



Guide méthodologique pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air (juin 2016)

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air

CALCUL DES STATISTIQUES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L’AIR

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Laure Malherbe, Maxime Beauchamp (INERIS)

Juin 2016

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Laure Malherbe	Bertrand Bessagnet	Laurence Rouïl
Qualité	Ingénieur de l’Unité MOCA Direction des Risques Chroniques	Chargé d’Affaires Scientifiques du Pôle DECI Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle DECI Direction des Risques Chroniques
Visa			



LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de Mines Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM). Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au MEEM et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	9
1. INTRODUCTION	10
1.1 Contexte et objet	10
1.2 Application	11
1.3 Avertissement	11
2. CONCEPTS TEMPORELS	11
2.1 Année et saisons	11
2.2 Système de temps	12
2.3 Heures et jours de mesure	13
3. DONNÉES PRIMAIRES.....	13
3.1 Définition.....	13
3.2 Format	13
3.3 Données primaires issues de mesures automatiques	14
3.3.1 Construction des données primaires	14
3.3.2 Codes de qualité des données primaires	17
3.4 Données primaires issues de mesures manuelles	18
3.4.1 Construction des données primaires	18
3.4.2 Codes de qualité des données primaires	19
3.5 Données primaires en cas de mesures multiples.....	20
4. OBJECTIFS DE QUALITÉ DES DONNÉES	20
4.1 Critères de qualité	20
4.2 Couverture temporelle.....	21
4.2.1 Définition.....	21
4.2.2 Couverture temporelle pour des données primaires horaires	22
4.2.3 Couverture temporelle pour des données primaires journalières	24
4.2.4 Couverture temporelle pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines	25
4.2.5 Cas des données issues d'un regroupement de filtres	26
4.2.6 Comparaison avec l'objectif de qualité (couverture temporelle minimale).....	27
4.3 Taux de saisie	28
4.3.1 Taux de saisie pour des données primaires horaires	28
4.3.2 Taux de saisie pour des données primaires journalières	29

4.3.3	Taux de saisie pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines	30
4.3.4	Cas des données issues d'un regroupement de filtres	31
4.3.5	Comparaison avec l'objectif de qualité (taux de saisie minimal)	32
4.4	Couverture des données	33
4.4.1	Couverture des données pour des données primaires horaires	33
4.4.2	Couverture des données pour des données primaires journalières	34
4.4.3	Couverture des données pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines	34
4.4.4	Cas des données issues d'un regroupement de filtres	36
4.4.5	Comparaison avec la couverture des données minimale	36
5.	CALCUL DES STATISTIQUES	38
5.1	Remarques préliminaires	38
5.2	Critères de validité	38
5.3	Moyennes temporelles	39
5.3.1	Moyenne horaire	39
5.3.2	Maximum journalier des moyennes horaires	39
5.3.3	Moyenne glissante sur huit heures	40
5.3.4	Maximum journalier des moyennes glissantes sur huit heures	40
5.3.5	Moyenne journalière	43
5.3.6	Moyenne mensuelle	43
5.3.7	Moyenne saisonnière	45
5.3.8	Moyenne annuelle	46
5.4	Nombre de dépassements d'un seuil horaire ou journalier	48
5.4.1	Nombre de dépassements sur une année	48
5.4.2	Nombre moyen de dépassements sur plusieurs années	49
5.4.3	Remarque	50
5.5	AOT40 pour la protection de la végétation et de la forêt	50
5.5.1	AOT40 relatif à une année	50
5.5.2	Moyenne de l'AOT40 sur cinq années consécutives	51
5.6	Calcul de quantiles	53
5.7	Indice d'exposition moyenne	53
6.	ARRONDI DES STATISTIQUES	53
6.1	Règle générale	53
6.2	Arrondi des statistiques dans le cas général	53
6.3	Arrondi des statistiques avant comparaison avec un seuil	54
6.4	Diffusion des statistiques	57
7.	RÉFÉRENCES	58
7.1	Législation et documentation européennes	58

7.2	Documentation nationale	58
8.	LISTE DES ANNEXES.....	61

RÉSUMÉ

Le présent guide précise l'ensemble des règles qui doivent être appliquées pour passer des données de mesure acquises aux statistiques de qualité de l'air, contrôler le respect des objectifs de qualité associés et le cas échéant, comparer les statistiques avec les seuils réglementaires. Il s'accorde avec les dispositions et exigences en vigueur en Europe et s'applique à toutes les données issues du dispositif national de surveillance.

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte et objet

Afin de prendre en compte les évolutions législatives et techniques en matière de surveillance de la qualité de l'air, le guide sur la validation et l'agrégation des données (ADEME, 2003) a été mis à jour. Il est désormais séparé en deux parties, consacrées respectivement à la validation des données ¹ et au calcul des statistiques, objet du présent document.

Ce dernier s'adresse à tous les acteurs de la surveillance de la qualité de l'air. Il fournit les informations nécessaires pour appliquer les exigences liées à l'agrégation de données temporelles et au calcul des statistiques réglementaires qui interviennent notamment dans les actions de rapportage.

Il explicite les procédures de calcul des différents indicateurs statistiques requis par les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE sur la qualité de l'air ambiant, en conformité avec le guide européen, dit « guide IPR² » (2013), qui accompagne la Décision d'exécution de la Commission Européenne sur l'échange et la transmission des données (Décision 2011/850/EU). Il s'appuie également sur les préconisations et pratiques de l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), à qui la Commission Européenne a confié la gestion informatique et opérationnelle des flux de données³, et intègre les éléments discutés dans les groupes de travail et réseaux européens auxquels participe la France (groupe pilote IPR, EIONET). Il inclut enfin les décisions de la Commission de Suivi *Mesures automatiques* approuvées fin 2015 en Comité de Pilotage de la Surveillance⁴.

La présentation des procédures de calcul s'organise en cinq parties :

- les principaux concepts temporels ;
- la définition des données primaires, données de base utilisées en entrée de tout calcul de statistique ;
- le contrôle de la conformité des données par rapport aux objectifs de qualité des directives européennes ;
- le calcul des statistiques ;
- l'arrondi des statistiques et le contrôle du respect des objectifs environnementaux.

Des exemples d'application permettent d'illustrer les définitions et de clarifier les situations ambiguës. Des compléments sont fournis dans les annexes que le lecteur est invité à consulter.

¹ Guide de validation des données de mesures automatiques (janvier 2016). Guide de validation des données de mesures manuelles (à paraître en 2016).

² IPR = Implementing Provisions on Reporting (dispositions d'exécution sur la déclaration des données)

³ Voir le portail européen de la qualité de l'air, portail maintenu par l'AAE et consacré à la transmission et à l'échange des données de qualité de l'air : <http://www.eionet.europa.eu/aggportal>.

⁴ Résolutions 1/2015 et 2/2015 de la CS Mesures automatiques approuvées en CPS le 22/11/2015

1.2 Application

Les obligations contenues dans ce guide concernent l'ensemble du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air. Elles seront mises en œuvre pour :

- produire au format requis les données dites « primaires » ;
- calculer les statistiques à partir de ces données et le cas échéant, comparer ces statistiques (arrondies comme il se doit) aux seuils réglementaires correspondants.

Elles prennent effet à compter du 01/01/2017.

1.3 Avertissement

Ce guide intègre des éléments discutés postérieurement à la publication du guide IPR et non encore consignés dans un document officiel européen. Ceux-ci portent en particulier sur le contrôle de la validité des statistiques. Si les conclusions les plus récentes ont été prises en compte, une évolution de ces règles de contrôle n'est toutefois pas exclue. Le cas échéant, une version amendée du guide sera publiée.

2. CONCEPTS TEMPORELS

2.1 Année et saisons

Le concept d'année est important puisque les statistiques réglementaires sont déclarées pour une année civile donnée. **Une année civile commence le 1^{er} janvier et se termine le 31 décembre de la même année.**

En général, les statistiques déclarées pour une année N sont calculées avec les données de cette seule année, considérée dans sa totalité (statistiques annuelles) ou de manière partielle (statistiques saisonnières). Dans le cas particulier de la moyenne hivernale du dioxyde de soufre, le calcul inclut aussi des données de l'année précédente. Les différentes périodes de calcul sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Périodes considérées dans les Directives et le guide IPR

Période	Polluants et statistiques (ou objectifs de qualité) concernés	Nombre d'heures Année non bissextile	Nombre d'heures Année bissextile
Année civile N	Statistiques annuelles pour l'ensemble des polluants réglementés	8760	8784
Eté : Du 1 ^{er} avril au 30 septembre de l'année N	O ₃ : taux de saisie estival	4392	4392
Eté : Du 1 ^{er} avril au 30 septembre de	O ₃ : AOT40 pour la protection de la forêt	2196	2196

l'année N, entre 8h et 20h CET			
Eté : Du 1 ^{er} mai au 31 juillet de l'année N, entre 8h et 20h CET	O ₃ : AOT40 pour la protection de la végétation	1104	1104
Hiver : Du 1 ^{er} janvier au 31 mars de l'année N et du 1 ^{er} octobre au 31 décembre de l'année N	O ₃ : taux de saisie hivernal	4368	4392
Hiver : Du 1 ^{er} octobre au 31 décembre de l'année N-1 et du 1 ^{er} janvier au 31 mars de l'année N	SO ₂ : moyenne hivernale	4368	4392

2.2 Système de temps

Par définition, et sauf mention contraire (cas de l'AOT40), l'heure utilisée dans le calcul des statistiques réglementaires en France métropolitaine est l'heure UTC (Temps Universel Coordonné). Dans le cas particulier de l'AOT40, l'heure considérée est l'heure CET (heure normale d'Europe Centrale), qui correspond à l'heure UTC + 1 heure.

En ce qui concerne les **départements et régions d'outre-mer, par dérogation⁵, toutes les statistiques sont calculées en heure locale**. Dans ces régions, le décalage de l'heure légale locale par rapport au temps universel coordonné reste le même tout au long de l'année. Il est précisé dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Décalage de l'heure locale dans les départements et régions d'outre-mer

DROM	Décalage/UTC
GUADELOUPE	UTC - 4
MARTINIQUE	UTC - 4
GUYANE	UTC - 3
REUNION	UTC + 4
MAYOTTE	UTC + 3

⁵ Cette possibilité, réservée au calcul de l'AOT40 dans le guide IPR, a été étendue, en accord avec l'AEE, à l'ensemble des statistiques calculées dans les DROM.

2.3 Heures et jours de mesure

- La journée commence à 0 h 00 UTC.
- **La première mesure horaire de la journée est l'heure 1** ; elle correspond aux mesures effectuées entre 0 h 00 UTC et 1 h 00 UTC.
- **La donnée horaire à l'heure h est la donnée issue des mesures effectuées entre h-1 UTC et h UTC.**
- **La dernière mesure horaire du jour est l'heure 24** ; elle correspond aux mesures effectuées entre 23 h 00 UTC le jour J et 0 h 00 UTC le jour J+1.
- L'heure 00 du jour J correspond à l'heure 24 du jour J-1.

3. DONNÉES PRIMAIRES

3.1 Définition

Les données utilisées dans le calcul des statistiques réglementaires sont les données dites « **primaires** ». La Décision 2011/850/CE définit ces données de la manière suivante :

«données primaires» signifie les informations relatives au niveau de concentration ou de dépôt d'un polluant spécifique à la plus haute résolution temporelle considérée dans la présente décision.

Il s'agit :

- pour les **mesures automatiques**, de données **horaires** ;
- pour les mesures réalisées par **prélèvement**, de **données intégrées sur plusieurs heures ou plusieurs jours** selon la durée du prélèvement.

3.2 Format

Le guide IPR ne fixe pas le nombre de décimales des données primaires mais recommande que les données soient rendues disponibles avec la même précision numérique que lors de leur acquisition et de leur traitement dans le réseau de mesure.

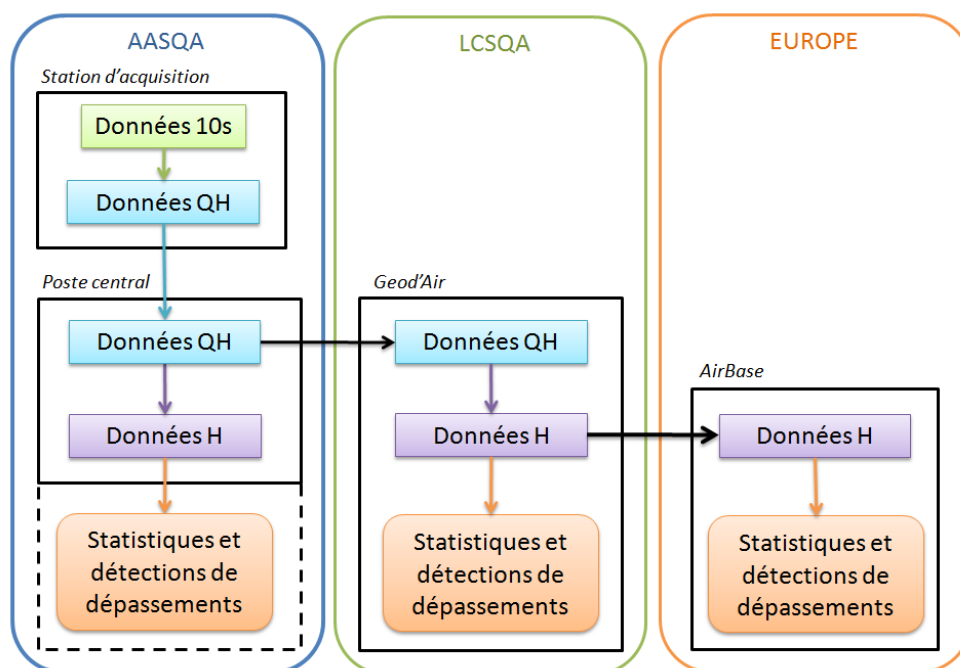
Afin de garantir la cohérence des statistiques calculées par les AASQA, le LCSQA et l'AEE, le dispositif national de surveillance a jugé nécessaire de définir un format de données commun, aussi bien pour les valeurs quart-horaires que pour les valeurs horaires. Le format retenu, décrit dans les sections suivantes, résulte d'une décision collective⁶. Il représente le meilleur compromis entre les exigences européennes (normes CEN sur le mesurage des gaz dans l'air ambiant et guide IPR) et les possibilités techniques des AASQA.

⁶ Cf. Résolution 2/2015 de la CS *Mesures automatiques* : Précision numérique des données.

3.3 Données primaires issues de mesures automatiques

3.3.1 Construction des données primaires

Le schéma suivant présente la construction des données primaires horaires à partir des données acquises dans les appareils de mesure.



Données 10s : données acquises toutes les 10 secondes ; données QH : données quart-horaires ; données H : données horaires

Figure 1 : Construction des données primaires horaires.

■ Les **données 10s** font l'objet d'une prévalidation automatique définie par la configuration du système d'acquisition.

La prévalidation consiste entre autres à invalider par un code spécifique :

- les valeurs enregistrées lors des phases de calibrage, d'étalonnage et de maintenance,
- les valeurs acquises alors qu'un défaut est détecté sur le matériel,
- les valeurs inférieures à la limite de détection négative (-LD) de l'appareil de mesure (voir les préconisations de configuration en annexe 8).

Conformément aux normes CEN sur le mesurage des gaz dans l'air ambiant et au guide IPR, **les données 10s négatives comprises entre -LD et 0 sont des données valides**⁷.

■ Les **données quart-horaires** sont obtenues par **agrégation des données 10s valides sur le quart d'heure qui précède**. Le type d'agrégation, qui est le plus souvent une moyenne arithmétique, est configuré dans la station d'acquisition.

⁷ Cf. Résolution 1/2015 de la CS Mesures automatiques : Gestion des données négatives.

Le pourcentage de données 10s valides doit être supérieur ou égal à 75% sur un quart d'heure pour qu'une donnée quart-horaire soit considérée comme valide⁸.

- L'unité de référence est le $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour tous les polluants excepté le monoxyde de carbone dont les concentrations s'expriment en mg/m^3 (cf. annexe 3).
- Pour tous les polluants, à l'exception du benzène et du monoxyde de carbone, la précision numérique des données quart-horaires est fixée à une décimale, i.e. un chiffre après la virgule.
- Pour le benzène, la précision numérique des données quart-horaires est fixée à deux décimales.
- Pour le monoxyde de carbone, la précision numérique des données quart-horaires est fixée à trois décimales.
- La précision numérique requise s'obtient par arrondi arithmétique (cf. annexe 1) des données quart-horaires.
- Les données quart-horaires négatives valides sont conservées telles quelles.

Note : des préconisations sur la configuration du nombre de décimales sont fournies en annexe 8.

■ Les **données horaires** sont obtenues par agrégation des données quart-horaires valides, selon la formule :

$$\text{moyenne horaire (de l'heure } h) = \frac{\sum_i QH_i}{n_{\text{valide}}^{\text{QH}}}$$

QH_i désigne la concentration moyenne sur le quart d'heure i , arrondie comme il se doit (cf. point précédent). La sommation est faite sur toutes les moyennes quart-horaires valides précédant h (Figure 2) ; $n_{\text{valide}}^{\text{QH}}$ est le nombre de ces moyennes sur l'heure considérée. Le pourcentage de données quart-horaires valides doit être supérieur ou égal à 75 %, soit $n_{\text{valide}}^{\text{QH}} \geq 3$, pour que la moyenne horaire soit considérée comme valide (Directive 2008/50/CE, Annexes VII et XI).



Figure 2 : Calcul des moyennes horaires.

- L'unité de référence est le $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour tous les polluants excepté le monoxyde de carbone dont les concentrations s'expriment en mg/m^3 (cf. annexe 3).
- Pour tous les polluants, à l'exception du benzène et du monoxyde de carbone, la

⁸ Par cohérence avec les exigences de la Directive 2008/50/CE pour le calcul de la moyenne horaire, un minimum de 75% de données valides est également fixé pour le calcul de la moyenne quart-horaire.

précision numérique des données horaires est fixée à une décimale, i.e. un chiffre après la virgule.

- Pour le benzène, la précision numérique des données horaires est fixée à deux décimales.
- Pour le monoxyde de carbone, la précision numérique des données horaires est fixée à trois décimales.
- La précision numérique requise s'obtient par arrondi arithmétique (cf. annexe 1) des données horaires.
- Les données horaires valides supérieures ou égales à $-LD$ sont conservées telles quelles.

Note : des préconisations sur la configuration du nombre de décimales sont fournies en annexe 8.

■ Exemples

Tableau 3 : Exemples de construction de données primaires issues de mesures automatiques

Polluant	Données quart-horaires arrondies (valides si la valeur numérique est donnée)	Moyenne horaire non arrondie	Donnée primaire horaire	Validité
PM ₁₀	Données quart-horaires : QH1=22,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH2=24,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH3=27,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH4=26,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$	25,275 $\mu\text{g.m}^{-3}$	25,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Valide
	Données quart-horaires : QH1=52,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH2 : invalide, QH3=49,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH4=51,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$	51.06666... $\mu\text{g.m}^{-3}$	51,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Valide
	Données quart-horaires : QH1 : invalide, QH2 : invalide, QH3=49,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH4=51,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-	-	Invalide
	Données quart-horaires : QH1=0,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH2=-2,6, QH3=-1,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH4=1,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-0,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-0,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Valide
C ₆ H ₆	Données quart-horaires : QH1=0,89 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH2=1,03 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH3=0,95 $\mu\text{g.m}^{-3}$, QH4=0,74 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,9025 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,90 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Valide
CO	Données quart-horaires : QH1=0,009 mg.m^{-3} , QH2=0,012 mg.m^{-3} , QH3=0,010 mg.m^{-3} , QH4=0,007 mg.m^{-3}	0,0095 mg.m^{-3}	0,010 mg.m^{-3}	Valide

3.3.2 Codes de qualité des données primaires

■ La validité des données quart-horaires est qualifiée par les AASQA au moyen de codes de qualité issus de la norme internationale ISO 7168 (ADEME, 2003). Ces codes sont présentés en annexe A.1 du guide sur la validation des données. Ils sont rappelés dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Codes de qualité des données quart-horaires reconnus dans la base nationale

Code	Intitulé	Validité de la donnée
A	Exploitable	Valide
O	Corrigée	Valide
R	Reconstituée	Valide
P	En dérive	Valide
I	Invalide	Invalide
D	Défectueuse	Invalide
M	En maintenance	Invalide
Z	En zéro	Invalide
C	En consigne	Invalide
N	Non acquise	Invalide

Deux codes supplémentaires sont utilisés dans les AASQA pour attirer l'attention du personnel technique sur d'éventuels problèmes : *W* (warning) et *B* (anomalie). Ces deux codes n'étant pas reconnus dans Géod'Air, il convient de requalifier les données correspondantes avant transmission à la base nationale.

■ Les codes de qualité des données horaires sont déterminés selon la procédure décrite dans le Tableau 5. Pour les besoins du rapportage européen, une correspondance est établie dans Géod'Air avec les codes de validité du guide IPR.

Tableau 5 : Codes de qualité utilisés pour les données primaires horaires issues de mesures automatiques

Validité des données quart-horaires	Code attribué à la donnée primaire horaire résultante	Code de validité européen attribué à la donnée	Signification du code de validité européen
Les 4 données quart-horaires possèdent le code A	A	1	Donnée valide
Au moins trois données quart-horaires possèdent le code A, O, R, P, et au moins une de ces	R	1	Donnée valide

données a un code différent de A			
Moins de 3 données quart-horaires possèdent le code A, O, R ou P	N	-1	Donnée invalide pour d'autres raisons, donnée manquante

Remarque : afin de simplifier les règles de codification, et du fait que le code M ne permet pas de distinguer la maintenance régulière de la maintenance exceptionnelle, le code européen -99 (donnée invalide du fait de l'étalonnage régulier et de la maintenance normale) n'est pas utilisé. L'absence du code -99 n'a pas de conséquence sur le contrôle des objectifs de qualité (cf. chapitre 4).

3.4 Données primaires issues de mesures manuelles

3.4.1 Construction des données primaires

Les données brutes de concentration résultent d'un calcul faisant intervenir la masse mesurée, dont la valeur est fournie par le laboratoire d'analyse, et le volume prélevé.

- Les données brutes sont fournies avec deux décimales⁹, i.e. deux chiffres après la virgule, dans l'unité de référence du polluant considéré (cf. annexe 3).
- Font exception les données de plomb, qui sont fournies avec quatre décimales du fait que les concentrations s'expriment en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Les données brutes strictement inférieures à la limite de quantification sont remplacées par LQ/2.
- Les données primaires sont égales aux données brutes.

■ Exemples

Tableau 6 : Exemples de construction de données primaires issues de mesures manuelles

Polluant	Donnée brute intégrée sur la période de prélèvement	Donnée primaire intégrée sur la période de prélèvement
B [a]P	0,43 ng.m^{-3}	0,43 ng.m^{-3}
B [a]P	Inférieure à la limite de quantification	0,02 ng.m^{-3} (si LQ = 0,04 ng.m^{-3})

⁹ Le choix de deux décimales s'accorde avec les limites de quantification recommandées. Les AASQA sont invitées à vérifier auprès de leurs laboratoires d'analyse que les résultats analytiques leur sont communiqués avec une précision adaptée.

Polluant	Donnée brute intégrée sur la période de prélèvement	Donnée primaire intégrée sur la période de prélèvement
Ni	9,83 ng.m ⁻³	9,83 ng.m ⁻³
Pb	0,0013 µg.m ⁻³	0,0013 µg.m ⁻³

3.4.2 Codes de qualité des données primaires

■ Les codes de qualité attribués aux données brutes et primaires sont définis dans le Tableau 7. Ils sont issus du document - en cours d'élaboration - sur la validation des données issues de mesures manuelles. Pour les besoins du rapportage européen, une correspondance est établie dans Géod'Air avec les codes de validité du guide IPR.

Tableau 7 : Codes de qualité utilisés pour les données primaires issues de mesures manuelles

Code	Signification	Code de validité européen attribué à la donnée	Signification du code de validité européen
A	Valide	1	Donnée valide
I	Invalide	-1	Donnée invalide pour d'autres raisons, donnée manquante
L	Valide et inférieure à la limite de quantification, valeur remplacée par LQ/2	3	Donnée considérée comme valide mais strictement inférieure à la limite de détection (ou de quantification). La valeur est remplacée par 0,5 fois la limite de détection (ou de quantification)
N	Absente	-1	Donnée invalide pour d'autres raisons, donnée manquante
W	Avant validation finale: Diffusable mais à reconsidérer lors de l'expertise environnementale Après validation finale : Inhabituelle mais jugée valide après expertise environnementale	1	Donnée valide

3.5 Données primaires en cas de mesures multiples

Il arrive qu'au cours d'une même année, en une station donnée, un même polluant soit mesuré selon différentes méthodes, soit sur des périodes identiques (plusieurs mesures en parallèle) soit sur des périodes successives (remplacement d'une technique de mesure par une autre).

Pourvu que les mesures réalisées respectent les exigences des Directives, il revient à l'AASQA de déterminer quelle série de données doit servir au calcul des données primaires et des statistiques réglementaires. Il peut s'agir par exemple de la série qui présente la plus faible incertitude de mesure ou d'une série combinant les différentes mesures disponibles. Dans le guide IPR, cette seconde possibilité est réservée au cas des PM₁₀. Sous réserve que les mesures soient conformes aux Directives, et afin d'homogénéiser les traitements, elle est étendue à l'ensemble des polluants.

En accord avec les discussions de la Commission de Suivi *Informatique des AASQA*¹⁰ :

- Les AASQA indiqueront au LCSQA (ou directement dans Géod'Air lorsque l'application sera accessible) le caractère réglementaire ou non des mesures et lui signaleront les évolutions de ce caractère réglementaire dans le temps.
- Si la mesure réglementaire change en cours d'année (remplacée par une nouvelle mesure), les AASQA veilleront à créer et transmettre à Géod'Air une tierce mesure, dite "résultante" ou "virtuelle", qui permettra de réaliser les calculs statistiques sur une série annuelle complète.

4. OBJECTIFS DE QUALITÉ DES DONNÉES

4.1 Critères de qualité

La section A de l'annexe I de la Directive 2008/50/CE et la section I de l'annexe IV de la Directive 2004/107/CE définissent des **objectifs de qualité à respecter pour l'évaluation de la qualité de l'air ambiant**. Pour les mesures fixes et indicatives, ces objectifs de qualité comprennent notamment la **couverture temporelle minimale** et la **saisie minimale de données**¹¹. Ces deux concepts sont explicités dans le guide IPR. Pour toute série de données primaires transmise à la Commission Européenne, l'Etat Membre doit déclarer (par oui ou non) si ces deux objectifs sont ou non atteints.

Pour des raisons pratiques, l'AEE distingue cette déclaration du contrôle qu'elle effectue dans son propre système afin de déterminer la validité des statistiques. A partir des données primaires envoyées par les Etats Membres, elle procède d'une manière simple et pragmatique, en s'assurant que la **couverture des données**¹², définie comme le pourcentage de données valides sur l'année (la saison), est supérieure ou égale à une

¹⁰ Cf. Note aux AASQA sur la gestion des mesures automatiques et mesures manuelles (Chatelier J.-Y. et Mantelle C.), discutée par la CSIA du 20/01/2016.

¹¹ *Minimum time coverage* et *minimum data capture* dans le texte original.

¹² *Data coverage*

certaine valeur. Le choix de cette approche vient du fait que les informations transmises par les Etats Membres ne sont pas, à ce jour, suffisamment complètes pour calculer séparément et précisément pour toutes les séries la couverture temporelle et le taux de saisie. Il résout en outre certaines difficultés ainsi qu'il est expliqué plus loin.

Dans l'état actuel de la législation et des pratiques, ce chapitre décrit la manière de calculer la couverture temporelle et le taux de saisie associés à une série de données afin que ces grandeurs puissent être comparées aux objectifs de qualité. Il présente également le calcul de la couverture des données et la comparaison du résultat avec la couverture minimale requise. Plusieurs cas de figure sont considérés en fonction de la résolution temporelle des données.

Remarques :

- La pertinence et l'usage des concepts de couverture temporelle, taux de saisie et couverture des données font encore débat au niveau européen. Certains pays proposent d'introduire des contrôles complémentaires relatifs à la répartition des données sur l'année. Ces vérifications ne sont pas encore à l'ordre du jour et s'inscriront, le cas échéant, dans les discussions liées à la révision des Directives.
- Les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE fixent également des objectifs de qualité des données sous forme de valeurs maximales d'incertitude. Le calcul des incertitudes de mesure, qui a fait l'objet de documents spécifiques (rapports LCSQA¹³ et fascicules AFNOR), n'est pas abordé dans le présent guide.

4.2 Couverture temporelle

4.2.1 Définition

La *couverture temporelle* désigne la proportion de l'année (éventuellement de la saison) sur laquelle des mesures ont été planifiées. **Ce pourcentage ne doit pas être inférieur à la couverture minimale définie dans la section A de l'annexe I de la Directive 2008/50/EC et dans la section 1 de l'annexe IV de la Directive 2004/107/EC.** Les valeurs minimales de couverture temporelle sont rappelées dans le Tableau 8.

Remarque : l'expression *couverture temporelle*, que nous proposons d'employer, est une traduction plus littérale du texte original¹⁴ des Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE, les versions françaises de ces dernières employant le terme de *période*.

¹³ Voir les rapports de Macé et al., 2012, 2011, 2010, disponibles sur le site du LCSQA, www.lcsqa.org.

¹⁴ *Time coverage*

Tableau 8 : Couverture temporelle minimale selon les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE et nombre correspondant d'heures et de jours

Polluant et type de mesure	Pourcentage (%) de l'année ou de la saison	année classique		année bissextile	
		N _{min} (valeurs horaires) ¹	N _{min} (valeurs journalières)	N _{min} (valeurs horaires) ¹	N _{min} (valeurs journalières)
Mesure fixe					
O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ , PM _{2.5} , Pb ³ ,	100 - année	8760	365	8784	366
Benzène ³ , site industriel	90 - année	7896	329	7920	330
Benzène ³ , site urbain et trafic	35 - année	3072	128	3096	129
B[a]P	33 - année	NA ²	121	NA ²	121
As, Cd, Ni	50 - année	NA ²	183	NA ²	183
Mesure indicative					
Tous polluants hors O ₃ estival et dépôt total ⁴	14 - année	1248	52	1248	52
O ₃ estival	>10 - été	456	19	456	19
Dépôt total	33 - année	NA ²	121	NA ²	121

¹ La valeur de N_{min} en données horaires est calculée comme le produit de 24 fois la valeur de N_{période} en données journalières, et fait donc l'hypothèse qu'il est toujours prévu d'effectuer des mesures tout au long de la journée.

² Les valeurs horaires ne sont pas applicables aux mesures de B[a]P, As, Cd, Ni et de dépôt total puisque les méthodes de mesure ces polluants fournissent des données journalières ou à d'autres résolutions (hebdomadaires, n-hebdomadaires, mensuelles, etc.)

³ La note 1 du tableau de l'annexe I.A de la Directive 2008/50/CE autorise, dans le cas d'une mesure fixe de benzène, de plomb ou de particules par échantillonnage aléatoire des couvertures temporelles plus faibles que celles fixées dans le cas de mesures continues (de 100% à 14% au minimum). Il faut pour cela pouvoir démontrer que les objectifs de qualité portant sur l'incertitude sont respectés, et que la couverture temporelle reste supérieure à la couverture minimale fixée pour les mesures indicatives.

⁴ De même, sous cette même condition, l'annexe IV.I de la Directive 2004/107/CE permet de réduire la couverture temporelle des mesures indicatives (de 14% à 6%).

4.2.2 Couverture temporelle pour des données primaires horaires

■ Mesures fixes en continu

La couverture temporelle des mesures fixes en continu, i.e. des mesures fixes pour lesquelles l'annexe I.A de la Directive 2008/50/CE ne spécifie aucune couverture minimale, est de **100% dans tous les cas. Toute donnée manquante dans l'année, quelle qu'en soit la cause, est déduite du taux de saisie** (voir exemples dans le Tableau 9).

Tableau 9 : Couverture temporelle pour des données horaires. Mesures fixes en continu.
Exemples.

Exemple de fonctionnement	Couverture temporelle
En fonctionnement toute l'année 2013	100 % Les données invalides ou manquantes, y compris les données manquantes pour cause d'étalonnage et de maintenance régulière, sont déduites du taux de saisie.
En fonctionnement toute l'année 2013 mais panne du 01/07/2013 au 31/08/2013	100 % Toutes les données invalides ou manquantes, et en particulier les données absentes entre le 1 ^{er} juillet et le 31 août, sont déduites du taux de saisie.
Ouverture le 01/02/2013 En fonctionnement tout le reste de l'année 2013	100 % Toutes les données invalides ou manquantes, et en particulier les données absentes entre le 1 ^{er} et le 31 janvier, sont déduites du taux de saisie.
En fonctionnement jusqu'au 15/11/2013 Fermeture le 16/11/2013	100 % Toutes les données invalides ou manquantes, et en particulier les données absentes entre le 16 novembre et le 31 décembre, sont déduites du taux de saisie.

■ Mesures fixes et indicatives sans obligation de mesure en continu

Il s'agit ici des mesures fixes ou indicatives pour lesquelles la couverture temporelle minimale exigée par les Directives est inférieure à 100%.

Dans ce cas, la couverture temporelle représente la proportion (%) de données primaires horaires qu'il est prévu de mesurer sur l'année (ou sur la saison avril-septembre dans le cas des mesures indicatives d'ozone).

$$\text{Couverture temporelle} = 100 \times \frac{N_{\text{mesure}}}{N_{\text{total}}}$$

N_{mesure} est le nombre d'heures dans l'année (ou la saison) pendant lesquels il est prévu d'effectuer une mesure. Pour des raisons pratiques, et même si la mise en œuvre peut différer du plan initial, **N_{mesure} est assimilé au nombre de mesures horaires réalisées dans l'année (ou la saison)** ; il se calcule comme suit (voir exemples dans le Tableau 10) :

$$N_{\text{mesure}} = \sum N_{\text{valide}} + \sum N_{\text{invalide}}$$

où N_{valide} et N_{invalide} sont respectivement les nombres de données primaires valides et invalides sur l'année (ou la saison).

N_{total} est le nombre total d'heures dans l'année (ou la saison), soit 8760 ou 8784 heures pour une année normale ou bissextile et 4392 heures pour la période avril-septembre.

Tableau 10 : Couverture temporelle pour des données horaires. Mesures fixes et indicatives n'ayant pas d'exigence de mesure en continu. Exemples.

Exemple	Couverture temporelle
Mesure fixe de benzène par analyseur automatique en site urbain Une semaine de mesure sur deux (4368 données horaires valides ou invalides)	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{4368}{8760} = 49,86\%$, arrondie à 50%
Mesure indicative de SO ₂ par analyseur automatique Une semaine de mesure par mois (2016 données horaires valides ou invalides)	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{2016}{8760} = 23,01\%$, arrondie à 23%

4.2.3 Couverture temporelle pour des données primaires journalières

Cette situation concerne les prélèvements effectués sur 24 heures.

La couverture temporelle se calcule de la même façon que pour des données horaires. Elle représente la proportion (%) de prélèvements journaliers qu'il est prévu de réaliser sur l'année.

$$\text{Couverture temporelle} = 100 \times \frac{N_{\text{mesure}}}{N_{\text{total}}}$$

N_{mesure} est le nombre de jours dans l'année (ou la saison) pendant lesquels il est prévu d'effectuer une mesure. Pour des raisons pratiques, et même si la mise en œuvre peut différer du plan initial, N_{mesure} est assimilé au nombre de mesures journalières réalisées dans l'année (ou la saison) ; il se calcule comme suit (voir exemples dans le Tableau 11) :

$$N_{\text{mesure}} = \sum N_{\text{valide}} + \sum N_{\text{invalide}}$$

où N_{valide} et N_{invalide} sont respectivement les nombres de données primaires valides et invalides sur l'année (ou la saison).

N_{total} est le nombre total de jours dans l'année (ou la saison), soit 365 ou 366 jours pour une année normale ou bissextile et 183 jours pour la période avril-septembre.

Tableau 11 : Couverture temporelle pour des données journalières. Exemples.

Exemple	Couverture temporelle
Mesure fixe de B[a]P Un jour sur 3 à partir du 2 janvier 2013 (122 mesures journalières valides ou invalides)	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{122}{365} = 33,42\%$, arrondie à 33%

4.2.4 Couverture temporelle pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines

Cette situation concerne les prélèvements effectués sur plus de 24 heures.

Le concept de couverture temporelle est le même que pour des pas de temps horaires ou journaliers. N_{mesure} est alors égal au nombre d'heures ou de jours contenus dans la période de mesure, sur l'année considérée :

$$\text{Couverture temporelle} = 100 \times \frac{N_{mesure}}{N_{total}} = 100 \times \frac{\sum_{i=1...n} N^i}{N_{total}}$$

où n est le nombre total de prélèvements i réalisés et N^i est le nombre d'heures ou de jours inclus dans ces périodes de prélèvement. Si un prélèvement i appartient à deux années (ex : une mesure allant du 28 décembre au 4 janvier), alors N^i se limite au nombre d'heures ou de jours de l'année considérée (ex. : nombre d'heures ou de jours entre le 28 et le 31 décembre).

Le calcul de N_{mesure} implique que les dates et heures de début et de fin de prélèvement soient fournies de manière précise pour chaque donnée (voir exemple du Tableau 12).

N_{total} est le nombre total d'heures ou de jours dans l'année (ou la saison), soit 8760 ou 8784 heures (365 ou 366 jours) pour une année normale ou bissextile et 4392 heures (183 jours) pour la période avril-septembre.

**Tableau 12 : Couverture temporelle dans le cas de données intégrées sur plusieurs jours.
Exemples.**

Exemple	Date de début	Date de fin	Durée en jours	Couverture temporelle
Mesure indicative de As, Cd, Ni	05/03/2009 00:00	11/03/2009 23:59	6,999305556	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{i=1 \dots 8} N^i}{365} = 100 \times \frac{55,99}{365} = 15,34\%$, arrondie à 15%
	12/03/2009 00:00	18/03/2009 23:59	6,999305556	
	18/06/2009 00:00	24/06/2009 23:59	6,999305556	
	25/06/2009 00:00	01/07/2009 23:59	6,999305556	
	23/09/2009 00:00	29/09/2009 23:59	6,999305556	
	30/09/2009 00:00	06/10/2009 23:59	6,999305556	
	24/11/2009 00:00	30/11/2009 23:59	6,999305556	
	01/12/2009 00:00	07/12/2009 23:59	6,999305556	
Mesure indicative de dépôt	03/12/2012 10:15	02/01/2013 13:46	1,573611111*	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{i=1 \dots 13} N^i}{365} = 100 \times \frac{364,89}{365} = 99,97\%$, arrondie à 100%
	02/01/2013 13:58	05/02/2013 10:24	33,85138889	
	05/02/2013 10:35	28/02/2013 11:25	23,01736111	
	28/02/2013 11:35	02/04/2013 11:58	33,05763889	
	02/04/2013 12:00	02/05/2013 11:00	29,95833333	
	02/05/2013 12:20	03/06/2013 09:18	31,99861111	
	03/06/2013 09:20	28/06/2013 09:25	25,00347222	
	28/06/2013 09:35	05/08/2013 11:13	38,06805556	
	05/08/2013 11:20	02/09/2013 09:05	27,90625	
	02/09/2013 09:12	30/09/2013 11:43	28,10486111	
	30/09/2013 11:50	04/11/2013 12:45	35,03819444	
	04/11/2013 12:47	02/12/2013 11:16	27,93680556	
	02/12/2013 11:20	03/01/2014 13:26	29,5277778*	

*durée limitée à l'année 2013

4.2.5 Cas des données issues d'un regroupement de filtres

Il est possible, dans les conditions précisées par le guide méthodologique sur les HAP (Albinet, 2011), de regrouper les filtres avant analyse.

Le calcul précis de la couverture temporelle (et du taux de saisie) est délicat car la série de données finales (celle qui sera transmise aux bases nationale et européenne) ne contient généralement pas d'information détaillée sur les prélèvements individuels (date et validité de chaque prélèvement).

Afin de simplifier ce calcul, on utilisera la formule qui s'applique aux données intégrées sur plusieurs jours (§4.2.4). Les dates associées aux valeurs de concentration seront le début et la fin de chacune des périodes représentées par les groupes de filtres.

Le résultat surestimera généralement la couverture temporelle réelle mais il n'existe pas de solution pratique à ce problème. Il reviendra à l'AASQA de s'assurer que le plan d'échantillonnage initial permet une bonne représentation de l'année et que les filtres sont regroupés conformément aux recommandations en vigueur.

Tableau 13 : Couverture temporelle pour des données intégrées sur plusieurs jours.
Analyse chimique réalisée sur filtres groupés. Exemple de série de données.

Exemple	Date de début (de la période de regroupement)	Date de fin (de la période de regroupement)	Durée en jours	Couverture temporelle
Mesure fixe de B[a]P	25/12/2012 09:00	10/01/2013 09:00	9,375*	$\text{Couverture_temporelle} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{21} N^i}{365} = 100 \times \frac{316}{365} = 86,57\%,$ arrondie à 87%
	12/01/2013 09:00	28/01/2013 09:00	16	
	30/01/2013 09:00	15/02/2013 09:00	16	
	17/02/2013 09:00	05/03/2013 09:00	16	
	07/03/2013 09:00	23/03/2013 09:00	16	
	25/03/2013 09:00	10/04/2013 09:00	16	
	12/04/2013 09:00	28/04/2013 09:00	16	
	30/04/2013 09:00	16/05/2013 09:00	16	
	18/05/2013 09:00	03/06/2013 09:00	16	
	05/06/2013 09:00	21/06/2013 09:00	16	
	23/06/2013 09:00	09/07/2013 09:00	16	
	11/07/2013 09:00	24/07/2013 09:00	16	
	04/08/2013 09:00	14/08/2013 09:00	16	
	16/08/2013 09:00	01/09/2013 09:00	16	
	03/09/2013 09:00	19/09/2013 09:00	16	
	21/09/2013 09:00	07/10/2013 09:00	16	
	09/10/2013 09:00	25/10/2013 09:00	16	
	27/10/2013 09:00	12/11/2013 09:00	16	
	14/11/2013 09:00	30/11/2013 09:00	16	
	02/12/2013 09:00	18/12/2013 09:00	16	
	20/12/2013 09:00	05/01/2014 00:00	11,625*	

*durée limitée à l'année 2013

4.2.6 Comparaison avec l'objectif de qualité (couverture temporelle minimale)

La couverture temporelle est déclarée conforme à l'objectif de qualité si sa valeur arrondie à l'entier (arrondi arithmétique, cf. annexe 1) est supérieure ou égale à la couverture minimale définie dans la Directive 2008/50/CE ou 2004/107/CE.

Le Tableau 14 reprend les différents exemples présentés précédemment.

Tableau 14 : Comparaison de la couverture temporelle avec l'objectif de qualité.
Exemples.

Exemple	Couverture temporelle	Objectif de qualité atteint ?
Mesure fixe en continu Données horaires	100%	oui
Mesure fixe de benzène en site urbain Données horaires	49,86%	50% ≥ 35% ? oui
Mesure indicative de SO ₂ Données horaires	23,01%	23% ≥ 14% ? oui
Mesure fixe de B[a]P Données journalières	33,42%	33% ≥ 33% ? oui
Mesure indicative de métaux lourds Données hebdomadaires	15,34%	15% ≥ 14% ? oui
Mesure indicative de dépôt total Données intégrées sur environ un mois	99,97%	100% ≥ 33% ? oui
Mesure fixe de B[a]P Données intégrées (cumul de filtres)	87%	87% ≥ 33% ? oui

4.3 Taux de saisie

4.3.1 Taux de saisie pour des données primaires horaires

Le **taux de saisie** désigne la proportion de données valides contenues dans la période de mesure. Dans le cas de la mesure fixe d'ozone, cette période se décompose en saison estivale (avril à septembre) et saison hivernale (janvier à mars et octobre à décembre) et le taux de saisie est calculé séparément pour chaque saison.

Le taux de saisie se calcule comme suit :

$$\text{Taux de saisie} = 100 \times \frac{N_{\text{valide}}}{N_{\text{mesure}}}$$

où N_{valide} est le nombre de données horaires valides sur la période de mesure et N_{mesure} est le nombre total d'heures dans la période de mesure.

Tableau 15 : Taux de saisie pour des données horaires. Exemples.

Exemple	Taux de saisie
Mesure fixe en continu N _{mesure} = 8760 N _{valide} = 8230	Taux_saisie = $100 \times \frac{8230}{8760} = 93,95\%$, arrondi à 94%
Mesure fixe en continu – cas de l’ozone N _{mesure_été} = 4392 N _{valide_été} = 3420 N _{mesure_hiver} = 4368 N _{valide_hiver} = 3950	Taux_saisie_été = $100 \times \frac{3420}{4392} = 77,87\%$, arrondi à 78% Taux_saisie_hiver = $100 \times \frac{3950}{4368} = 90,43\%$, arrondi à 90%
Mesure fixe de benzène en site urbain N _{mesure} = 4368 N _{valide} = 3571	Taux_saisie = $100 \times \frac{3571}{4368} = 81,75\%$, arrondi à 82%
Mesure indicative de SO ₂ N _{mesure} = 2016 N _{valide} = 1630	Taux_saisie = $100 \times \frac{1630}{2016} = 80,85\%$, arrondi à 81%

4.3.2 Taux de saisie pour des données primaires journalières

Le **taux de saisie** se calcule de la même façon que pour des données horaires :

$$\text{Taux de saisie} = 100 \times \frac{N_{\text{valide}}}{N_{\text{mesure}}}$$

où **N_{valide}** est le nombre de données journalières valides sur la période de mesure et **N_{mesure}** est le nombre total de jours de prélèvement.

Tableau 16 : Taux de saisie pour des données journalières. Exemples.

Exemple	Taux de saisie
Mesure fixe de B[a]P – Exemple 1 N _{mesure} = 122 N _{valide} = 113	Taux_saisie = $100 \times \frac{113}{122} = 92,62\%$, arrondi à 93%
Mesure fixe de B[a]P – Exemple 2 N _{mesure} = 122 N _{valide} = 102	Taux_saisie = $100 \times \frac{102}{122} = 83,61\%$, arrondi à 84%

4.3.3 Taux de saisie pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines

Le taux de saisie se calcule comme suit :

$$\text{Taux de saisie} = 100 \times \frac{N_{\text{valide}}}{N_{\text{mesure}}} = 100 \times \frac{\sum_{k=1 \dots n_v} N_{\text{valide}}^k}{\sum_{i=1 \dots n} N^i}$$

où n_v est le nombre de prélèvements k disponibles dont le résultat est valide et N_{valide}^k est le nombre d'heures ou de jours inclus dans chacun de ces prélèvements ; n est le nombre total de prélèvements i réalisés et N^i est le nombre d'heures ou de jours inclus dans ces prélèvements.

Si un prélèvement i (ou k) appartient à deux années (ex : une mesure allant du 28 décembre au 4 janvier), alors N^i ou N_{valide}^k se limite au nombre d'heures ou de jours de l'année considérée (ex. : nombre d'heures ou de jours entre le 28 et le 31 décembre).

Tableau 17 : Taux de saisie pour des données intégrées sur plusieurs jours. Exemples.

Exemple	Date de début	Date de fin	Durée en jours	Code de validité	Taux de saisie
Mesure indicative de As, Cd, Ni	05/03/2009 00:00 12/03/2009 00:00 18/06/2009 00:00 25/06/2009 00:00 23/09/2009 00:00 30/09/2009 00:00 24/11/2009 00:00 01/12/2009 00:00	11/03/2009 23:59 18/03/2009 23:59 24/06/2009 23:59 01/07/2009 23:59 29/09/2009 23:59 06/10/2009 23:59 30/11/2009 23:59 07/12/2009 23:59	6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556	1 1 -1 1 1 1 3 1	Taux_saisie = $100 \times \frac{\sum_{k=1 \dots 7} N_{\text{valide}}^k}{\sum_{i=1 \dots 8} N^i} = 100 \times \frac{50}{57,5} = 87,5\%$, arrondi à 88%
Mesure indicative de dépôt	03/12/2012 10:15 02/01/2013 13:58 05/02/2013 10:35 28/02/2013 11:35 02/04/2013 12:00 02/05/2013 12:20 03/06/2013 09:20 28/06/2013 09:35 05/08/2013 11:20 02/09/2013 09:12 30/09/2013 11:50 04/11/2013 12:47 02/12/2013 11:20	02/01/2013 13:46 05/02/2013 10:24 28/02/2013 11:25 02/04/2013 11:58 02/05/2013 11:00 03/06/2013 09:18 28/06/2013 09:25 05/08/2013 11:13 02/09/2013 09:05 30/09/2013 11:43 04/11/2013 12:45 02/12/2013 11:16 03/01/2014 13:26	1,573611111* 33,85138889 23,01736111 33,05763889 29,95833333 31,99861111 25,00347222 38,06805556 27,90625 28,10486111 35,03819444 27,93680556 29,5277778*	1 1 1 1 3 -1 1 3 1 1 1 1 1	Taux_saisie = $100 \times \frac{\sum_{k=1 \dots 12} N_{\text{valide}}^k}{\sum_{i=1 \dots 13} N^i} = 100 \times \frac{10,26}{11,26} = 91,26\%$, arrondi à 91%
Mesure indicative de dépôt	03/12/2012 10:15 02/01/2013 13:58 05/02/2013 10:35 28/02/2013 11:35 02/04/2013 12:00 02/05/2013 12:20 03/06/2013 09:20	02/01/2013 13:46 05/02/2013 10:24 28/02/2013 11:25 02/04/2013 11:58 02/05/2013 11:00 03/06/2013 09:18 28/06/2013 09:25	1,573611111* 33,85138889 23,01736111 33,05763889 29,95833333 31,99861111 25,00347222	1 1 1 1 3 -1 1	Taux_saisie = $100 \times \frac{\sum_{k=1 \dots 10} N_{\text{valide}}^k}{\sum_{i=1 \dots 13} N^i} = 100 \times \frac{7,396}{10,0} = 73,96\%$, arrondi à 74%

	28/06/2013 09:35	05/08/2013 11:13	38,06805556	3	
	05/08/2013 11:20	02/09/2013 09:05	27,90625	1	
	02/09/2013 09:12	30/09/2013 11:43	28,10486111	-1	
	30/09/2013 11:50	04/11/2013 12:45	35,03819444	-1	
	04/11/2013 12:47	02/12/2013 11:16	27,93680556	1	
	02/12/2013 11:20	03/01/2014 13:26	29,52777778*	1	

*durée limitée à l'année 2013

4.3.4 Cas des données issues d'un regroupement de filtres

En cohérence avec le calcul de la couverture temporelle (cf. §4.2.5), la formule employée pour les données intégrées (§4.3.3) est appliquée, en considérant le début et la fin de chacune des périodes représentées par les groupes de filtres.

Tableau 18 : Taux de saisie pour des données intégrées sur plusieurs jours. Analyse chimique réalisée sur filtres groupés. Exemple de série de données.

Exemple	Date de début (de la période de regroupement)	Date de fin (de la période de regroupement)	Durée en nombre de jours	Code de validité	Taux de saisie
Mesure fixe de B[a]P	25/12/2012 09:00	10/01/2013 09:00	9,375*	1	$\text{Taux_saisie} = 100 \times \frac{\sum_{k=1}^{20} N_{\text{valide}}^k}{\sum_{i=1}^{21} N^i} = 10$ = 94,94%, arrondi à 95%
	12/01/2013 09:00	28/01/2013 09:00	16	1	
	30/01/2013 09:00	15/02/2013 09:00	16	-1	
	17/02/2013 09:00	05/03/2013 09:00	16	1	
	07/03/2013 09:00	23/03/2013 09:00	16	1	
	25/03/2013 09:00	10/04/2013 09:00	16	1	
	12/04/2013 09:00	28/04/2013 09:00	16	2	
	30/04/2013 09:00	16/05/2013 09:00	16	2	
	18/05/2013 09:00	03/06/2013 09:00	16	2	
	05/06/2013 09:00	21/06/2013 09:00	16	1	
	23/06/2013 09:00	09/07/2013 09:00	16	2	
	11/07/2013 09:00	24/07/2013 09:00	16	1	
	04/08/2013 09:00	14/08/2013 09:00	16	2	
	16/08/2013 09:00	01/09/2013 09:00	16	1	
	03/09/2013 09:00	19/09/2013 09:00	16	1	
	21/09/2013 09:00	07/10/2013 09:00	16	1	
	09/10/2013 09:00	25/10/2013 09:00	16	1	
	27/10/2013 09:00	12/11/2013 09:00	16	1	
	14/11/2013 09:00	30/11/2013 09:00	16	1	
	02/12/2013 09:00	18/12/2013 09:00	16	1	
	20/12/2013 09:00	05/01/2014 00:00	11,625*	1	

*durée limitée à l'année 2013

4.3.5 Comparaison avec l'objectif de qualité (taux de saisie minimal)

Les Directives 2008/50/CE (Annexe I.A) et 2004/107/CE (Annexe IV.I) précisent que le contrôle du respect des objectifs de qualité doit exclure les manques de données dus à l'étalonnage régulier et à l'entretien normal des instruments de mesure. Dans le document « Guidance on the Annexes to Decision 97/101/CE on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/CE » et selon les experts du réseau EIONET, le chiffre de 5% est considéré comme une bonne approximation de la part de temps consacrée aux opérations régulières d'étalonnage et de maintenance. Aussi est-il possible de prendre en compte l'absence de données liée à ces opérations en soustrayant 5% au taux de saisie minimal à atteindre¹⁵. Cette solution pragmatique a été retenue dans le guide IPR. Pour un traitement homogène de l'ensemble des données, elle s'applique à toutes les mesures fixes, qu'elles soient automatiques ou manuelles. En revanche, elle ne s'applique pas aux mesures indicatives ; en effet, les exigences en matière de couverture temporelle étant réduites, il est possible d'effectuer la maintenance régulière entre les périodes de mesure¹⁶. Ainsi :

- **Pour l'ensemble des mesures fixes (automatiques et manuelles), le taux de saisie minimal est ramené de 90% à 85%, à l'exception des mesures d'ozone en hiver, pour lesquelles ce taux est ramené de 75% à 70% ;**
- **Pour les mesures indicatives, le taux de saisie est maintenu égal à 90% ;**
- **Le taux de saisie est déclaré conforme à l'objectif de qualité si sa valeur arrondie à l'entier (arrondi arithmétique, cf. annexe 1) est supérieure ou égale au taux minimal ainsi ajusté.**

Le Tableau 19 reprend les différents exemples présentés précédemment.

Tableau 19 : Comparaison du taux de saisie avec l'objectif de qualité. Exemples.

Exemple	Taux de saisie	Objectif de qualité atteint ?
Mesure fixe en continu Données horaires	93,85%	94% ≥ 85% ? oui
Mesure fixe d'ozone Données horaires	Été : 77,87% Hiver : 90,43%	78% ≥ 85% ? non 90% ≥ 70% ? oui → non
Mesure fixe de benzène Données horaires	81,75%	82% ≥ 85% ? non
Mesure indicative de SO ₂ Données horaires	80,85%	81% ≥ 90% ? non
Mesure fixe de B[a]P – exemple 1	92,62%	93% ≥ 85% ? oui

¹⁵ Le réseau européen AQUILA, mandaté par la Commission Européenne, a envisagé plusieurs possibilités pour tenir compte des pertes liées à l'étalonnage et à la maintenance lors du contrôle des objectifs de qualité. L'abaissement de 5% du taux de saisie minimal résulte de considérations pratiques et est apparu comme la solution la plus appropriée pour l'ensemble des Etats membres. Une enquête réalisée fin 2012 auprès de la Commission de Suivi *Particules* a confirmé la pertinence de ce choix.

¹⁶ Cette restriction ne figure pas explicitement dans le guide IPR mais elle a été discutée au sein du réseau EIONET et du groupe pilote IPR et semble recueillir l'adhésion des Etats Membres. En l'absence d'indication contraire, le choix est fait de l'adopter.

Données journalières		
Mesure fixe de B[a]P – exemple 2 Données journalières	83,61%	84% ≥ 85% ? non
Mesure indicative de As, Cd, Ni Données intégrées sur une semaine	87,50%	88% ≥ 90% ? oui
Mesure indicative de dépôt – exemple 1 Données intégrées sur environ un mois	91,26%	91% ≥ 90% ? oui
Mesure indicative de dépôt – exemple 2 Données intégrées sur environ un mois	73,96%	74% ≥ 90% ? non
Mesure fixe de B[a]P Données intégrées (cumul de filtres)	94,94%	95% ≥ 85% ? oui

4.4 Couverture des données

Le concept de *couverture des données* n'apparaît pas dans la législation européenne ou nationale mais comme il a été mentionné au début de ce chapitre (cf. §4.1), l'Agence Européenne pour l'Environnement en fait usage pour contrôler la validité des statistiques annuelles ou saisonnières. Bien que cette règle n'ait pas encore été officiellement publiée, elle semble faire consensus dans les groupes européens concernés¹⁷ et sera de la même façon appliquée en France.

4.4.1 Couverture des données pour des données primaires horaires

La couverture des données correspond au produit de la couverture temporelle par le taux de saisie. Elle désigne le pourcentage de données horaires valides sur l'année civile (éventuellement la saison).

$$\text{Couverture des données} = 100 \times \frac{N_{\text{valide}}}{N_{\text{total}}}$$

où N_{valide} est le nombre de données horaires valides sur la période de mesure et N_{total} est le nombre total d'heures dans l'année (ou la saison).

Tableau 20 : Couverture des données pour des données horaires. Exemples.

Exemple	Taux de saisie
Mesure fixe en continu $N_{\text{total}} = N_{\text{mesure}} = 8760$ $N_{\text{valide}} = 8230$	Couverture_données = $100 \times \frac{8230}{8760} = 93,85\%$, arrondie à 94%
Mesure fixe en continu – cas de l'ozone $N_{\text{total_été}} = N_{\text{mesure_été}} = 4392$ $N_{\text{valide_été}} = 3420$	Couverture_données_été = $100 \times \frac{3420}{4392} = 77,87\%$, arrondie à 78% Couverture_données_hiver =

¹⁷ Réunions EIONET et IPR d'octobre et novembre 2015.

$N_{\text{total_hiver}} = N_{\text{mesure_hiver}} = 4368$ $N_{\text{valide_hiver}} = 3950$	$100 \times \frac{3950}{4368} = 90,43\%$, arrondie à 90%
Mesure fixe de benzène en site urbain $N_{\text{total}} = 8760$ $N_{\text{valide}} = 3571$	Couverture_données = $100 \times \frac{3571}{8760} = 40,76\%$, arrondie à 41%
Mesure indicative de SO ₂ $N_{\text{total}} = 8760$ $N_{\text{valide}} = 1630$	Couverture_données = $100 \times \frac{1630}{8760} = 18,61\%$, arrondie à 19%

4.4.2 Couverture des données pour des données primaires journalières

De la même manière, la couverture des données est le pourcentage de données journalières valides sur l'année (ou la saison).

Tableau 21 : Couverture des données pour des données journalières. Exemples.

Exemple	Taux de saisie
Mesure fixe de B[a]P – Exemple 1 $N_{\text{total}} = 365$ $N_{\text{valide}} = 113$	Couverture_données = $100 \times \frac{113}{365} = 30,96\%$, arrondie à 31%
Mesure fixe de B[a]P – Exemple 2 $N_{\text{total}} = 365$ $N_{\text{valide}} = 102$	Couverture_données = $100 \times \frac{102}{365} = 27,95\%$, arrondie à 28%

4.4.3 Couverture des données pour des données intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines

La couverture des données est le nombre total d'heures ou de jours inclus dans les prélèvements valides, rapporté au nombre d'heures dans l'année considérée :

$$\text{Couverture des données} = 100 \times \frac{\sum_{k=1 \dots n_v} N_{\text{valide}}^k}{N_{\text{total}}}$$

où n_v est le nombre de prélèvements k disponibles dont la mesure est valide et N_{valide}^k est le nombre d'heures ou de jours inclus dans chacun de ces prélèvements. Si un échantillon k appartient à deux années (ex : une mesure allant du 28 décembre au 4 janvier), alors N_{valide}^k se limitera au nombre d'heures ou de jours de l'année considérée (ex. : nombre d'heures ou de jours entre le 28 et le 31 décembre). N_{total} est le nombre total d'heures ou de jours dans l'année.

**Tableau 22 : Couverture des données pour des données intégrées sur plusieurs jours.
Exemples.**

Exemple	Date de début	Date de fin	Durée en nombre de jours	Code de validité	Couverture des données
Mesure indicative de As, Cd, Ni	05/03/2009 00:00 12/03/2009 00:00 18/06/2009 00:00 25/06/2009 00:00 23/09/2009 00:00 30/09/2009 00:00 24/11/2009 00:00 01/12/2009 00:00	11/03/2009 23:59 18/03/2009 23:59 24/06/2009 23:59 01/07/2009 23:59 29/09/2009 23:59 06/10/2009 23:59 30/11/2009 23:59 07/12/2009 23:59	6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556 6,999305556	1 1 -1 1 1 1 3 1	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{i=1..7} N_{valide}^i}{N_{total}} = 100 \times \frac{49,00}{365} = 13,42\%$, arrondie à 13%
Mesure indicative de dépôt	03/12/2012 10:15 02/01/2013 13:58 05/02/2013 10:35 28/02/2013 11:35 02/04/2013 12:00 02/05/2013 12:20 03/06/2013 09:20 28/06/2013 09:35 05/08/2013 11:20 02/09/2013 09:05 02/09/2013 09:12 30/09/2013 11:50 04/11/2013 12:47 02/12/2013 11:20	02/01/2013 13:46 05/02/2013 10:24 28/02/2013 11:25 02/04/2013 11:58 02/05/2013 11:00 03/06/2013 09:18 28/06/2013 09:25 05/08/2013 11:13 02/09/2013 09:05 30/09/2013 11:43 04/11/2013 12:45 02/12/2013 11:16 03/01/2014 13:26	1,573611111* 33,85138889 23,01736111 33,05763889 29,95833333 31,99861111 25,00347222 38,06805556 27,90625 28,10486111 35,03819444 27,93680556 29,52777778*	1 1 1 1 3 -1 1 3 1 1 1 1 1	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{i=1..12} N_{valide}^i}{N_{total}} = 100 \times \frac{333,02}{365} = 91,24\%$, arrondie à 91%
Mesure indicative de dépôt	03/12/2012 10:15 02/01/2013 13:58 05/02/2013 10:35 28/02/2013 11:35 02/04/2013 12:00 02/05/2013 12:20 03/06/2013 09:20 28/06/2013 09:35 05/08/2013 11:20 02/09/2013 09:05 02/09/2013 09:12 30/09/2013 11:50 04/11/2013 12:47 02/12/2013 11:20	02/01/2013 13:46 05/02/2013 10:24 28/02/2013 11:25 02/04/2013 11:58 02/05/2013 11:00 03/06/2013 09:18 28/06/2013 09:25 05/08/2013 11:13 02/09/2013 09:05 30/09/2013 11:43 04/11/2013 12:45 02/12/2013 11:16 03/01/2014 13:26	1,573611111* 33,85138889 23,01736111 33,05763889 29,95833333 31,99861111 25,00347222 38,06805556 27,90625 28,10486111 35,03819444 27,93680556 29,52777778*	1 1 1 1 3 -1 1 3 1 -1 -1 1 1	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{k=1..10} N_{valide}^k}{N_{total}} = 100 \times \frac{269,88}{365} = 73,94\%$, arrondie à 74%

*durée limitée à l'année 2013

4.4.4 Cas des données issues d'un regroupement de filtres

Comme pour la couverture temporelle et le taux de saisie, pour les raisons déjà évoquées (cf. §4.2.2), la formule réservée aux données intégrées (cf. §4.4.3) est utilisée. Chacune des périodes de regroupement des filtres est assimilée à une période de mesure.

Tableau 23 : Couverture des données intégrées sur plusieurs jours. Analyse chimique réalisée sur filtres groupés. Exemple de série de données.

Exemple	Date de début (de la période de regroupement)	Date de fin (de la période de regroupement)	Durée en nombre de jours*	Code de validité	Couverture des données
Mesure fixe de B[a]P	25/12/2012 09:00	10/01/2013 09:00	9,375	1	Couverture_temporelle = $100 \times \frac{\sum_{k=1}^{20} N_{valide}^k}{N_{total}} = 100 \times \frac{30}{36}$ = 82,19%, arrondie à 82%
	12/01/2013 09:00	28/01/2013 09:00	16	1	
	30/01/2013 09:00	15/02/2013 09:00	16	-1	
	17/02/2013 09:00	05/03/2013 09:00	16	1	
	07/03/2013 09:00	23/03/2013 09:00	16	1	
	25/03/2013 09:00	10/04/2013 09:00	16	1	
	12/04/2013 09:00	28/04/2013 09:00	16	2	
	30/04/2013 09:00	16/05/2013 09:00	16	2	
	18/05/2013 09:00	03/06/2013 09:00	16	2	
	05/06/2013 09:00	21/06/2013 09:00	16	1	
	23/06/2013 09:00	09/07/2013 09:00	16	2	
	11/07/2013 09:00	24/07/2013 09:00	16	1	
	04/08/2013 09:00	14/08/2013 09:00	16	2	
	16/08/2013 09:00	01/09/2013 09:00	16	1	
	03/09/2013 09:00	19/09/2013 09:00	16	1	
	21/09/2013 09:00	07/10/2013 09:00	16	1	
	09/10/2013 09:00	25/10/2013 09:00	16	1	
	27/10/2013 09:00	12/11/2013 09:00	16	1	
	14/11/2013 09:00	30/11/2013 09:00	16	1	
	02/12/2013 09:00	18/12/2013 09:00	16	1	
	20/12/2013 09:00	05/01/2014 00:00	11,625	1	

*durée limitée à l'année 2013

4.4.5 Comparaison avec la couverture des données minimale

La couverture des données est déclarée suffisante si **sa valeur arrondie à l'entier est supérieure ou égale au pourcentage minimum déduit des objectifs de qualité des Directives** (Tableau 24 : Couverture des données minimale requise Tableau 24).

Les exemples du Tableau 25 illustrent cette comparaison.

Tableau 24 : Couverture des données minimale requise

Type de mesure et polluant	Couverture temporelle minimale [%]	Taux de saisie minimal [%]	Couverture des données minimale* [%]
Mesure fixe			
SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO	100	85	85
PM ₁₀ , PM _{2.5}	100	85	85
O ₃ , Avril – Sept	100	85	85
O ₃ , Jan.-Mars + Oct.-Déc.	100	70	70
Benzène, site industriel	90	85	77
Benzène, site urbain de fond et de trafic	35	85	30
Pb	100	85	85
As, Cd, Ni	50	85	43
B[a]P	33	85	28
Mesure indicative			
Tous polluants hors O ₃ estival et dépôt total	14	90	13
O ₃ estival	> 10 en été	90	9
Dépôt total	33	90	30

* valeur arrondie à l'entier

Tableau 25 : Comparaison de la couverture des données avec le pourcentage minimal requis. Exemples.

Exemple	Couverture des données	Couverture des données suffisante ?
Mesure fixe en continu Données horaires	94%	94% ≥ 85% ? oui
Mesure fixe d'ozone Données horaires	Été : 78% Hiver : 90%	78% ≥ 85% ? non 90% ≥ 70% ? oui → non
Mesure fixe de benzène en site urbain Données horaires	41%	41% ≥ 30% ? oui
Mesure indicative de SO ₂ Données horaires	19%	19% ≥ 13% ? oui
Mesure fixe de B[a]P – exemple 1 Données journalières	31%	31% ≥ 28% ? oui
Mesure fixe de B[a]P – exemple 2 Données journalières	28%	28% ≥ 28% ? oui
Mesure indicative de As, Cd, Ni Données intégrées sur une semaine	13%	13% ≥ 13% ? oui
Mesure indicative de dépôt – exemple 1 Données intégrées sur environ un mois	91%	91% ≥ 30% ? oui

Mesure indicative de dépôt – exemple 2 Données intégrées sur environ un mois	74%	74% ≥ 30% ? oui
Mesure fixe de B[a]P Données intégrées (cumul de filtres)	82%	82% ≥ 28% ? oui

Dans les quatre cas marqués en gras, la couverture des données remplit les conditions minimales alors que les deux objectifs de qualité associés ne sont pas simultanément respectés (la couverture temporelle est satisfaisante mais non le taux de saisie).

Ainsi le critère relatif à la couverture des données offre-t-il une réponse pratique aux situations dans lesquelles le taux de saisie est inférieur au minimum requis mais l'effort de mesure est plus important que le minimum réglementaire.

N.B. : le respect de ce critère est généralement suffisant pour assurer la validité des statistiques annuelles et saisonnières. Pour certaines statistiques relatives à l'ozone, d'autres critères doivent être vérifiés, ainsi qu'il est précisé au chapitre suivant.

5. CALCUL DES STATISTIQUES

5.1 Remarques préliminaires

Cette partie explicite le calcul des statistiques réglementaires recensées dans le Tableau 39 de l'annexe 2. Sont également présentées quelques statistiques non réglementaires d'usage fréquent.

Ces statistiques sont calculées dans le système temporel requis (cf. chapitre 2) à partir des données primaires définies au chapitre 3, à savoir :

- pour les mesures automatiques, les données horaires exprimées dans les unités de référence et arrondies avec 3 décimales pour le monoxyde de carbone, 2 décimales pour le benzène et 1 décimale pour les autres polluants ;
- pour les mesures manuelles, les données à la plus haute résolution temporelle disponible, arrondies avec deux décimales.

5.2 Critères de validité

Les critères de validité associés à chaque statistique sont précisés dans les paragraphes suivants. Ils s'expriment comme des nombres ou pourcentages minimaux de données valides sur la période considérée.

Pour les périodes de calcul inférieures à la saison (heure, huit heures, jour), ils sont issus des Annexes VII (ozone) et XI (autres polluants) de la Directive 2008/50/CE.

Pour les statistiques saisonnières et annuelles, le critère employé est celui de la couverture des données (cf. §4.4) qui découle des objectifs de qualité (Annexe I de la Directive 2008/50/CE et Annexe IV de la Directive 2004/107/CE). Font exception les

statistiques associées aux valeurs cibles et aux objectifs de long terme de l'ozone, qui sont soumises aux exigences spécifiques de l'Annexe VII¹⁸.

5.3 Moyennes temporelles

5.3.1 Moyenne horaire

Le calcul des moyennes horaires, qui jouent le rôle de données primaires, a été présenté au paragraphe 3.3.1. La formule est rappelée ci-après.

➤ **Définition :**

$$\text{moyenne horaire (de l'heure } h) = \frac{\sum_{h-1 < i \leq h} QH_i}{n_{\text{valide}}^{QH}}$$

QH_i désigne la concentration moyenne sur le quart d'heure i , arrondie comme il se doit (cf. §3.3.1). La sommation est faite sur les moyennes quart-horaires valides précédant h ; n_{valide}^{QH} est le nombre de ces moyennes. La moyenne horaire résultante est également arrondie (cf. §3.3.1).

➤ **Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexes VII et XI) :**

Le pourcentage de données quart-horaires valides doit être supérieur ou égal à 75 %, soit $n_{\text{valide}}^{QH} \geq 3$, pour que la moyenne horaire soit considérée comme valide.

5.3.2 Maximum journalier des moyennes horaires

➤ **Définition :**

Le maximum journalier des moyennes horaires est le maximum des données horaires valides du jour.

➤ **Critère de validité :**

Les Directives ne fixent pas de critère pour cette statistique qui n'a pas de valeur réglementaire. En l'absence de telle condition, la règle utilisée pour le maximum journalier des moyennes sur 8 heures (cf. §5.3.4) sera appliquée.

Le pourcentage de données horaires valides doit être supérieur ou égal à 75 %, soit $n_{\text{valide}}^H \geq 18$, pour que le maximum journalier des moyennes horaires soit considéré comme valide.

¹⁸ S'il est fait référence à l'annexe VII de la Directive 2008/50/CE, la primauté des critères de validité de cette annexe sur les objectifs de qualité de l'annexe I ne ressort pas clairement du guide IPR. Cette règle s'accorde cependant avec les dernières discussions du groupe IPR et du réseau EIONET. En l'absence d'indication contraire, le choix est fait de l'adopter.

5.3.3 Moyenne glissante sur huit heures

➤ Définition :

La moyenne glissante sur 8 heures est une moyenne arithmétique de données primaires horaires. Elle s'obtient par la formule :

$$\text{moyenne glissante sur 8 heures (de l'heure } h) = \frac{\sum_{i=h-7}^h H_i}{n_{\text{valide}}^H}$$

H_i désigne la moyenne horaire de l'heure i ; la sommation est faite sur l'ensemble des données horaires valides parmi l'heure h et les sept précédentes; n_{valide}^H est le nombre de ces données.

Sur une journée complète (jour J), 24 moyennes glissantes sur 8 heures peuvent être calculées.

La première correspond aux mesures effectuées entre 17h, jour J-1, et 1h, jour J.

La dernière correspond aux mesures réalisées entre 16h, jour J, et 24h, jour J.

La Figure 3 illustre les heures utilisées dans le calcul de la moyenne glissante sur 8 heures.

	JOUR J-1								JOUR J																						
moyenne	18						00						06												18						00
H1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																							
H13													✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
H24																								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figure 3 : Calcul de la moyenne glissante sur 8 heures

➤ Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexes VII et XI) :

Le pourcentage de données horaires valides doit être supérieur ou égal à 75%, soit $n_{\text{valide}}^H \geq 6$, pour que la moyenne glissante sur 8 heures soit considérée comme valide.

5.3.4 Maximum journalier des moyennes glissantes sur huit heures

➤ Définition :

Le maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures est le maximum des moyennes glissantes valides du jour.

➤ Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexes VII et XI) :

Le pourcentage de moyennes glissantes valides doit être supérieur ou égal à 75 %, soit $n_{\text{valide}}^{8H} \geq 18$, pour que ce maximum soit considéré comme valide.

Le calcul des moyennes glissantes sur 8 heures et des maximums journaliers de ces moyennes est illustré dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Calcul des moyennes glissantes sur huit heures et du maximum journalier de ces moyennes. Exemple de deux journées de mesure d'ozone.

Date	Valeur horaire mesurée ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité 1 : valide -1 : invalide	Moyenne glissante sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité	Maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité
02/08/2015 18:00	-	-1				
02/08/2015 19:00	-	-1				
02/08/2015 20:00	-	-1				
02/08/2015 21:00	-	-1				
02/08/2015 22:00	-	-1				
02/08/2015 23:00	207.2	-1				
02/08/2015 24:00	208.1	-1				
03/08/2015 01:00	85.6	1	85.6000	-1		
03/08/2015 02:00	99.2	1	92.4000	-1		
03/08/2015 03:00	101.1	1	95.3000	-1		
03/08/2015 04:00	104.3	1	97.5500	-1		
03/08/2015 05:00	106.2	1	99.2800	-1		
03/08/2015 06:00	107.1	1	100.5833	1		
03/08/2015 07:00	114.7	1	102.6000	1		
03/08/2015 08:00	118.8	1	104.6250	1		
03/08/2015 09:00	123.5	1	109.3625	1		
03/08/2015 10:00	123.8	1	112.4375	1		
03/08/2015 11:00	127.2	1	115.7000	1		
03/08/2015 12:00	132.9	1	119.2750	1		
03/08/2015 13:00	-	-1	121.1429	1		
03/08/2015 14:00	-	-1	123.4833	1		
03/08/2015 15:00	-	-1	125.2400	-1		
03/08/2015 16:00	141.2	1	129.7200	-1		
03/08/2015 17:00	142.4	1	133.5000	-1		

Date	Valeur horaire mesurée ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité 1 : valide -1 : invalide	Moyenne glissante sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité	Maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité
03/08/2015 18:00	143.8	1	137.5000	-1		
03/08/2015 19:00	146.8	1	141.4200	-1		
03/08/2015 20:00	148.4	1	144.5200	-1		
03/08/2015 21:00	154.1	1	146.1167	1		
03/08/2015 22:00	155.1	1	147.4000	1		
03/08/2015 23:00	153.2	1	148.1250	1		
03/08/2015 24:00	148.3	1	149.0125	1	149.0125	-1
04/08/2015 01:00	146.7	1	149.5500	1		
04/08/2015 02:00	142.4	1	149.3750	1		
04/08/2015 03:00	139.9	1	148.5125	1		
04/08/2015 04:00	132.3	1	146.5000	1		
04/08/2015 05:00	127.6	1	143.1875	1		
04/08/2015 06:00	123.5	1	139.2375	1		
04/08/2015 07:00	118.0	1	134.8375	1		
04/08/2015 08:00	136.0	1	133.3000	1		
04/08/2015 09:00	143.3	1	132.8750	1		
04/08/2015 10:00	136.2	1	132.1000	1		
04/08/2015 11:00	106.2	1	127.8875	1		
04/08/2015 12:00	107.7	1	124.8125	1		
04/08/2015 13:00	114.2	1	123.1375	1		
04/08/2015 14:00	123.9	1	123.1875	1		
04/08/2015 15:00	133.5	1	125.1250	1		
04/08/2015 16:00	131.3	1	124.5375	1		
04/08/2015 17:00	142.5	1	124.4375	1		
04/08/2015 18:00	315.0	-1	122.7571	1		
04/08/2015 19:00	403.0	-1	125.5167	1		
04/08/2015 20:00	456.8	-1	129.0800	-1		
04/08/2015 21:00	460.7	-1	132.8000	-1		

Date	Valeur horaire mesurée ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité 1 : valide -1 : invalide	Moyenne glissante sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité	Maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Validité
04/08/2015 22:00	440.6	-1	135.7667	-1		
04/08/2015 23:00	430.2	-1	136.9000	-1		
04/08/2015 24:00	401.4	-1	142.5000	-1	149.55	1

Dans l'exemple du Tableau 26 :

- Les données primaires horaires codées – 1 sont manquantes ou invalides.
- Les moyennes glissantes sur 8 heures codées -1 sont invalides parce qu'elles sont calculées avec un nombre insuffisant de données horaires (<6).
- Le maximum des moyennes glissantes sur 8 heures pour la journée du 3 août est invalide parce qu'il est déduit d'un nombre insuffisant de valeurs ($13 < 18$).
- Le maximum des moyennes glissantes sur 8 heures pour la journée du 4 août est valide parce qu'il est déduit d'un nombre suffisant de valeurs ($19 > 18$).

5.3.5 Moyenne journalière

➤ Définition :

Pour des données primaires horaires, la moyenne journalière se calcule selon la formule:

$$\text{moyenne journalière (du jour J)} = \frac{\sum_i H_i}{n_{\text{valide}}^H}$$

H_i désigne la moyenne horaire de l'heure i ; la sommation est faite sur l'ensemble des données horaires valides de la journée; n_{valide}^H est le nombre de ces données.

➤ Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexe XI) :

Le pourcentage de données horaires valides doit être supérieur ou égal à 75 %, soit $n_{\text{valide}}^H \geq 18$, pour que la moyenne journalière soit considérée comme valide.

5.3.6 Moyenne mensuelle

a) Cas de données primaires horaires ou journalières

➤ Définition :

La moyenne mensuelle est la moyenne arithmétique des données primaires disponibles sur le mois. Elle se calcule selon la formule :

$$\text{moyenne mensuelle (du mois M)} = \frac{\sum_i C_i}{n_{\text{valide}}^C}$$

C_i désigne la moyenne horaire ou journalière de l'heure ou du jour i ; la sommation est faite sur l'ensemble des données valides du mois; n_{valide}^C est le nombre de ces données.

➤ **Critère de validité :**

Les Directives ne fixent pas de critère pour cette statistique qui n'a pas de valeur réglementaire. En l'absence de telle condition, le critère de couverture des données relatif à la moyenne annuelle (cf. §4.4) sera utilisé.

Pour que la moyenne mensuelle soit considérée comme valide, la proportion du mois couverte par des données de mesure valides doit être supérieure ou égale au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24. Elle est évaluée conformément aux paragraphes 4.4.1 et 4.4.2, en limitant N_{valide} et N_{total} au mois considéré.

b) Cas de données primaires intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines et de données issues de filtres groupés

➤ **Définition :**

La moyenne mensuelle se calcule en pondérant chaque donnée par la durée de mesure qu'elle représente:

$$\text{moyenne mensuelle (du mois M)} = \frac{\sum_i N_{\text{valide}}^i C_i}{\sum_i N_{\text{valide}}^i}$$

C_i est la valeur de concentration relative à l'échantillon i et N_{valide}^i , qui se déduit des dates de début et de fin de mesure, est le nombre d'heures ou de jours dans la période de prélèvement (ou dans la période sur laquelle sont cumulés les filtres).

Si une période de prélèvement est à cheval sur deux mois, seules les heures ou jours du mois considéré sont comptabilisés.

➤ **Critère de validité :**

Les Directives ne fixent pas de critère pour cette statistique qui n'a pas de valeur réglementaire. En l'absence de telle condition, le critère de couverture des données relatif à la moyenne annuelle (cf. §4.4) sera utilisé.

Pour que la moyenne mensuelle soit considérée comme valide, la part du mois couverte par des données de mesure doit être supérieure ou égale au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24. Elle est évaluée conformément aux paragraphes 4.4.3 et 4.4.4, en limitant N_{valide} et N_{total} au mois considéré.

5.3.7 Moyenne saisonnière

a) **Cas de données primaires horaires ou journalières**

➤ **Définition :**

La moyenne saisonnière est la moyenne arithmétique des données primaires disponibles sur la saison considérée. Elle se calcule selon la formule :

$$\text{moyenne saisonnière (de la saison S)} = \frac{\sum_i C_i}{n_{\text{valide}}^C}$$

C_i désigne la moyenne horaire ou journalière de l'heure ou du jour i ; la sommation est faite sur l'ensemble des données valides de la saison; n_{valide}^C est le nombre de ces données. Les dates de début et de fin de saison sont données dans le Tableau 1 (cf. §2.1).

➤ **Critère de validité**

Les Directives ne fixent pas de critère de validité pour les moyennes saisonnières. En l'absence de telle condition, le critère de couverture des données relatif à la moyenne annuelle sera utilisé.

- **Polluants autres que l'ozone :**

Pour que la moyenne saisonnière soit considérée comme valide, la couverture des données calculée pour la saison doit être supérieure ou égale (après arrondi à l'entier) au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24. Elle est évaluée conformément aux paragraphes 4.4.1 et 4.4.2, en limitant N_{valide} et N_{total} à la saison considérée.

- **Ozone :**

Pour que la moyenne estivale, respectivement hivernale, soit considérée comme valide ; la couverture des données calculée pour la saison estivale, respectivement hivernale, doit être supérieure ou égale (après arrondi à l'entier) à la valeur minimale indiquée dans le Tableau 24, soit 85% en été et 70% en hiver.

b) **Cas de données primaires intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines et de données issues de filtres groupés**

➤ **Définition :**

La moyenne saisonnière se calcule en pondérant chaque donnée par la durée de mesure qu'elle représente:

$$\text{moyenne saisonnière (de la saison S)} = \frac{\sum_i N_{\text{valide}}^i C_i}{\sum_i N_{\text{valide}}^i}$$

C_i est la valeur de concentration relative à l'échantillon i et N_{valide}^i , qui se déduit des dates de début et de fin de mesure, est le nombre d'heures ou de jours dans la période de prélèvement (ou dans la période sur laquelle sont cumulés les filtres).

Si une période de prélèvement est à cheval sur deux saisons, seules les heures ou jours de la saison considérée sont comptabilisés.

➤ **Critère de validité :**

Les Directives ne fixent pas de critère de validité pour cette statistique. En l'absence de telle condition le critère de couverture temporelle relatif à la moyenne annuelle sera utilisé.

Pour que la moyenne saisonnière soit considérée comme valide, la couverture des données calculée pour la saison doit être supérieure ou égale (après arrondi à l'entier) au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24. Elle est évaluée conformément aux paragraphes 4.4.1 et 4.4.2, en limitant N_{valide} et N_{total} à la saison considérée.

5.3.8 Moyenne annuelle

c) Cas de données primaires horaires ou journalières

➤ **Définition :**

La moyenne annuelle est la moyenne des données primaires disponibles sur l'année. Elle se calcule selon la formule :

$$\text{moyenne annuelle (de l'année A)} = \frac{\sum_i C_i}{n_{\text{valide}}^C}$$

C_i désigne la moyenne horaire ou journalière de l'heure ou du jour i ; la sommation est faite sur l'ensemble des données valides de l'année; n_{valide}^C est le nombre de ces données.

➤ **Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexe I, et Directive 2004/107/CE, Annexe IV) :**

Conformément à la pratique de l'AEE, la règle suivante est fixée : pour que la moyenne annuelle soit considérée comme valide, la couverture des données, i.e. la proportion de l'année couverte par des données valides (cf. §4.4.1 et §4.4.2), doit être supérieure ou égale au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24 (cf. 4.4.5). Dans le cas particulier de l'ozone, la couverture estivale et la couverture hivernale doivent être conjointement supérieures au minimum requis¹⁹.

d) Cas de données primaires intégrées sur plusieurs jours ou plusieurs semaines et de données issues de filtres groupés

➤ **Définition :**

La moyenne annuelle se calcule en pondérant chaque donnée par la durée de mesure qu'elle représente:

¹⁹ Pour les polluants autres que l'ozone, le critère de l'Annexe XI pour le calcul de la moyenne annuelle coïncide avec les objectifs de qualité : le pourcentage minimal de données valides sur l'année est de 90%, hors pertes d'information dues à l'étalonnage régulier ou à l'entretien normal des instruments, ce qui autorise l'abaissement de ce critère à 85%.

En ce qui concerne l'ozone, les annexes I et VII de la Directive 2008/50/CE ne sont pas tout à fait cohérentes, problème qui n'a pas été entièrement résolu dans le guide IPR. En effet, l'annexe VII :

- est moins stricte que l'Annexe I sur le pourcentage minimal de données estivales pour le calcul de la moyenne annuelle (75% au lieu de 90%) ;
- concorde avec l'Annexe I sur le pourcentage minimal de données hivernales (75%) mais ne mentionne pas la possibilité de tenir compte des pertes de données liées à l'étalonnage et à la maintenance.

En accord avec les dernières discussions du groupe IPR, et dans l'attente de consignes écrites, on considérera que le critère de couverture temporelle issu de l'annexe I, plus strict pour l'été, prévaut sur celui de l'annexe VII.

$$\text{moyenne annuelle (de l'année A)} = \frac{\sum_i N_{\text{valide}}^i C_i}{\sum_i N_{\text{valide}}^i}$$

C_i désigne la concentration correspondant à l'échantillon i et N_{valide}^i , qui se déduit des dates de début et de fin de mesure, est le nombre d'heures dans la période de prélèvement (ou de la période sur laquelle sont cumulés les filtres).

Si une période de prélèvement est à cheval sur deux années, seules les heures ou jours de l'année considérée sont comptabilisés.

➤ **Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexe I, et Directive 2004/107/CE, Annexe IV) :**

Conformément à la pratique de l'AEE, la règle suivante est fixée : pour que la moyenne annuelle soit considérée comme valide, la couverture des données, i.e. la proportion de l'année couverte par des données valides (cf. 4.4.3 et 4.4.4), doit être supérieure ou égale au pourcentage minimal indiqué dans le Tableau 24 (cf. 4.4.5).

L'exemple du Tableau 23 est repris ci-après.

Tableau 27 : Calcul de la moyenne annuelle pour des données intégrées sur plusieurs jours. Cas du B[a]P. Exemple.

Exemple	Date de début (de la période de regroupement)	Date de fin (de la période de regroupement)	Concen- tration	Durée en nombre de jours*	Code de validité	Moyenne annuelle
Mesure fixe de B[a]P	25/12/2012 09:00	10/01/2013 09:00	0.07	9,375	1	Moyenne = $100 \times \frac{\sum_{k=1}^{20} N_{\text{valide}}^k C_k}{\sum_{k=1}^{20} N_{\text{valide}}^k} = 100$ = 0,094 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	12/01/2013 09:00	28/01/2013 09:00	0.02	16	1	
	30/01/2013 09:00	15/02/2013 09:00	NA	16	-1	
	17/02/2013 09:00	05/03/2013 09:00	0.02	16	1	
	07/03/2013 09:00	23/03/2013 09:00	0.01	16	1	
	25/03/2013 09:00	10/04/2013 09:00	0.06	16	1	
	12/04/2013 09:00	28/04/2013 09:00	0.01	16	2	
	30/04/2013 09:00	16/05/2013 09:00	0.01	16	2	
	18/05/2013 09:00	03/06/2013 09:00	0.01	16	2	
	05/06/2013 09:00	21/06/2013 09:00	0.01	16	1	
	23/06/2013 09:00	09/07/2013 09:00	0.01	16	2	
	11/07/2013 09:00	24/07/2013 09:00	0.02	16	1	
	04/08/2013 09:00	14/08/2013 09:00	0.01	16	2	
	16/08/2013 09:00	01/09/2013 09:00	0.02	16	1	
	03/09/2013 09:00	19/09/2013 09:00	0.06	16	1	
	21/09/2013 09:00	07/10/2013 09:00	0.03	16	1	
	09/10/2013 09:00	25/10/2013 09:00	0.01	16	1	
	27/10/2013 09:00	12/11/2013 09:00	0.18	16	1	
	14/11/2013 09:00	30/11/2013 09:00	0.23	16	1	
	02/12/2013 09:00	18/12/2013 09:00	0.83	16	1	
	20/12/2013 09:00	05/01/2014 00:00	0.25	11,625	1	

*durée limitée à l'année 2013

Note : la moyenne arithmétique utilisée pour des mesures horaires (ou journalières) n'est qu'un cas particulier de cette moyenne pondérée, dans lequel tous les N_i sont égaux à 1.

e) Précisions sur le calcul de la moyenne annuelle en cas de mesures discontinues

Les règles énoncées en a et b s'appliquent sans exception à toute série de données obtenue par mesure fixe ou de mesure indicative, ce qui suppose que l'échantillonnage est réparti sur l'ensemble de l'année²⁰.

Toute autre méthode d'estimation de la moyenne sera considérée comme de la modélisation ou de l'estimation objective, selon l'incertitude associée aux résultats²¹. Entrent dans ce cadre les calculs de moyenne pondérée autres que ceux qui sont décrits au point b et les calculs de moyenne par reconstitution de données. Sont donc en particulier concernées les méthodologies proposées par le Groupe de Travail *Plans d'échantillonnage et de reconstitution de données* pour l'élaboration et l'exploitation de campagnes de mesure²².

5.4 Nombre de dépassements d'un seuil horaire ou journalier

5.4.1 Nombre de dépassements sur une année

➤ Définition :

Le nombre d'heures ou de jours pendant lesquels un seuil de concentration S est dépassé est calculé à partir des moyennes horaires ou journalières valides de l'année considérée.

On note N le nombre de dépassements observés sur l'année : $N_{dep} = \sum_i 1_{C_i > S}$

C_i est la concentration arrondie avec le même nombre de décimales que S, c'est-à-dire arrondie à l'entier (arrondi arithmétique, cf. annexe 1).

➤ Critères de validité :

- **Polluants autres que l'ozone (Directive 2008/50/CE, Annexe I):**

Pour que le nombre annuel de dépassements soit considéré comme valide, la couverture des données doit être supérieure ou égale au minimum requis (cf. Tableau 24).

- **Ozone (Directive 2008/50/CE, Annexe VII):**

²⁰ Pour l'échantillonnage des HAP, se référer notamment au guide méthodologique : Albinet A., 2011.

²¹ Réponses du GT *Stratégie* au GT *Plans d'échantillonnage et reconstitution de données*, avril 2008

²² GT *Plans d'échantillonnage et de reconstitution de données* (ADEME, LCSQA, AASQA), 2008. Guide d'élaboration de plans d'échantillonnage temporel et de reconstitution de données.

En ce qui concerne le nombre de dépassements relatif à la valeur cible et à l'objectif de long terme pour la protection de la santé, le critère de l'Annexe VII se substitue à l'exigence de couverture des données, comme il a été précisé en 5.2²³. Pour que le nombre annuel de dépassements soit considéré comme valide, la condition suivante doit être vérifiée : pour au moins cinq mois sur six entre avril et septembre, le nombre mensuel de valeurs valides du maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures est supérieur ou égal à 27.

5.4.2 Nombre moyen de dépassements sur plusieurs années

➤ Définition :

La valeur cible de l'ozone pour la protection de la santé humaine fait référence à la moyenne sur trois ans du nombre de jours où le maximum des moyennes glissantes sur huit heures dépasse $120 \mu\text{g.m}^{-3}$. Ce nombre moyen se calcule selon la formule suivante :

$$\text{nombre moyen} = \frac{\sum_i N_{\text{dep}}^{A_i}}{n_{\text{valide}}^A}$$

$N_{\text{dep}}^{A_i}$ est le nombre de dépassements journaliers sur l'année A_i , calculé comme il est décrit précédemment. n_{valide}^A est le nombre d'années pour lesquelles $N_{\text{dep}}^{A_i}$ est valide.

Le résultat est arrondi à l'entier.

➤ Critère de validité :

n_{valide}^A doit vérifier $1 \leq n_{\text{valide}}^A \leq 3$.

Des exemples de calcul sont fournis dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Evaluation pour l'année N du nombre moyen de dépassements du seuil journalier de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Exemples.

	Année N-2	Année N-1	Année N	Nombre moyen sur 3 ans pour l'année N
Nombre de dépassements	19	28	17	21,3 arrondi à 21
Validité	Valide	Valide	Valide	Valide
Nombre de dépassements	19	28	17	22,5 arrondi à 23
Validité	Invalide	Valide	Valide	Valide
Nombre de dépassements	19	28	32	19
Validité	Valide	Invalide	Invalide	Valide
Nombre de dépassements	19	28	32	25,5 arrondi à 26
Validité	Valide	Invalide	Valide	Valide

²³ Voir note 18.

Nombre de dépassements	19	28	30	24,5 arrondi à 25
Validité	Valide	Invalide	Valide	Valide
Nombre de dépassements	19	28	32	-
Validité	Invalide	Invalide	Invalide	Invalide

5.4.3 Remarque

Si le nombre d'heures ou de jours de dépassement observé est strictement supérieur au nombre maximal fixé par la Directive, mais que les données disponibles ne remplissent pas les critères de validité mentionnés en 5.4.1 et 5.4.2, un dépassement sera quand même déclaré²⁴. Ce cas particulier, qui est prévu dans le guide IPR, est expliqué dans l'annexe 6.

5.5 AOT40 pour la protection de la végétation et de la forêt

5.5.1 AOT40 relatif à une année

➤ Définition :

L'AOT40 (Accumulated Exposure Over Threshold 40) est un indicateur statistique des niveaux de concentration d'ozone pour la protection de la végétation.

L'AOT40 est le cumul des concentrations observées au-dessus du seuil de $80 \mu\text{g.m}^{-3}$ (40ppb). En **France métropolitaine**, il se calcule comme la somme des différences entre les niveaux horaires d'ozone supérieurs à $80 \mu\text{g.m}^{-3}$, mesurés entre 8 h et 20 h **CET** (Central European Time) (cf. §2.2), et la valeur de $80 \mu\text{g.m}^{-3}$. Le résultat s'exprime en $(\mu\text{g.m}^{-3})\cdot\text{h}$.

Dans les **Départements et Régions d'Outre-Mer français**, le calcul est identique mais s'effectue en **heures locales**.

Pour le calcul de l'AOT40 pour la **protection de la végétation**, la période à utiliser commence le **1er mai** et se termine le **31 juillet** de l'année considérée.

L'AOT40 pour la protection de la forêt ne figure plus dans la législation en vigueur²⁵ mais sa définition est rappelée plus loin à titre complémentaire. La période à considérer dans ce cas commence le 1er avril et se termine le 30 septembre de l'année considérée.

²⁴ N.B. : En ce qui concerne l'ozone, le guide IPR n'indique pas précisément la règle à suivre pour évaluer la conformité par rapport à la valeur cible pour la protection de la santé. En particulier, il n'explique pas si pour cette évaluation, les années pour lesquelles le nombre de dépassements est invalide (exemples 2 à 6 du Tableau 28) doivent être ou non prises compte. Cette question a été soumise à l'AEE et à la Commission Européenne. Dans l'attente de consignes détaillées, les nombres moyens de dépassements sur trois ans calculés comme il est décrit en 5.4.2 seront utilisés.

²⁵ Il figurait dans la Directive 2002/3/CE sur l'ozone, qui a été abrogée le 11 juin 2010.

- **AOT40 mesuré**

L'AOT 40 dit « **mesuré** » se calcule donc comme suit :

$$\text{AOT40 mesuré (végétation)} = \sum_{\substack{i=9 \dots 20 \\ j=01.05 \dots 31.07}} (H_{i,j} - 80)$$

$H_{i,j}$ désigne la moyenne horaire valide d'ozone supérieure à $80 \mu\text{g.m}^{-3}$ de l'heure i et du jour j .

Pour chaque jour j , la première mesure horaire considérée est la mesure effectuée entre 8h et 9h CET*, ce qui correspond à la donnée à 9h CET (8h heure UTC), et la dernière mesure horaire considérée est la mesure effectuée entre 19h et 20h CET*, ce qui correspond à la donnée à 20h CET (19h UTC).

* Heure locale dans les DROM

$$\text{AOT40 mesuré (forêt)} = \sum_{\substack{i=9 \dots 20 \\ j=01.04 \dots 30.09}} (H_{i,j} - 80)$$

- **AOT40 estimé**

En cas de données manquantes, l'AOT40 mesuré doit être corrigé afin de produire une estimation de l'AOT40 sur la période complète. C'est l'**AOT dit « estimé »**, qui se calcule comme suit :

$$\text{AOT40 estimé} = \frac{\text{AOT40 mesuré} \times N_{\text{période}}}{N_{\text{valide}}}$$

N_{valide} est le nombre d'heures valides sur la période et $N_{\text{période}}$ est le nombre total d'heures contenues dans la période estivale considérée (cf. Tableau 1).

➤ **Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexe VII):**

Le pourcentage (arrondi à l'entier) de données horaires valides sur la période de calcul de l'AOT40 doit être supérieur ou égal à 90%²⁶ pour que les valeurs mesurée et estimée de l'AOT40 soient considérées comme valides.

5.5.2 Moyenne de l'AOT40 sur cinq années consécutives

➤ **Définition :**

L'AOT40 moyen se calcule selon la formule :

$$\text{AOT40 moyen} = \frac{\sum_i \text{AOT40}^{A_i}}{n_{\text{valid}}^A}$$

AOT40^{A_i} est l'AOT40 mesuré ou estimé sur l'année A_i (**non arrondi**). n_{valid}^A est le nombre d'années pour lesquelles AOT40^{A_i} est valide.

²⁶ L'annexe VII de la Directive 2008/50/CE ne mentionne pas la possibilité de déduire le temps consacré à l'étalonnage régulier et à la maintenance normale. De ce fait, la réduction de 5% ne s'applique pas.

Le résultat est arrondi à l'entier.

➤ **Critère de validité (Directive 2008/50/CE, Annexe VII) :**

Si les cinq valeurs annuelles consécutives nécessaires au calcul de l'AOT40 moyen ne sont pas disponibles, le jeu de données minimal requis pour calculer cette moyenne est égal à trois années, non nécessairement consécutives, parmi les cinq années initiales.

La condition à vérifier est donc : $3 \leq n_{\text{valid}} \leq 5$

Tableau 29 : Exemple de calcul d'AOT (protection de la végétation) sur 5 ans

Année	Données horaires valides en été	Couverture estivale	Données valides pour le calcul de l'AOT40 (1104 heures max)	% Données Valides pour le calcul de l'AOT40	AOT mesuré	AOT40 estimé	Validité
2008	1972	89.3	1033	93,6	21180.2	22636.0	Valide
2009	2115	95.8	1068	96,7	6235.9	6446.1	Valide
2010	2027	91.8	937	84,9	10104.3	11905.2	Invalide
2011	2175	98.5	1094	99,1	15142.6	15281.0	Valide
2012	1855	84.0	1000	90,6	15188.5	16768.1	Valide
Moyenne sur les cinq années						$(22636.0 + 6446.1 + 15281.0 + 16768.1) / 4 = 15282,8$ Valeur arrondie à 15283	

En 2010, la proportion de données valides sur la période de calcul de l'AOT40 est de 85% après arrondi ; elle ne respecte donc pas le minimum requis qui est de 90%. En conséquence, même si la couverture estivale des données est supérieure à 85%, les valeurs mesurées et estimées de l'AOT40 sont invalidées pour cette année. En revanche, en 2012, la proportion de données disponibles pour le calcul de l'AOT40 respecte l'exigence minimale de 90% alors que la couverture estivale des données est strictement inférieure à 85%. Cette dernière ne constituant pas un critère de validité pour l'AOT40²⁷, les valeurs mesurée et estimée de ce paramètre sont considérés comme valides. Sont également valides les valeurs de 2008, 2009 et 2011.

4 valeurs annuelles sur 5 sont finalement utilisables pour le calcul de l'AOT40 moyen sur 5 ans, ce qui est supérieur au minimum exigé de 3 années. Le calcul de la moyenne est donc permis.

²⁷ Voir note 18.

5.6 Calcul de quantiles

Le quantile d'ordre p d'une série de données est une valeur (généralement observée) qui partage la série ordonnée en deux sous-ensembles contenant une proportion d'observations (approximativement) égale à p et $(1-p)$.

Les centiles sont les quantiles d'ordre $1/100$, $2/100$, ..., $99/100$.

Etant donné un seuil horaire ou journalier à ne pas dépasser plus de n fois par an, un quantile d'ordre choisi peut être utilisé comme indicateur de dépassement de n afin de prendre en compte les problèmes liés à une couverture temporelle réduite. Il ne se substitue au nombre de dépassements que dans le cas spécifique d'un échantillonnage aléatoire²⁸ des PM_{10} , dans les conditions précisées par la note 1 de l'Annexe I.A de la Directive 2008/50/CE. La France, qui réalise la surveillance des PM_{10} de manière continue, n'est pas dans cette situation.

Les quantiles n'ont ainsi qu'une valeur indicative ; leur calcul est présenté en annexe (cf. annexe 7).

5.7 Indice d'exposition moyenne

L'indice d'exposition moyenne aux particules (IEM) se calcule à l'échelle nationale. Il représente une concentration annuelle moyenne de $PM_{2.5}$ sur un ensemble de stations représentatives des zones urbaines et sur une période (glissante) de trois années consécutives.

L'IEM est défini dans l'Annexe XIV de la Directive 2008/50/CE et son calcul est précisé dans le guide IPR. Pour des raisons techniques ou méthodologiques, les Etats Membres sont toutefois autorisés à utiliser leur propre procédure.

En France²⁹, l'évaluation de l'IEM est réalisée selon la méthodologie établie par le réseau européen AQUILA. Le principe de ce calcul est rappelé en annexe 7.

6. ARRONDI DES STATISTIQUES

6.1 Règle générale

Lors de tout calcul de statistique à partir de données primaires valides, l'arrondi est effectué une et une seule fois et il constitue l'ultime étape de ce calcul.

6.2 Arrondi des statistiques dans le cas général

Lorsqu'elles ne sont pas comparées à un seuil, les statistiques sont arrondies **suivant les règles dites « commerciales »** (Tableau 30 et annexe 1). Quelques exemples sont fournis ci-après (Tableau 31).

²⁸ Selon l'annexe I.A de la Directive 2008/50/CE, des mesures discontinues répondent à ce critère s'il s'agit de mesures aléatoires uniformément réparties sur l'année, par exemple un jour de mesure aléatoire par semaine ou huit semaines de mesure réparties de manière égale sur l'année.

²⁹ Voir la note LCSQA sur l'évaluation de l'IEM (Malherbe L., 2012).

Tableau 30 : Règles d'arrondi commerciales

Valeur	Nombre de décimales à conserver	Exemple avant arrondi	Exemple après arrondi
$x \geq 10$	0 (entier)	132,5	133
		17,83	18
$1 \leq x < 10$	1 décimale	2,345	2,3
$0.1 \leq x < 1$	2 décimales	0,865	0,87
$0.01 \leq x < 0.1$	3 décimales	0,0419	0,042
etc.			

Tableau 31: Exemples d'arrondi selon les règles commerciales

Type de statistique	Unité	Valeur avant arrondi	Valeur arrondie
Moyenne annuelle de NO ₂	µg.m ⁻³	31,32	31
Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures de CO	mg.m ⁻³	2,25	2,3
Moyenne annuelle de B[a]A	ng.m ⁻³	0,337	0,34

6.3 Arrondi des statistiques avant comparaison avec un seuil

Lorsqu'une statistique est comparée à un *objectif environnemental*, i.e. à un seuil réglementaire de qualité de l'air (cf. annexe 2), **elle est arrondie à la même précision numérique que ce dernier**. Cette règle vaut également pour la comparaison avec les seuils d'évaluation³⁰.

Le concept de *précision numérique* n'est pas défini par le guide IPR, cette expression pouvant désigner soit un nombre de décimales, soit un nombre de chiffres significatifs (cf. annexe 1). Compte tenu des pratiques nationales et européennes, le choix est fait **d'arrondir la statistique avec le même nombre de décimales que l'objectif environnemental auquel elle est comparée**³¹.

Cet objectif est atteint si et seulement si la statistique arrondie est inférieure ou égale à la valeur seuil.

³⁰ Dans certain cas (moyenne annuelle de NO_x, benzène, plomb, arsenic, B[a]P, voir **Tableau 39** de l'annexe 2 et

Tableau 32 ci après), la valeur limite ou le niveau critique et les seuils d'évaluation correspondants s'expriment avec des nombres différents de décimales. En accord avec la règle énoncée dans le guide IPR et bien qu'un arrondi unique puisse paraître plus pertinent, la concentration moyenne sera arrondie en fonction du seuil auquel elle doit être comparée. La précision numérique des seuils ne peut être modifiée sans révision des Directives.

³¹ Règle appliquée par l'AAE

L'application des règles d'arrondi est illustrée en Figure 4. Le

Tableau 32 fournit des exemples supplémentaires de comparaison.

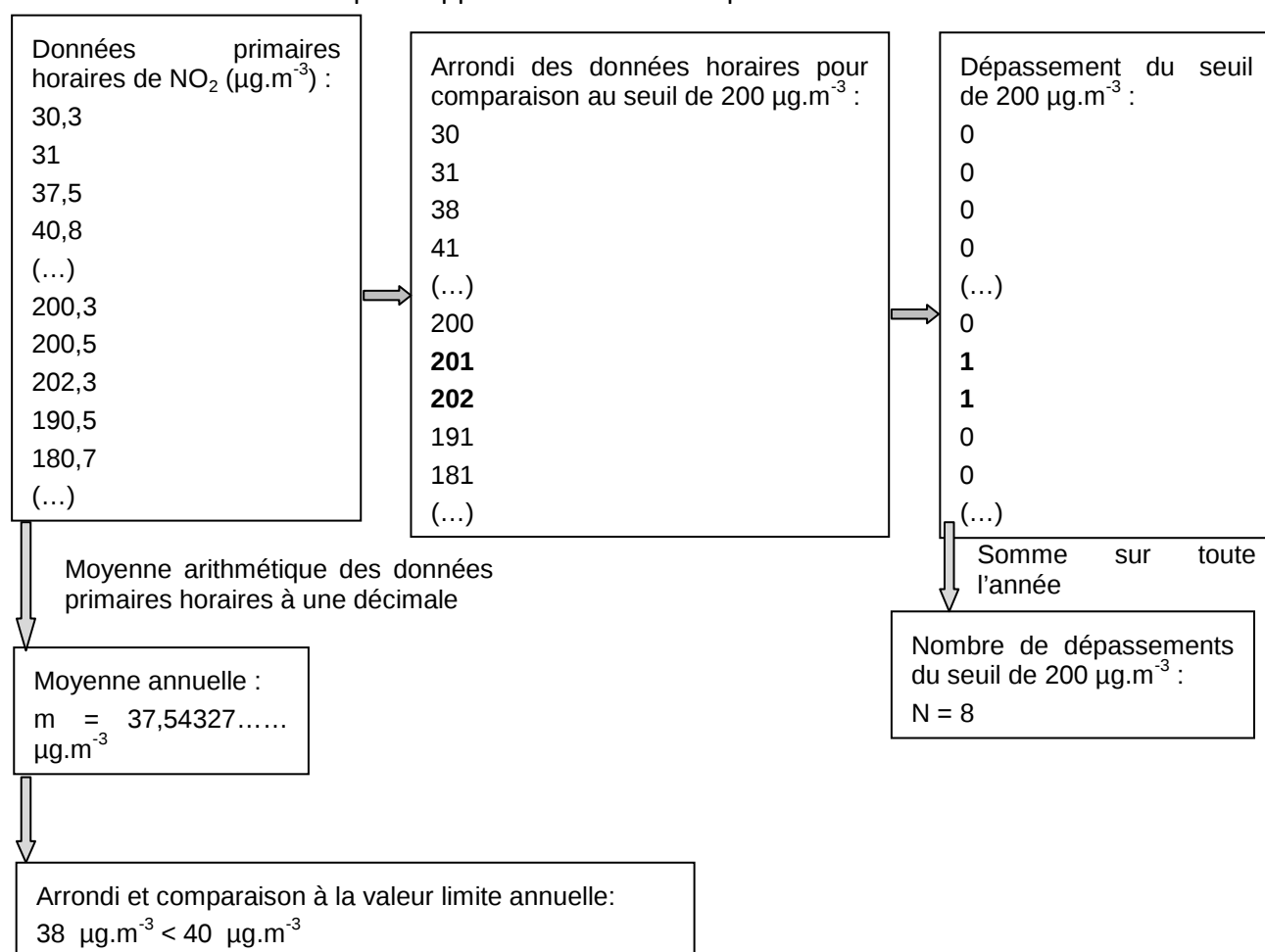


Figure 4 : Calcul et arrondi des statistiques avant comparaison avec un seuil. Exemple.

Tableau 32 : Exemples d'arrondi avant comparaison avec des seuils

Type de statistique	Unité	Seuil considéré	Valeur avant arrondi	Valeur arrondie (même nombre de décimales)	Dépassement
Moyenne annuelle de PM ₁₀	µg.m ⁻³	40 (VL)	40,467	40	non
Moyenne annuelle de PM ₁₀	µg.m ⁻³	40 (VL)	40,845	41	oui
Moyenne journalière de PM ₁₀	µg.m ⁻³	50 (VL) pas plus de 35	38,45	38	non
			42,6	43	non
			51,967	52	oui

Type de statistique	Unité	Seuil considéré	Valeur avant arrondi	Valeur arrondie (même nombre de décimales)	Dépassement
		fois par an	50,25 47,458 ...	50 47 ...	non non ...
Moyenne horaire d'ozone	$\mu\text{g.m}^{-3}$	180 (SIR)	180,3 (donnée primaire horaire)	180	non
Moyenne horaire d'ozone	$\mu\text{g.m}^{-3}$	180 (SIR)	180,5 (donnée primaire horaire)	181	oui
Moyenne annuelle de NO _x	$\mu\text{g.m}^{-3}$	30 (NC)	19,545	20	non
		24 (SES)	19,545	20	non
		19,5 (SEI)	19,545	19,5	non
Moyenne annuelle de benzène	$\mu\text{g.m}^{-3}$	5 (VL)	3,55	4	non
		3,5 (SES)	3,55	3,6	oui
		2 (SEI)	3,55	4	oui
Moyenne annuelle de plomb	$\mu\text{g.m}^{-3}$	0,5 (VL)	0,2654	0,3	non
		0,35 (SES)	0,2654	0,27	non
		0,25 (SEI)	0,2664	0,27	oui
Moyenne annuelle d'arsenic	ng.m^{-3}	6 (VC)	3,625	4	non
		3,6 (SES)	3,625	3,6	non
		2,4 (SEI)	3,625	3,6	oui
Moyenne annuelle de benzo[a]pyrène	ng.m^{-3}	1 (VC)	1,4526	1	non
		0,6 (SES)	1,4526	1,5	oui

Type de statistique	Unité	Seuil considéré	Valeur avant arrondi	Valeur arrondie (même nombre de décimales)	Dépassement
		0,4 (SEI)	1,4526	1,5	oui

VL : valeur limite ; VC : valeur cible ; SES : seuil d'évaluation supérieur ; SEI : seuil d'évaluation inférieur ; SIR : seuil d'information et de recommandations

6.4 Diffusion des statistiques

Par souci d'homogénéité, il est recommandé d'appliquer la règle suivante :

- S'il lui est associé un objectif environnemental, une statistique est communiquée avec le même nombre de décimales que ce dernier ;
- En l'absence de tel objectif, elle est arrondie selon les règles commerciales.

Tableau 33 : Exemples d'arrondi en présence ou en l'absence d'objectif environnemental

Type de statistique	Unité	Objectif environnemental considéré	Valeur avant arrondi	Valeur arrondie (règle commerciale)	Valeur arrondie (même nombre de décimales que l'objectif)
Moyenne annuelle de benzène	$\mu\text{g.m}^{-3}$	5	5,3456	-	5
Moyenne annuelle de B[a]P	ng.m^{-3}	1	1,4526	-	1
Moyenne annuelle de mercure	ng.m^{-3}	-	3,5268	3,5	-

7. RÉFÉRENCES

7.1 Législation et documentation européennes

Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0050:EN:NOT>)

Directive 2004/107/CE du Parlement Européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0107:en:NOT>)

Décision d'exécution de la Commission 2011/850/EU du 12.12.2011 portant modalités d'application des Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil concernant l'échange réciproque d'informations et la déclaration concernant l'évaluation de la qualité de l'air ambiant (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:335:0086:0106:EN:PDF>)

Guidance on the Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air (Decision 2011/850/EU).

Part I:

http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/IPR_guidance1.pdf

Part II :

http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/IPR_guidance2.pdf

Portail de la qualité de l'air : <http://www.eionet.europa.eu/aqportal>

7.2 Documentation nationale

ADEME, édition 2003. Règles et recommandations en matière de : validation des données, critères d'agrégation et paramètres statistiques.

Albinet A., 2015. Guide méthodologique pour la surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans l'air ambiant et dans les dépôts. Rapport LCSQA, www.lcsqa.org.

Alleman L., Malet B., 2011. Guide Technique et Méthodologique de l'Analyse de l'As, Cd, Ni et Pb dans l'Air Ambiant et dans les Dépôts Atmosphériques. Rapport LCSQA, www.lcsqa.org.

CS Mesures automatiques, 2015. Résolution 1/2015. Gestion des données négatives. <http://www.lcsqa.org/textes-reglementaires-guides-applicables-resolutions/resolutions-commissions-suivi>.

CS Mesures automatiques, 2015. Résolution 2/2015. Précision numérique des données. <http://www.lcsqa.org/textes-reglementaires-guides-applicables-resolutions/resolutions-commissions-suivi>.

GT Plans d'échantillonnage et de reconstitution de données (ADEME, LCSQA, AASQA), 2008. Guide d'élaboration de plans d'échantillonnage temporel et de reconstitution de données. Publication ADEME. Document également accessible sur le site du LCSQA, www.lcsqa.org.

GT Validation des données (LCSQA, AASQA), 2016. Guide de validation des données de mesures automatiques (*janvier 2016*). Document accessible sur le site du LCSQA, www.lcsqa.org.

Malherbe L., 2012. Evaluation de l'Indice d'Exposition Moyenne aux PM2.5 (IEM) : règles de sélection des stations de mesure et de calcul de l'IEM. Note LCSQA, ref. DRC-12-126913-14098A, www.lcsqa.org.

8. LISTE DES ANNEXES

Annexes	titres
Annexe 1	Définition des arrondis
Annexe 2	Normes de qualité de l'air en vigueur
Annexe 3	Unités de référence
Annexe 4	Facteurs de conversion
Annexe 5	Calcul des concentrations de NOx
Annexe 6	Conformité d'une station par rapport à un objectif environnemental
Annexe 7	Autres statistiques
Annexe 8	Recommandations de configuration

ANNEXES

ANNEXE 1 : DÉFINITION DES ARRONDIS

Arrondi arithmétique

Dans toutes les règles d'arrondi présentées ci-après, un arrondi arithmétique (ou *au plus proche*) est pratiqué. Il s'effectue ainsi : soit d , le dernier chiffre à conserver,

- si le chiffre suivant est strictement inférieur à 5, d est laissé tel quel ;
- si le chiffre suivant est supérieur ou égal à 5, d est augmenté de 1.

Tableau 34 : Exemple d'arrondi arithmétique

Nombre à arrondir	43,463	43,463
Nombre total de chiffres souhaités	4	3
Valeur de d avant arrondi	6	4
Valeur de d après arrondi	6	5
Nombre arrondi	43,46	43,5

Arrondi selon un nombre de décimales

La donnée est arrondie avec un certain nombre de chiffres après la virgule. Si elle comprend moins de décimales que le nombre attendu, elle est conservée telle quelle (Tableau 35).

Tableau 35 : Exemples d'arrondi selon un nombre de décimales

Exemple avant arrondi	Arrondi à 3 décimales	Arrondi à 2 décimales	Arrondi à 1 décimale	Arrondi à l'entier
132,5	132,5	132,5	132,5	133
17,83	17,83	17,83	17,8	18
2,345	2,345	2,35	2,3	2
0,865	0,865	0,87	0,9	1
0,0419	0,042	0,04	0,0	0

Note : Ce tableau s'applique également aux valeurs négatives : l'arrondi se fait alors en fonction de la valeur absolue de la valeur initiale. Exemples :

Exemple avant arrondi	Arrondi à 3 décimales	Arrondi à 2 décimales	Arrondi à 1 décimale	Arrondi à l'entier
-2,345	-2,345	-2,35	-2,3	-2
-0,865	-0,865	-0,87	-0,9	-1

Arrondi commercial

L'arrondi commercial consiste à arrondir la donnée avec un nombre de décimales qui dépend de sa valeur (Tableau 36).

Tableau 36 : Règles d'arrondi commerciales

Valeur	Nombre de décimales à conserver	Exemple avant arrondi	Exemple après arrondi
$x \geq 10$	0 (entier)	132,5	133
		17,83	18
$1 \leq x < 10$	1 décimale	2,345	2,3
$0.1 \leq x < 1$	2 décimales	0,865	0,87
$0.01 \leq x < 0.1$	3 décimales	0,0419	0,042
etc.			

Note : Ce tableau s'applique également aux valeurs négatives : **l'arrondi se fait alors en fonction de la valeur absolue de la valeur initiale**. Exemples :

-2,345 est arrondi à -2,3 ; -0,865 est arrondi à -0,87.

Arrondi selon un nombre de chiffres significatifs

Chiffres significatifs

Le nombre de **chiffres significatifs** d'une mesure ou d'un calcul indique sa précision. Il s'agit des chiffres connus avec certitude auxquels s'ajoute le premier chiffre incertain.

Pratiquement, le nombre de chiffres significatifs d'une valeur numérique est le **nombre de chiffres de cette valeur écrite en notation scientifique** (la puissance de 10 n'étant pas incluse dans ce décompte) (Tableau 37).

Tableau 37 : Nombre de chiffres significatifs (exemples)

valeur	124	124,56	124,562	0,12	0,1201	0,00120
notation scientifique	$1,24 \cdot 10^2$	$1,2456 \cdot 10^2$	$1,24562 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,201 \cdot 10^{-1}$	$1,20 \cdot 10^{-3}$
nombre de chiffres significatifs	3	5	6	2	4	3

Les zéros situés à gauche d'un nombre ne sont pas significatifs : c'est le cas du zéro dans 0,12 ou des trois premiers zéros dans 0,00120.

En ce qui concerne les zéros situés à droite d'un nombre :

- ils sont significatifs s'il s'agit d'un nombre à virgule. C'est le cas du zéro terminal dans 0,00120 ;
- s'il s'agit d'un nombre entier, seuls le contexte et la précision attribuée à la mesure permettent d'en déterminer le caractère significatif ou non significatif. Par exemple, 200 peut s'écrire selon les cas $2,00 \cdot 10^2$ (3 chiffres significatifs), $2,0 \cdot 10^2$ (2 chiffres significatifs) ou $2 \cdot 10^2$ (1 chiffre significatif).

Arrondi selon un nombre de chiffres significatifs

Des exemples de tels arrondis sont fournis dans le Tableau 38. Si la valeur non arrondie comprend moins de chiffres significatifs que le nombre attendu, elle est conservée telle quelle.

Tableau 38 : Arrondi selon un nombre de chiffres significatifs

Exemple : avant arrondi	Arrondi avec trois chiffres significatif	Arrondi avec deux chiffres significatifs	Arrondi avec un chiffre significatif
132,5 ($=1,325 \cdot 10^2$)	133 ($=1,33 \cdot 10^2$)	130 ($=1,3 \cdot 10^2$)	100 ($=1 \cdot 10^2$)
17,83 ($=1,783 \cdot 10^1$)	17,8 ($=1,78 \cdot 10^1$)	18 ($=1,8 \cdot 10^1$)	20 ($=2 \cdot 10^1$)
8,5 ($=8,5 \cdot 10^0$)	Valeur inchangée	8,5 ($=8,5 \cdot 10^0$)	9 ($=8,5 \cdot 10^0$)
2,345 ($=2,345 \cdot 10^0$)	2,35 ($=2,35 \cdot 10^0$)	2,3 ($=2,3 \cdot 10^0$)	2 ($=2 \cdot 10^0$)
0,865 ($=8,65 \cdot 10^{-1}$)	0,865 ($=8,65 \cdot 10^{-1}$)	0,87 ($=8,7 \cdot 10^{-1}$)	0,9 ($=9 \cdot 10^{-1}$)
0,9 ($=9 \cdot 10^{-1}$)	Valeur inchangée	Valeur inchangée	0,9 ($=9 \cdot 10^{-1}$)
0,0419 ($=4,19 \cdot 10^{-2}$)	0,0419 ($=4,19 \cdot 10^{-2}$)	0,042 ($=4,2 \cdot 10^{-2}$)	0,04 ($=4 \cdot 10^{-2}$)
0,0065 ($=6,5 \cdot 10^{-3}$)	Valeur inchangée	0,0065 ($=6,5 \cdot 10^{-3}$)	0,007 ($=7 \cdot 10^{-3}$)

ANNEXE 2 : NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR EN VIGUEUR

Tableau 39 : Objectifs environnementaux et seuils d'évaluation associés, conformément aux Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE et au Code de l'Environnement

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
NO ₂	Santé humaine	VL	Une heure	Moyenne horaire	200 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
		SES	Une heure	Moyenne horaire	140 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
		SEI	Une heure	Moyenne horaire	100 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
		SIR *	Une heure	Moyenne horaire	200 µg.m ⁻³ *
		SA	Une heure	Moyenne horaire	400 µg.m ⁻³ pendant trois heures consécutives 200 µg.m ⁻³ en cas de persistance *
		VL	Une année civile	Moyenne annuelle	40 µg.m ⁻³
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	32 µg.m ⁻³
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	26 µg.m ⁻³
		OQLT *	Une année civile	Moyenne annuelle	40 µg.m ⁻³
NO _x	Végétation	NC	Une année civile	Moyenne annuelle	30 µg.m ⁻³
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	24 µg.m ⁻³

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	19,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
PM ₁₀	Santé humaine	VL	Un jour	Moyenne journalière	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile
		SES	Un jour	Moyenne journalière	35 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile
		SEI	Un jour	Moyenne journalière	25 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile
		VL	Un jour	Quantile 90,4 des moyennes journalières, uniquement applicable dans le cas de mesures discontinues (Annexe I de la Directive 2008/50/CE)	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SIR *	Un jour	Moyenne journalière	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ selon les modalités définies par arrêté ministériel*
		SA *	Un jour	Moyenne journalière	80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ selon les modalités définies par arrêté ministériel*
		VL	Une année civile	Moyenne annuelle	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	28 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		OQLT *	Une année civile	Moyenne annuelle	30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ *

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
PM _{2.5}	Santé humaine	OCRE	Trois années civiles consécutives, en moyenne glissante	Indicateur d'exposition moyenne (IEM), voir l'Annexe XIV de la Directive 2008/50/CE	20 µg.m ⁻³
		ONRE	-	Pourcentage de réduction de l'IEM à atteindre en 2020	Fonction de la valeur initiale de l'IEM : pour la France, 15% par rapport à l'IEM ₂₀₀₉₋₂₀₁₀₋₂₀₁₁ (soit un seuil de 14,7 µg.m ⁻³ pour l'IEM ₂₀₁₈₋₂₀₁₉₋₂₀₂₀).
		VL	Une année civile	Moyenne annuelle	25 µg.m ⁻³
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	17 µg.m ⁻³
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	12 µg.m ⁻³
		VC	Une année civile	Moyenne annuelle	20 µg.m ⁻³ * (25 µg/m ³ , Dir. 2008/50/CE)
		OQLT *	Une année civile	Moyenne annuelle	10 µg.m ⁻³ *
SO ₂	Santé humaine	VL	Une heure	Moyenne horaire	350 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile
		SIR	Une heure	Moyenne horaire	300 µg.m ⁻³ *
		SA	Une heure	Moyenne horaire	500 µg.m ⁻³ pendant trois heures consécutives
		VL	Un jour	Moyenne journalière	125 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile
		SES	Un jour	Moyenne journalière	75 µg.m ⁻³ , à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
		SEI	Un jour	Moyenne journalière	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile
		OQLT	Une année civile	Moyenne annuelle	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ *
	Végétation	NC	Une année civile *	Moyenne annuelle	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		NC	Hiver (du 1 ^{er} octobre de l'année x-1 au 31 mars de l'année x)	Moyenne hivernale	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SES	Hiver (du 1 ^{er} octobre de l'année x-1 au 31 mars de l'année x)	Moyenne hivernale	12 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SEI	Hiver (du 1 ^{er} octobre de l'année x-1 au 31 mars de l'année x)	Moyenne hivernale	8 $\mu\text{g.m}^{-3}$
O ₃	Santé humaine	VC	Huit heures en moyenne glissante	Maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures	120 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à ne pas dépasser, en moyenne sur 3 ans ^a , plus de 25 fois par année civile
		OLT	Huit heures en moyenne glissante	Maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures	120 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SIR	Une heure	Moyenne horaire	180 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SA	Une heure	Moyenne horaire	240 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
		SA pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence *	Une heure	Moyenne horaire	1) 240 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pendant trois heures consécutives* 2) 300 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pendant trois heures consécutives* 3) 360 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pendant une heure *
	Végétation	VC	Du 1er mai au 31 juillet, entre 8h et 20h CET	AOT40, en moyenne sur 5 ans ^b	18000 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)·h
		OLT	Du 1er mai au 31 juillet, entre 8h et 20h CET	AOT40	6000 ($\mu\text{g.m}^{-3}$) ·h
CO	Santé humaine	VL	Huit heures en moyenne glissante	Maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures	10 mg.m^{-3}
		SES	Huit heures en moyenne glissante	Maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures	7 mg.m^{-3}
		SEI	Huit heures en moyenne glissante	Maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures	5 mg.m^{-3}
C ₆ H ₆	Santé humaine	VL	Une année civile	Moyenne annuelle	5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	3,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Polluant	Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
		OQLT *	Une année civile	Moyenne annuelle	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ *
Pb	Santé humaine	VL	Une année civile	Moyenne annuelle	0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	0,35 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	0,25 $\mu\text{g.m}^{-3}$
		OQLT *	Une année civile	Moyenne annuelle	0,25 $\mu\text{g.m}^{-3}$ *
As	Santé humaine	VC	Une année civile	Moyenne annuelle	6 ng.m^{-3}
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	3,6 ng.m^{-3}
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	2,4 ng.m^{-3}
Cd	Santé humaine	VC	Une année civile	Moyenne annuelle	5 ng.m^{-3}
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	3 ng.m^{-3}
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	2 ng.m^{-3}
Ni	Santé humaine	VC	Une année civile	Moyenne annuelle	20 ng.m^{-3}
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	14 ng.m^{-3}
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	10 ng.m^{-3}
B[a]P	Santé humaine	VC	Une année civile	Moyenne annuelle	1 ng.m^{-3}
		SES	Une année civile	Moyenne annuelle	0,6 ng.m^{-3}
		SEI	Une année civile	Moyenne annuelle	0,4 ng.m^{-3}

a : sur trois ans ou, à défaut d'une série complète et continue de données annuelles sur cette période, en moyenne sur des données valides relevées pendant au moins une année.

b : sur cinq ans ou, à défaut d'une série complète et continue de données annuelles sur cette période, en moyenne sur des données valides relevées pendant au moins trois années.

* : valeur seuil propre à la législation française ou qui, dans la législation française (cf. Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010), est plus stricte que dans la législation européenne.

Liste des seuils :

NC : niveau critique ; OCRE : objectif en matière de concentration relative à l'exposition ; ONRE : objectif national de réduction de l'exposition ; OQLT : objectif de qualité sur le long terme ; VC : valeur cible ; VL : valeur limite ; SIR : seuil d'information et de recommandations ; SA : seuil d'alerte ; SEI : seuil d'évaluation inférieur ; SES : seuil d'évaluation extérieur

Liste des polluants :

NO₂ : dioxyde d'azote ; NO_x : oxydes d'azote ; PM₁₀ : particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm ; PM_{2,5} : de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 µm ; SO₂ : dioxyde de soufre ; O₃ : ozone ; CO : monoxyde de carbone ; C₆H₆ : benzène ; Pb : plomb ; Cd : cadmium ; As : arsenic ; Ni : nickel ; B(a)P : benzo(a)pyrène

ANNEXE 3 : UNITÉS DE RÉFÉRENCE

Tableau 40 : Unités de référence dans lesquelles sont exprimées les concentrations des polluants réglementés

Polluant	Unité de mesure
NO ₂	µg.m ⁻³
NO _x	µg.m ⁻³
PM ₁₀	µg.m ⁻³
PM _{2.5}	µg.m ⁻³
SO ₂	µg.m ⁻³
O ₃	µg.m ⁻³
COV précurseurs d'ozone*	µg.m ⁻³
CO	mg. m ⁻³
C ₆ H ₆	µg.m ⁻³
Pb	µg.m ⁻³
Cd	ng. m ⁻³
As	ng. m ⁻³
Ni	ng. m ⁻³
B(a)P	ng. m ⁻³
Autres HAP	ng. m ⁻³
Hg	ng. m ⁻³

* La liste de ces COV est fournie dans l'annexe X de la Directive 2008/50/CE.

* La liste de ces HAP est fournie dans l'article 4 de la Directive 2004/107/CE.

Note (Annexe VI.C de la directive de 2008) : « Pour les polluants gazeux, le volume doit être normalisé à une température de 293 K et à une pression atmosphérique de 101,3 kPa. Pour les particules et les substances à analyser dans les particules (par exemple, le plomb), le volume d'échantillonnage se rapporte aux conditions ambiantes en termes de température et de pression atmosphérique au moment des mesures. »

ANNEXE 4 : FACTEURS DE CONVERSION

Tableau 41 : Facteurs multiplicatifs pour passer de concentrations en ppb à des concentrations en $\mu\text{g.m}^{-3}$

Conversion ppb $\rightarrow$ $\mu\text{g.m}^{-3}$		
Polluant		Facteur de conversion
NO ₂	1 ppb	1,912
NO	1 ppb	1,247
O ₃	1 ppb	2,00
SO ₂	1 ppb	2,66
CO	1 ppb	1,16
C ₆ H ₆	1 ppb	3,25

ANNEXE 5 : CALCUL DES CONCENTRATIONS DE NO_x

Lorsqu'elle n'est pas directement fournie par la mesure, la concentration de NO_x est la somme en ppb (parts per billion) des concentrations de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂). Elle est exprimée en équivalent NO₂ de la façon suivante :

$$\text{NO}_x \text{ (ppb)} = \text{NO}_2 \text{ (ppb)} + \text{NO (ppb)}$$

Si les concentrations de NO₂ et de NO sont fournies en µg.m⁻³, alors la concentration de NO_x se déduit de la formule précédente et des facteurs de conversion fournis en annexe 4 :

$$\text{NO}_x \text{ (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)} = \text{NO}_2 \text{ (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)} + \frac{\text{NO (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)}}{1.247} \times 1.912$$

ANNEXE 6 : CONFORMITÉ D'UNE STATION PAR RAPPORT À UN OBJECTIF ENVIRONNEMENTAL

L'étude de la conformité d'une station relativement à un objectif environnemental nécessite de prendre en compte :

- le respect des critères de validité qui s'appliquent au polluant, au type de mesure et au seuil réglementaire considérés ;
- le résultat de la comparaison entre la statistique de concentration (notée Z) et le seuil (noté S).

Le guide IPR distingue plusieurs situations (Tableau 42). La version actuelle du guide IPR ne traite pas des cas où le non respect concerne l'incertitude.

Tableau 42 : Conformité d'une station par rapport à un objectif environnemental

	Critères de validité respectés	Critères de validité non respectés
$Z \leq S$		
$Z > S$		Z est un nombre de dépassements de seuil horaire ou journalier*
		Z est une moyenne ou un cumul

Station en non dépassement
Station en dépassement
Le non respect des objectifs de qualité ne permet pas de conclure quant au dépassement ou au dépassement

*Exemple : une station de mesure des PM₁₀ qui n'a fonctionné que quatre mois mais qui a enregistré 36 dépassements du seuil de 50 µg.m⁻³.

Centiles

Soit une série de données.

Soit Y, l'ordre du centile recherché.

Celui-ci se calcule à partir des valeurs X_i ordonnées par ordre croissant :

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots \leq X_k \leq \dots \leq X_{N-1} \leq X_N$$

Le centile d'ordre Y est égal à la concentration X_k , l'indice k se déterminant comme suit :

$$k = \text{arrondi}(q \times N) \text{ avec } \begin{cases} q = Y/100 \\ N: \text{nombre de valeurs dans la série} \end{cases}$$

L'arrondi de $q \times N$ se fait à l'entier le plus proche (arrondi arithmétique).

Exemple du 95^e centile :

Y=95 ; q=0,95

- Ex.1 : la série compte 8760 données horaires valides. Alors $k = 0,95 \times 8760 = 8322$
Le 95^e centile correspond à la 8322^e valeur de la série des données ordonnées par ordre croissant.
- Ex.1 : la série compte 8760 données horaires, dont 8635 sont valides. Alors $k = 0,95 \times 8635 = 8203,25$, arrondi à 8203.
Le 95^e centile correspond à la 8203^e valeur de la série des données valides ordonnées par ordre croissant.

En qualité de l'air, l'ordre Y est toujours spécifié avec le nombre de décimales nécessaire pour que la valeur X_k soit unique. En pratique, cela correspond à une décimale pour un centile calculé sur des valeurs journalières et à deux décimales pour des valeurs horaires.

Exemples d'utilisation des centiles:

- Pour une série annuelle complète de concentrations moyennes journalières de PM_{10} , chercher si le nombre de dépassements de la valeur limite journalière PM_{10} ($50 \mu g.m^{-3}$) est strictement supérieur à 35 revient à examiner si le centile 90,4 dépasse cette valeur limite.

En effet, sur une année complète $N=365$ jours, $k = \text{arrondi}(0,904 \times 365) = 330$. X_k est donc la 330^e valeur par ordre croissant de concentration, autrement dit la 36^e plus forte moyenne journalière observée sur l'année. Si elle dépasse la valeur limite journalière ($> 50 \mu g.m^{-3}$), le nombre de dépassements de cette valeur limite est nécessairement supérieur ou égal à 36.

Si $N < 365$, par exemple $N=335$, alors $k = \text{arrondi}(0,904 \times 335) = 303$. X_k est donc la 303^e valeur par ordre croissant de concentration, autrement dit la 33^e plus forte moyenne journalière valide observée sur l'année. Une valeur de X_k strictement supérieure à $50 \mu g.m^{-3}$ suggère qu'il en aurait été de même pour la 36^e plus forte valeur si la série avait compté 365 moyennes valides. Il s'agit d'un dépassement potentiel mais non avéré du seuil de 35 jours.

- Chercher si le nombre de dépassements de la valeur limite horaire SO_2 ($350 \mu\text{g.m}^{-3}$) est (possiblement) supérieur à 24 équivaut à regarder si le quantile 99.73 dépasse la valeur limite horaire. En effet, sur une année complète, $N=8760$ heures, $k=\text{arrondi}(0.9973 \times 8760)=8736$. X_k est donc la 25^e plus forte moyenne horaire observée sur l'année. Si elle dépasse la valeur limite horaire ($>350 \mu\text{g.m}^{-3}$), le nombre de dépassements de cette valeur limite est strictement supérieur à 24.

Calcul de l'IEM

Soient N , le nombre total de stations de mesure fixe des $\text{PM}_{2.5}$ sélectionnées pour le calcul de l'IEM et (p_1, p_2, p_3) une période de trois années consécutives. Les étapes du calcul de l'IEM sont rappelées ci-après. Comme pour tout calcul de statistique, l'arrondi ne s'effectue qu'en ultime étape, avant comparaison aux seuils réglementaires.

1) Calcul des concentrations moyennes et du pourcentage de données journalières valides par station et par année

Pour un site de mesure i et une année p :

- Moyenne annuelle :

$$\bar{x}_i^{(p)} = \frac{1}{k_i^{(p)}} \sum_{j=1}^{k_i^{(p)}} x_{ij}^{(p)}$$

$x_{ij}^{(p)}$: **concentration moyenne journalière de $\text{PM}_{2.5}$** pour le jour j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$k_i^{(p)}$: nombre de moyennes journalières valides sur l'année p

- Pourcentage de données journalières valides :

$$d_i^{(p)}(\%) = \frac{k_i^{(p)}}{365 \text{ ou } 366} \cdot 100$$

2) Moyenne par année sur l'ensemble des stations sélectionnées

La concentration moyenne pour une année donnée s'obtient **en pondérant la concentration moyenne annuelle de chacune des stations par le pourcentage correspondant de données valides**. Les stations dont le taux associé est strictement inférieur à 75% sont exclues du calcul pour l'année en question.

Pour une année p , ce calcul de moyenne pondérée s'écrit :

$$\bar{\bar{x}}^{(p)} = \frac{\sum_{i=1}^{n^{(p)}} d_i^{(p)} \cdot \bar{x}_i^{(p)}}{\sum_{i=1}^{n^{(p)}} d_i^{(p)}}$$

$n^{(p)}$: nombre de stations ($n^{(p)} \leq N$) pour lesquelles le pourcentage de données journalières valides sur l'année p est supérieur ou égal à 75%, i.e. nombre de stations i vérifiant **$\text{arrondi}(d_i^{(p)}) \geq 75$** (arrondi à l'entier).

3) Moyenne sur l'ensemble de la période

L'IEM sur la période p_1 - p_2 - p_3 s'obtient finalement comme la moyenne des trois concentrations moyennes précédemment calculées :

$$IEM = \frac{1}{3} \sum_p \bar{x}^{(p)}$$

Gestion des données négatives

Les données 10s négatives comprises entre moins la valeur négative de la limite de détection (-LD) et 0 doivent être conservées dans les calculs d'agrégation.

Pour appliquer cette exigence, les AASQA doivent configurer dans leurs systèmes d'acquisition le **paramètre LISI** (limite inférieure du signal) à la valeur de moins la limite de détection (-LD). Cette configuration aura des conséquences sur les mesures 10s en affectant un défaut aux mesures inférieures à -LD, les invalidant de facto.

Définition de la précision numérique des données

Pour tous les polluants, à l'exception du CO et du benzène, la précision numérique des données quart-horaires et horaires issues de mesures automatiques est fixée à une décimale.

Pour le benzène, la précision numérique des données quart-horaires et horaires est fixée à deux décimales.

Pour le CO, la précision numérique des données quart-horaires et horaires est fixée à trois décimales.

La mise en œuvre de ces règles dans les postes centraux s'effectue de la manière suivante :

- dans Polair :
Le **paramètre FMUL** est fixé à -1, sauf en ce qui concerne le benzène (FMUL fixé à -2) et le CO (FMUL fixé à -3).
- dans Xr :
Du côté du système d'acquisition comme de celui du serveur (dans les onglets de configuration des mesures), la précision des mesures est définie à 1 décimale pour tous les polluants sauf pour le benzène (2 décimales) et le CO (3 décimales).



direction et secrétariat du LCSQA

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
tél. 03 44 55 64 04 - www.lcsqa.org