvier 2018 ou à un éventuel passage d'une surveillance semestrielle à une surveillance trimestrielle, 8 campagnes de mesures correspondent à 5 résultats de mesure comme illustré à la Figure 1.

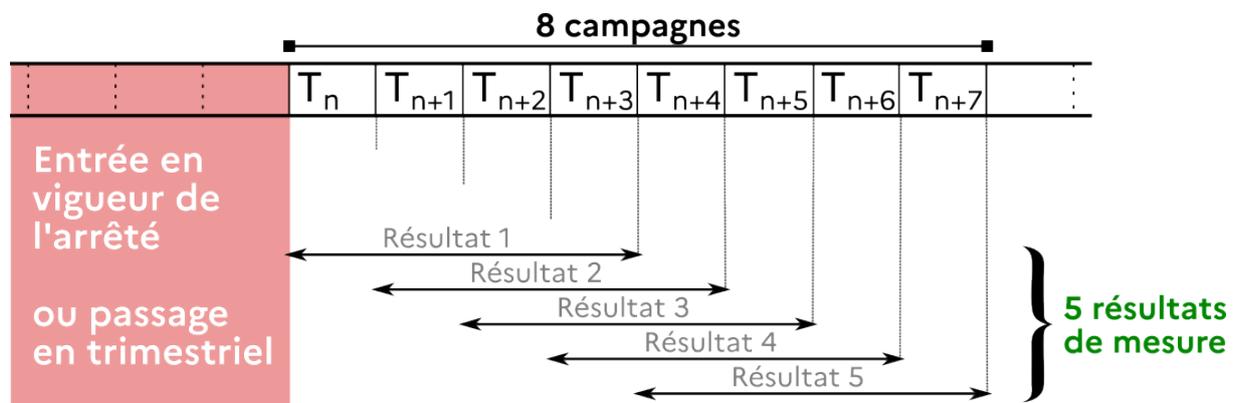


Figure 1 : Résultats de mesures correspondant à 8 campagnes de prélèvements

Les premières surveillances semestrielles ne peuvent donc être mises en place que 2 ans après l'entrée en vigueur de l'arrêté, c'est-à-dire à partir de 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 en fonction des exigences de l'arrêté préfectoral prescrivant ces prélèvements.

Le présent rapport traite de l'exploitation statistique des données collectées par jauge ou par plaquette de 2018 à 2022, 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 16/11/2023) 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.

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.

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.

Malgré des progrès significatifs par rapport aux 3 premières années, il reste des déclarations comportant des valeurs égales à 0 ou 1 à écarter. En outre, le nombre de valeurs non fiables ou aberrantes n'a pas tendance à diminuer.

3. Analyse des données entre 2018 et 2022

Les jeux de données entre 2018 et 2022 obtenus par jauges et plaquettes, et corrigés selon les prétraitements décrits précédemment, représentent 22 380 mesures sur 5 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	1033	3253	3462	3323	3054
2022	1071	3078	3691	3234	3279

Le passage de certaines surveillances trimestrielles à une périodicité semestrielle n'apparaît pas de façon marquée dans le Tableau 1.

La Figure 2 représente le nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre. Il passe d'un peu plus de 4 emplacements de 2018 à 2019 à un peu plus de 3 emplacements en moyenne depuis 2020. Depuis, ce nombre moyen d'emplacements semble relativement stable.

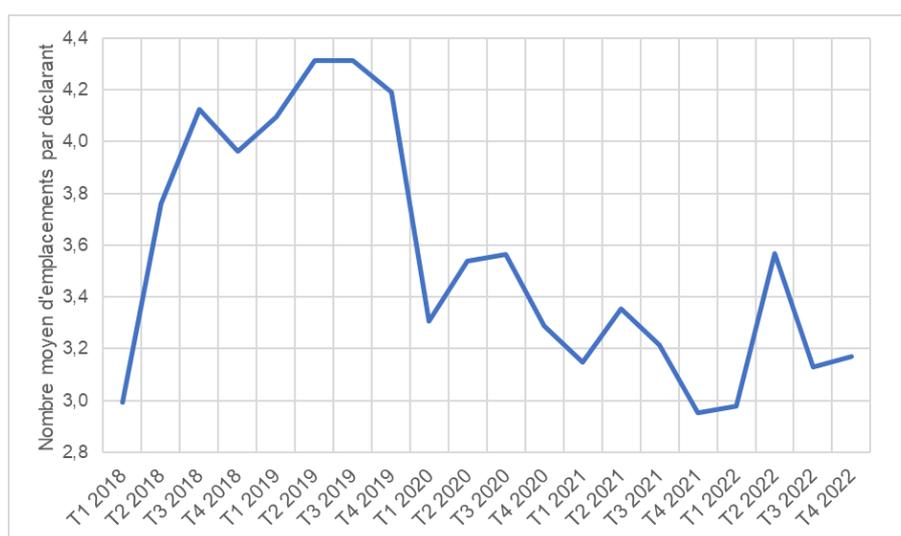


Figure 2 : Nombre moyen d'emplacements par déclarant et par trimestre

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 3. Une forte diminution de l'emploi des plaquettes est observée en 2019, suivie d'une légère remontée progressive jusqu'en 2021. Le pourcentage de jauges est relativement stable et supérieur à 90% depuis 2019. Les exploitations utilisant des plaquettes sont notamment celles « soumises à des prescriptions de mesures de retombées de poussières » mais de production inférieure à 150 kt/an (donc non soumises à l'arrêté ministériel).

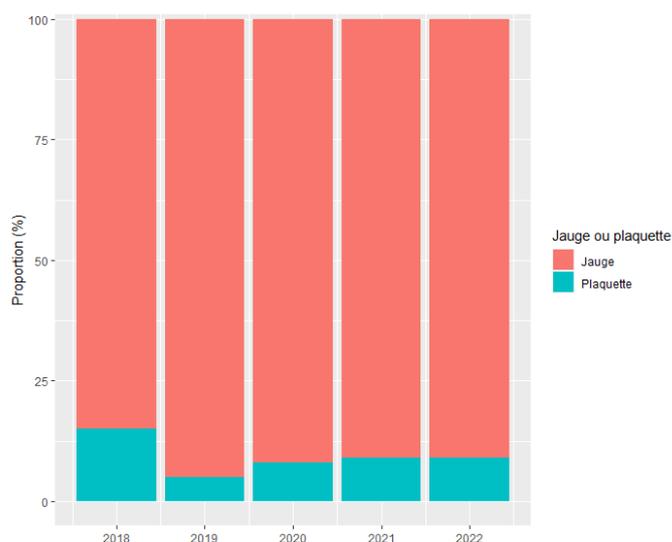


Figure 3 : Proportion de points de mesure selon les supports de prélèvement entre 2018 et 2022

Toutefois, 70 % des établissements réalisant des prélèvements 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 2022 d'après la Figure 4.

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

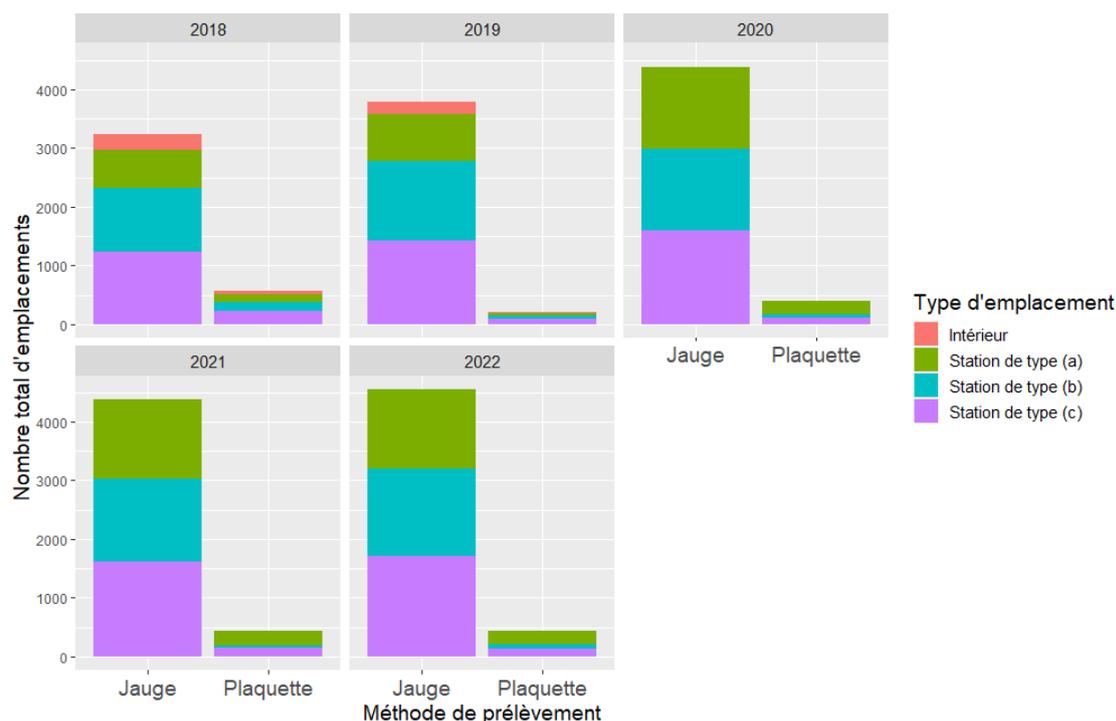


Figure 4 : Répartition des emplacements de mesure en fonction du type d'emplacement et du type de support entre 2018 et 2022

Etant donné que le nombre moyen d'emplacements par déclarant tend vers 3 depuis 2021 (voir Figure 2), **les plans de surveillance intègrent en moyenne 1 emplacement de type (a), 1 emplacement de type (b) et 1 emplacement de type (c).**

En 2022, sur les 959 établissements ayant effectué des prélèvements par jauges, 64 (soit moins de 7%) n'ont pas déclaré de mesure sur leur emplacement de type (a). 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.

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 lors du traitement statistique. 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	Témoïn (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	Témoïn (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	Témoïn (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	859		722	671
Moyenne globale sur l'année	132		191	145,5
Min – Max des moyennes sur l'année	4.3-1133.8		8-2013.5	6.3-1700.4
2021				
Typologie	Témoïn (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	860		730	689
Moyenne globale sur l'année	144.2		192,7	148,8
Min – Max des moyennes sur l'année	7.5-1037,5		8-1515,2	5-1003
2022				
Typologie	Témoïn (a)	Intérieur	Limite (c)	Extérieur (b)
Nombre d'établissements	895		789	731
Moyenne globale sur l'année	149.4		197.9	140.9
Min – Max des moyennes sur l'année	5-4250		11-2061.3	2-1555.8

Chaque année, de l'ordre de 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* (voir la définition en annexe à la partie 5.1), 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.

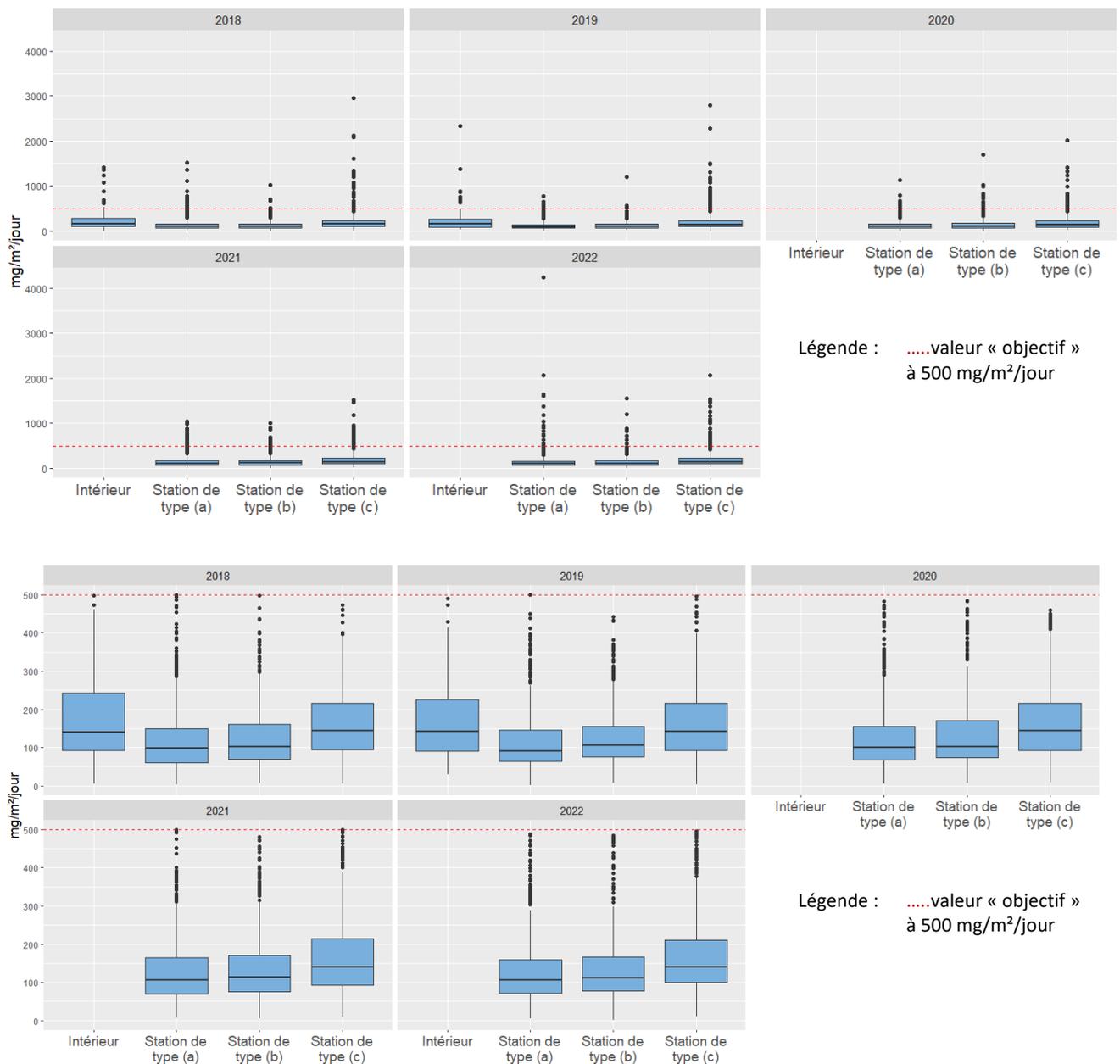


Figure 5 : Dispersion des moyennes annuelles pour les différents types d'emplacements intérieur, témoin (a), extérieur (b) et limite (c) par jauge (distribution totale en haut et tronquée à 500 mg/m²/j en bas)

Comme attendu, les médianes (barres horizontales centrales sur les *boxplots*) sont croissantes du type (a) au type (c). Toutefois, pour la première fois depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté, la moyenne des mesures 2022 sur les emplacements de type (b) est supérieure à celle sur les emplacements de type (a). Cela signifie que quelques événements "tirent" la moyenne sur les emplacements de type (a) vers le haut sans vraiment changer la médiane. Cela pourrait provenir d'une mauvaise implantation de ces emplacements témoins, potentiellement trop proches des exploitations ou d'autres sources.

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/cocher le type de surveillance, trimestrielle ou semestrielle, dans GEREP.

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. L'évolution du pourcentage d'exploitants effectuant une surveillance semestrielle a été représenté à la Figure 6. D'après ce graphique, le pourcentage estimé de surveillances semestrielles tend vers 50% des exploitations.

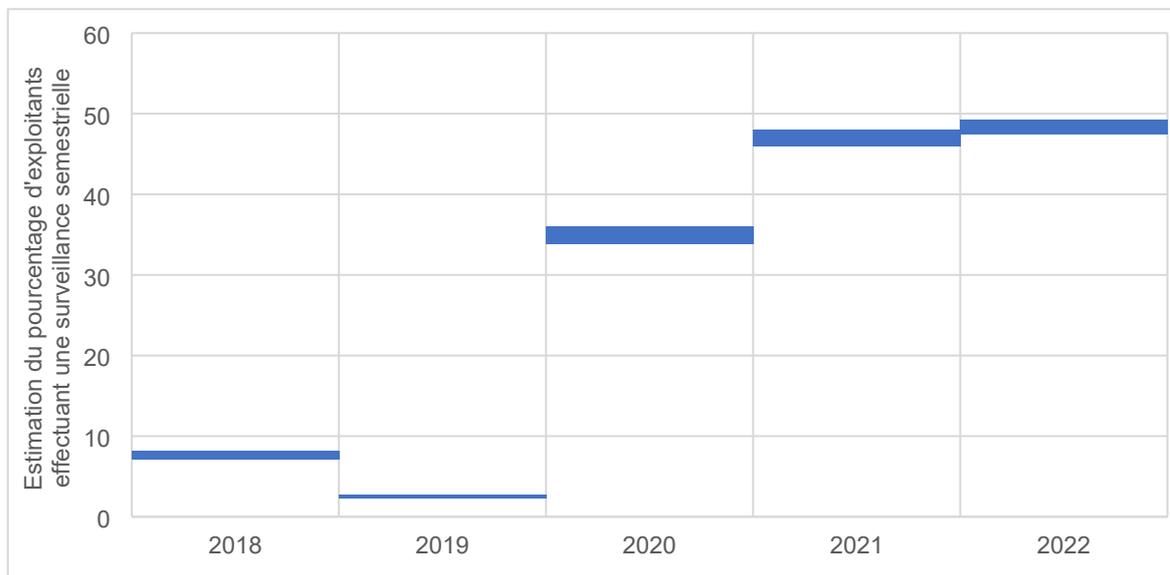


Figure 6 : Estimation du pourcentage d'exploitants effectuant une surveillance semestrielle en fonction des années

Afin de comparer les surveillances trimestrielle et semestrielle et 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 7 et à la Figure 8. Comme attendu, les niveaux de dépôts sont plus élevés en moyenne en période « printemps-été », lorsque les conditions météorologiques sont plus chaudes et sèches.

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.

D'après la Figure 7 et la Figure 8, 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. Toutefois, 5 à 8 exploitations dont la surveillance semble être semestrielle présentent des dépassements de la valeur objectif en 2022. Si ceux-ci ne sont pas justifiés, leur surveillance devra repasser en trimestriel.

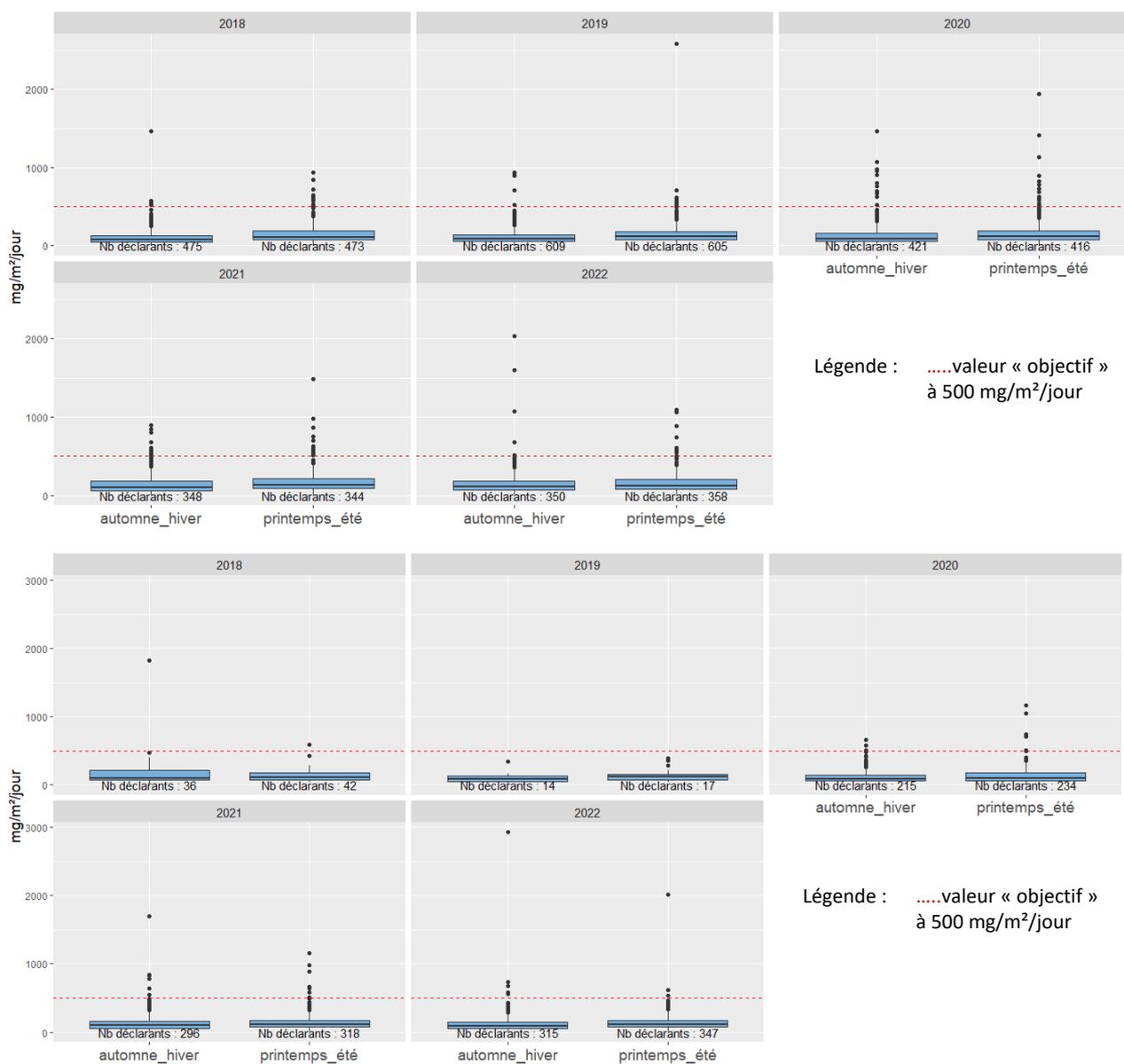


Figure 7 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas)

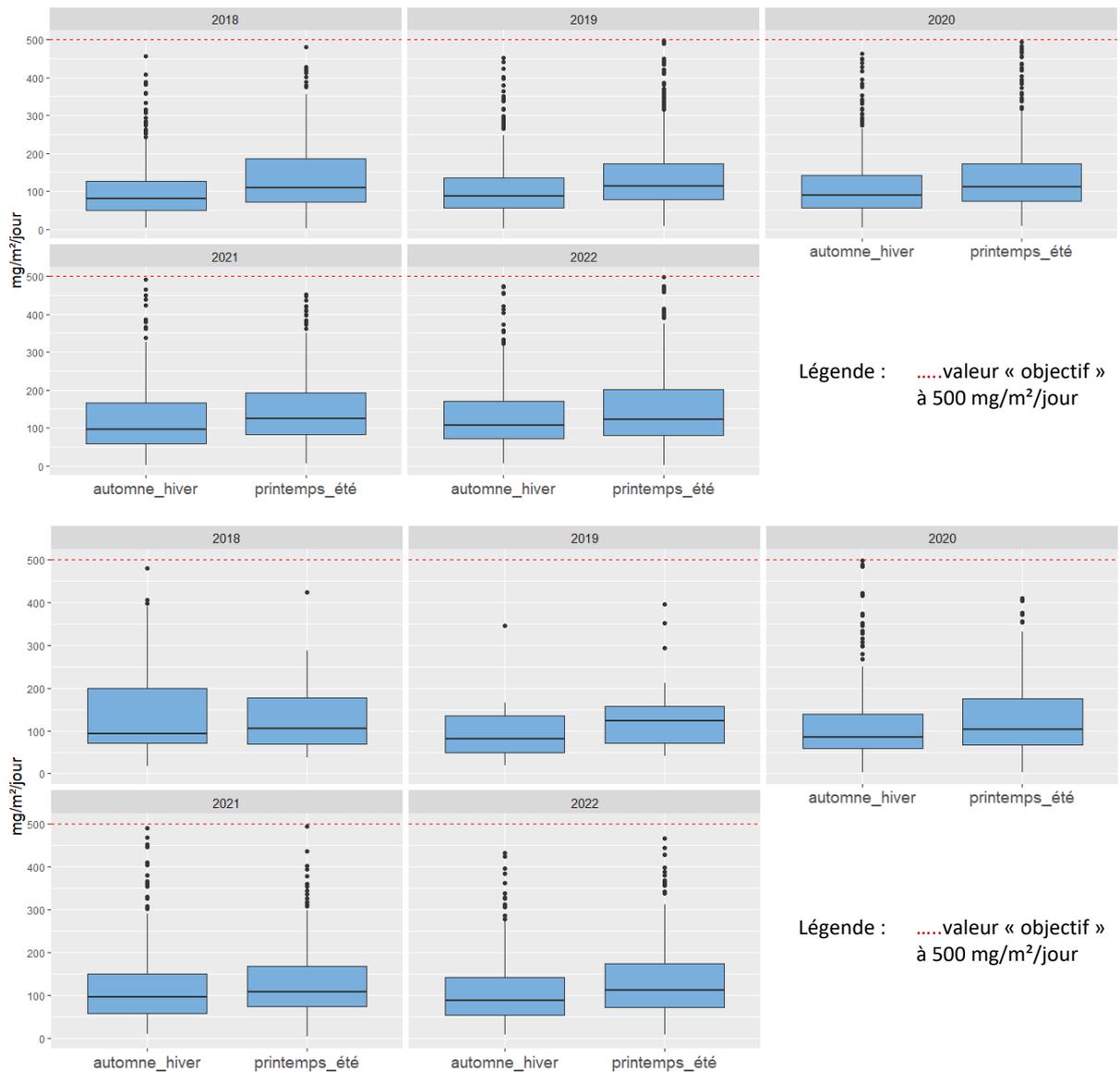


Figure 8 : Dispersion des moyennes annuelles selon les saisons pour les sites de type (b) extérieur par jauge (distributions pour les prélèvements trimestriels en haut et semestriels en bas, tronquées à 500 mg/m³/j)

3.4 Dépassements de la valeur « objectif »

3.4.1 Bilan national

En 2022, 731 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 5 ans (soit 17 résultats, cf. partie 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. D'après le Tableau 3, cela correspond en moyenne à 31±12% des données de chaque région et à 34% des données à l'échelle nationale. A noter que les régions Pays de la Loire et Rhône-Alpes sont les plus représentées (plus de 29% du total à elles seules).

Tableau 3 : Répartition régionale des données utilisées et représentativité régionale

Régions	Nombre d'emplacements avec une antériorité de n années					Total	Représentativité
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans		
ALSACE	0	0	3	2	12	0,9%	55,4%
AQUITAINE	9	15	2	9	46	4,4%	31,0%
AUVERGNE	7	2	8	26	38	4,4%	36,5%
BASSE-NORMANDIE	7	16	14	0	22	3,2%	19,5%
BOURGOGNE	13	6	11	8	52	4,9%	32,5%
BRETAGNE	7	1	13	37	63	6,6%	30,1%
CENTRE	3	7	0	31	21	3,4%	29,9%
CHAMPAGNE-ARDENNE	1	10	8	10	11	2,2%	26,8%
CORSE	1	2	1	2	0	0,3%	25,4%
FRANCHE-COMTE	2	11	8	9	29	3,2%	23,5%
GUADELOUPE	0	0	0	0	1	0,1%	31,3%
GUYANE	0	0	0	0	0	0,0%	0,0%
HAUTE-NORMANDIE	0	5	0	2	4	0,6%	12,4%
ILE-DE-FRANCE	0	8	15	7	25	3,0%	29,2%
LA REUNION	2	3	6	6	10	1,5%	26,3%
LANGUEDOC-ROUSSILLON	1	14	16	29	66	6,9%	30,8%
LIMOUSIN	3	0	4	4	8	1,0%	26,2%
LORRAINE	0	5	3	6	20	1,9%	24,2%
MARTINIQUE	1	3	6	3	4	0,9%	40,7%
MIDI-PYRENEES	8	6	9	22	38	4,5%	27,8%
NORD-PAS-DE-CALAIS	3	5	11	6	26	2,8%	54,2%
PAYS DE LA LOIRE	1	12	21	73	214	17,5%	52,9%
PICARDIE	1	6	0	6	9	1,2%	21,6%
POITOU-CHARENTES	5	2	2	53	40	5,6%	44,2%
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	3	6	12	32	81	7,3%	35,4%
RHONE-ALPES	14	19	30	31	121	11,7%	33,8%
Total	92	164	203	414	961		33,8%
Total (%)	5%	9%	11%	23%	52%		

Les nombres de dépassements constatés sont résumés dans le Tableau 4. 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 4 : Par intervalle de moyenne glissante, 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	> 350 mg/m ² /j	> 500 mg/m ² /j	Nombre d'établissements	> 350 mg/m ² /j	> 500 mg/m ² /j
T1 2018 à T4 2018	597	19	4	311	17	4
T2 2018 à T1 2019	200	3	1	112	3	1
T3 2018 à T2 2019	206	2	2	113	2	2
T4 2018 à T3 2019	215	4	2	117	4	2
T1 2019 à T4 2019	979	24	4	495	22	4
T2 2019 à T1 2020	540	15	7	279	14	7
T3 2019 à T2 2020	365	12	5	194	12	5
T4 2019 à T3 2020	312	12	6	182	12	6
T1 2020 à T4 2020	422	23	13	238	20	11
T2 2020 à T1 2021	356	23	15	197	20	13
T3 2020 à T2 2021	354	27	17	191	22	15
T4 2020 à T3 2021	356	29	20	193	24	16
T1 2021 à T4 2021	458	33	19	239	24	16
T2 2021 à T1 2022	338	20	10	190	19	10
T3 2021 à T2 2022	319	16	5	179	15	5
T4 2021 à T3 2022	322	23	6	186	20	6
T1 2022 à T4 2022	410	21	4	232	18	4

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).

3.4.2 Bilans régionaux

Suite à la demande du B3S et des DREAL, ce bilan a été détaillé graphiquement à l'échelle régionale. Un exemple est donné à la Figure 9 et, pour plus de lisibilité, les autres bilans sont centralisés en annexe. Les graphiques donnent l'évolution des niveaux de dépôts en *boxplots* et, pour les seuils de 350 et 500 mg/m²/j, le nombre de dépassements est indiqué au-dessus du seuil (légèrement décalé sur la gauche par lisibilité) et le nombre de mesures restantes est indiqué sous le seuil.

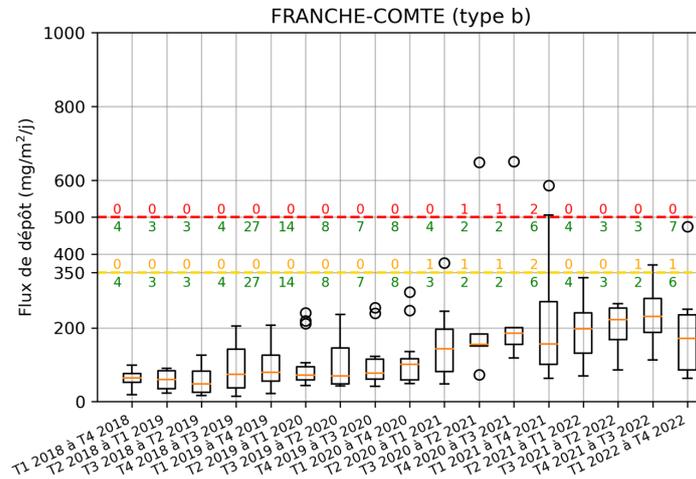


Figure 9 : Exemple d'un bilan régional sur l'évolution des niveaux de dépôts de type b avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m²/j

Sur la Figure 9 correspondant aux jauges de type b, les niveaux de dépôts semblent croître au cours du temps. Lors du rapport précédent⁹, une augmentation du pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » avait d'ailleurs été constatée à l'échelle nationale. Cette augmentation pouvait être due à une augmentation réelle des émissions ou à une augmentation du niveau de fond. Pour essayer de répondre à cette question, le même traitement statistique a été effectué sur les points témoins (type a) comme sur la Figure 10.

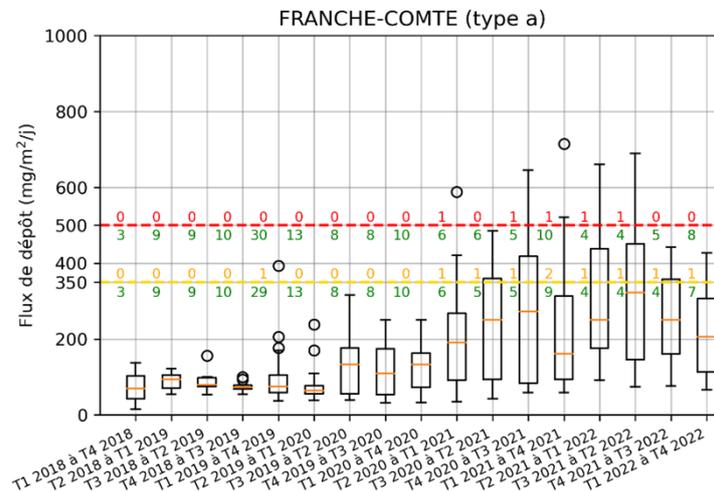


Figure 10 : Exemple d'un bilan régional sur l'évolution des niveaux de dépôts de type a avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m²/j

Les dépôts prélevés aux emplacements témoins (type a) sont élevés comparativement à ceux de type (b). Leurs médianes sont parfois même supérieures à celles des dépôts de type (b) comme ici pour

le cas de la Franche-Comté. Cela laisse supposer un problème dans le choix de certains emplacements témoins qui peuvent être soit trop proches de l'exploitation et soumis à ses émissions diffuses, soit sous l'influence d'une autre source d'émission non identifiée lors de la construction du plan de surveillance.

En outre, dans le cas spécifique des DROM, les points témoins présentent des dépôts très élevés avec des dépassements quasi-systématiques de la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j. Les DROM sont sous une influence très différente de la métropole en termes de sources contribuant au fond d'empoussièrément. Ainsi, la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j n'est peut-être pas adaptée à leurs cas spécifiques.

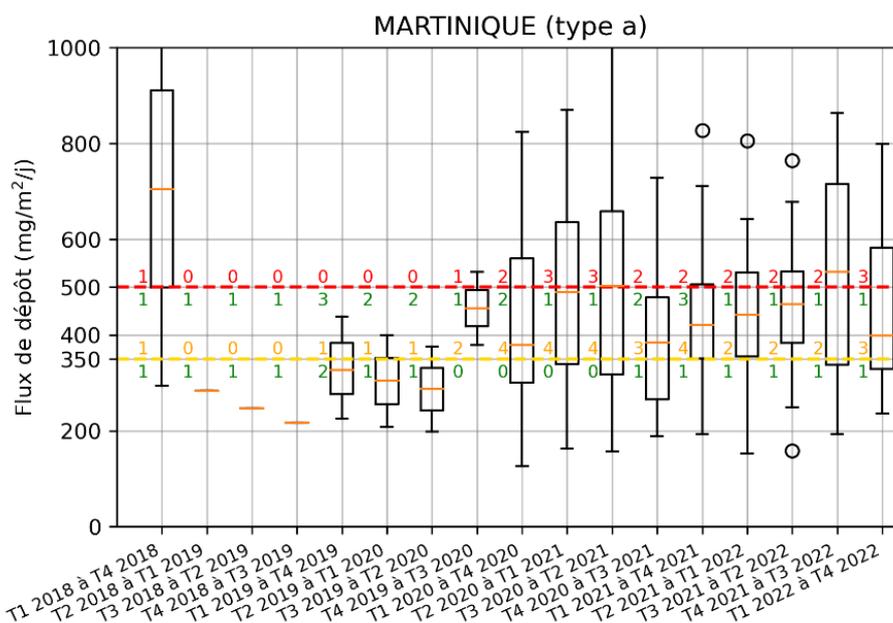


Figure 11 : Exemple d'un bilan régional pour les DROM sur l'évolution des niveaux de dépôts de type a avec un signalement des dépassements éventuels des seuils de 350 et 500 mg/m²/j

Dans la suite de ce rapport, **les données des DROM ne font pas partie du traitement statistique.**

3.4.3 Evolution du pourcentage de dépassement à l'échelle nationale

Le pourcentage de dépassement de la valeur seuil de 350 mg/m²/j et de la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j a été tracé à la Figure 12 à la fois pour les emplacements de type (a) (en haut) et pour ceux de type (b) (en bas). La croissance de dépassement constatée dans le rapport précédent⁹ pour les emplacements de type b semble s'atténuer à partir de 2021 pour un retour à moins de 2% en 2022. Le pic de dépassement pourrait correspondre aux périodes incluant des confinements dus à la pandémie de Covid-19 (T2 2020 à T2 2021). En effet, comme observé par certaines DREAL, l'absence de personnel dans les carrières ne permettait pas l'abattage des poussières mis en œuvre lors d'un fonctionnement normal (arrosage hors fonction) ce a pu engendrer un réenvol plus important des poussières et donc une augmentation du flux de dépôts.

Néanmoins, une légère augmentation des dépassements semble perdurer pour les emplacements témoins. A la demande du B3S, ce profil de dépassement a été comparé au fonds national de concentration¹⁰ en PM₁₀ (courbe bleue sur la Figure 12) mais aucune corrélation n'est observée. Une cause possible de cette croissance pourrait être l'augmentation des dépôts de *dusts* désertiques¹¹.

Le profil de dépassement des emplacements témoins a donc également été comparé au profil d'évolution du Ca²⁺, un traceur des poussières désertiques, prélevé dans les dépôts sur certaines

¹⁰ Données tirées de la base de données nationale [Geod'air](#), moyennées temporellement sur l'année glissante et spatialement sur la métropole sans distinction de sites.

¹¹ Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. *et al.* Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. *npj Clim Atmos Sci* 5, 34 (2022).

stations du réseau MERA¹². Ce graphique est présenté en annexe (partie 5.4) mais aucune corrélation n'a pu être observée.

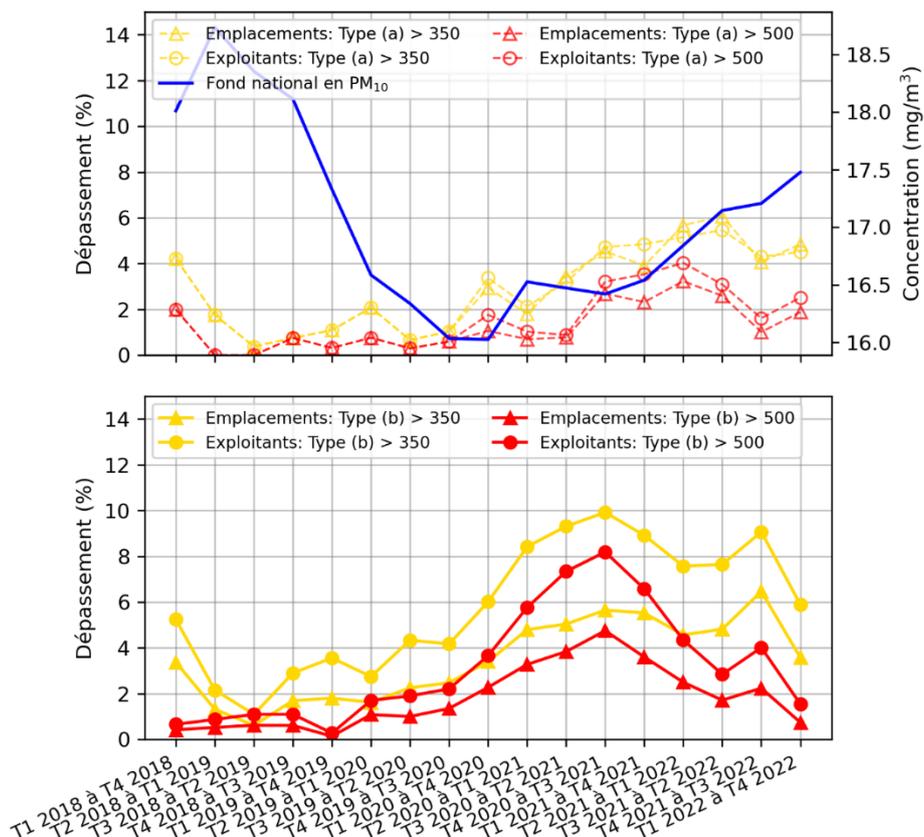


Figure 12 : Pourcentage de dépassement de la valeur « objectif » pour les établissements et les emplacements de prélèvements (hors DROM) sur les prélèvements de type (a) en haut, et sur ceux de type (b) en bas.

Représenter le profil de dépassement de valeurs seuils accorde plus d'importance aux valeurs les plus élevées des distributions des niveaux de dépôts. Pour vérifier que ce comportement de croissance observé sur les niveaux de dépôts des emplacements témoins s'applique également aux valeurs plus représentatives de la distribution, l'évolution globale des dépôts aux emplacements témoins a été tracée à la Figure 13. Un modèle affiné associé à une fluctuation sinusoïdale représentant la saisonnalité a été ajusté aux médianes des distributions. L'incertitude prise en compte sur ces médianes pour l'ajustement a été choisie à 95%, c'est-à-dire correspondant à l'écart entre les percentiles 2,5 et 97,5. Cela donne les coefficients d'ajustement suivants :

Fonds national à T4 2022 (mg/m ² /j)	Augmentation annuelle du fond (mg/m ² /j/an)	Amplitude de la fluctuation saisonnière (mg/m ² /j)	Date annuelle du minimum de dépôt
92 ± 6	3,8 ± 1,2	17 ± 2	02/12 ± 8 jours

L'ajustement met effectivement en relief une relativement faible augmentation annuelle du fonds national de dépôt. Celle-ci pourrait contribuer à expliquer la légère croissance du pourcentage de dépassement constatée pour les emplacements témoins.

¹² [MERA](#) - Observatoire national de Mesure et d'Evaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance

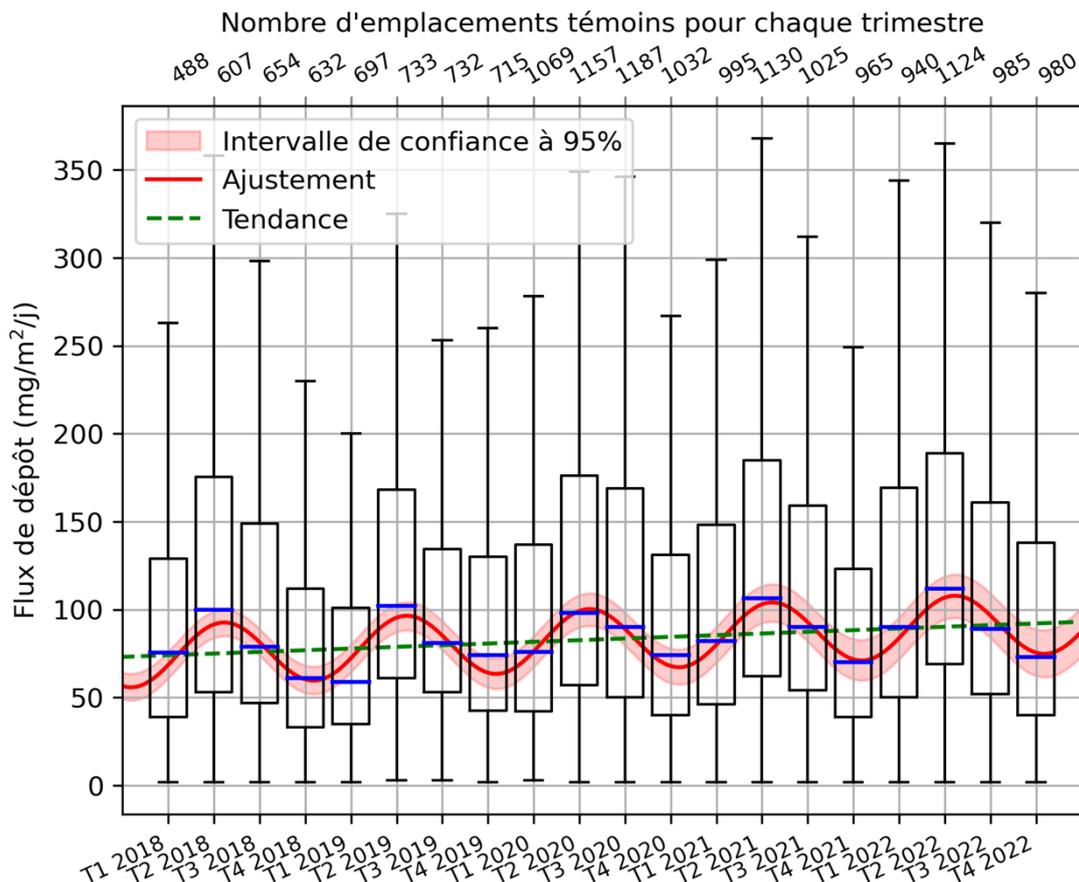


Figure 13 : Evolution de la distribution du flux de dépôts des emplacements témoins (pour plus de lisibilité, les valeurs très élevées n'ont pas été représentées)

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 2022.

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 2022 sont présentées à la Figure 14. Les mesures de dépôts ne sont pas corrélées à la quantité de production mais les mesures aux emplacements de type (a) semblent, comme pour les années précédentes, légèrement 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)).

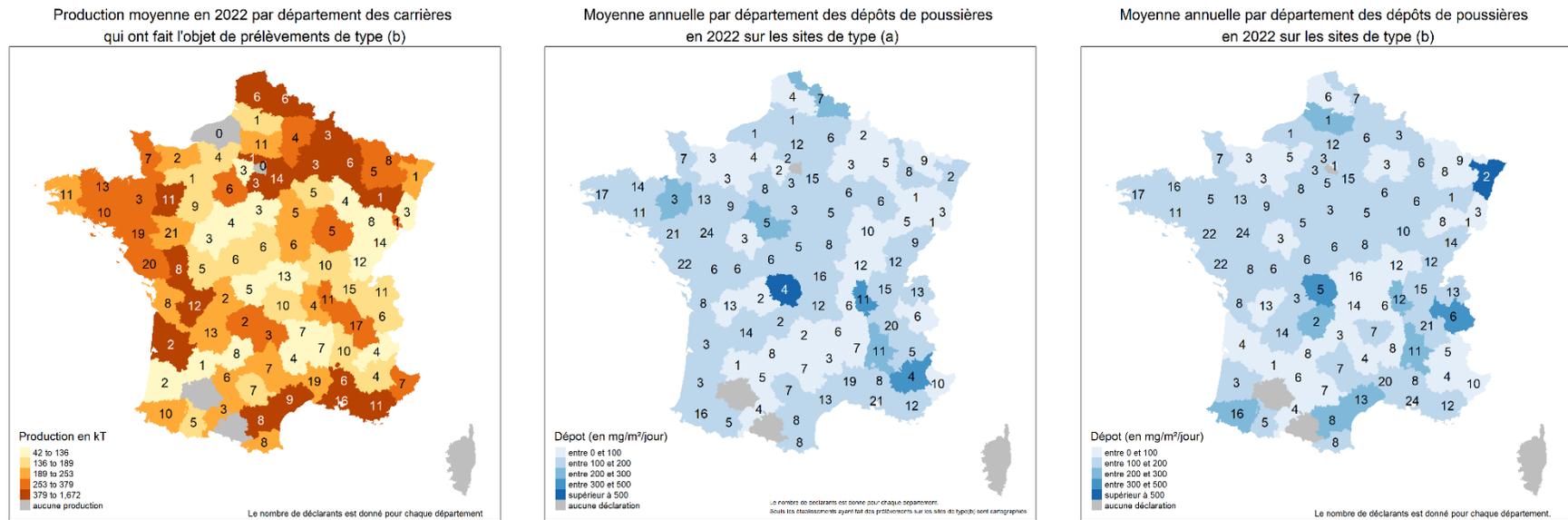


Figure 14 : Cartographie de production et des dépôts de poussières¹³ (sur jauges et plaquettes) en 2022 sur les emplacements de type (a) et (b)

¹³ Les dépôts moyens par département sont calculés en moyennant par département les dépôts moyens annuels des établissements.

3.6 Influence de la famille de matériaux exploités

Un regroupement des familles de matériaux a été proposé (résumé en annexe partie 5.5). Ce regroupement a permis d'identifier les familles les plus représentées dans les données GEREP (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 2022. 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	2022
Matériaux granulaires alluvionnaires/glaciaires	11,3%	11,6%	12,6%	12,1%	13,6%
Roches feuilletées	3,7%	3,5%	3,0%	3,7%	4,4%
Roches magmatiques plutoniques massives	11,3%	11,3%	11,9%	11,1%	10,5%
Roches magmatiques volcaniques massives	7,0%	6,6%	5,9%	5,1%	5,8%
Roches magmatiques volcaniques non massives	0,6%	0,3%	0,7%	0,7%	0,8%
Roches métamorphiques massives	8,8%	9,6%	8,8%	8,4%	7,3%
Roches sédimentaires argileuses	3,3%	4,1%	3,8%	4,5%	4,2%
Roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques (calcaires, etc.)	43,7%	42,8%	42,6%	44,2%	42,6%
Roches sédimentaires massives détritiques (grès, quartzite)	6,1%	6,2%	5,9%	5,8%	6,0%
Sables	2,9%	3,2%	3,7%	3,6%	3,7%
Sables et graviers marins	0,1%	0,3%	0,2%	0,1%	
Silex /Chert	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Sterile d'exploitation	1,0%	0,3%	0,5%	0,5%	0,7%
Talc	0,1%	0,1%	0,1%		0,1%
Terre végétale		0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

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	2022
Matériaux granulaires alluvionnaires/glaciaires	1,31%	7,08%	13,53%	9,76%	20,26%
Roches feuilletées	13,75%	3,56%	0,74%	2,07%	2,36%
Roches magmatiques plutoniques massives	1,96%	1,57%	4,40%	12,81%	10,86%
Roches magmatiques volcaniques massives	1,11%	13,86%	2,22%	6,16%	5,21%
Roches magmatiques volcaniques non massives	0,16%	0,10%	0,34%	1,00%	1,10%
Roches métamorphiques massives	1,63%	11,09%	3,98%	10,51%	8,17%
Roches sédimentaires argileuses	0,21%	0,19%	14,78%	1,77%	1,83%
Roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques (calcaires, etc.)	78,41%	61,41%	56,81%	46,94%	41,87%
Roches sédimentaires massives détritiques (grès, quartzite)	1,04%	0,76%	2,06%	5,78%	4,63%
Sables	0,36%	0,34%	1,03%	3,05%	3,36%
Sables et graviers marins	0,01%	0,02%	0,03%	0,06%	
Silex /Chert	0,01%	0,01%	0,03%	0,06%	0,07%
Sterile d'exploitation	0,02%	0,004%	0,011%	0,026%	0,043%
Talc	0,03%	0,02%	0,04%		0,24%
Terre végétale		0,002%	0,003%	0,0004%	0,001%

Les roches sédimentaires massives biogènes/physico-chimiques sont les matériaux avec les productions et les nombres de déclarations les plus importants toutes années confondues. Comme indiqué dans le rapport précédent⁹, tracer l'évolution des niveaux de dépôts des emplacements de type (b) en fonction du type de matériau le plus produit au sein de l'établissement apporte peu d'informations. Cette étude n'a donc pas été reconduite cette année.

4. Conclusion

Le jeu de données des surveillances environnementales autour de carrières comprend 22 380 points de mesures sur 5 ans. Son traitement statistique a permis de mettre en avant les éléments suivants :

- Le nombre de déclarations est croissant depuis 2018, atteignant 1 071 exploitations en 2022 (1033 en 2021) ;
- Plus de 90 % des exploitations réalisent leurs prélèvements à l'aide de jauges depuis 2019 ;
- En 2022, 731 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 1 492 emplacements de mesures ;
- Parmi ces 731 exploitations, environ 50% ont *a priori* réalisé une surveillance semestrielle (estimation biaisée car GEREP ne permet pas de différencier le type de surveillance) ;
- Pour la première fois, la moyenne des niveaux de dépôts mesurés sur les emplacements témoins est supérieure à celle des niveaux de dépôts mesurés sur les emplacements de type b (à noter que ce n'est pas le cas de la médiane). Cela laisse supposer un problème dans la construction de certains plans de surveillance : les emplacements témoins peuvent être soit trop proches de l'exploitation et soumis à ses émissions diffuses, soit sous l'influence d'une autre source d'émission ;
- Le pourcentage d'exploitations dépassant la valeur « objectif » de 500 mg/m²/j observée est retournée à une valeur relativement faible, inférieure à 2% (il atteignait jusqu'à 8% en 2021) ;
- Grâce aux mesures réalisées sur les emplacements témoins, le fond national de dépôt a pu être estimé à 92 ± 6 mg/m²/j pour le dernier trimestre de 2022. Celui-ci observe une fluctuation saisonnière de 17 ± 2 mg/m²/j (avec un minimum de dépôts le 02/12 à 8 jours près) ainsi qu'une tendance à la hausse de + 3,8±1,2 mg/m²/j par an.

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).

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. Ajouter des commentaires associés à chaque mesure pour préciser si « NR : non réalisée », « < LQ : inférieur à la limite de quantification », « Echantillon endommagé », « Echantillon perdu lors de l'expédition », « Mesures influencées par des facteurs extérieurs (agricole ...) » ou « Autres »
3. Ajouter les dates de début et de fin de campagne de mesure ;
4. Ajouter, pour chaque mesure de dépôt, la fraction minérale obtenue par analyse chimique (cela n'est pas demandé par l'arrêté ministériel mais cela se révélerait très utile pour distinguer les émissions de carrières d'éventuels dépôts organiques).

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). Parallèlement à cela, il est important de ne pas nommer à l'identique des emplacements différents. Cette contrainte sur les noms pourrait être levée si les coordonnées (latitude, longitude) des emplacements étaient rentrées dans la base de données. En outre, il serait nécessaire de rappeler aux exploitants de ne pas rentrer de valeurs 0 (ou 1) sur GEREP lorsqu'il n'y a pas de mesures ou de productions.

5. Annexes

5.1 Rappel sur les *boxplots*

Une boîte à moustaches ou *boxplot* est une représentation graphique des données statistiques illustrée sur la Figure 15. 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.

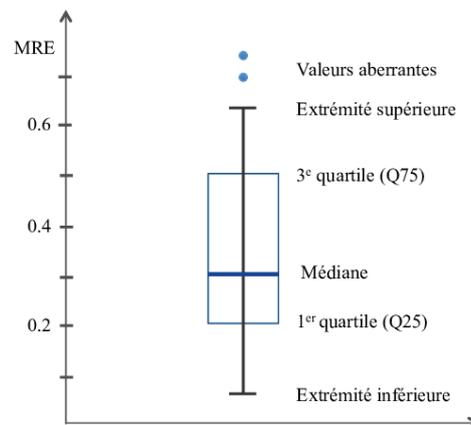
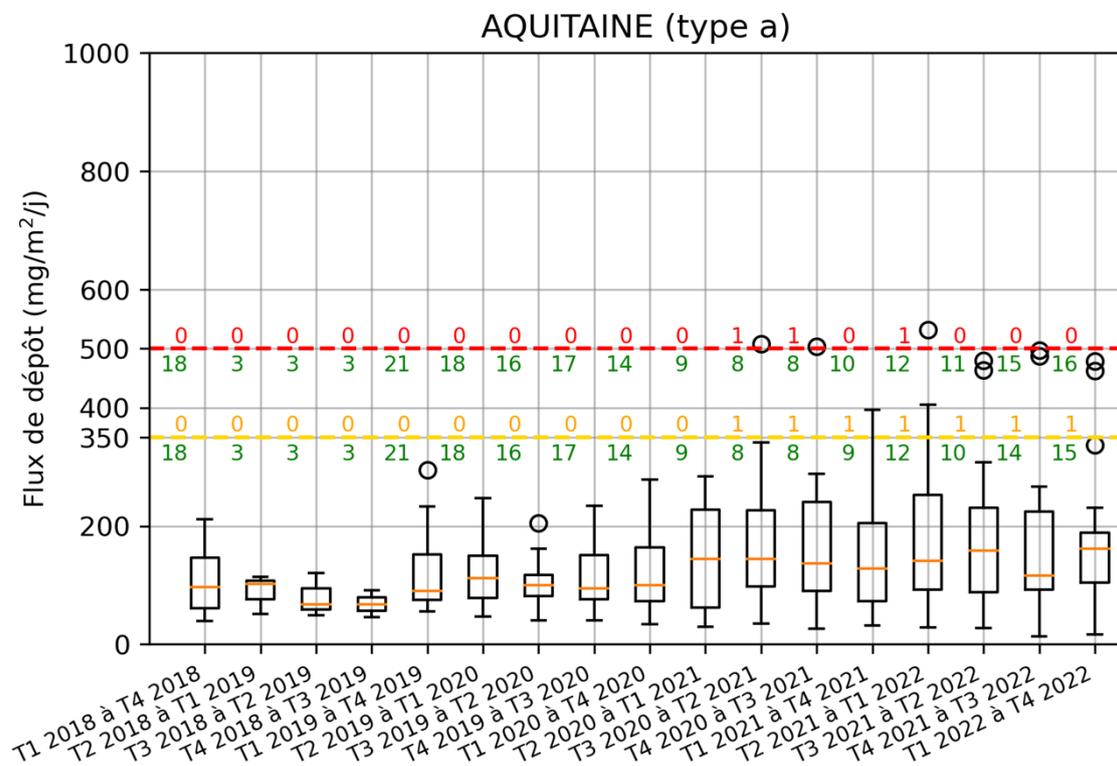
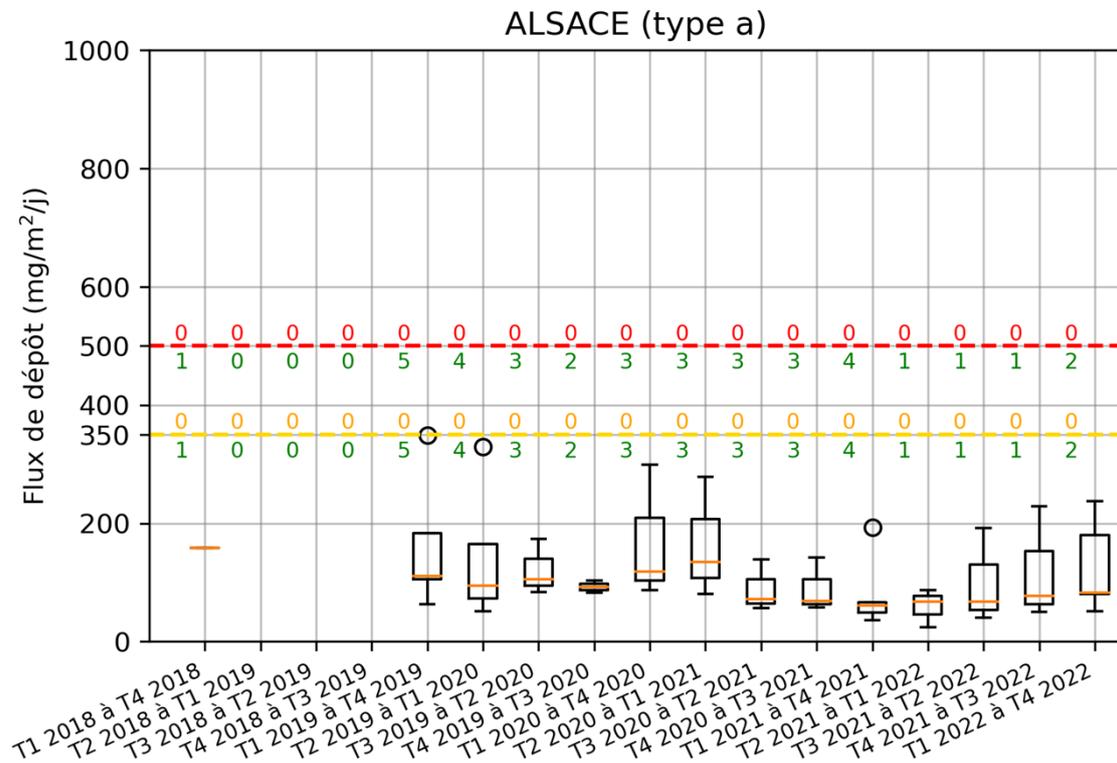


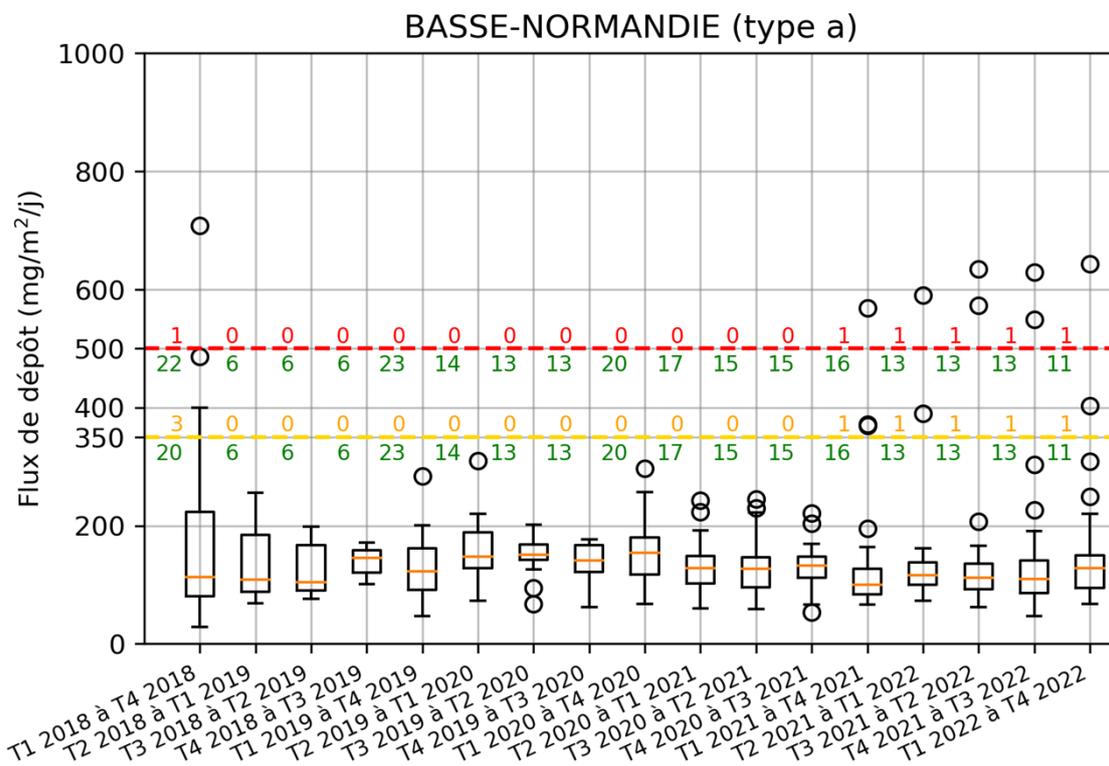
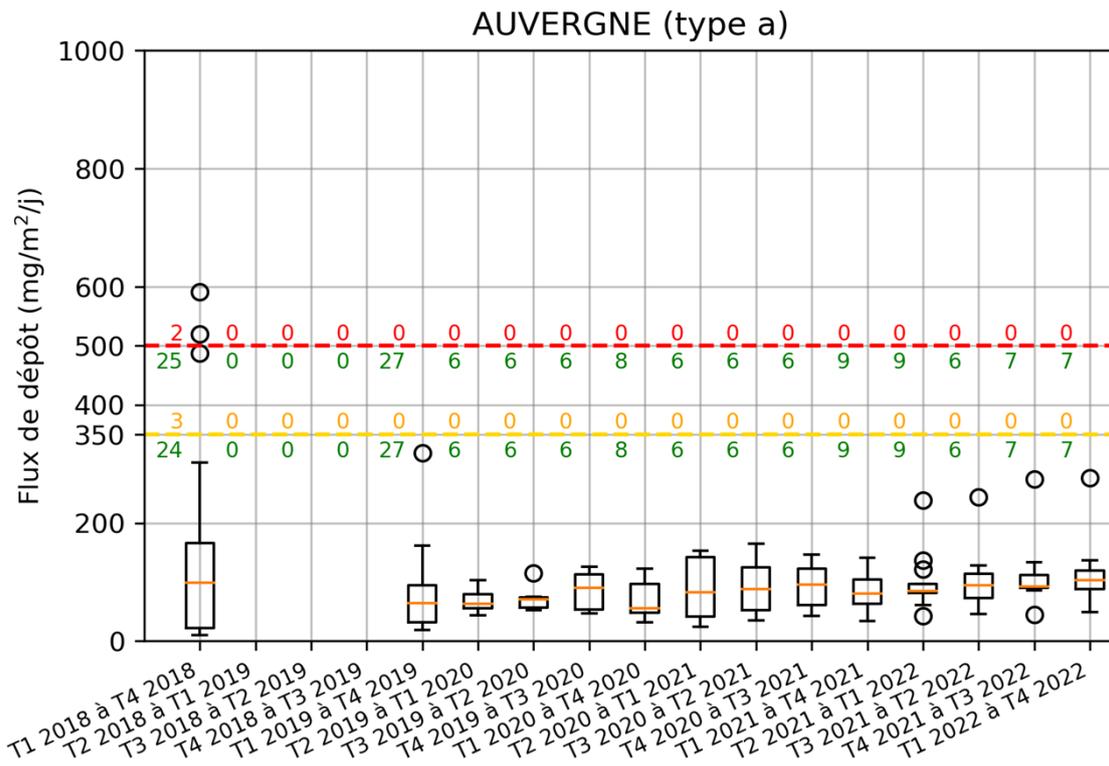
Figure 15 : Représentation d'une boîte à moustaches (Laqrichi¹⁴, 2015)

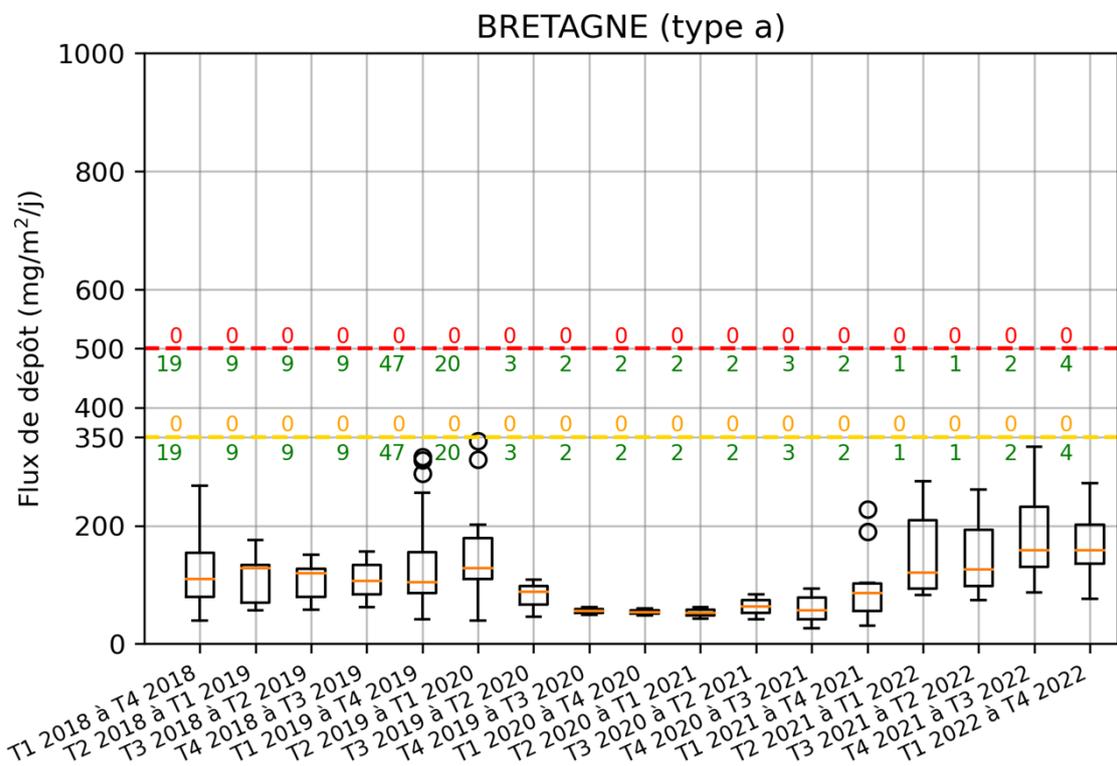
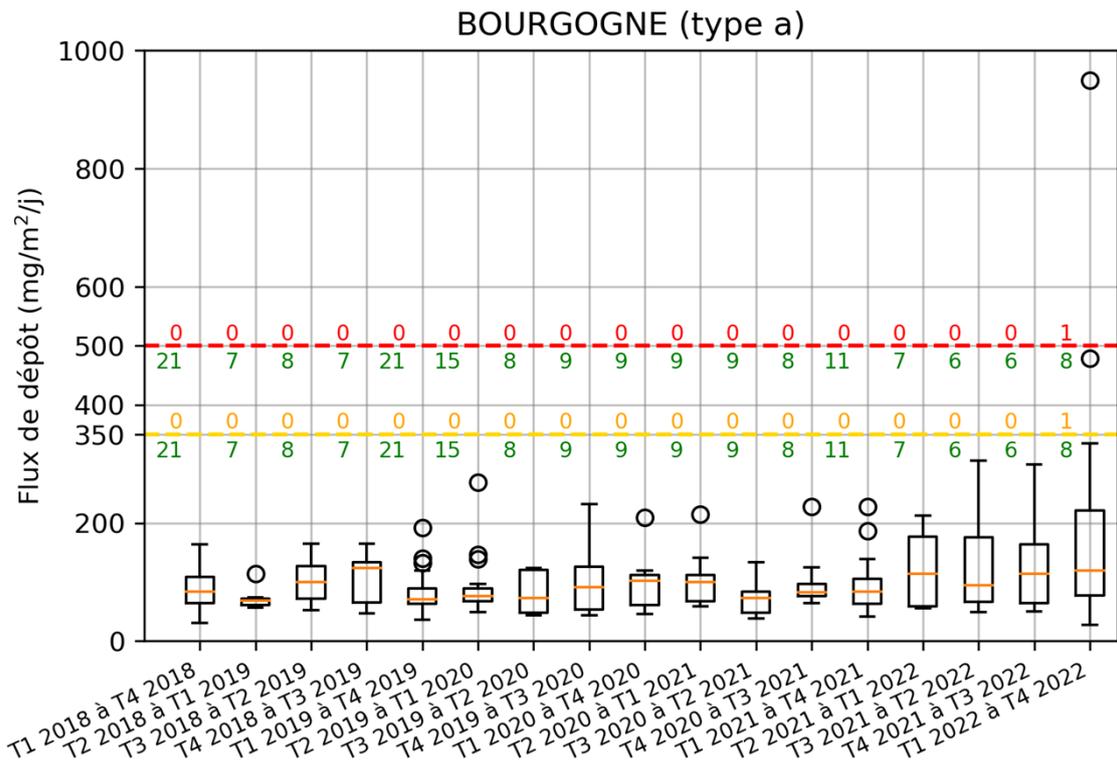
¹⁴ Safae Laqrichi. Approche pour la construction de modèles d'estimation réaliste de l'effort/coût de projet dans un environnement incertain : application au domaine du développement logiciel. Informatique. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2015. Français. <NNT : 2015EMAC0013>.

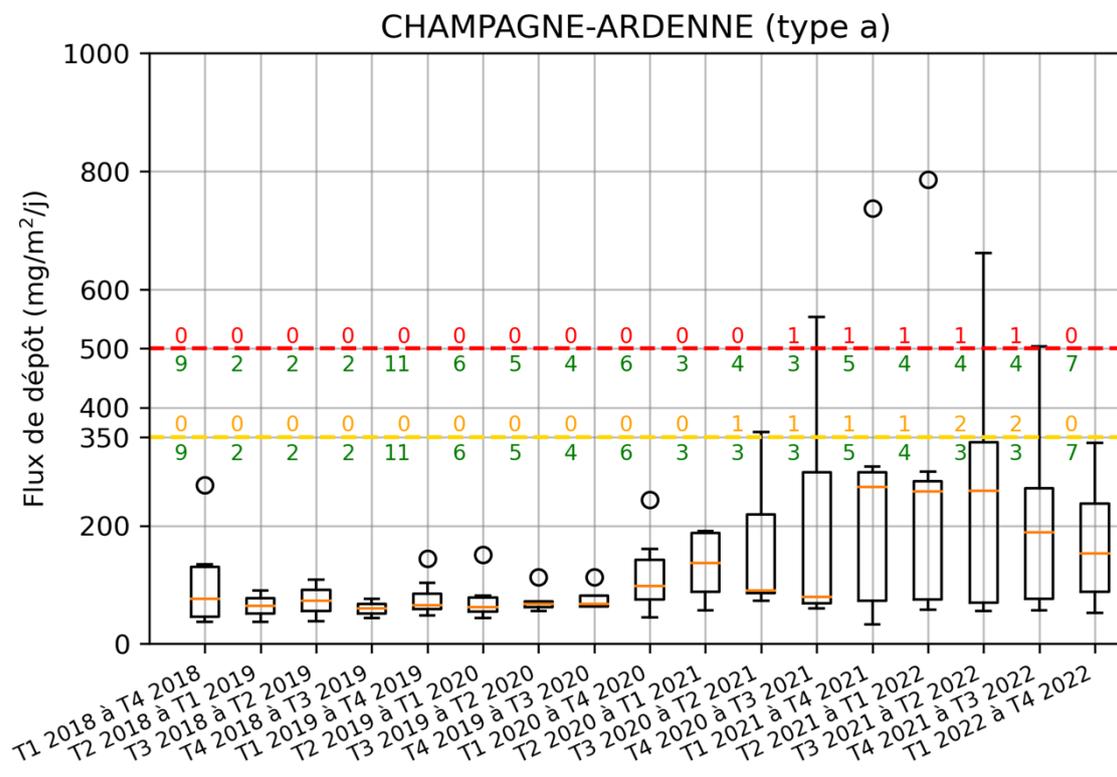
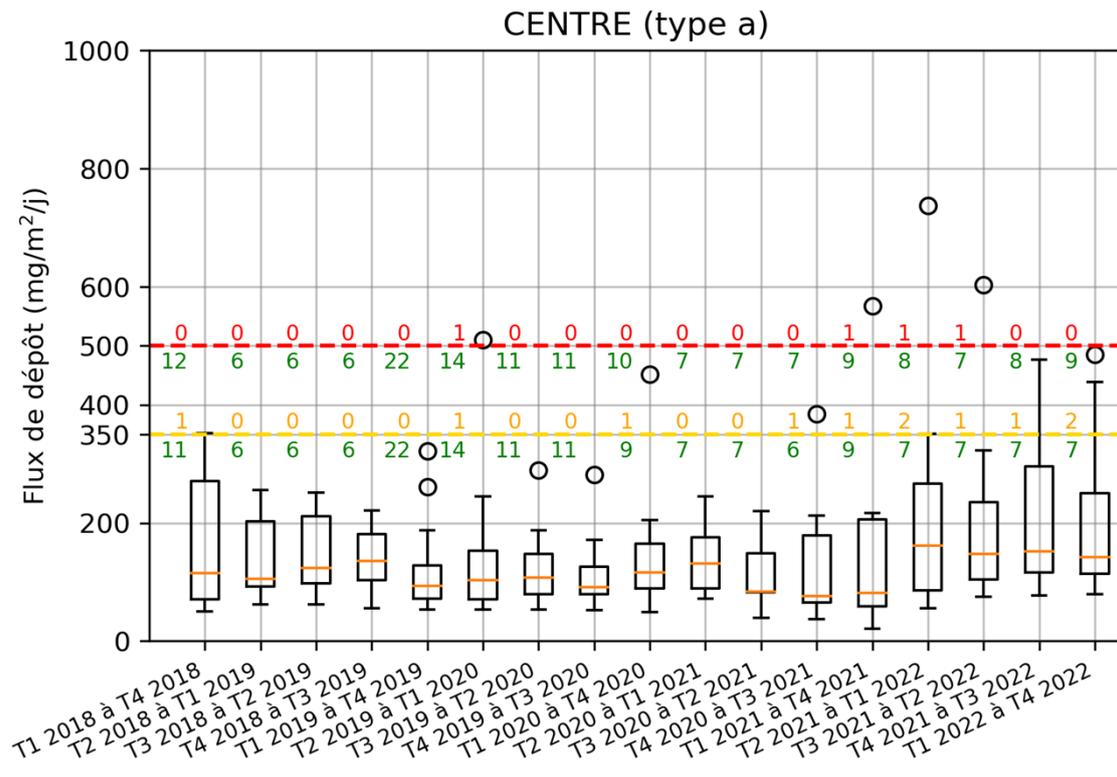
5.2 Bilans régionaux des niveaux de dépôts

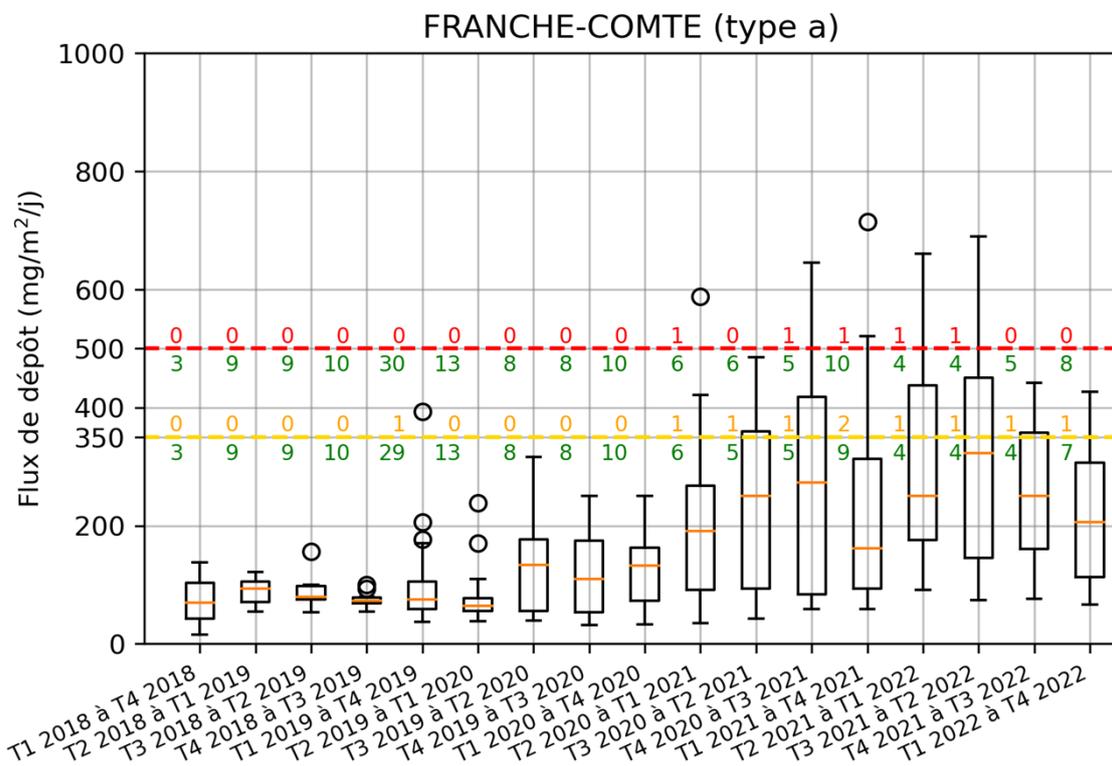
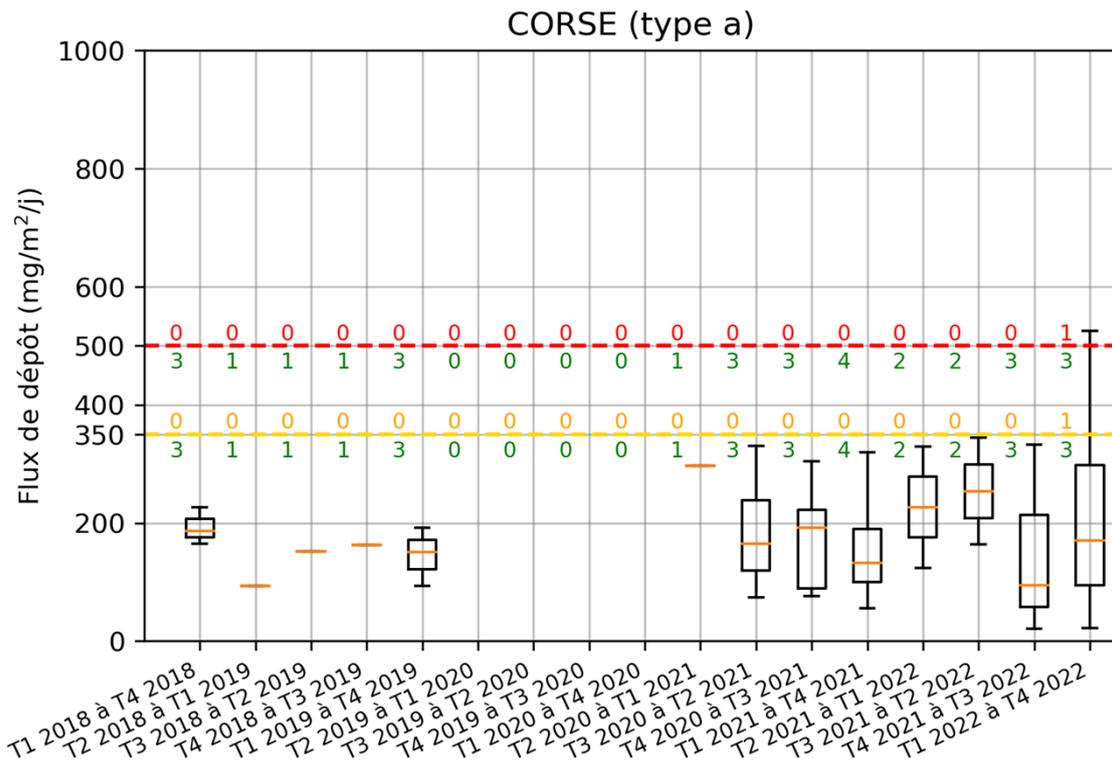
5.1.1 pour les emplacements de type (a)



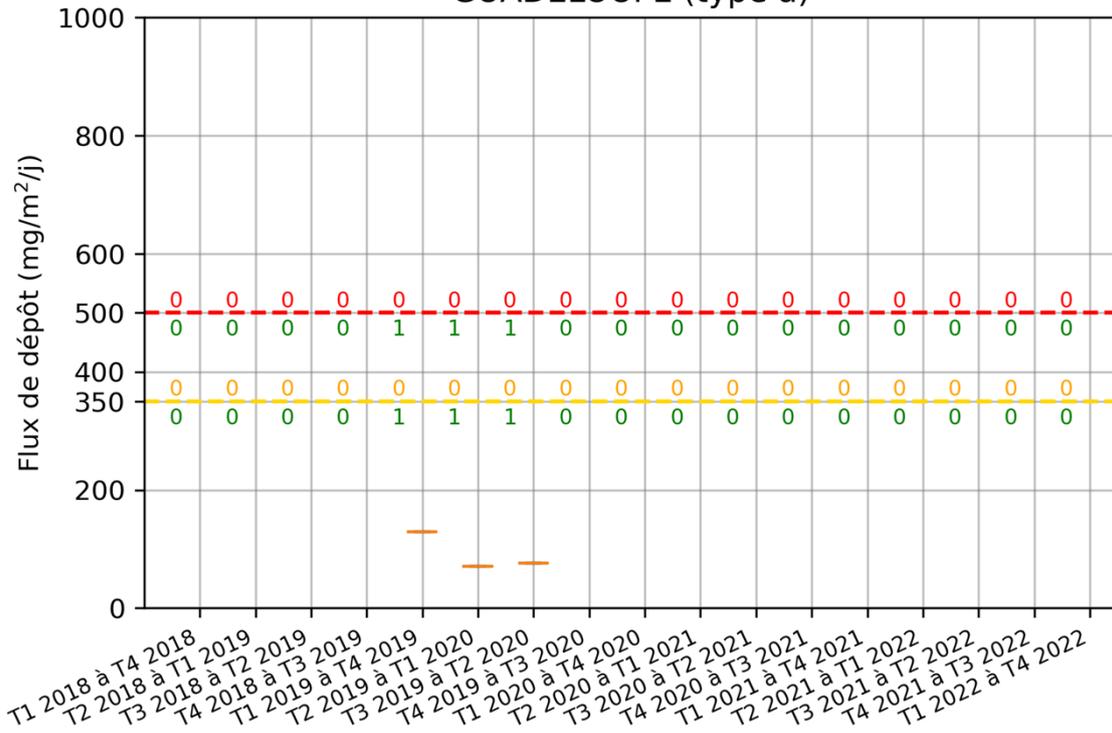




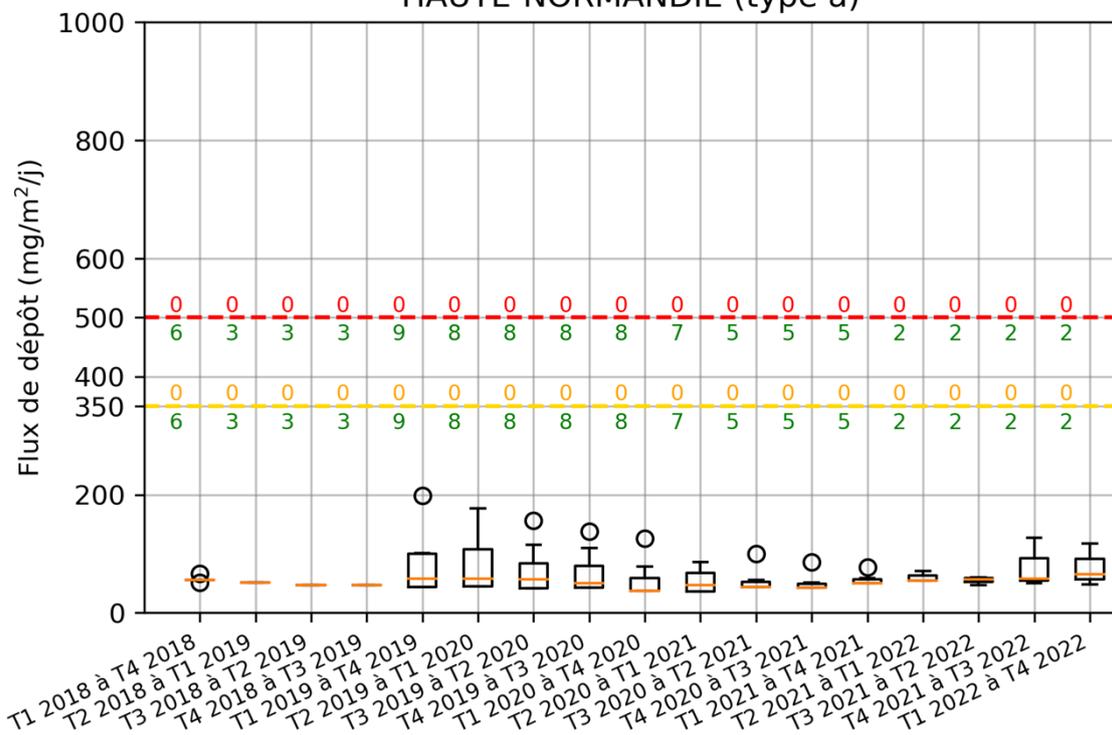


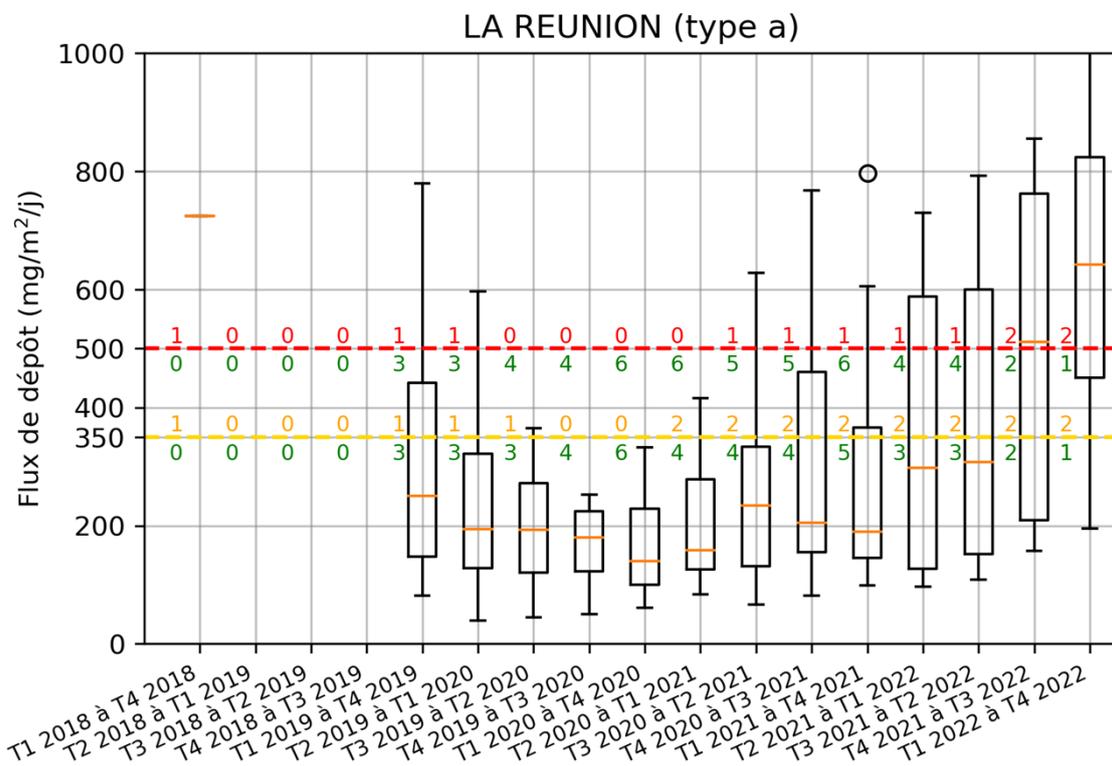
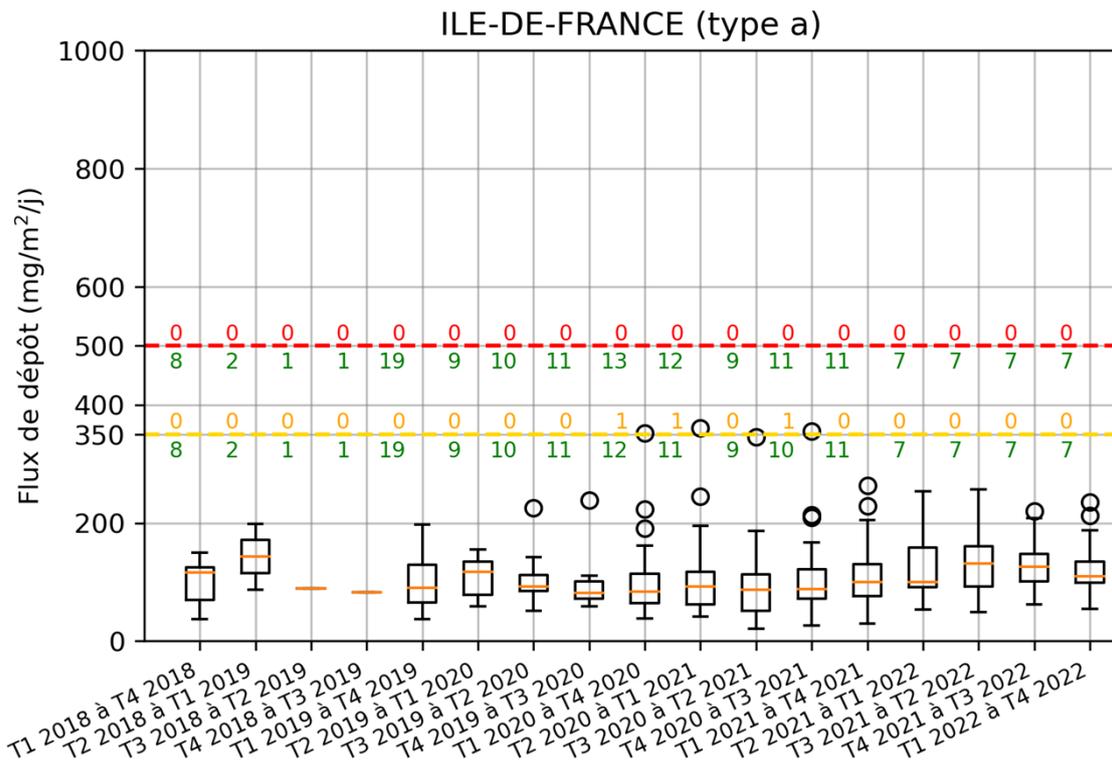


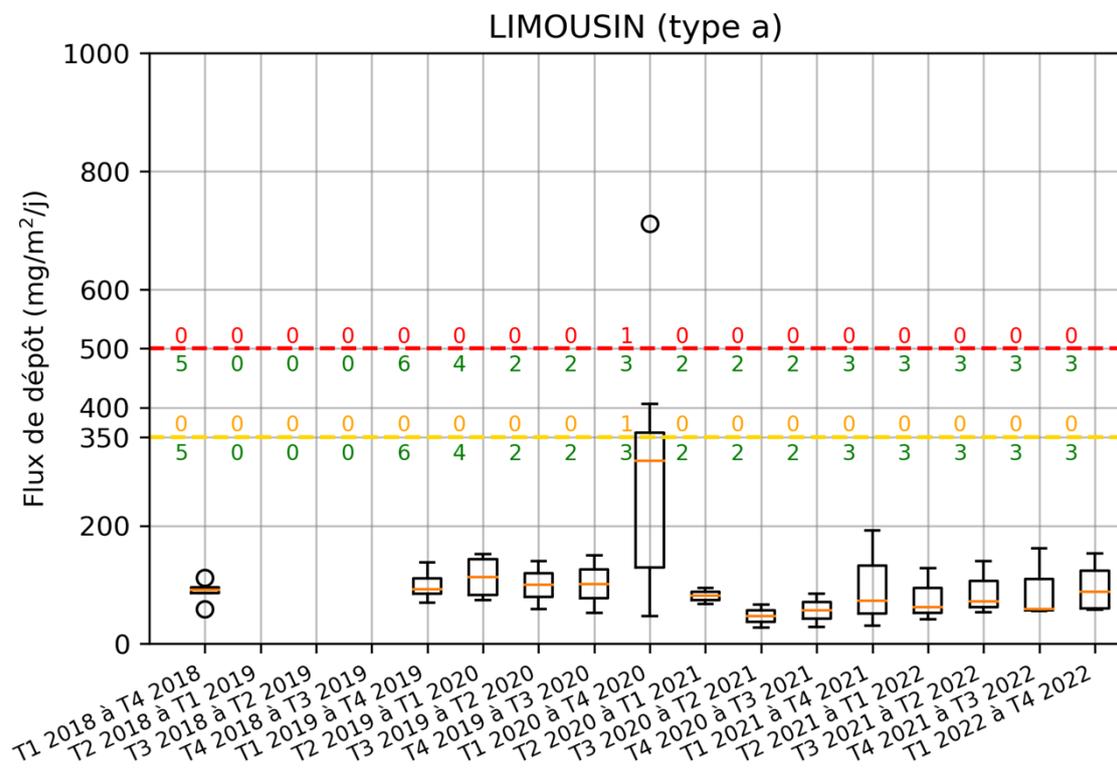
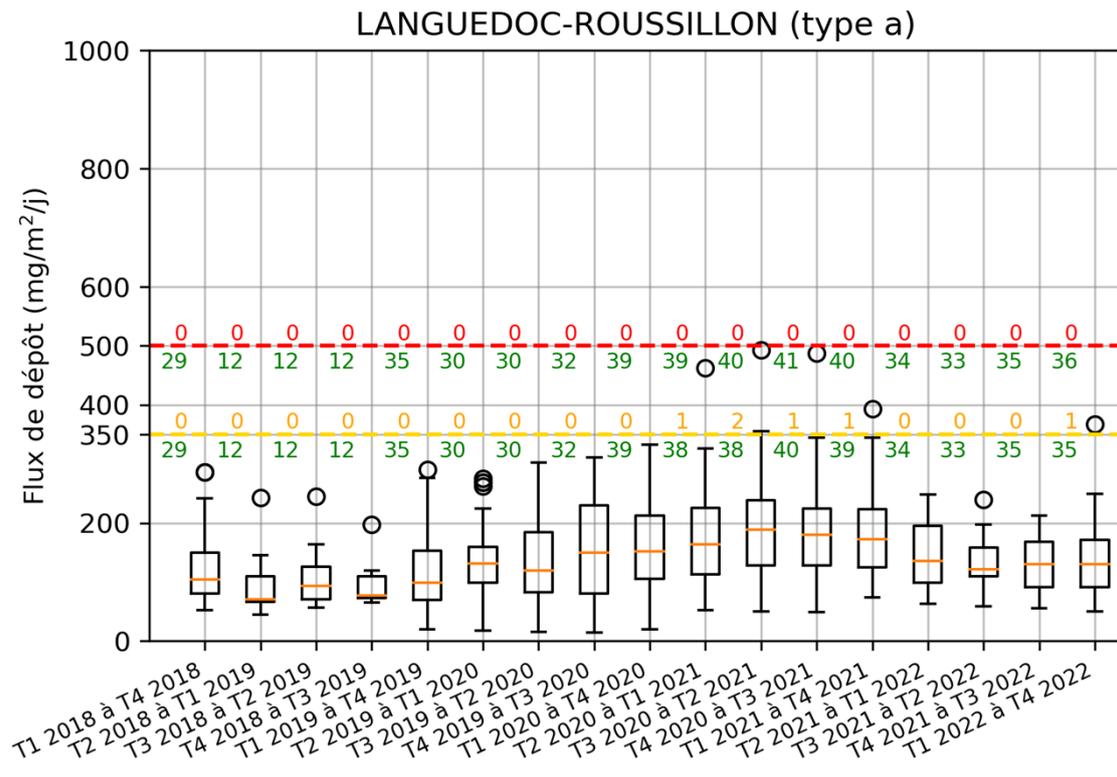
GUADELOUPE (type a)



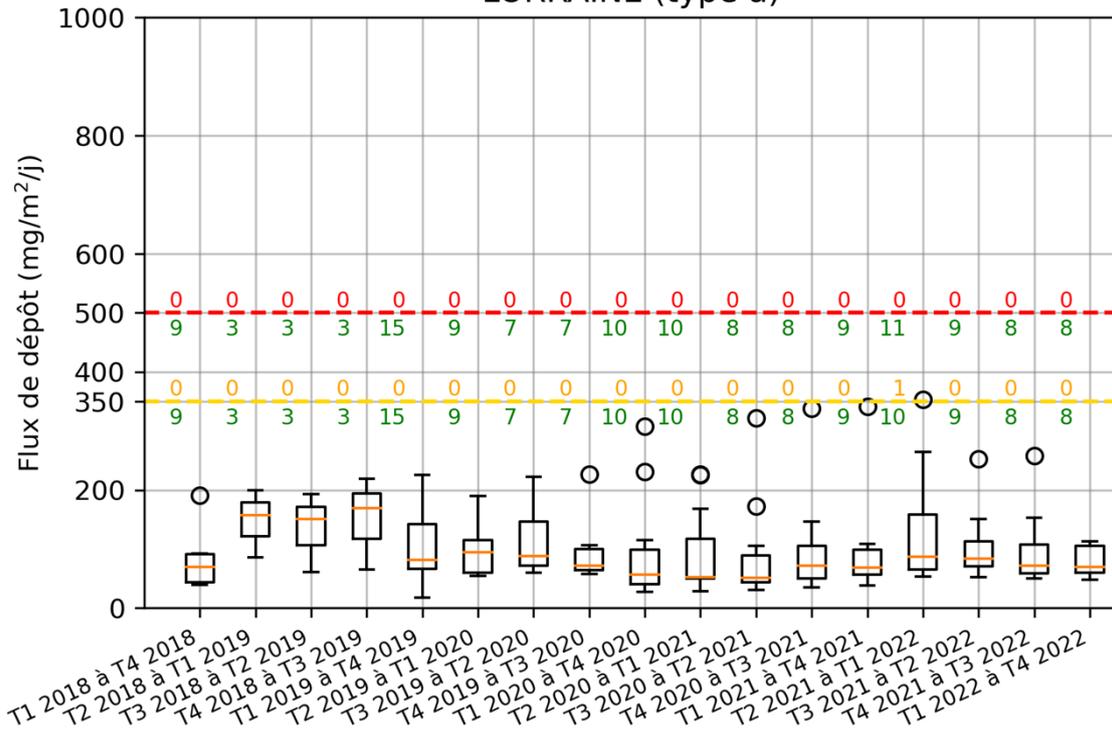
HAUTE-NORMANDIE (type a)



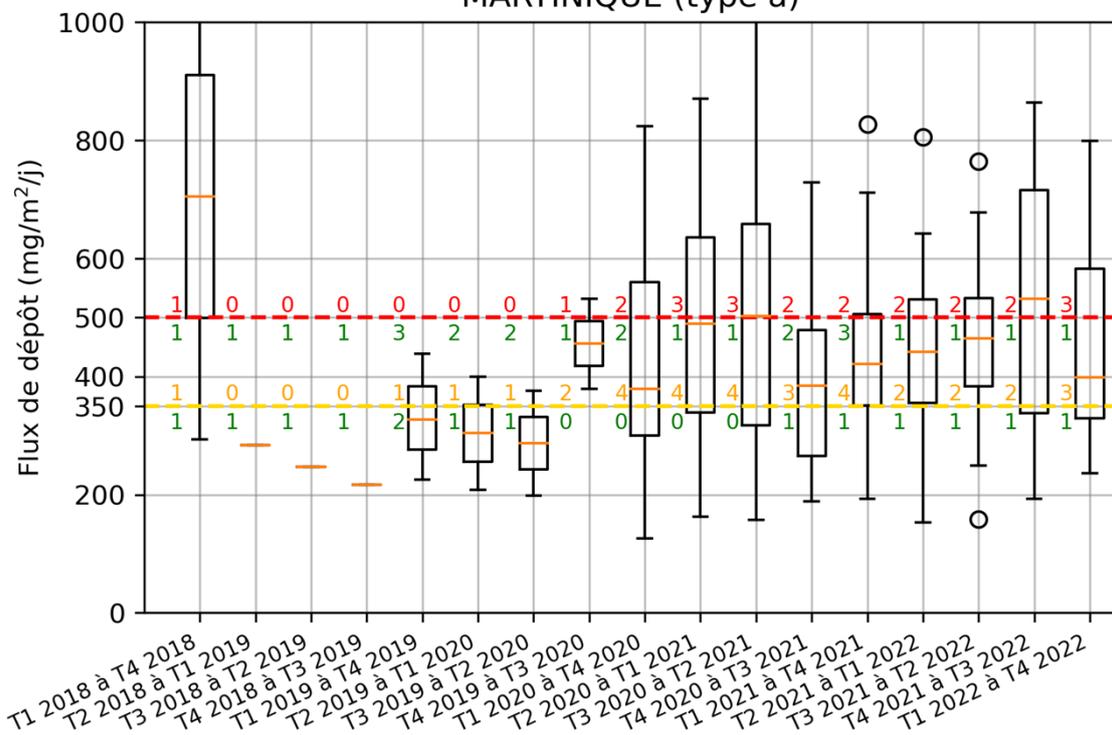




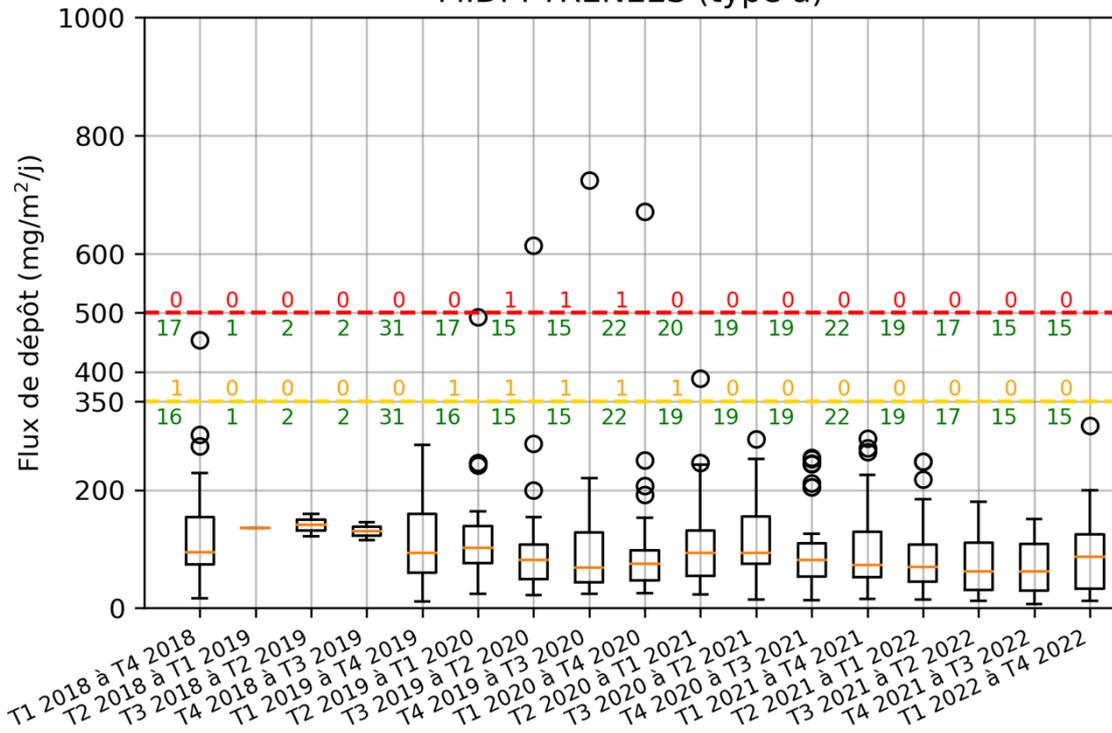
LORRAINE (type a)



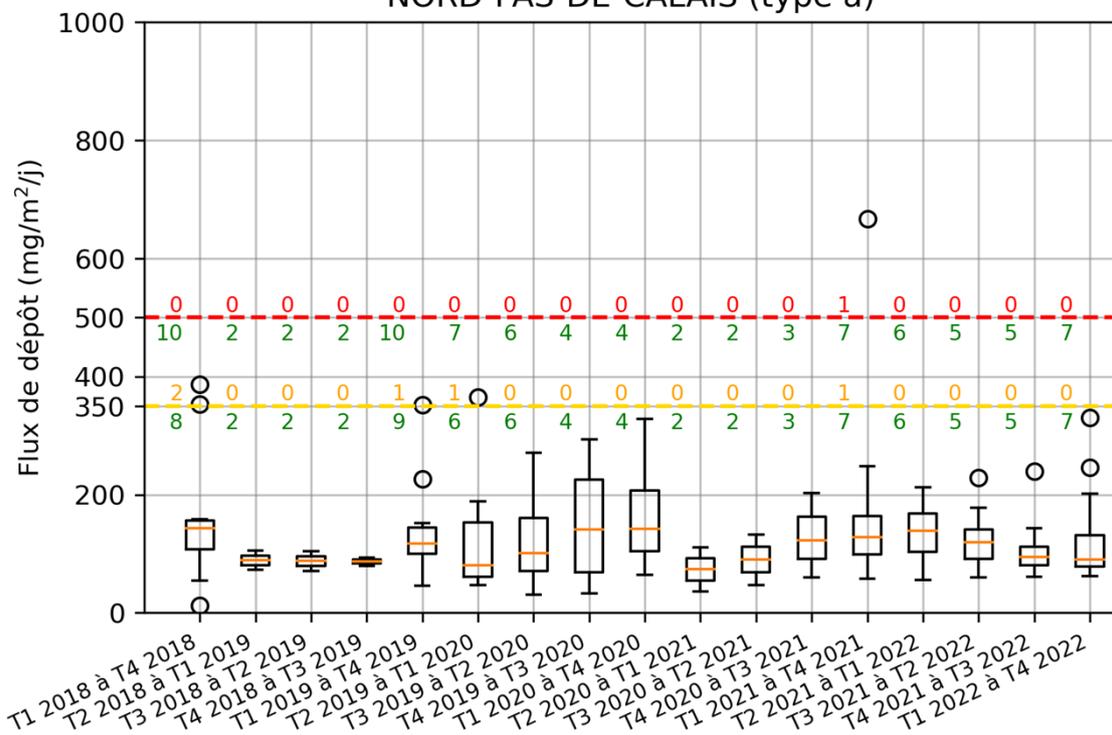
MARTINIQUE (type a)

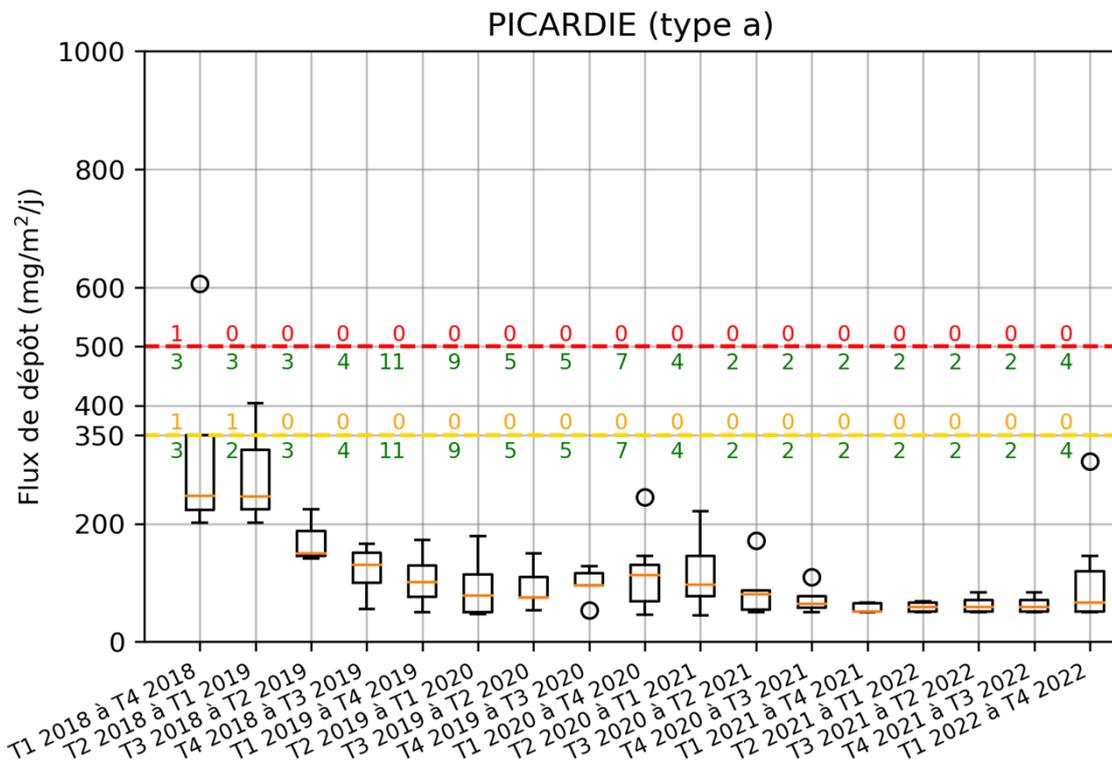
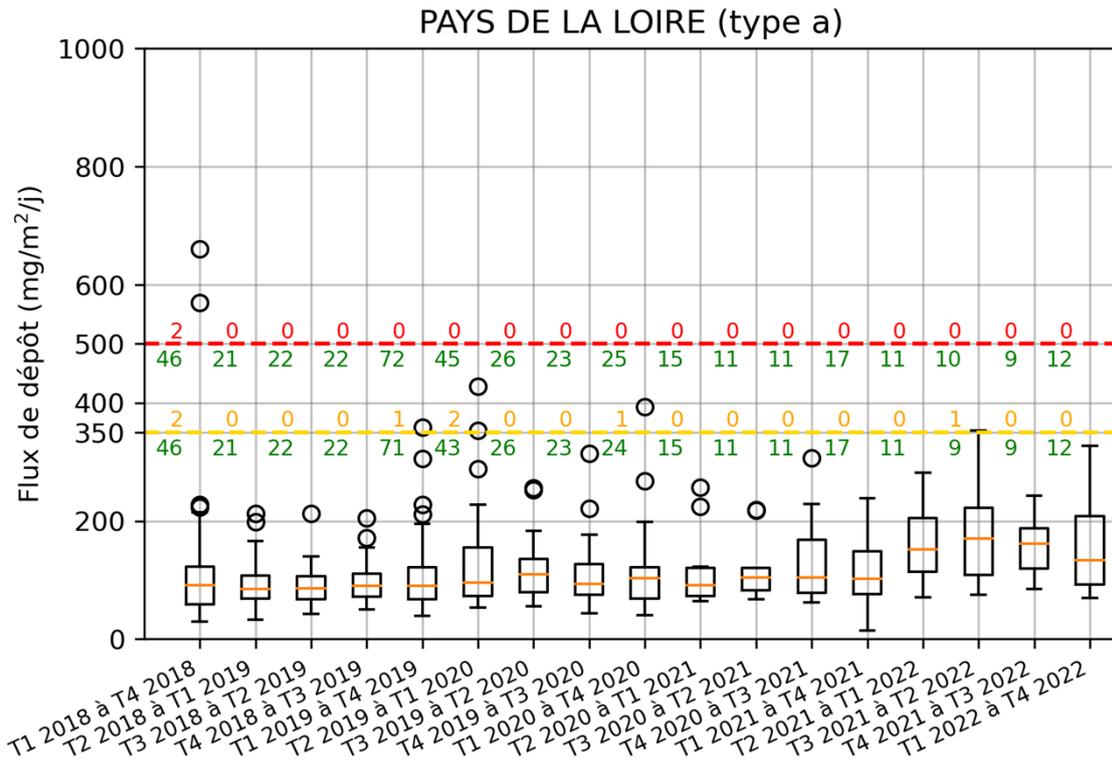


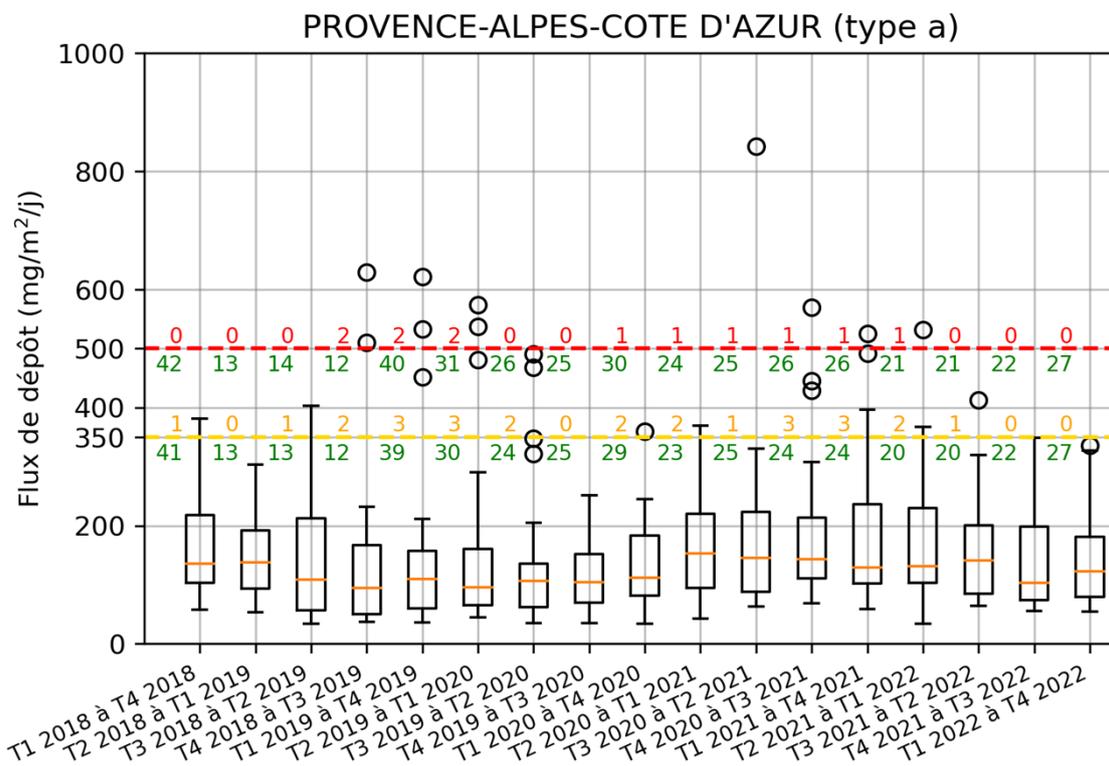
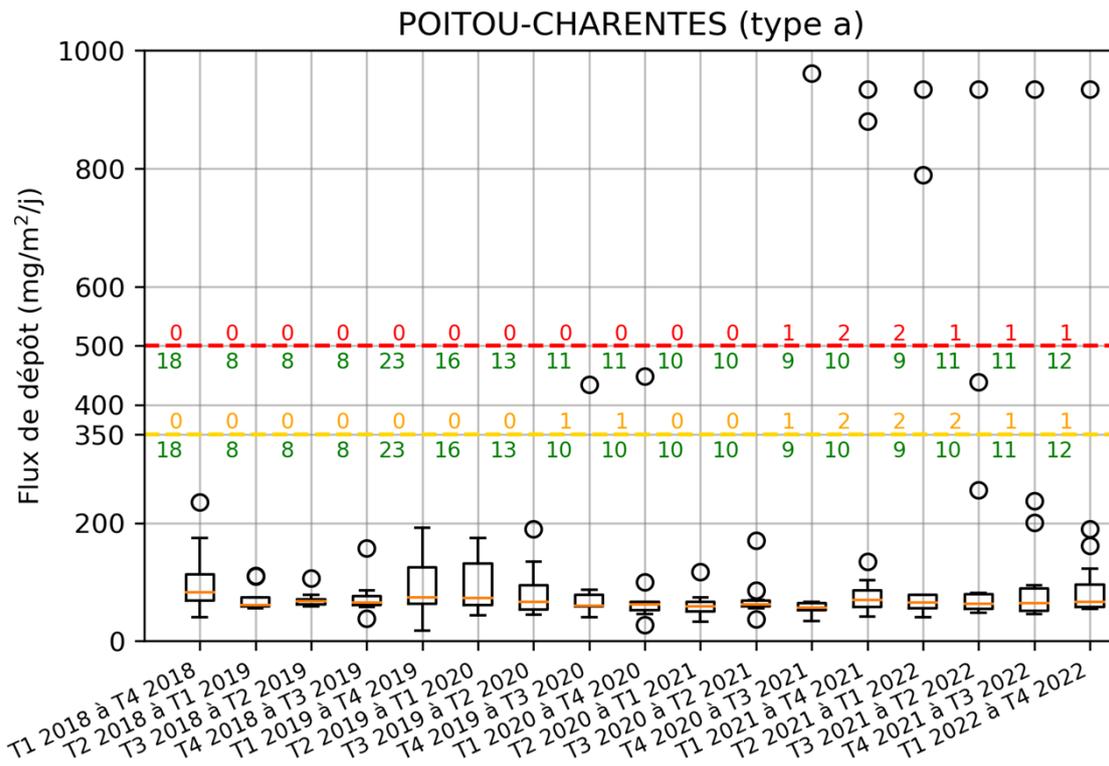
MIDI-PYRENEES (type a)

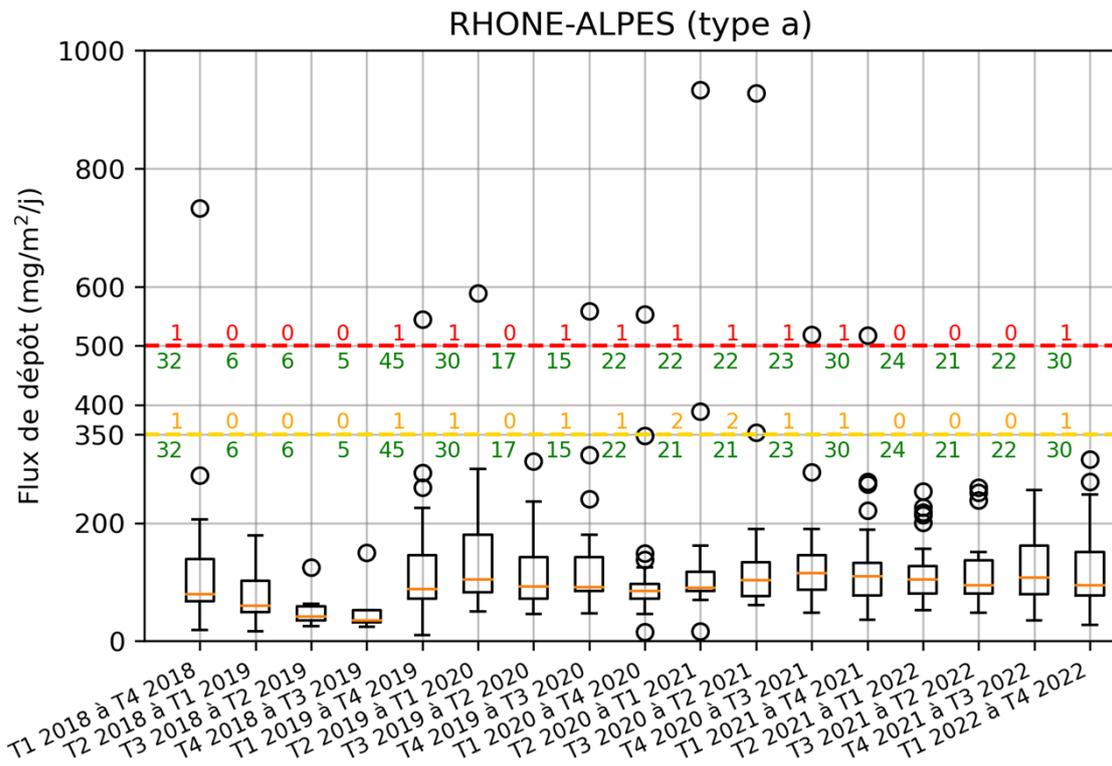


NORD-PAS-DE-CALAIS (type a)

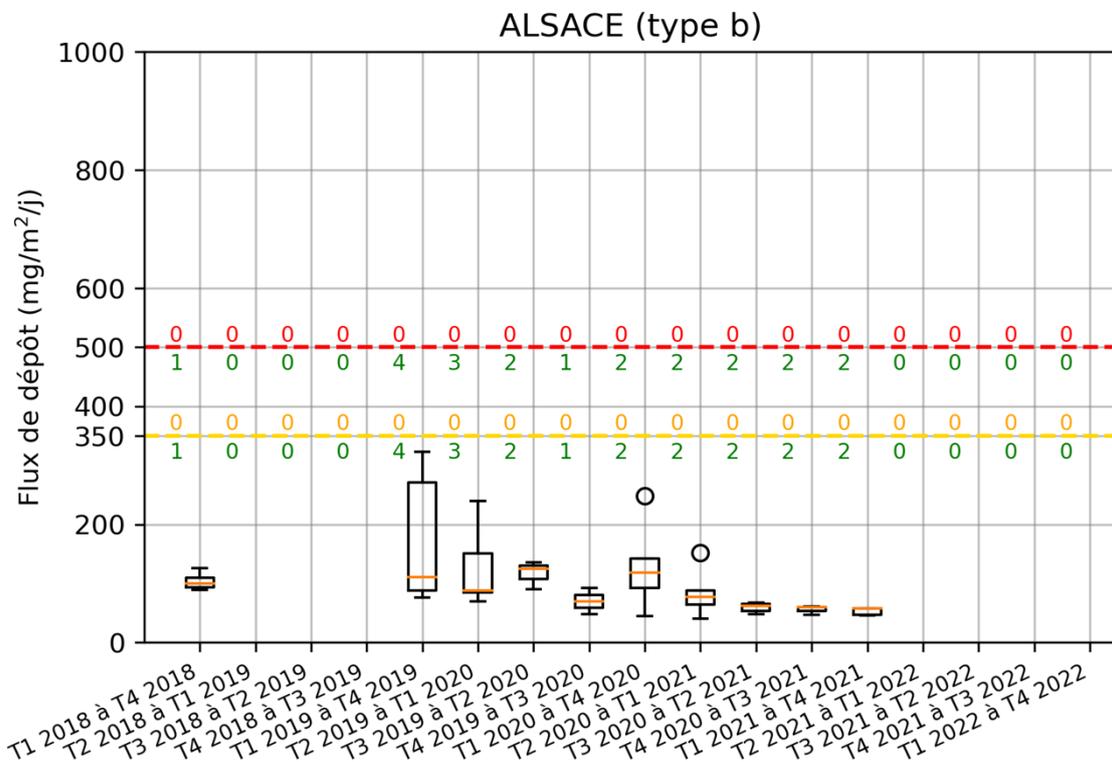


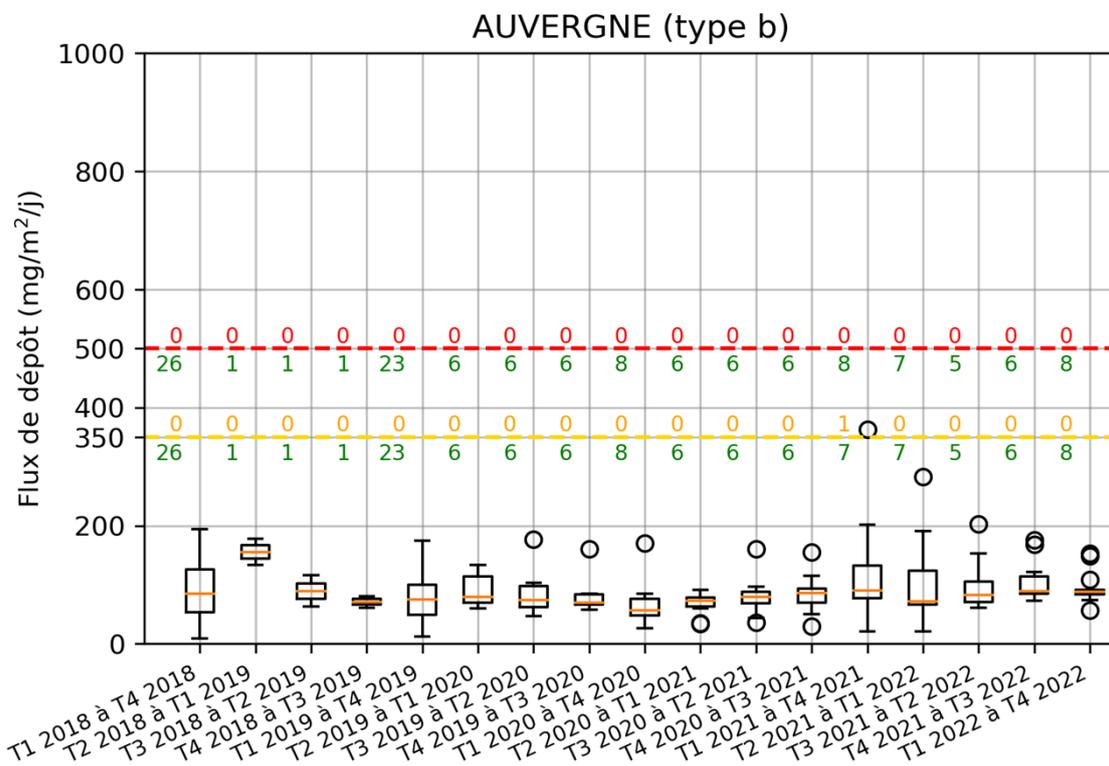
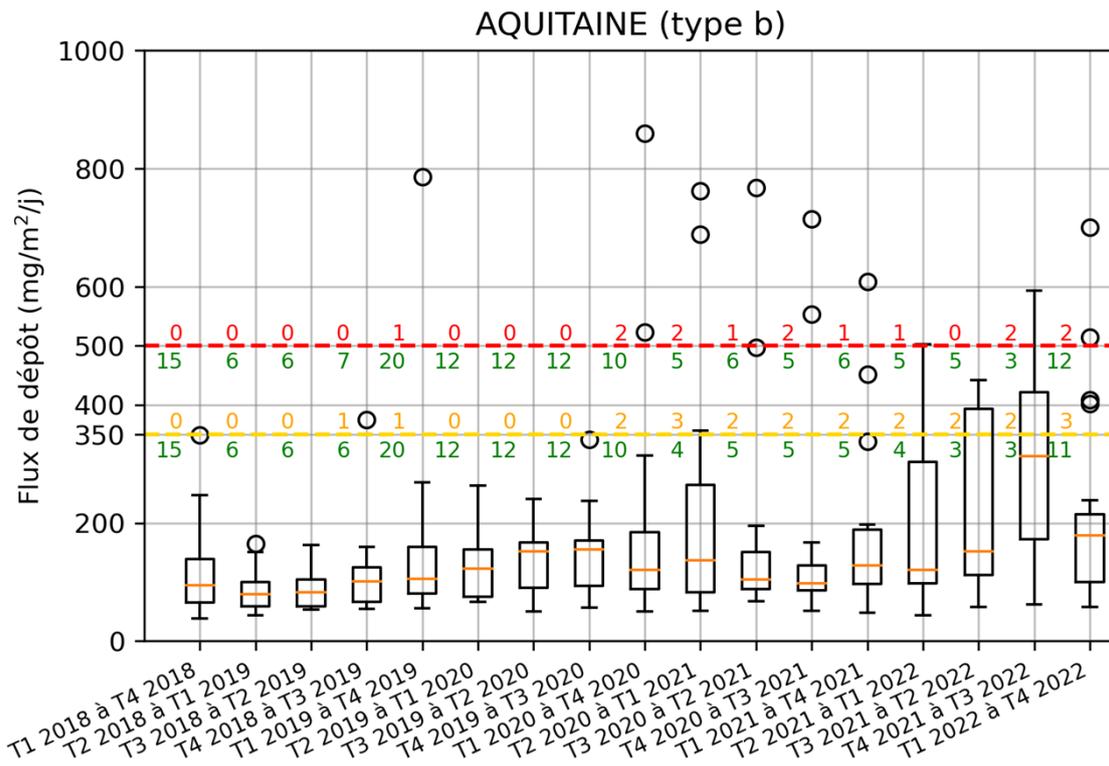


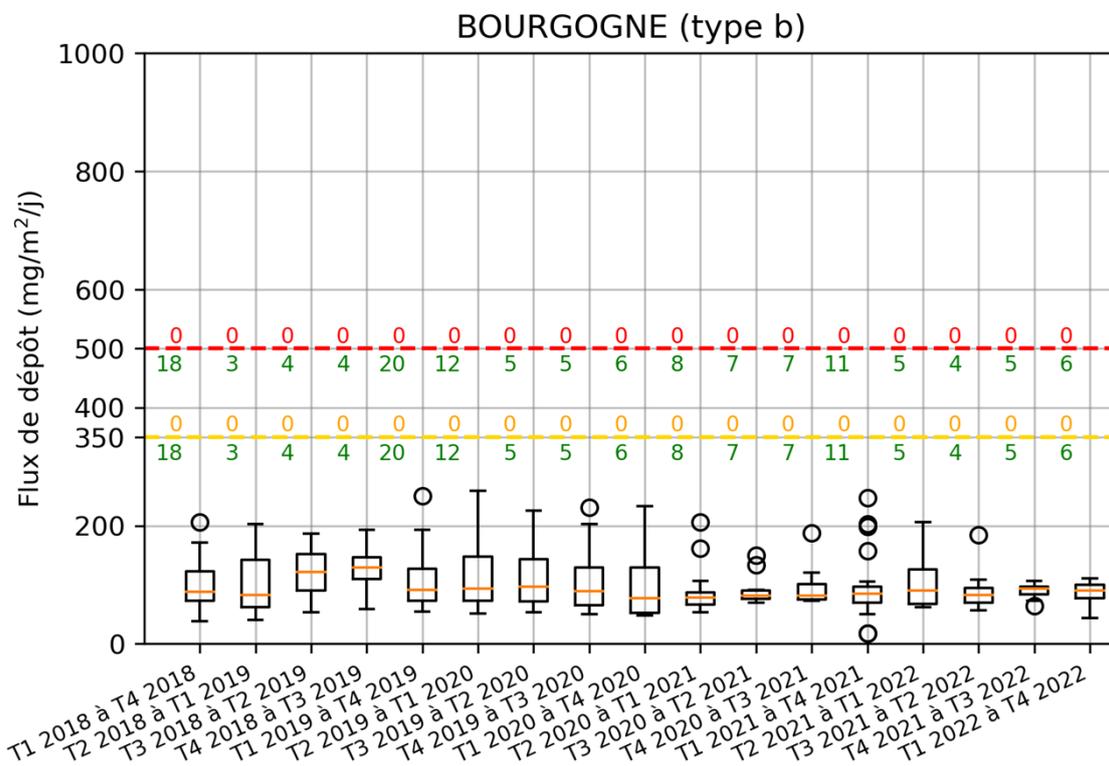
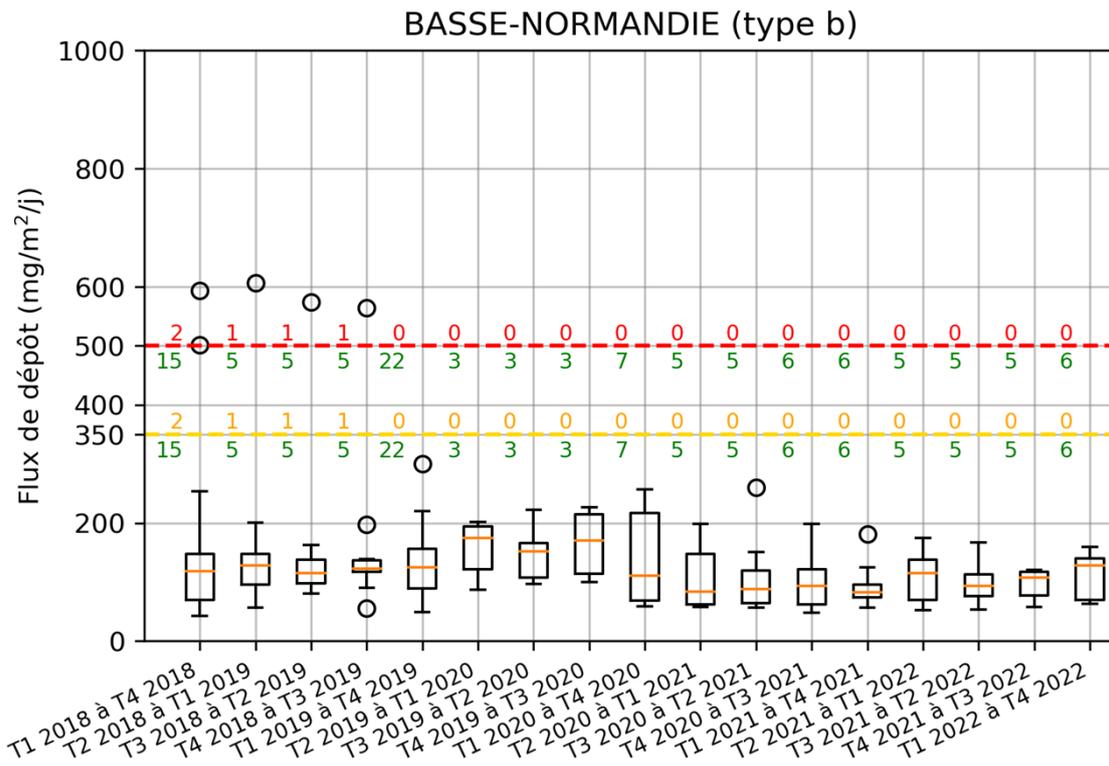


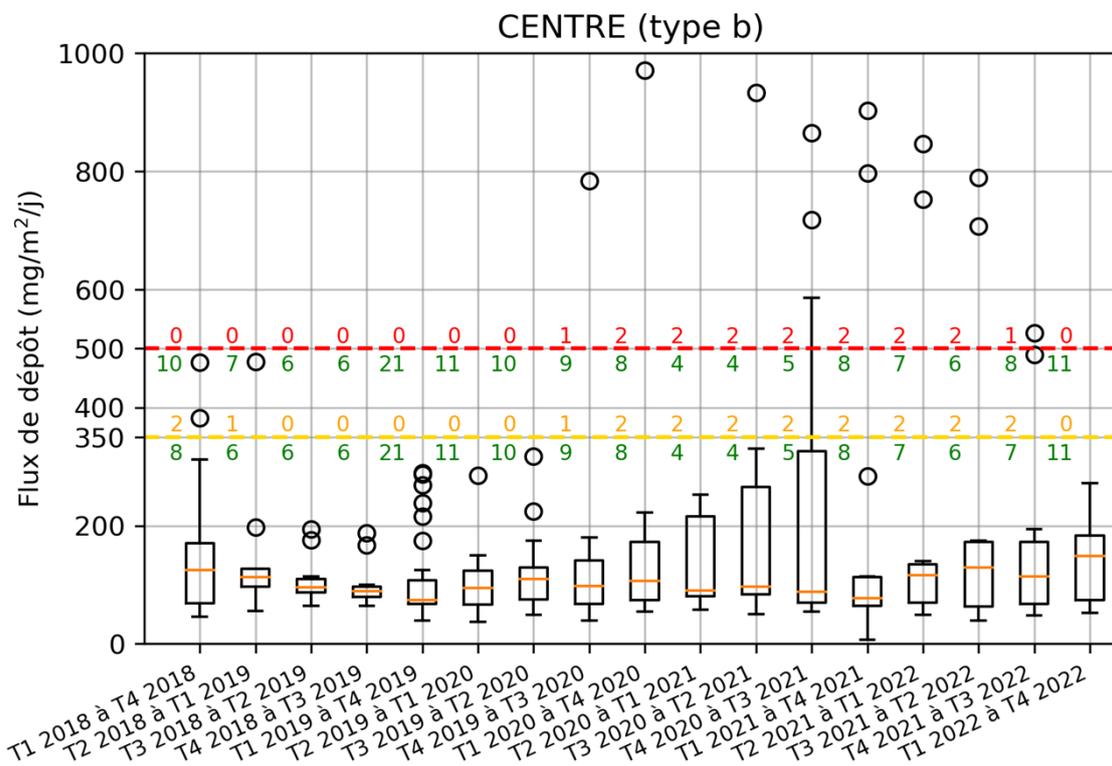
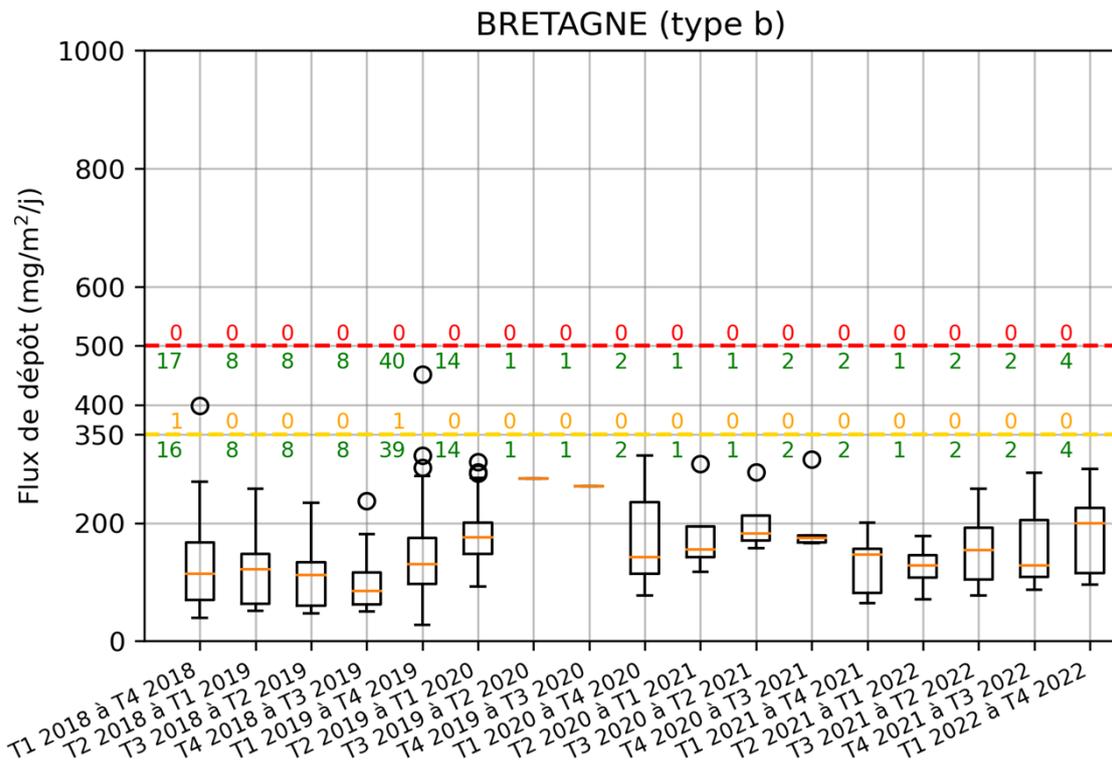


5.1.2 Pour les emplacements de type (b)

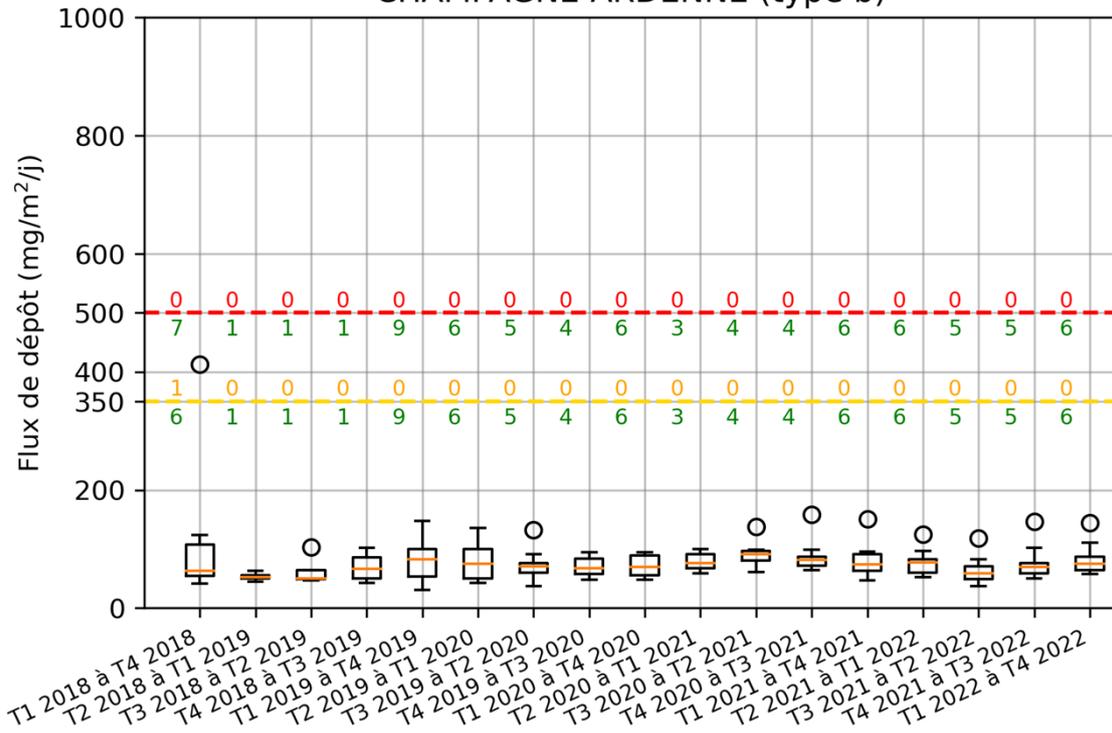




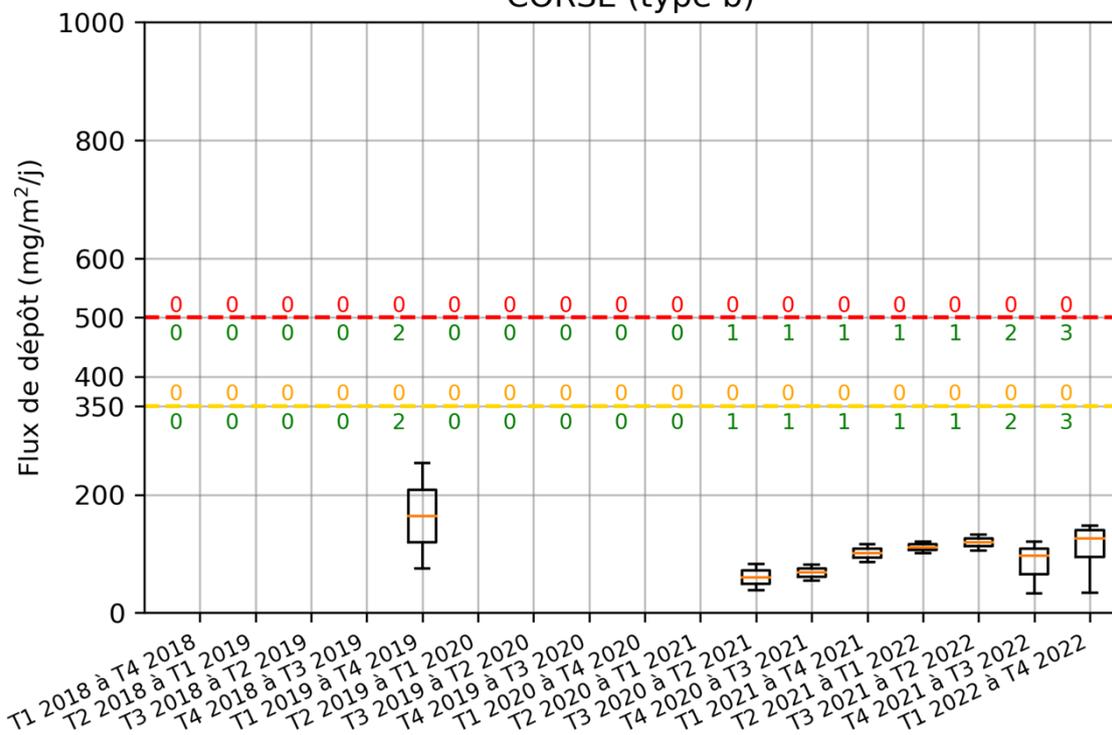


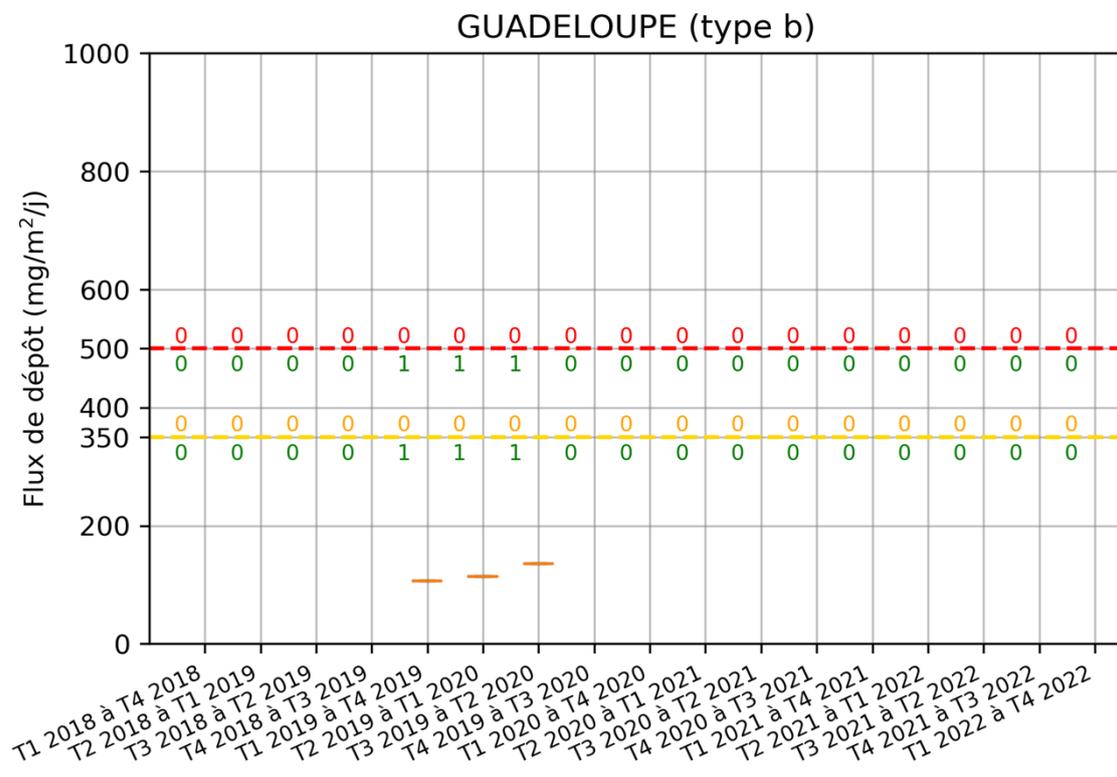
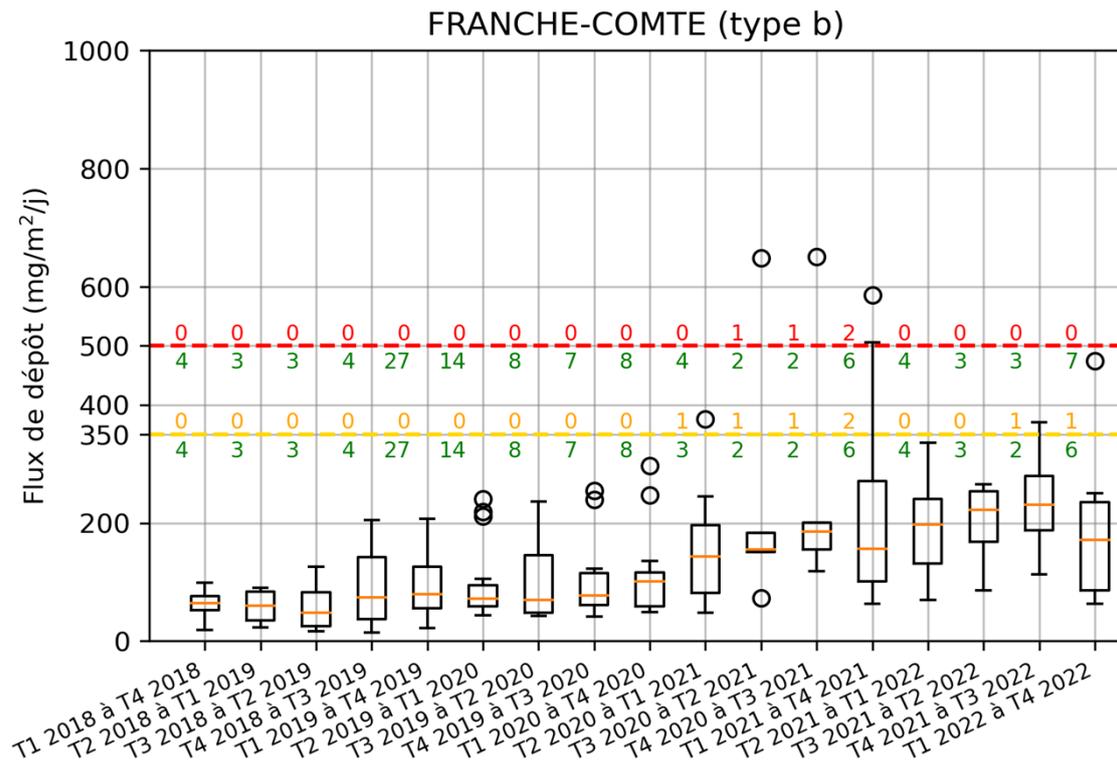


CHAMPAGNE-ARDENNE (type b)

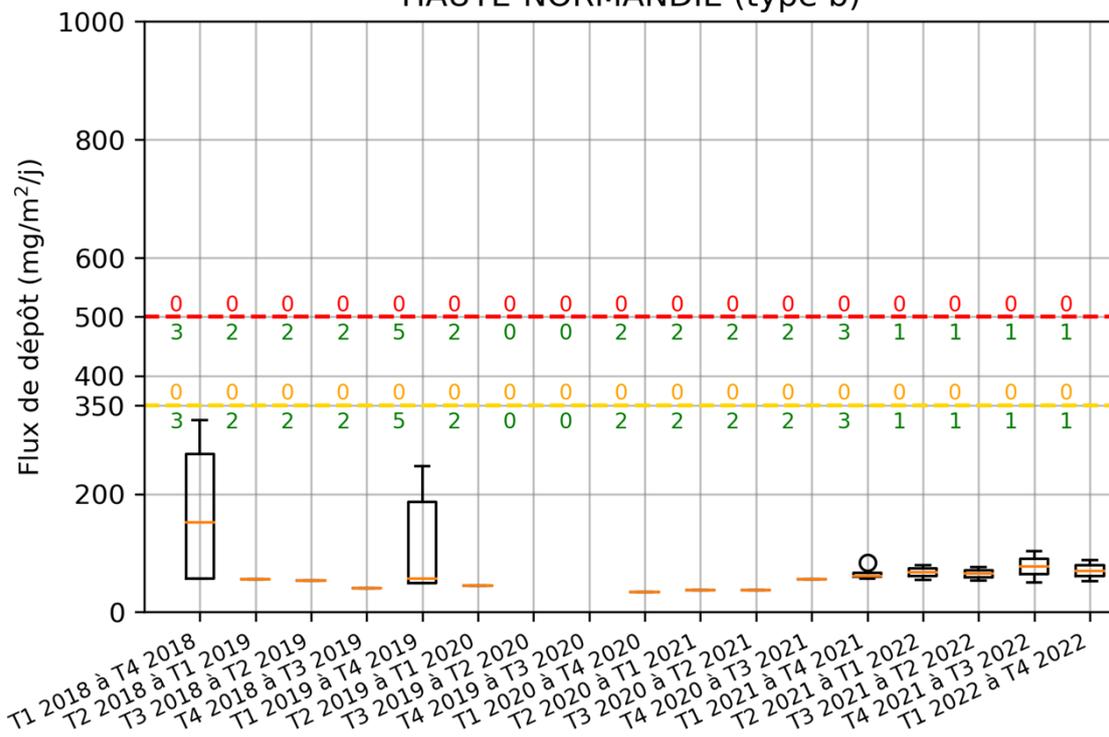


CORSE (type b)

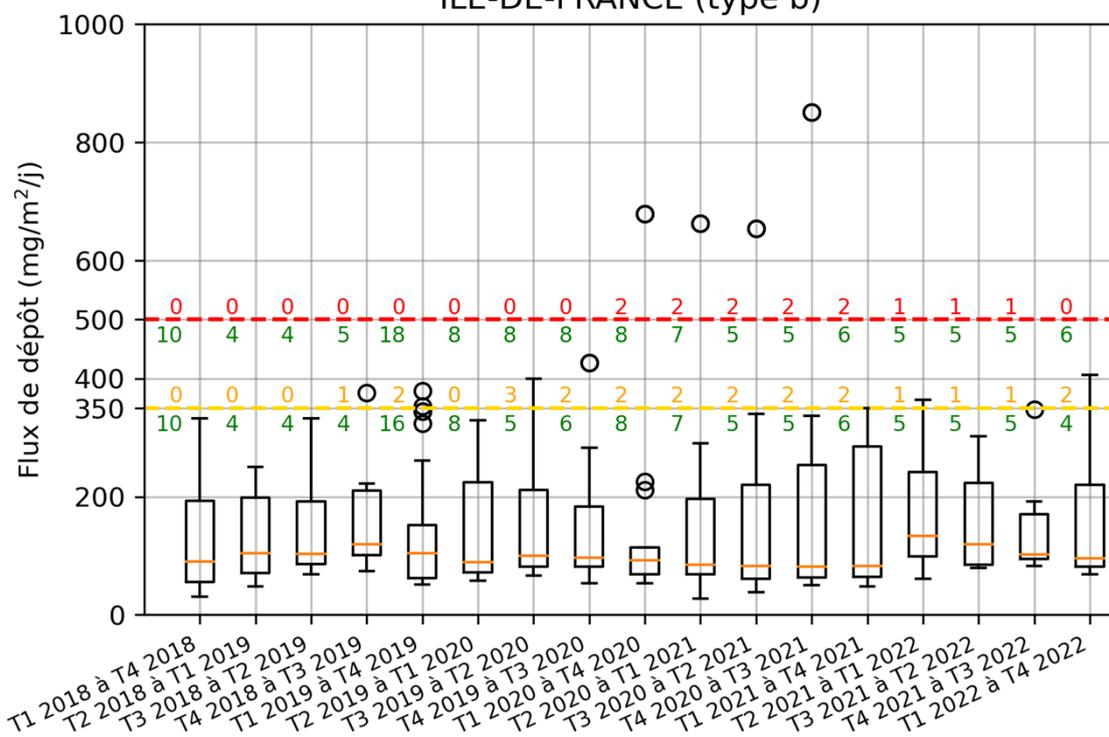




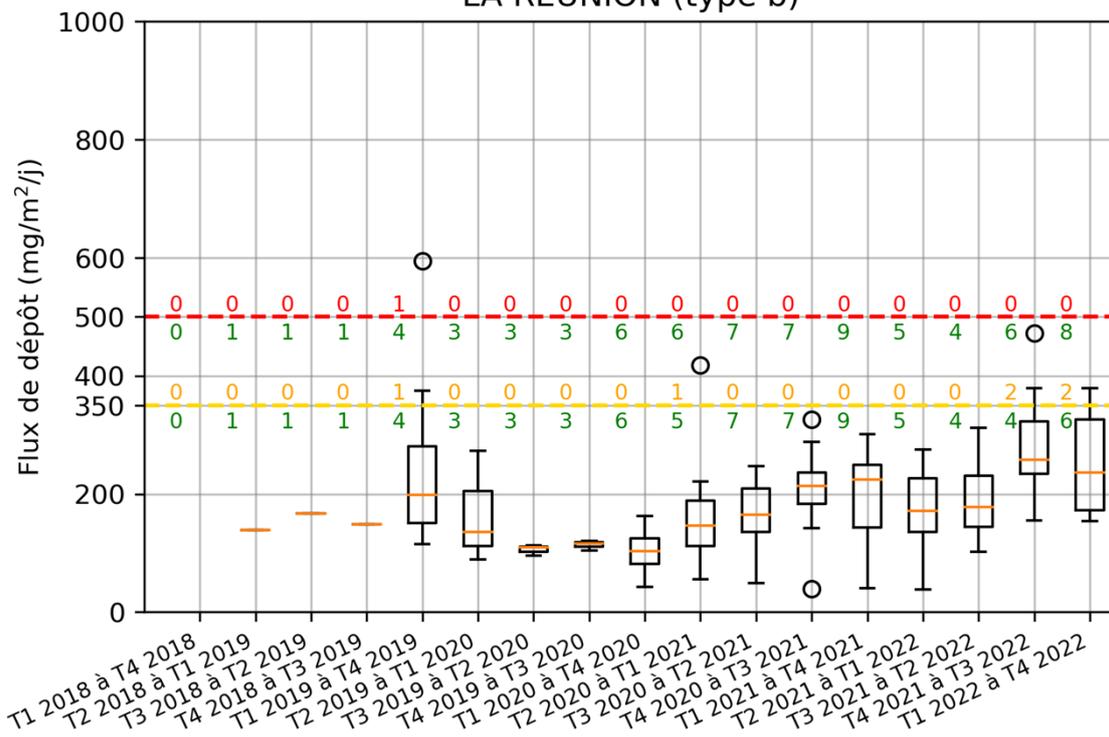
HAUTE-NORMANDIE (type b)



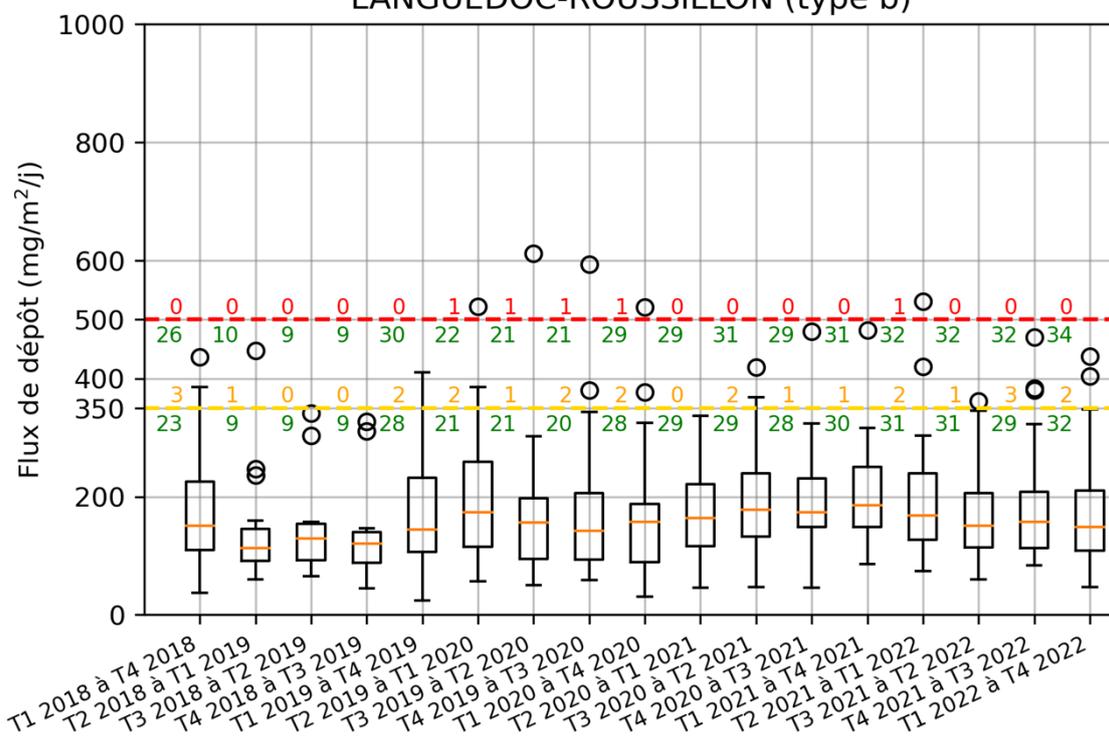
ILE-DE-FRANCE (type b)

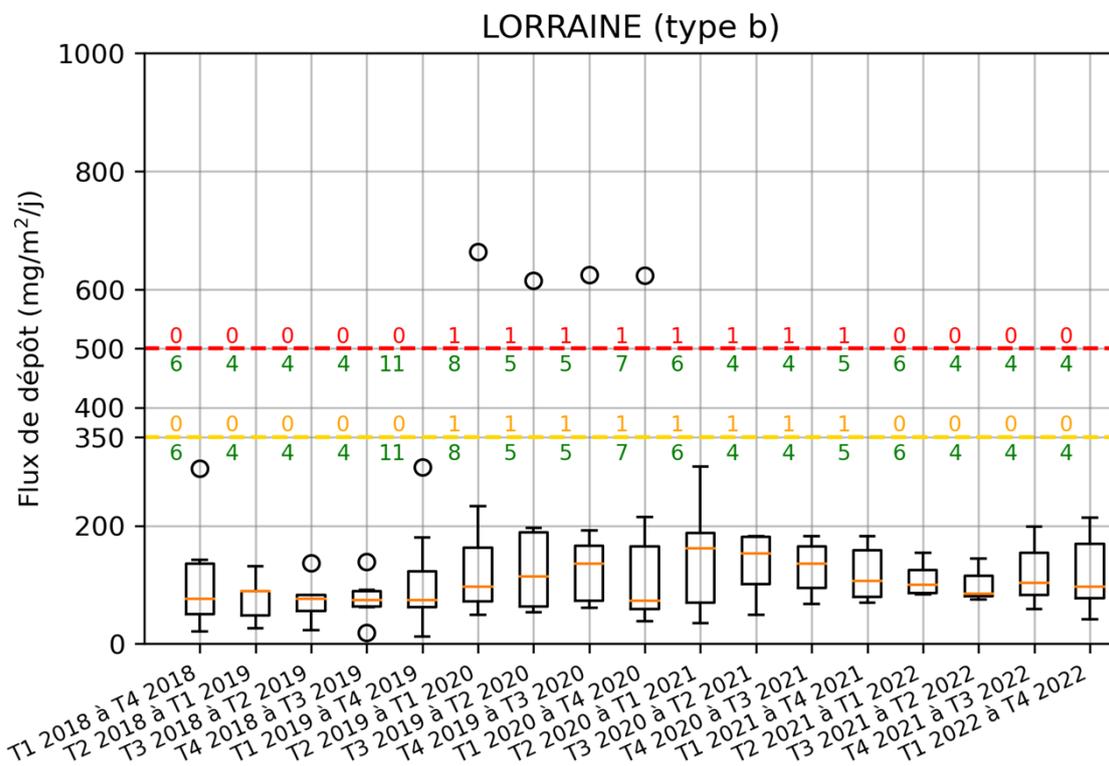
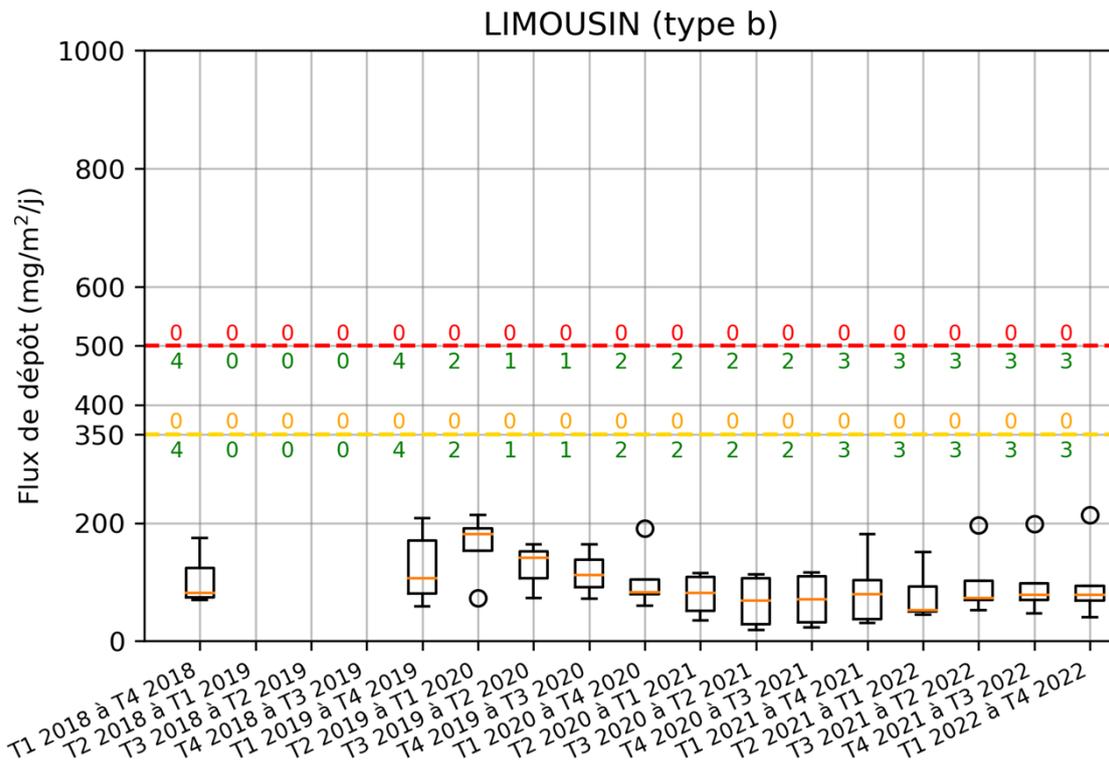


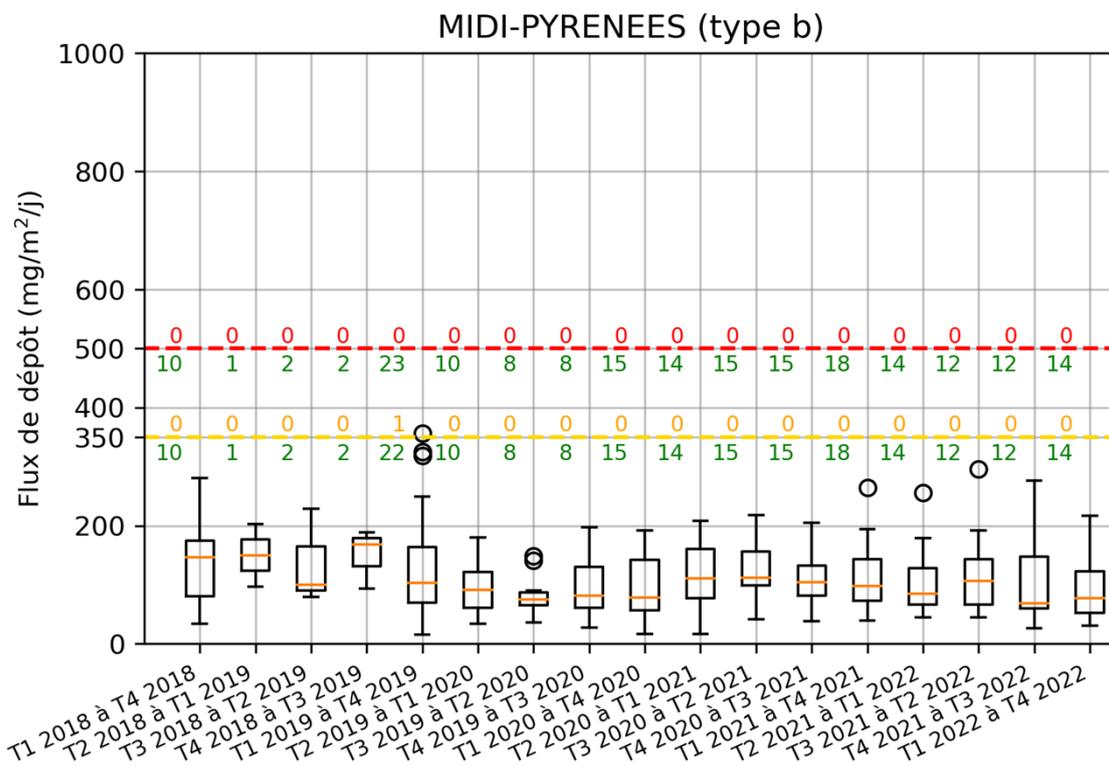
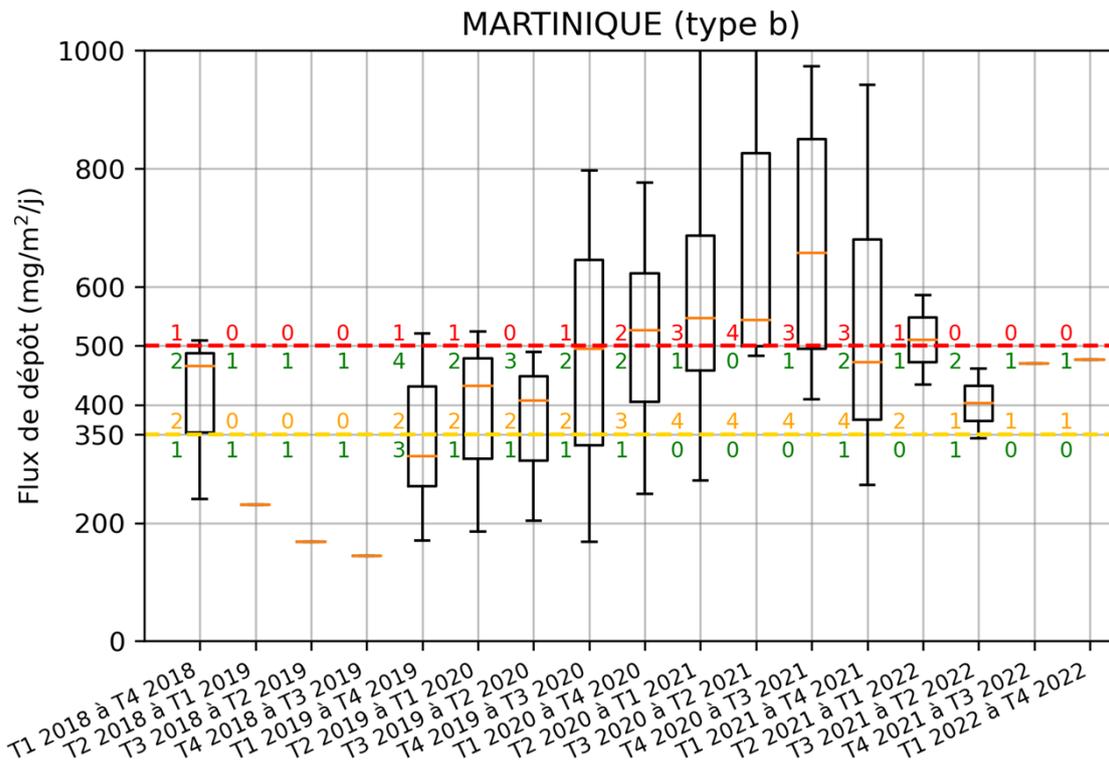
LA REUNION (type b)



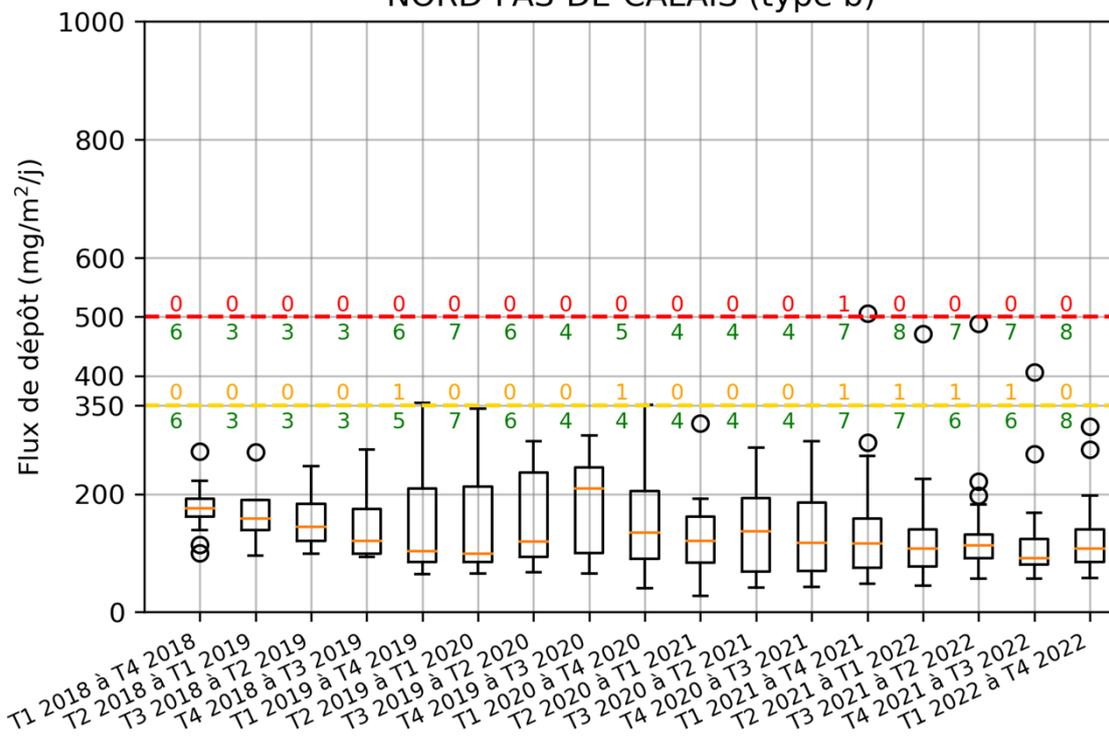
LANGUEDOC-ROUSSILLON (type b)



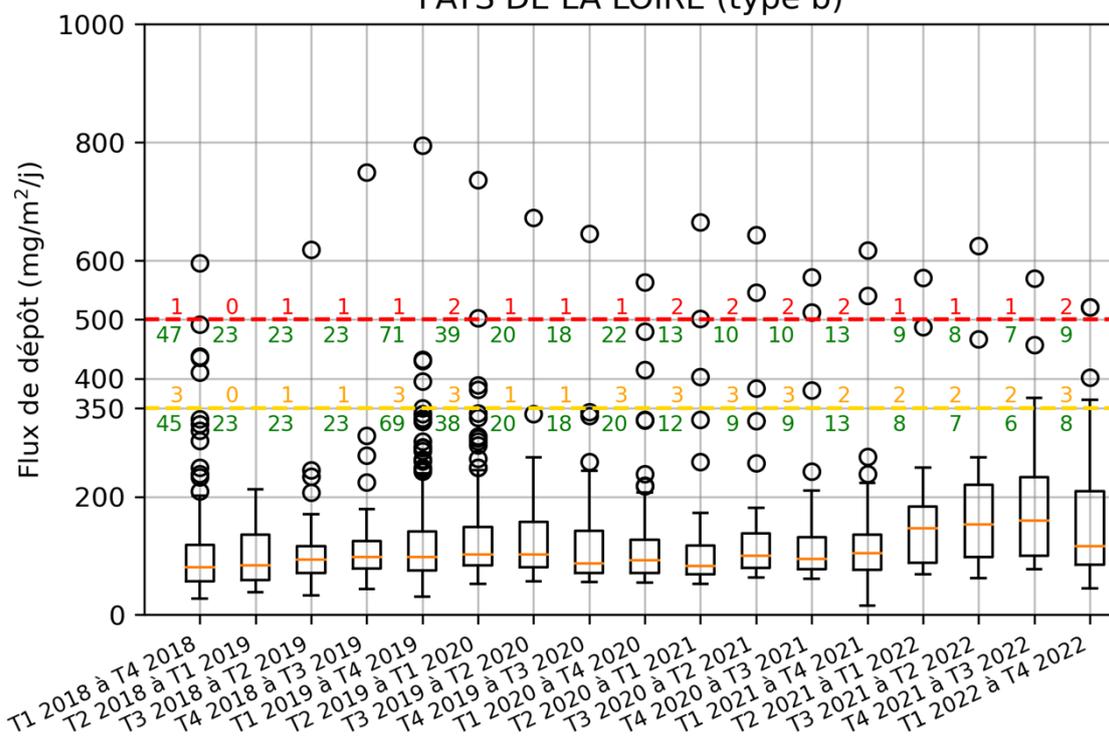


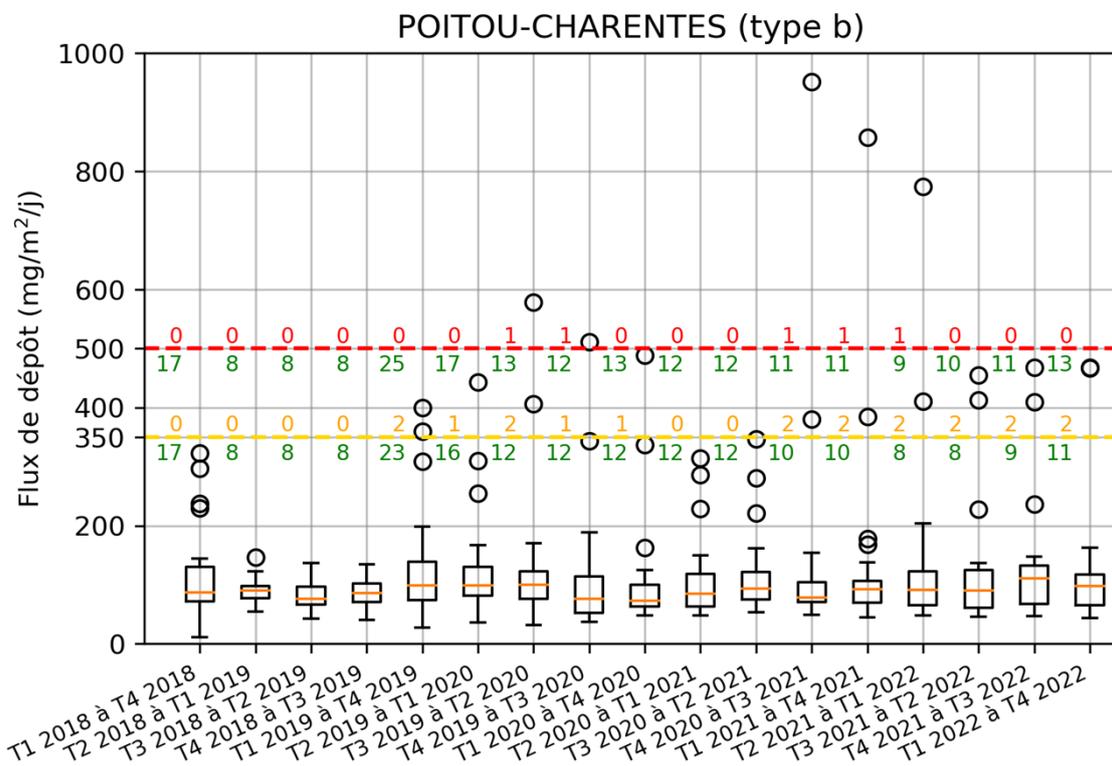
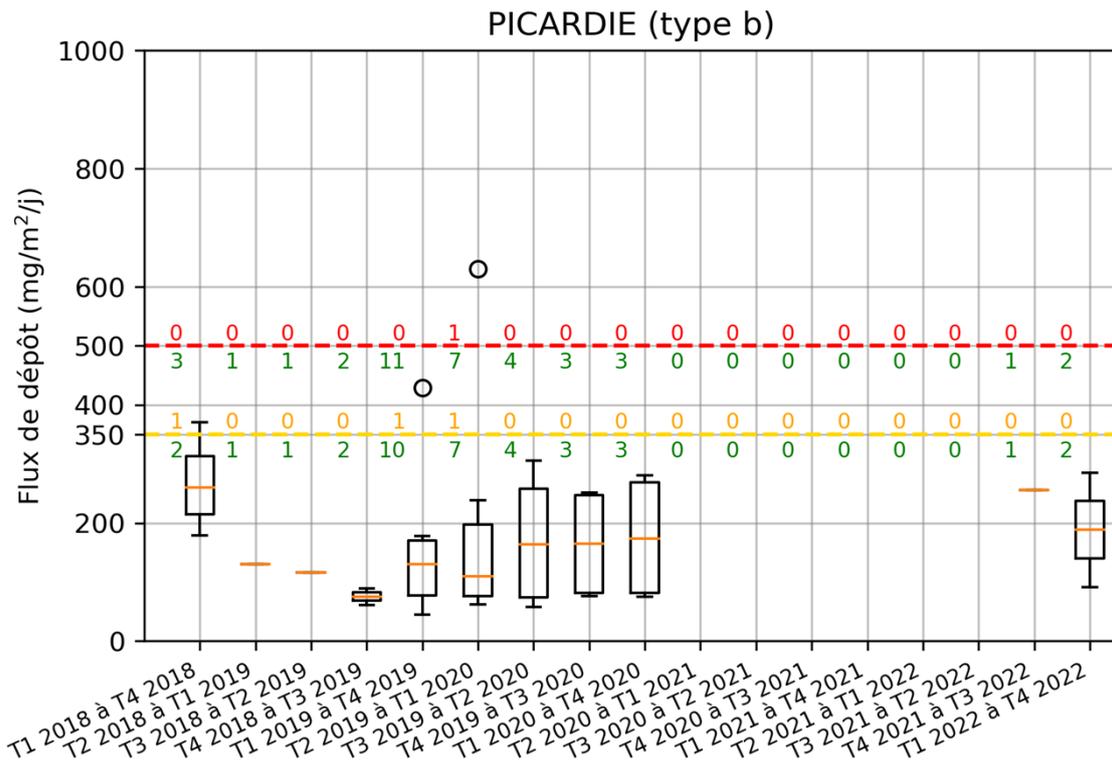


NORD-PAS-DE-CALAIS (type b)

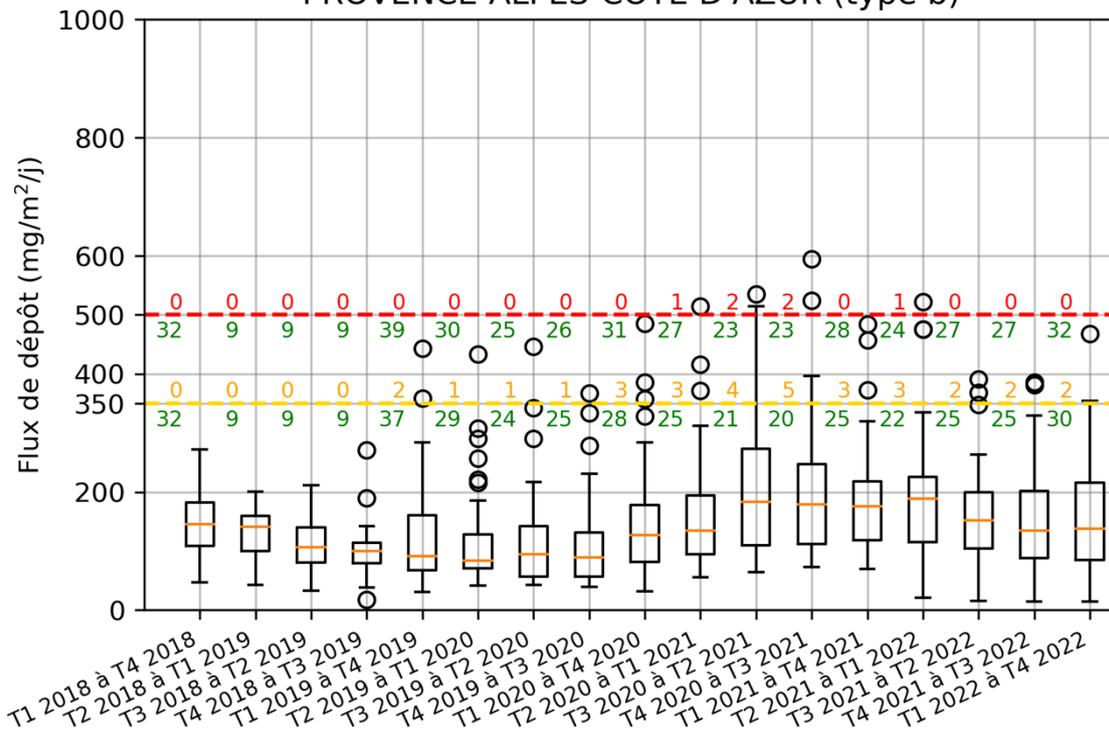


PAYS DE LA LOIRE (type b)

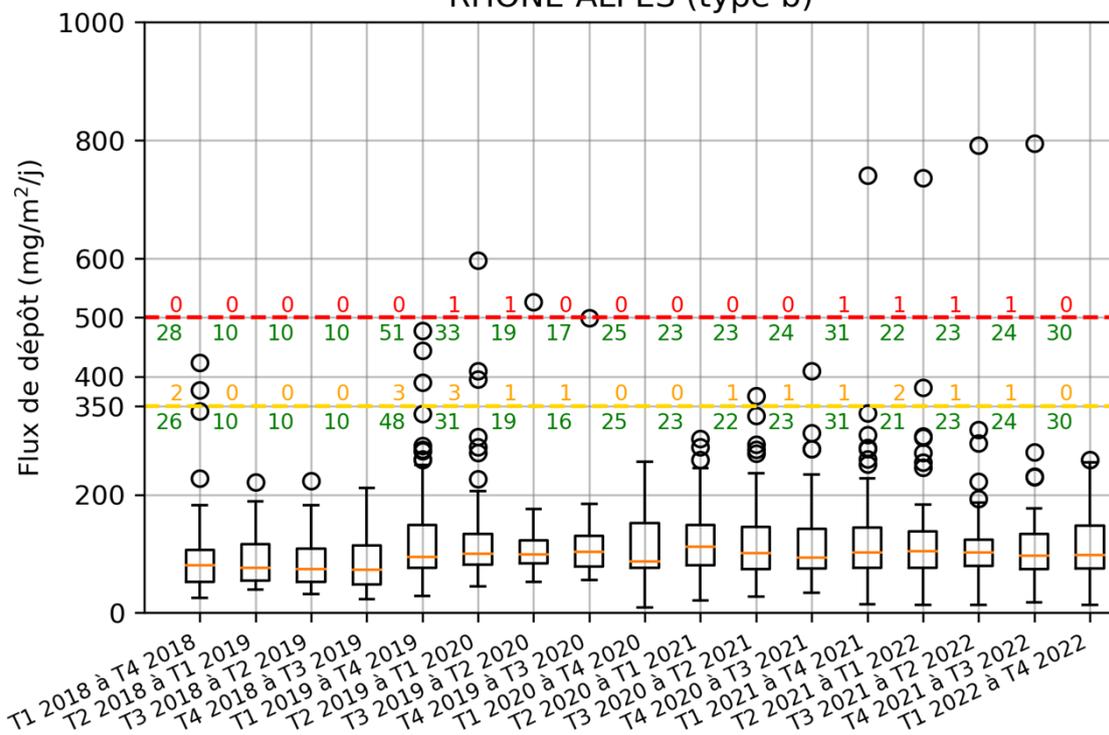




PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (type b)



RHONE-ALPES (type b)



5.3 Cartographie de dépôts et de production

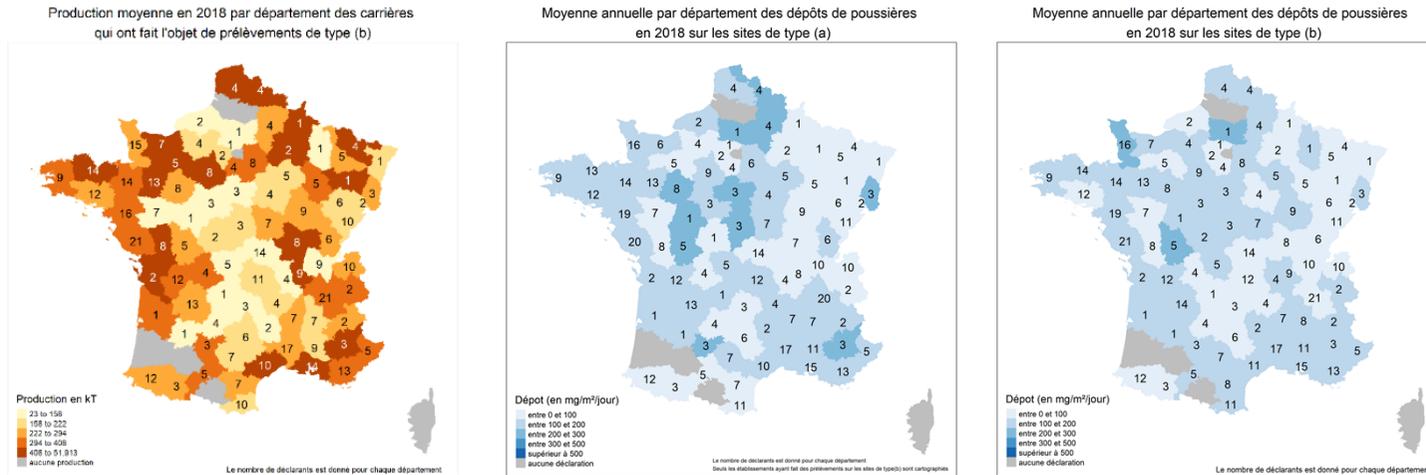


Figure 16 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2018 sur les emplacements de type (a) et (b)

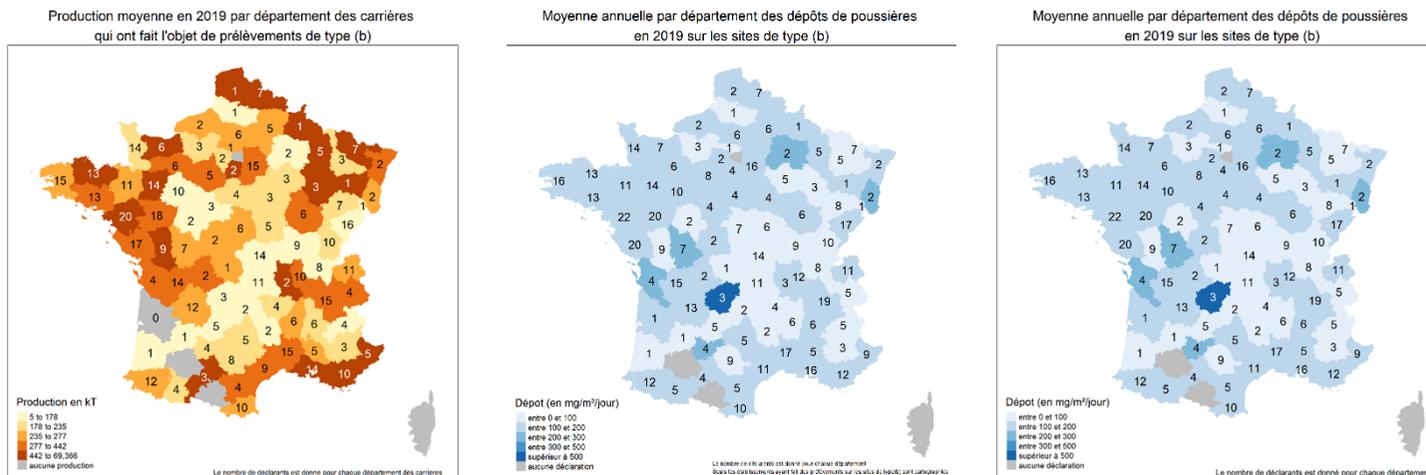


Figure 17 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2019 sur les emplacements de type (a) et (b)

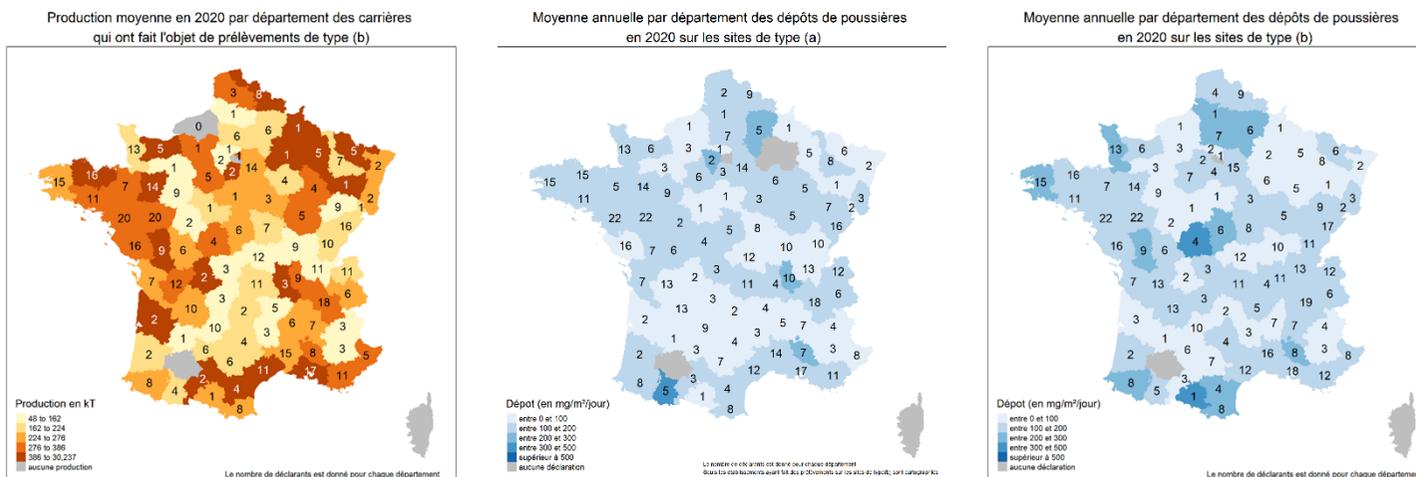


Figure 18 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2020 sur les emplacements de type (a) et (b)

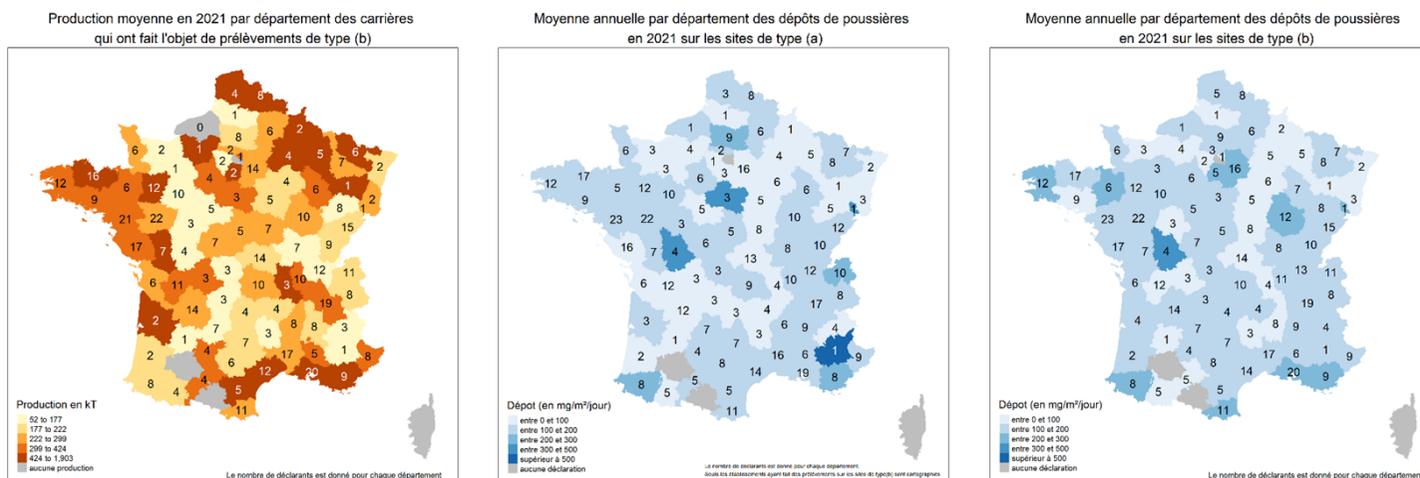


Figure 19 : Cartographie de production et des dépôts de poussières (sur jauges et plaquettes) en 2021 sur les emplacements de type (a) et (b)

5.4 Localisation des stations MERA et évolution de la concentration en Ca^{2+} dans les dépôts humides

La localisation et le référencement des stations du réseau MERA sont donnés à la Figure 20.

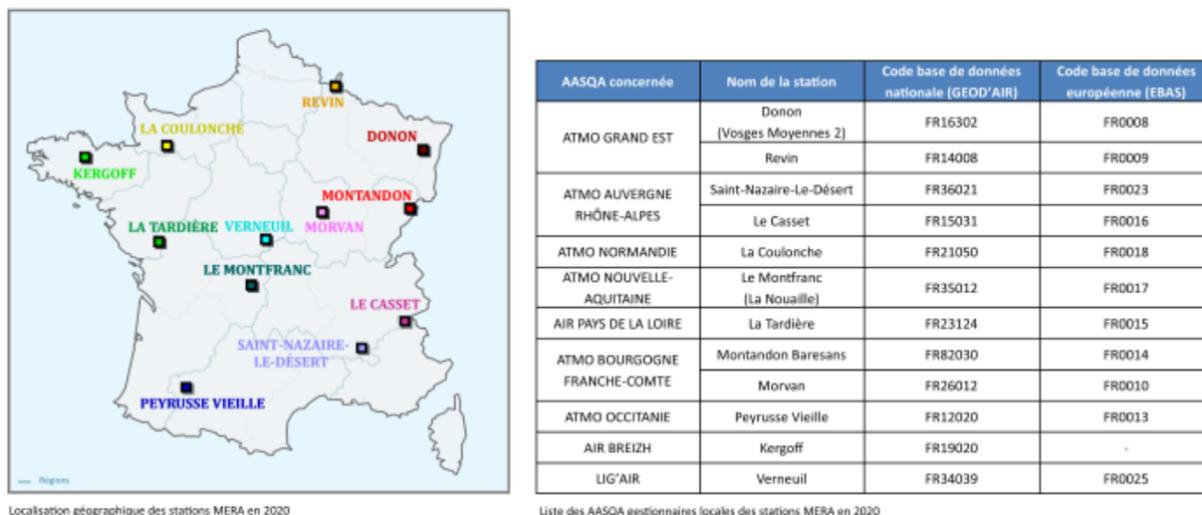


Figure 20 : Localisation géographique et référencement des stations MERA

Les concentrations en Ca^{2+} mesurées dans les dépôts humides prélevés sur les stations MERA ont été tracées en moyenne annuelle glissante pour les données disponibles sur la Figure 21. Aucune corrélation n'a pu être observée avec l'évolution du fond de dépôt (ou du pourcentage de dépassement) prélevé au niveau des points témoins des surveillances des carrières.

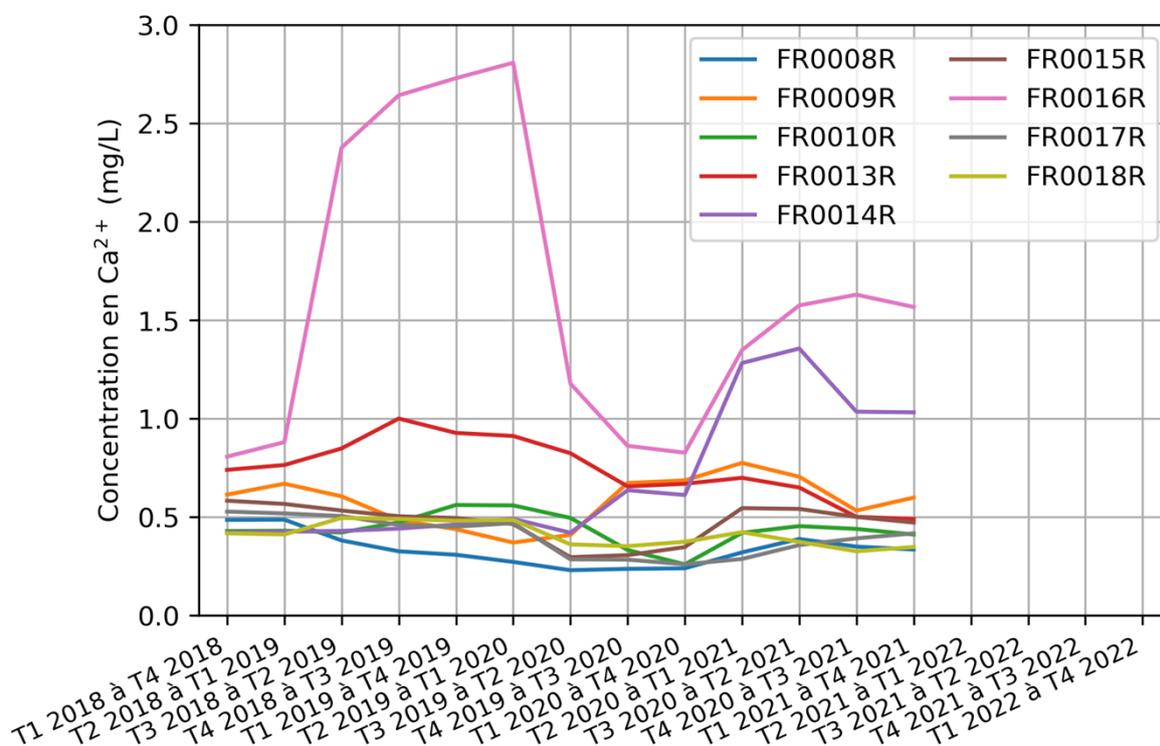


Figure 21 : Evolution de la concentration en Ca^{2+} dans les dépôts humides collectés par les stations MERA représentatives du fond rural

5.5 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							

