

Particules ultrafines

Bilan annuel 2017

Période de mesure : 2017

Commune et département d'étude : Nouvelle-Aquitaine



Référence :

Version du : 06/04/2018




Auteur(s) : Perrine JANKOWSKI
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Titre : Particules ultrafines, Bilan annuel 2017

Reference : R&D_INT_17_110

Version : 06/04/2018

Nombre de pages : 44 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Perrine Jankowski	Agnès Hulin	Rémi Feuillade
Qualité	Ingénieure d'études	Responsable du service Etudes, Modélisation, Anticipation	Directeur délégué Production et Exploitation
Visa			

Conditions d'utilisation

Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (<http://www.atmo-nouvelleaquitaine.org>)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation totale ou partielle de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donnée d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas utilisées pour la validation des résultats des mesures obtenues.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : contact@atmo-na.org
- par téléphone : 09 84 200 100



Sommaire



1. Contexte	6
1.1. Généralités	7
1.1.1. Classement par taille	7
1.1.2. Composition chimique	7
1.1.3. Les particules ultrafines	7
1.2. Instrumentation	8
2. Sites de mesures	9
2.1. Talence.....	9
2.1.1. Caractéristiques et localisation.....	9
2.1.2. Conditions météorologiques	10
.....	11
2.1.3. Périodes et taux de fonctionnement	11
2.2. Lacq.....	12
2.2.1. Caractéristiques et localisation.....	12
2.2.2. Conditions météorologiques	12
2.2.3. Périodes et taux de fonctionnement	14
3. Résultats	15
3.1. Talence.....	15
3.1.1. Statistiques descriptives.....	15
3.1.2. Evolutions temporelles	16
3.1.3. Analyses des épisodes de fortes concentrations	21
3.1.4. Roses de pollution.....	23
3.2. Lacq.....	25
3.2.1. Statistiques descriptives.....	25
3.2.2. Evolutions temporelles	27
3.2.3. Analyses des épisodes de fortes concentrations	33
3.2.4. Roses de pollution.....	34
4. Conclusions	36



Annexes



Annexe 1 : Talence 2017 - Roses de pollution.....	38
Annexe 2 : Lacq 2017 - Roses de pollution.....	40

Table des figures

Figure 1 : Granulomètre UFP 3031 - Principe de fonctionnement	8
Figure 2 : Localisation de la station urbaine de fond de Talence (agglomération bordelaise)	9
Figure 3 : Bordeaux 2017 - Températures et précipitations	10
Figure 4 : Bordeaux 2017 - Roses des vents par saison	11
Figure 5 : Talence 2017 - Taux de fonctionnement	11
Figure 6 : Localisation de la station de proximité industrielle de Lacq	12
Figure 7 : Pau 2017 - Températures et précipitations.....	13
Figure 8 : Lacq 2017 - Roses des vents par saison.....	13
Figure 9 : Lacq 2017 - Taux de fonctionnement	14
Figure 10 : Talence 2017 - Statistiques descriptives.....	15
Figure 11 : Talence 2017 - Répartition par classe de particules	15
Figure 12 : Talence 2017 - Corrélations annuelles avec les autres polluants mesurés à la station.....	16
Figure 13 : Talence 2017 – Distribution granulométrique mensuelle.....	16
Figure 14 : Talence 2017 – Distribution granulométrique trimestrielle	17
Figure 15 : Talence 2017 - Profils hebdomadaires des PUF de classe de diamètre inférieure à 70 nm	18
Figure 16 : Talence 2017 - Profils hebdomadaires des PUF de classe de diamètre supérieure à 70 nm	18
Figure 17 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide.....	19
Figure 18 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude.....	20
Figure 19 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude.....	21
Figure 20 : Talence 2017 - Corrélations avec les autres polluants pendant les fortes concentrations en PM10	21
Figure 21 : Talence 2017 - Profil horaire journalier pendant les fortes concentrations en PM10	22
Figure 22 : Talence 2017 - Rose de pollution, classe 30-50 nm	23
Figure 23 : Talence 2017 - Rose de pollution, classe 100-200 nm	24
Figure 24 : Lacq 2017 - Statistiques descriptives.....	25
Figure 25 : Lacq 2017 - Répartition par classe de particules.....	25
Figure 26 : Comparaison des répartitions par classes de particules entre Talence et Lacq.....	26
Figure 27 : Lacq 2017 - Corrélations avec les autres polluants mesurés à la station	26
Figure 28 : Lacq 2017 - Distribution granulométrique mensuelle	27
Figure 29 : Lacq 2017 – Distribution granulométrique trimestrielle	28
Figure 30 : Lacq 2017 - Profils hebdomadaires des PUF avec le dioxyde d’azote.....	28
Figure 31 : Lacq 2017 - Profils hebdomadaires des avec les PM10.....	29
Figure 32 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec les PM10	30
Figure 33 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec les NOx.....	30
Figure 34 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec le SO ₂	31
Figure 35 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec les PM10	32
Figure 36 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec les NOx.....	32
Figure 37 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec le SO ₂	33
Figure 38 : Lacq 2017 - Corrélations avec les autres polluants pendant les fortes concentrations en SO ₂	33
Figure 39 : Lacq 2017 - Profil horaire journalier pendant les fortes concentrations en SO ₂	34
Figure 40 : Lacq 2017 - Rose de pollution, classe 30-50 nm.....	35
Figure 41 : Lacq 2017 - Rose de pollution, classe 100-200 nm.....	35
Figure 42 : Talence 2017 - Roses de pollution.....	39
Figure 43 : Lacq 2017 - Roses de pollution.....	41

Polluants

→ PM10	Particules en suspension, de diamètre inférieur à 10 µm
→ PM2,5	Particules fines, de diamètre inférieur à 2,5 µm
→ PM1	Particules submicroniques, de diamètre inférieur à 1 µm
→ PUF / PM0,1	Particules ultrafines, de diamètre inférieur à 0,1 µm (100 nm)
→ PMff	Particules provenant de la combustion de combustible fossile (fuel fossil)
→ PMwb	Particules provenant de la combustion de biomasse (wood burning)
→ BC	Carbone suie (Black Carbon)
→ NO _x / NO ₂ / NO	Oxydes d'azote / Dioxyde d'azote / Monoxyde d'azote
→ SO ₂	Dioxyde de soufre
→ O ₃	Ozone

Unités de mesure

→ µg	microgramme (= 1 millionième de gramme = 10 ⁻⁶ g)
→ m ³	Mètre cube
→ part./cm ³	Particules par centimètre cube
→ nm	Nanometre (10 ⁻⁹ m)

1. Contexte

En charge de la surveillance de la qualité de l'air, Atmo Nouvelle-Aquitaine dispose d'un réseau de stations fixes implantées sur l'ensemble de la région afin de suivre en continu l'évolution des polluants réglementés.

Parmi les polluants réglementés, les particules suscitent un intérêt particulier du fait :

- De leur impact sur la santé
- Des dépassements récurrents de valeur limite sur le territoire français, dont l'agglomération bordelaise sur la période 2007-2010
- De leurs origines multiples (trafic, chauffage, agriculture, particules d'origine secondaire...)

La réglementation en air ambiant a historiquement été basée sur la masse de particules dans l'air, du fait des technologies métrologiques disponibles. La directive 1996/62/CE a ainsi focalisé les efforts sur les PM10, particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 μm . La directive 2008/50/CE a ensuite complété la réglementation sur les particules plus fines, à savoir les PM2,5, particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 μm . A l'heure actuelle, les valeurs réglementaires relatives aux particules s'intéressent encore uniquement aux concentrations massiques.

Depuis plusieurs années, l'intérêt croissant pour la surveillance des particules de très petites tailles et pour leur caractérisation chimique a conduit Atmo Nouvelle-Aquitaine à mettre en place un plan de surveillance spécifique pour les particules fines. Dans le cadre du PRSE¹ 2009-2013 d'Aquitaine, Airaq, aujourd'hui devenu Atmo Nouvelle-Aquitaine, a mené des mesures exploratoires de particules ultrafines sur deux de ses stations de mesures, à savoir :

- La station urbaine de fond de Talence, située dans l'agglomération bordelaise, qui était la station de référence d'AIRAQ pour tous les projets ayant trait aux particules
- La station de proximité industrielle de Mourenx, située sur la plate-forme de Lacq.

Les données recueillies, comme la concentration en nombre, la distribution granulométrique et la composition chimique ont permis d'obtenir des informations complémentaires et ainsi acquérir une meilleure compréhension des particules et de leurs effets sanitaires.

Aujourd'hui, les particules ultrafines sont mesurées sur deux stations : Talence – station urbaine de fond - et Lacq – station de proximité industrielle. Ce document présente le bilan annuel des mesures granulométriques des particules ultrafines réalisées en 2017.

¹ Plan Régional Santé Environnement

1.1. Généralités

1.1.1. Classement par taille

Les particules atmosphériques présentent une très grande variabilité, en termes de composition chimique et de taille. Les particules sont classées en différentes catégories :

- Les particules grossières (TSP), composées principalement de poussière, de sel de mer, de pollen mais aussi d'autres sources diverses. La durée de vie est relativement courte puisqu'elles tombent rapidement par la sédimentation.
- Les particules en suspension (PM10), de diamètre inférieur à 10 µm
- Les particules fines (PM2,5), de diamètre inférieur à 2,5 µm. Elles sont généralement plus représentatives de l'aérosol régional, car leur temps de séjour dans l'atmosphère est plus long : de quelques jours à quelques semaines.
- Les particules submicroniques (PM1), de diamètre inférieur à 1 µm
- Les particules ultrafines (PUF), définies comme l'ensemble des particules ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nm (0,1 µm). Elles sont aussi notées PM0,1. Les PUF ont un temps de séjour atmosphérique très court (<1 jour) à cause de leur taux de coagulation très élevé.

1.1.2. Composition chimique

La composition chimique des particules est extrêmement variable, du fait de leurs diverses origines (marine, terrigène, végétation, pollution urbaine ou industrielle) et par les transformations physico-chimiques subies au cours de leur transport. De façon générale, les particules sont constituées :

- d'une fraction organique, composée :
 - de matière organique particulaire, incluant des chaînes carbonées à divers degrés d'oxydation
 - de carbone suie. Le carbone suie est constituée quasi-exclusivement d'atomes de carbone.
- d'une fraction inorganique : nitrate, sulfate, ammonium, calcium, magnésium, potassium, sodium, chlore, etc. dans des proportions plus ou moins importantes en fonction de la source
- des éléments métalliques :
 - majeurs : tels que l'aluminium, le fer ou la silice dévoilant l'origine terrigène des aérosols
 - à l'état de traces : du fait de leur présence en faible quantité dans l'aérosol comme par exemple les métaux lourds (plomb, chrome, nickel, etc ...)

1.1.3. Les particules ultrafines

Celles-ci sont produites soit par des processus d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, cosmos, etc.), soit par des sources d'origine anthropique. Parmi ces dernières, on distingue deux sous-catégories de particules ultrafines :

- Les PUF « non intentionnelles » : produites à l'occasion d'activités d'origine humaine (émissions de moteurs, usures, fumées de soudure ou de cigarettes, etc.)
- Les PUF « intentionnelles » ou « manufacturées » : issues d'un produit manufacturé (nanotubes de carbone, nanoparticules de dioxyde de titane, etc.), de la production à l'usure, jusqu'au déchet d'un produit fini.

Les PUF d'origine naturelle ou anthropique, produites de manière « non intentionnelle » ou « manufacturée » sont donc omniprésentes dans l'atmosphère.

1.2. Instrumentation

Pour mesurer les particules ultrafines, Atmo Nouvelle-Aquitaine utilise des granulomètres de type UFP 3031. Celui-ci a été spécifiquement conçu pour la surveillance en continu et à long terme. Il ne nécessite pas de produit de type butanol, n'utilise pas de sources radioactives et a des fréquences de maintenance faibles.

Cet appareil permet d'obtenir la distribution granulométrique, répartie en six classes de taille de particules, de 20 à 800 nm. Ainsi, il fournit la concentration en nombre pour chaque canal mesuré.

Caractéristiques :

- Gamme de mesure : entre 20 nm et 800 nm
- Six canaux de taille : 20-30 nm ; 30-50 nm ; 50-70 nm ; 70-100 nm ; 100-200 nm ; 200-800 nm

Cet instrument est constitué de deux parties, d'une part le tri des particules par classe de taille et d'autre part leur dénombrement par un électromètre.

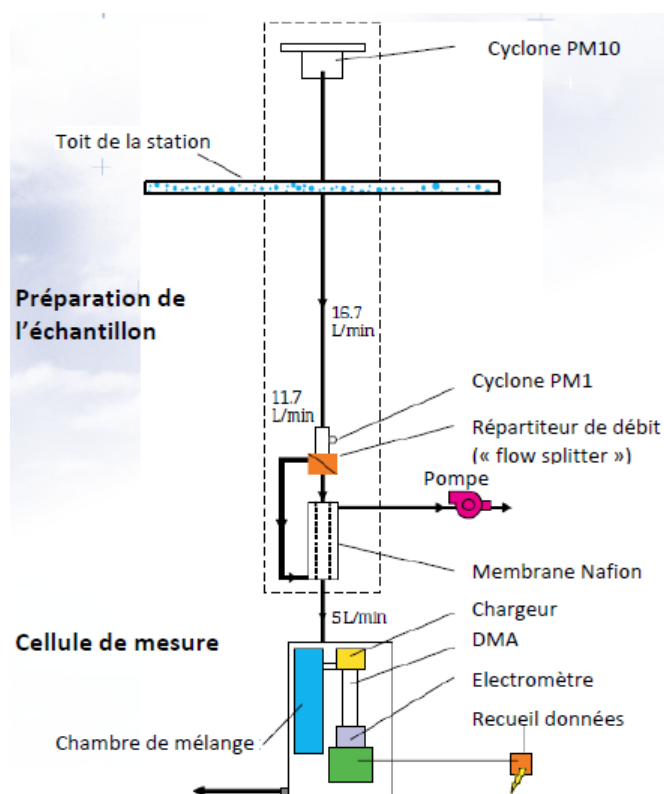


Figure 1 : Granulomètre UFP 3031 - Principe de fonctionnement

2. Sites de mesures

2.1. Talence

La station de Talence est une station urbaine de fond. C'est également une station de référence pour Atmo Nouvelle-Aquitaine en ce qui concerne la thématique des particules. Ainsi, elle fait partie de la dizaine des stations françaises intégrées dans le programme CARA (pour CARActérisation des particules), mené par le LCSQA-Ineris. Sur ce site, sont mesurés les polluants gazeux comme l'ozone (O₃) et les oxydes d'azote (NO_x, NO₂ et NO). Au niveau particulaire, les PM₁₀ et PM_{2,5} sont mesurées. Enfin, un analyseur de type AE33 a été installé en novembre 2014, mesurant le carbone suie (BC - Black carbon), permettant d'estimer la contribution de la combustion de combustibles fossiles aux particules (PM_{ff} - fuel fossil) et la contribution de la combustion de la biomasse aux particules (PM_{wb} - wood burning).

2.1.1. Caractéristiques et localisation

Station de Talence	
Environnement	Implantation : urbaine Influence : fond
Adresse	Croisements des rues de Verdun et du Général Percin 33 400 Talence
Coordonnées (L93)	X = 416 248 m Y = 6 417 707 m
Altitude	20 m

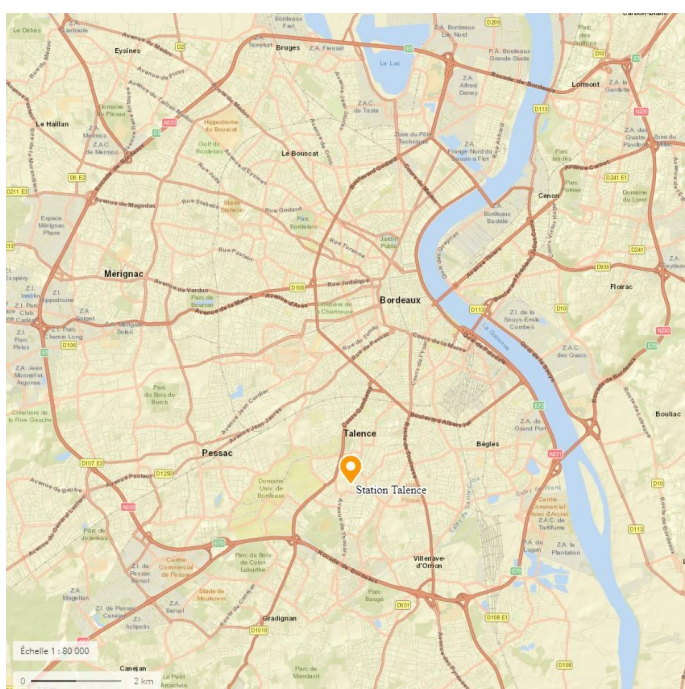


Figure 2 : Localisation de la station urbaine de fond de Talence (agglomération bordelaise)

2.1.2. Conditions météorologiques

Les données météorologiques présentées ici proviennent de la station Météo-France de Bordeaux-Mérignac. Elle se situe à 9 km de la station de mesure de Talence.

★ Températures et précipitations

Sont présentées ci-dessous les températures minimales et maximales, les précipitations 2017 relevées par la station météorologique de Bordeaux-Mérignac, ainsi que les normales (N-prep) de saison de la station (période 1981 -2010). Les minimales correspondent aux moyennes mensuelles des températures minimales journalières, les maximales : aux moyennes mensuelles des températures maximales journalières, et enfin les précipitations : au cumul des précipitations tombées pendant le mois.

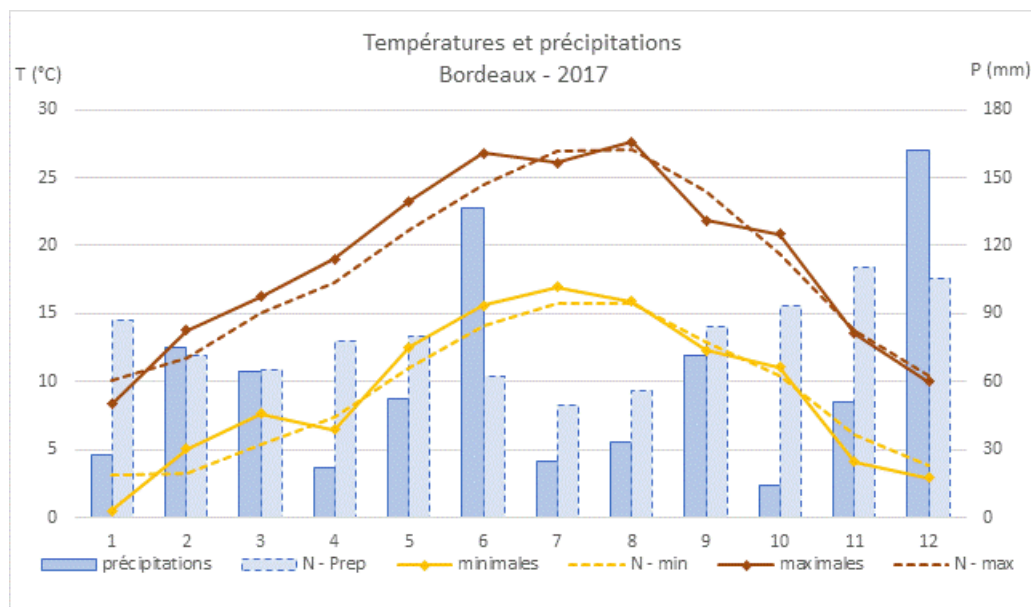


Figure 3 : Bordeaux 2017 - Températures et précipitations

2017 se caractérise par des températures élevées et un fort déficit de précipitations. L'année 2017 a été marquée par des températures supérieures aux valeurs saisonnières. Seuls les mois de janvier et septembre ont été plus frais que la normale. Les mois de février, mars et juin ont été particulièrement chauds, bénéficiant de températures supérieures en moyenne de 2°C par rapport aux normales. Le cumul de précipitations a été déficitaire sur une grande partie du pays. En moyenne sur l'année, l'ensoleillement a été conforme à la normale² sur la majeure partie du pays.

Sur le poste de Bordeaux-Mérignac, la moyenne annuelle des températures minimales a été de 9,5°C contre 9,1°C pour les normales. La moyenne annuelle des températures maximales a été de 19,3°C contre 18,5°C pour les normales. La température la plus froide enregistrée en 2017 était de - 8°C le 19 janvier, la plus haute de 37°C le 21 juin.

Coté précipitations, il a plu 110 jours, essentiellement pendant les mois de juin et de décembre (124 j pour les normales). Le total cumulé est de 761 mm en 2017 contre 944 mm en moyenne pour la période de 1981-2010.

² Moyenne de référence 1991 - 2010

★ Roses des vents

La rose des vents informe sur la provenance des masses d'air captées à la station. Afin de constater des différences temporelles, deux roses sont présentées ci-dessous, une pour la saison dite « chaude » (avril à septembre), l'autre pour la saison dite « froide » (janvier à mars et octobre à décembre). Les vents de vitesse inférieure à 2 m.s^{-1} ne figurent pas sur l'illustration.

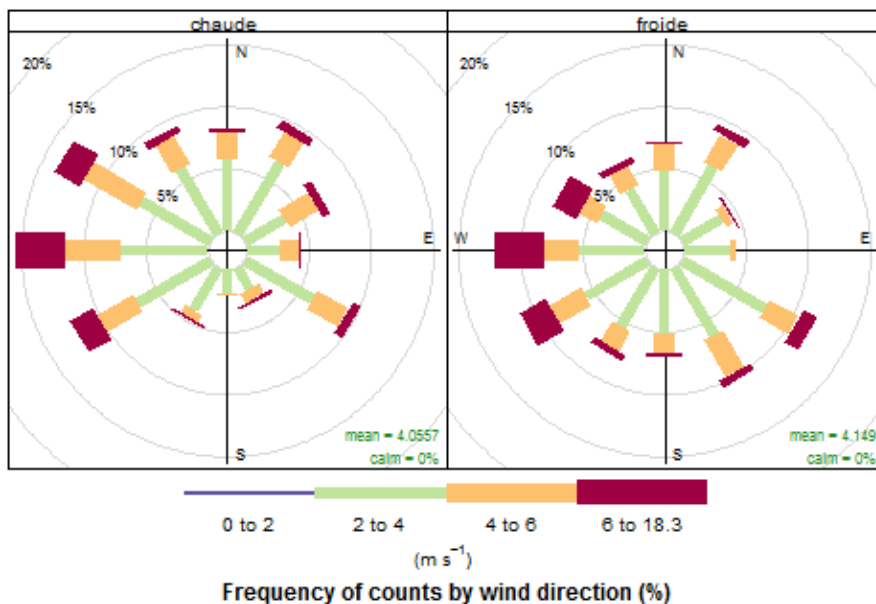


Figure 4 : Bordeaux 2017 - Roses des vents par saison

Entre les deux saisons, quelques similitudes/différences sont notables :

- Au cours de l'année 2017, les vents les plus forts, supérieurs à 4 m.s^{-1} , proviennent essentiellement du secteur ouest, correspondant à la façade atlantique.
- A la saison chaude, il n'y a que très peu de vent provenant des secteurs Sud
- A la saison froide, une fréquence importante de vent sont originaires des secteurs Sud-Est. Ceux-ci n'apparaissent pas à la saison chaude.

2.1.3. Périodes et taux de fonctionnement

PUF	Bilan de fonctionnement												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	2017
Taux (%)	100	92	88	31	0	5	100	99	98	66	57	97	70

Figure 5 : Talence 2017 - Taux de fonctionnement

Le tableau ci-dessus présente le taux de fonctionnement du granulomètre de Talence en 2017. La maintenance annuelle de l'analyseur a eu lieu du 10 avril au 29 juin. En dehors de la période de maintenance, le taux de fonctionnement de l'appareil est satisfaisant.

2.2. Lacq

La zone industrielle de Lacq est située en Pyrénées-Atlantiques, à 40 km au Nord-Ouest de Pau. Ancien gisement à haute teneur de gaz H₂S (sulfure d'hydrogène), ce site alimente aujourd'hui les industriels de la plate-forme en énergie et en matière première soufrée. On y trouve des activités allant de la chimie fine aux énergies renouvelables en passant par les matériaux.

Sur cette station, sont mesurés les polluants gazeux comme l'ozone (O₃), les oxydes d'azote (NO_x, NO₂ et NO) et le dioxyde de soufre (SO₂). Un granulomètre UFP 3031 est installé afin de suivre les particules ultrafines en proximité industrielle.

2.2.1. Caractéristiques et localisation

Station de Lacq	
Environnement	Implantation : rurale Influence : industrielle
Adresse	Rue Terres Nabes
Coordonnées (L93)	X = 406 941 m Y = 6 263 595 m
Altitude	107 m

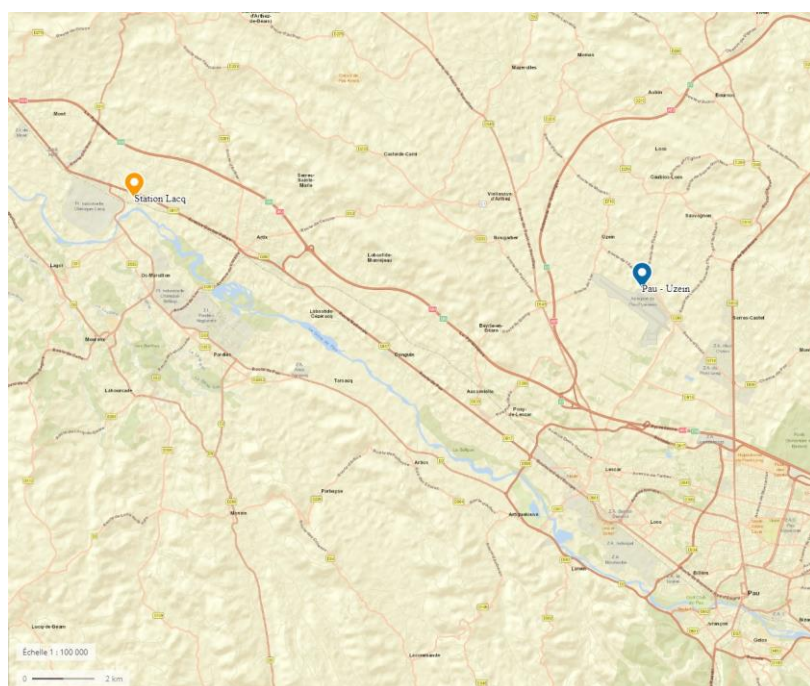


Figure 6 : Localisation de la station de proximité industrielle de Lacq

2.2.2. Conditions météorologiques

Les données de températures et de précipitations proviennent de la station Météo-France de Pau-Uzein. Celle-ci se situe à environ 16 km de la station de mesure de Lacq.

★ Températures et précipitations

Le graphique ci-dessous présente les températures et les précipitations relevées en 2017 sur la station de Pau-Uzein (en trait plein) et les normales de saison (en pointillées). Sont présentées les températures minimales et maximales, ainsi que le cumul des précipitations. Les minimales correspondent aux moyennes mensuelles des températures minimales journalières, les maximales : aux moyennes mensuelles des températures maximales journalières et enfin les précipitations : au cumul des précipitations tombées pendant le mois.

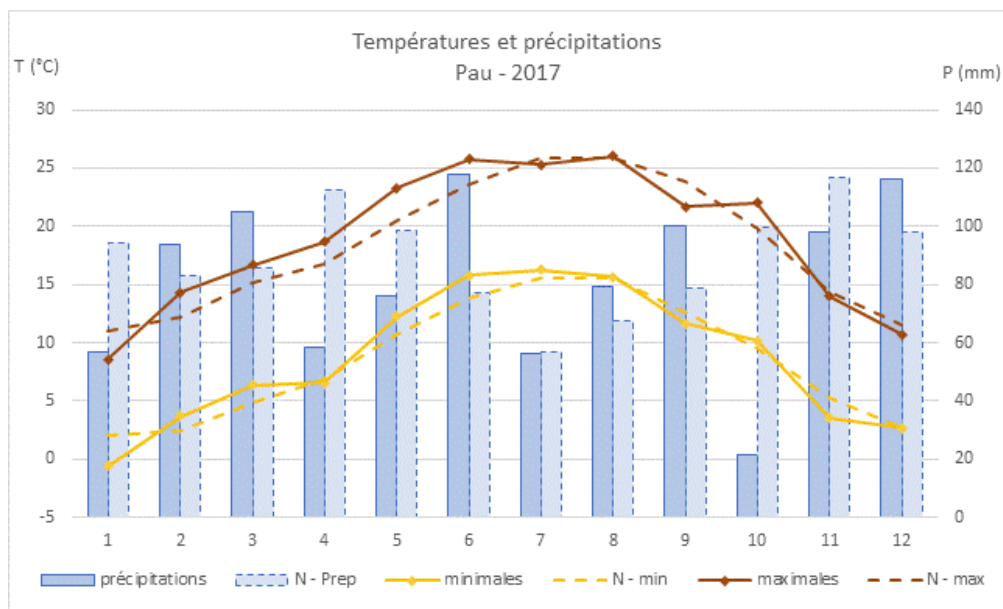


Figure 7 : Pau 2017 - Températures et précipitations

Sur Pau, la moyenne annuelle des températures minimales a été de 8,7°C en 2017 contre 8,5°C pour les normales saisonnières (période 1981 – 2010). Pour les maximales, la moyenne annuelle a été de 19,3°C en 2017 et de 18,4°C en moyenne sur 20 ans. La température la plus froide enregistrée en 2017 était de -6°C le 7 janvier, la plus haute de 36°C le 19 juin.

Coté précipitations, il a plu 119 jours en 2017 contre 125 en moyenne pour les normales. Le total cumulé est de 999 mm en 2017 contre 1070 mm pour la période de 1981-2010.

★ Roses des vents

En supplément du suivi de polluants, la direction et la vitesse des vents sont également mesurées par la station de Lacq. Les vents très faible (vitesse inférieure à 2 m.s⁻¹) n'ont pas été représentés sur la figure suivante.

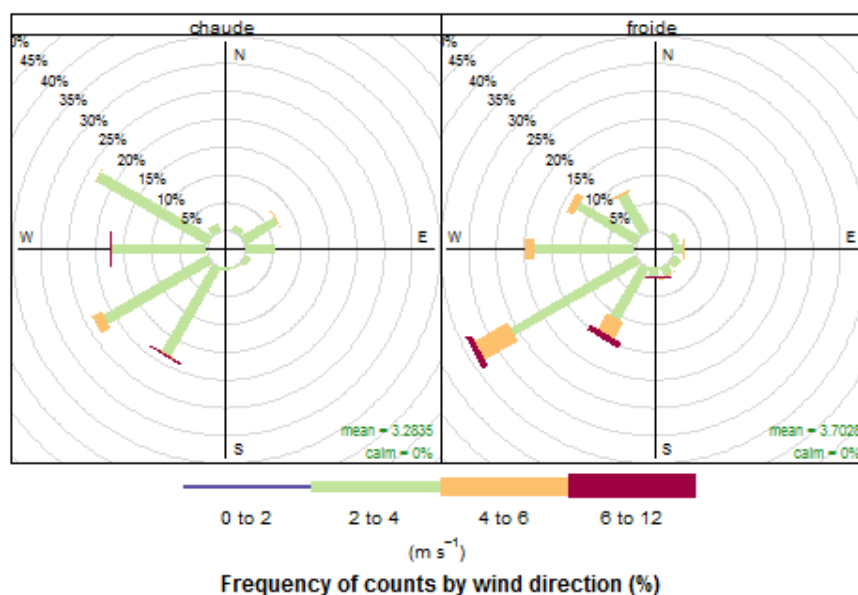


Figure 8 : Lacq 2017 - Roses des vents par saison

D'une saison à l'autre, les roses des vents sont très similaires. Les vents proviennent essentiellement du Sud-Ouest. Ce secteur est responsable à la fois de la fréquence de vent la plus importante mais aussi des vents les plus forts. On note que les vents hivernaux sont plus rapides que ceux mesurés pendant la période estivale.

La station de mesure est installée au Nord-Est de la zone d'activité de Lacq, elle se situe donc sous les vents industriels.

2.2.3. Périodes et taux de fonctionnement

PUF	Bilan de fonctionnement												2017
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Taux (%)	100	100	100	100	34	0	89	100	100	100	100	94	85

Figure 9 : Lacq 2017 - Taux de fonctionnement

Le tableau ci-dessus présente le taux de fonctionnement du granulomètre de Lacq en 2017. La maintenance annuelle de l'analyseur a eu lieu du 11 mai au 4 juillet. En dehors de la période de maintenance, le taux de fonctionnement de l'appareil est satisfaisant.

3. Résultats

3.1. Talence

3.1.1. Statistiques descriptives

Le tableau suivant présente les principales statistiques pour le site de Talence. Les valeurs indiquées représentent le nombre de particules par cm³ (part./cm³), à l'échelle horaire et à l'échelle journalière.

Talence 2017	Classes de particules (nm)						Total
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800	
Données horaires							
Moyenne	1 286	1 432	1 057	1 063	1 341	234	6 413
Médiane	992	1 100	765	671	734	124	4 725
Maximun	19 749	15 549	9 454	12 927	21 150	4 422	52 945
Données journalières							
Moyenne	21 459	23 891	17 634	17 740	22 370	3 901	106 976
Médiane	21 725	23 654	16 065	12 630	11 813	1 985	98 625
Maximun	73 612	99 937	85 294	106 220	197 748	42 267	495 325

en particules par cm³ (part./cm³)

Figure 10 : Talence 2017 - Statistiques descriptives

★ Répartitions par classe de particules

La figure 11 expose les concentrations moyennes horaires des différentes classes de particules ultrafines mesurées sur le site de Talence.

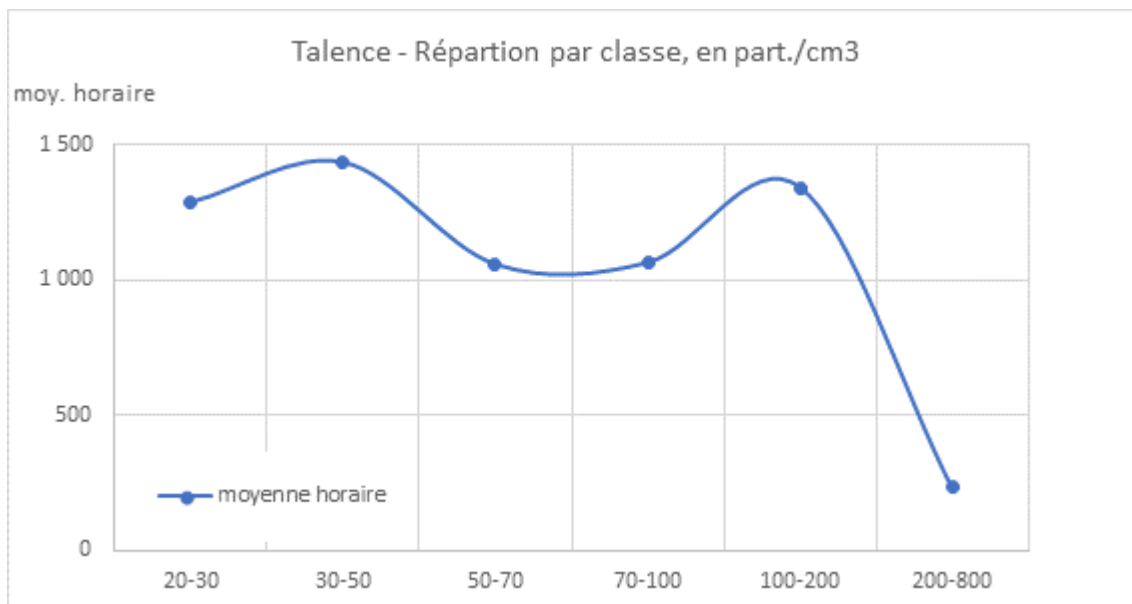


Figure 11 : Talence 2017 - Répartition par classe de particules

De cette illustration, on distingue une répartition bimodale des PUF sur le site de Talence : les particules des classes 30-50 nm et 100-200 nm sont les plus nombreuses. La classe 200-800 nm présente, quant à elle, des concentrations dans l'atmosphère nettement plus faibles que les cinq autres canaux de particules.

✦ **Corrélation avec les autres polluants de la station**

Les coefficients de corrélation représentent l'intensité de liaison qui existe entre deux variables. Il est compris entre -1 et 1. Dans le tableau suivant, plus les coefficients tendent vers 1 et plus la corrélation entre un des canaux de particule avec un autre polluant est forte. Pour chacune des classes de particules ultrafines, sont surlignées en jaune les corrélations significatives (> 0,5), en vert les corrélations fortes (> 0,75), et en vert foncé les corrélations très fortes (> 0,9).

Talence 2017	Classes de particules (nm)					
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800
Corrélations						
PM10	0,24	0,44	0,69	0,81	0,89	0,91
PM2,5	0,20	0,41	0,69	0,82	0,92	0,95
PMff	0,56	0,70	0,77	0,73	0,66	0,52
PMwb	0,26	0,46	0,72	0,85	0,93	0,90
NO2	0,60	0,72	0,80	0,77	0,71	0,60
NO	0,47	0,65	0,77	0,79	0,78	0,67
NOx	0,55	0,72	0,84	0,85	0,82	0,70
O3	-0,39	-0,51	-0,58	-0,57	-0,54	-0,50

Figure 12 : Talence 2017 - Corrélations annuelles avec les autres polluants mesurés à la station

De cette table, les meilleures corrélations sont observées pour :

- Les fractions fines, jusqu'à 50 nm : avec les particules d'origine fossile (PMff) et les oxydes d'azote (NOx), soit des polluants caractéristiques du trafic routier,
- Pour les fractions plus grossières, à partir de 70 nm : avec les particules provenant de combustion de biomasse (PMwb) et les particules en suspension (PM10 et PM2,5),
- Aucune corrélation avec l'ozone, pour aucun des six canaux de particules ultrafines

3.1.2. Evolutions temporelles

✦ **Profil annuel**

Le graphique ci-dessous montre l'évolution mensuelle des différentes classes de particules ultrafines pour le site de Talence. Les PUF sont présentées en nombre de particules par centimètre cube (part./cm³).

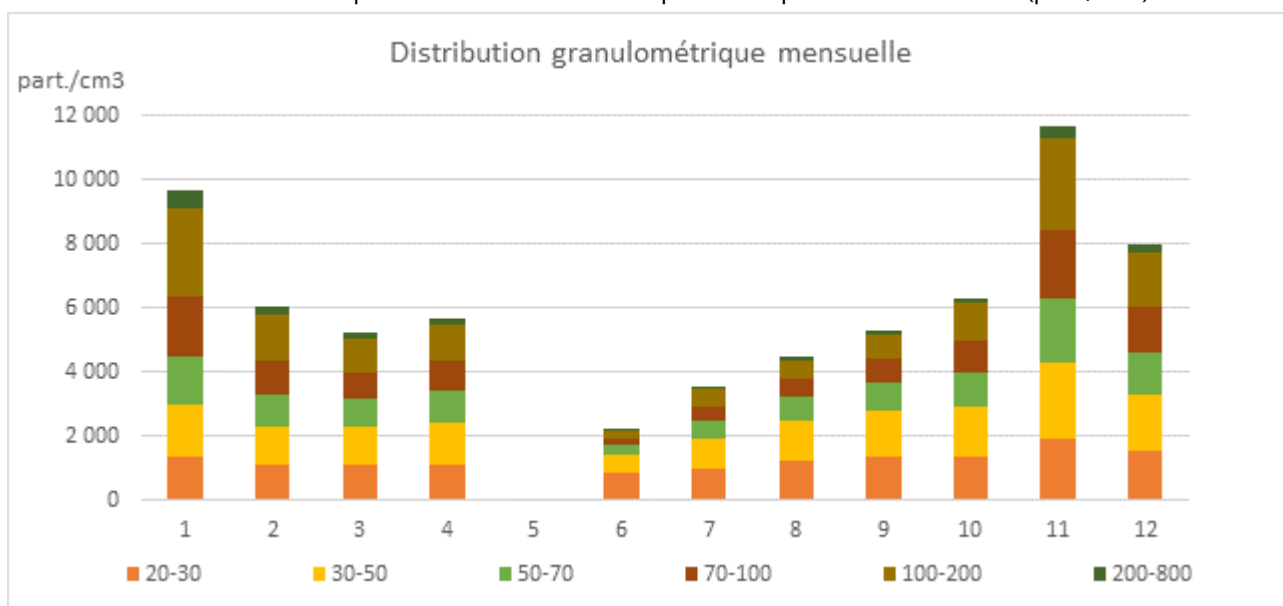


Figure 13 : Talence 2017 – Distribution granulométrique mensuelle

D'après celui-ci, on relève :

- Des niveaux en particules ultrafines plus importants pendant les mois froids que les mois chauds
- Les niveaux de particules ayant un diamètre supérieur à 70 nm varient avec les saisons et sont nettement plus élevés en hiver qu'en été.
- Une moindre variation saisonnière pour les fractions les plus fines

Pour rappel, en raison de la maintenance de l'appareil de mesure, les données des mois avril/mai/juin ne sont présentées qu'à titre indicatif.

✦ Profils trimestriels

Le graphique ci-dessous présente les parts des différentes classes de particules ultrafines en fonction des trimestres de l'année 2017.

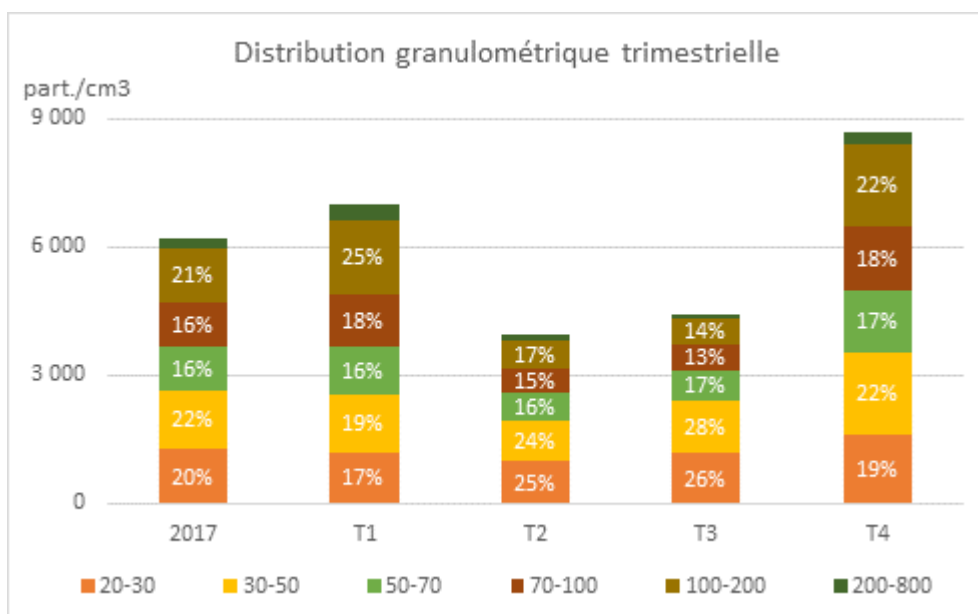


Figure 14 : Talence 2017 – Distribution granulométrique trimestrielle

Des différences trimestrielles importantes sont constatées sur la répartition des particules ultrafines. On note :

- Le niveau moyen de PUF sur l'année 2017 est d'environ 6 000 part./cm³. Les trimestres hivernaux (1&4) relèvent des niveaux moyens plus importants allant de 7 000 à 8 700 part./cm³ tandis que les trimestres estivaux (2&3) présentent des niveaux de l'ordre de 4 000 part./cm³
- Les classes 70-100 nm et 100-200 nm présentent les plus fortes évolutions trimestrielles. Leurs parts peuvent représenter 13 % des PUF en été et jusqu'à 25 % en hiver.
- Les concentrations en particules des classes les plus fines (20-30 et 30-50 nm) sont relativement stables pendant l'année.

En raison du faible taux de fonctionnement de l'appareil de mesure pendant le trimestre 2 (avril/mai/juin), les résultats de ce trimestre ne sont présentés qu'à titre indicatif.

✦ Profils hebdomadaires

Sont présentés ici, les profils hebdomadaires des concentrations de particules ultrafines mesurées sur Talence pendant l'année 2017. Au vu de la table de corrélations, les classes 20-30, 30-50 et 50-70 sont comparées avec les particules provenant de combustion fossile. Les classes de particules plus grossières sont présentées avec les particules provenant de la combustion de biomasse. Deux périodes de l'année ont été différenciées. La première, dite saison froide, se compose des trimestres 1&4. La seconde, dite saison chaude, réunit les trimestres 2&3.

→ Classe de diamètre inférieur à 70 nm

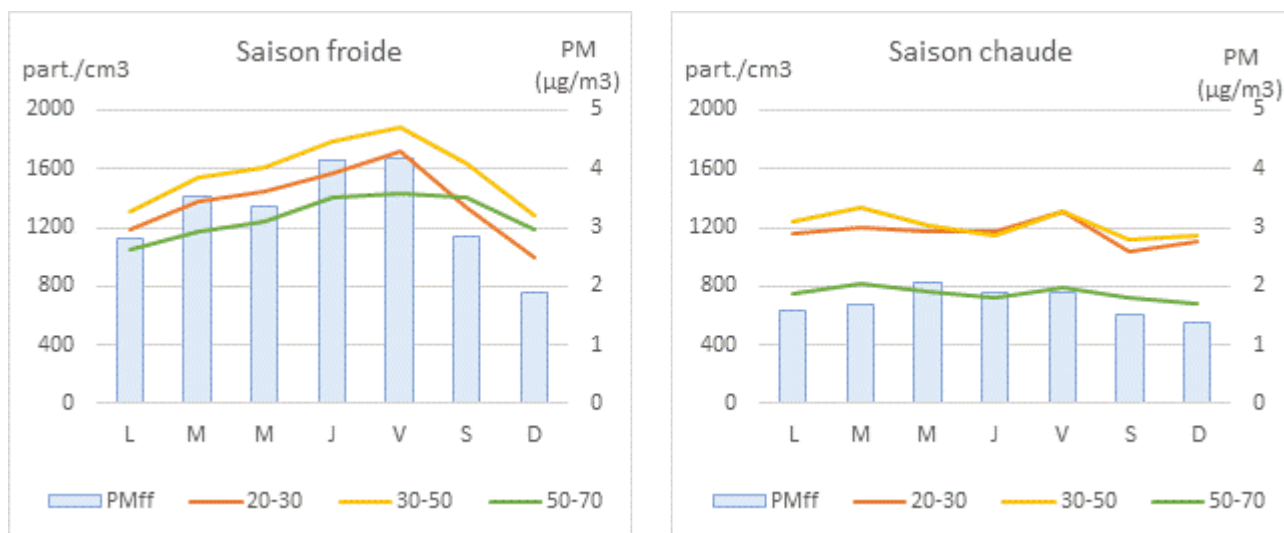


Figure 15 : Talence 2017 - Profils hebdomadaires des PUF de classe de diamètre inférieur à 70 nm

Le graphique de gauche présente les concentrations des trois premières classes de particules ultrafines en saison froide. L'évolution analogue, entre les PM provenant de combustion fossile (PMff) et les classes les plus fines des PUF, est une nouvelle fois appréciée. Les niveaux de ces particules sont plus élevés en jours ouvrés que le week-end. Du lundi au vendredi, les concentrations de ces particules ultrafines augmentent, atteignant près de 2 000 part./cm³ le vendredi, suivi par une forte baisse des niveaux les samedis et dimanches. Il s'agit de profils hebdomadaires caractéristiques de polluants d'origine routière.

Le graphique de droite présente l'évolution hebdomadaire pour la saison chaude. Les niveaux en particules ultrafines et PMff sont plus faibles qu'en saison hivernale. Les PMff, particules provenant de la combustion de combustibles fossiles, arbore toujours un profil typique d'émissions trafic. Les ultrafines présentent également des concentrations plus faibles les samedis et dimanches, mais l'écart entre jours ouvrés et week-end est moins marqué.

→ Classe de diamètre supérieur à 70 nm

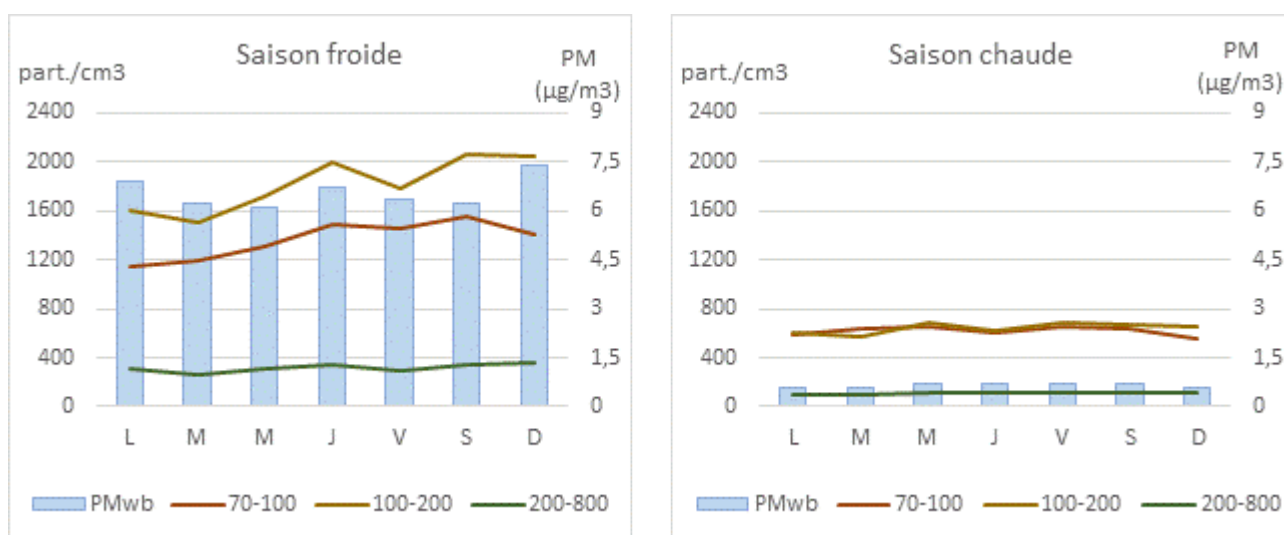


Figure 16 : Talence 2017 - Profils hebdomadaires des PUF de classe de diamètre supérieur à 70 nm

Le graphique de gauche présente les concentrations de particules ultrafines de diamètre supérieur à 70 nm en saison froide. Les particules, PMwb, provenant de la combustion du bois sont relativement stables les six premiers jours de la semaine, fluctuant autour de 6,5 µg/m³. On note une légère augmentation de la

concentration le dimanche ($7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Concernant les PUF, les trois canaux présentent des concentrations légèrement plus élevées en fin de semaine.

Pour la période estivale, les concentrations en PUF et PMwb sont faibles et varient très peu au cours de la semaine.

★ Profils journaliers

Les figures suivantes illustrent les évolutions des particules ultrafines au cours d'une journée. De même que pour les profils hebdomadaires, deux périodes de l'année ont été distinguées : la saison froide, regroupant les trimestres 1&4 et la saison chaude réunissant les trimestres 2&3.

→ Saison froide

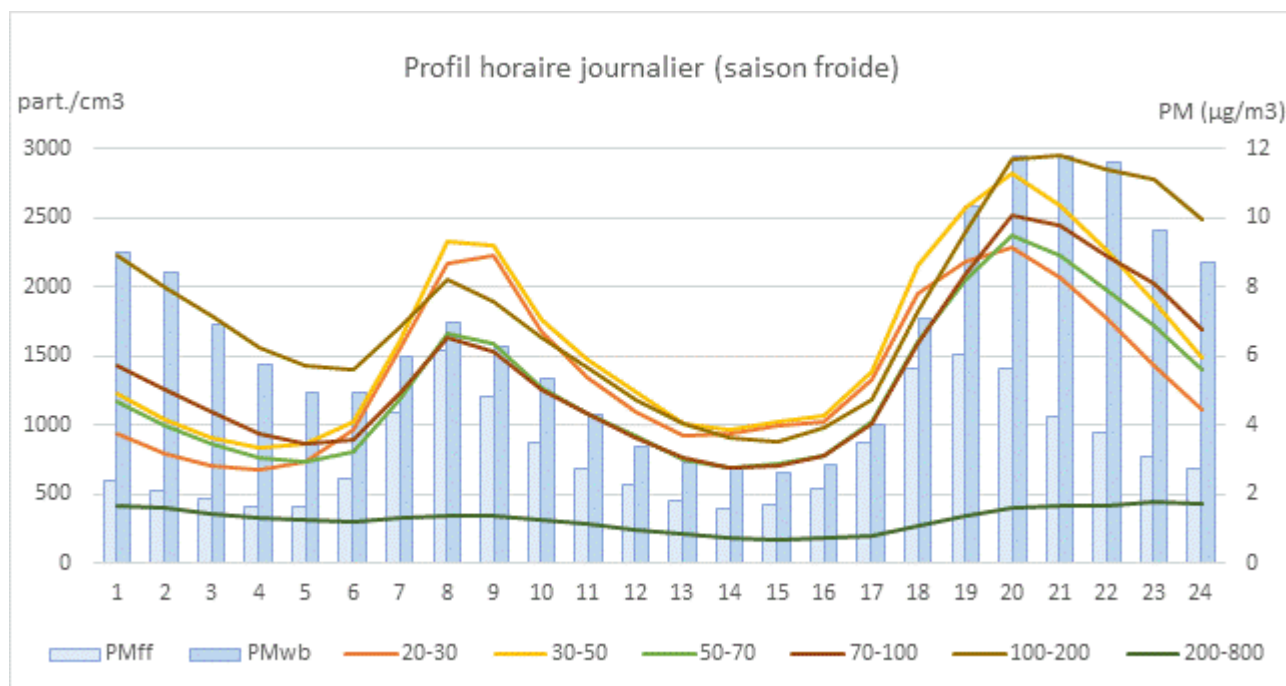


Figure 17 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide

En saison froide, le profil journalier montre deux pics de particules ultrafines au cours de la journée.

Le premier ayant lieu le matin entre 8h et 9h, correspond au trajet « domicile-travail ».

A l'exception de la classe 200-800 nm, ce pic est suivi par l'ensemble des classes de particules ultrafines. Le pic est le plus marqué pour les classes 20-30 et 30-50 nm. Leurs concentrations atteignent $2\ 300 \text{ part./cm}^3$. En observant l'évolution des particules d'origine fossile (PMff), on relève, une fois de plus, l'évolution identique des PUF les plus fines avec les PMff, provenant du trafic routier.

Le second pic apparaît en début de soirée. Les niveaux commencent à augmenter à partir de 17h. En fonction de la classe des particules, deux évolutions sont à remarquer :

- Pour les classes les plus fines (20-30 et 30-50 nm), les niveaux commencent à diminuer à partir de 20h. Ces deux classes suivent l'évolution des PMff.
- Pour les fractions de diamètre supérieur à 70 nm, les concentrations restent élevées en début de soirée et diminuent lentement jusqu'au petit matin. Tout au long de la journée, les particules des classes 70-100 et surtout 100-200 nm suivent l'évolution des PMwb, particules provenant de la combustion de biomasse. Ce pic peut donc être mis en lien avec la combustion de bois. En effet, les trimestres 1&4 sont propices aux émissions primaires liées au chauffage. Pour les particules, sur cette période, la contribution des feux de cheminées est significative.

→ Saison chaude

Le graphique suivant présente les profils journaliers moyens, obtenus pour la période avril-septembre 2017.

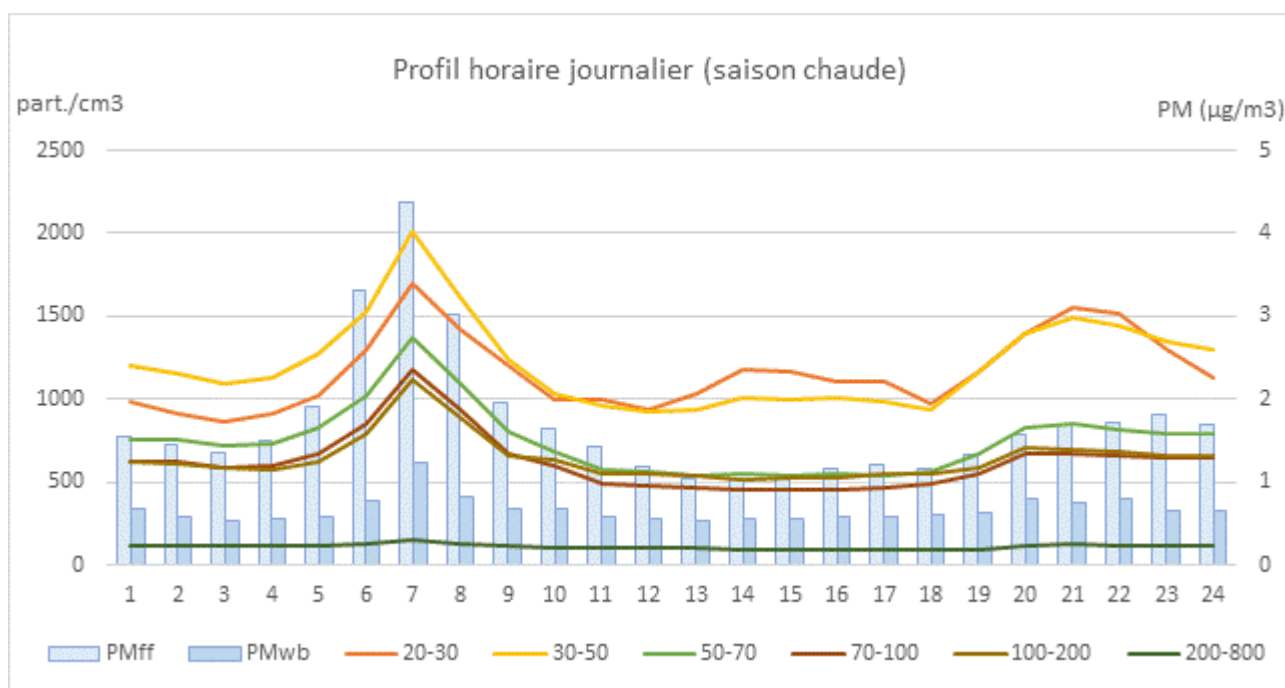


Figure 18 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude

En saison chaude, les niveaux, à la fois des particules ultrafines, des PMff et des PMwb, sont nettement inférieurs à ceux observés pendant la saison froide. Les pics trafic sont aussi moins élevés.

Concernant les particules de diamètre supérieur à 70 nm, comme pour la saison froide, leur profil journalier présente deux pics au cours de la journée. Le premier, vers 7h le matin, correspond au trajet domicile-travail. Le second, à partir de 19h, est également à mettre en lien avec l'augmentation de trafic de fin journée.

Concernant les classes les plus fines (20-30 et 30-50 nm), on relève deux pics au cours de la journée.

- le premier, entre 6 et 9h,
- le second, à partir de 18h, sont toujours à mettre en relation avec les émissions provenant du trafic routier. Ces deux pics suivent parfaitement l'évolution journalière des PMff, particules provenant de la combustion de combustibles fossiles.

Les classes 20-30 et 30-50 nm augmentent également de manière moins importante en début d'après-midi avec un maximum vers 15h. Celles-ci ne sont ni corrélées avec les PMff, ni avec les PMwb. Ces particules ultrafines ne sont donc pas issues de combustion ; d'autres phénomènes peuvent intervenir sur les concentrations, notamment la formation d'aérosols secondaires et l'ensoleillement

On confronte maintenant le profil journalier « été » des PUF avec les mesures en ozone de la station de Talence sur la même période (avril-septembre 2017).

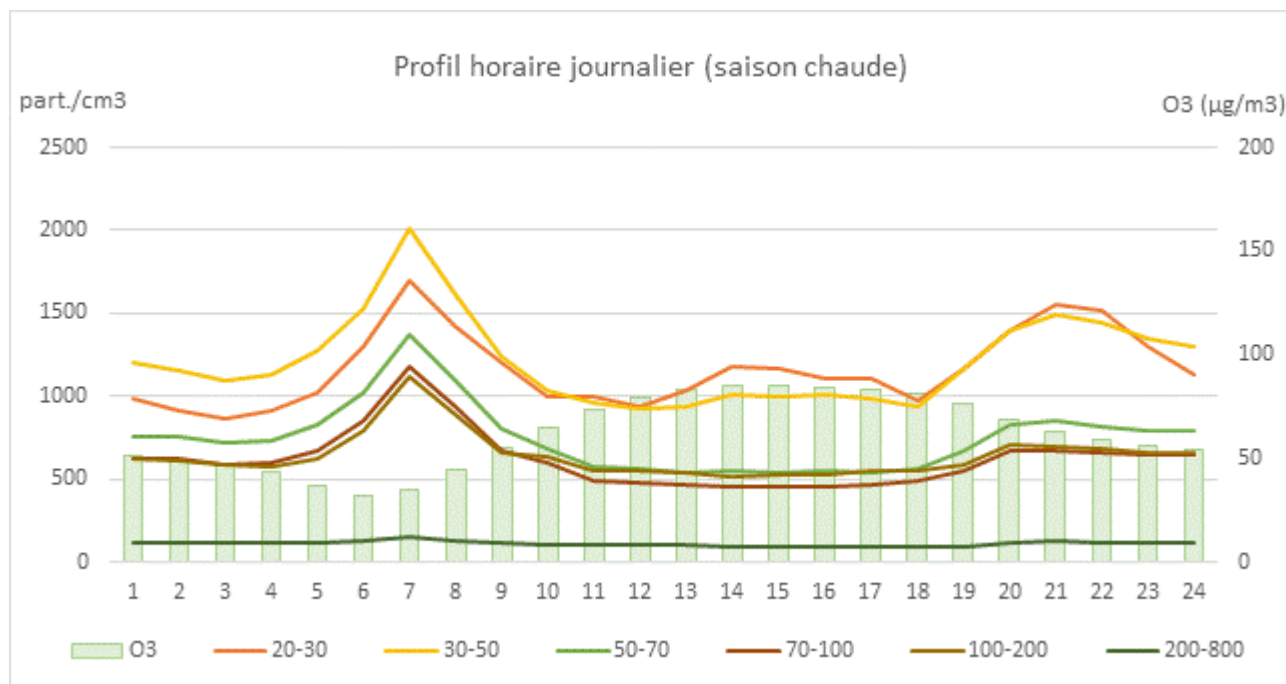


Figure 19 : Talence 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude

Aux heures chaudes de la journée, la concentration d'ozone augmente dans l'atmosphère. L'ozone étant un polluant secondaire, il est produit par réactions chimiques entre polluants primaires, sous l'effet du rayonnement solaire. Cette tendance est également observée pour les PUF des classes 20-30 et 30-50 nm. L'augmentation des concentrations de ces particules, entre 12 et 19h, peut s'expliquer par la formation de particules ultrafines secondaires en lien avec les processus photochimiques.

3.1.3. Analyses des épisodes de fortes concentrations

★ Episodes hivernaux, niveaux en PM10 élevés

Sur Talence en 2017, les concentrations en PM10 ont été supérieures à 50 µg/m³ pendant neuf jours : six en janvier, un en novembre et deux en décembre.

PM10 > 50 µg/m ³	Classes de particules (nm)					
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800
Corrélations						
PM10	0,03	0,31	0,66	0,81	0,92	0,94
PM2,5	-0,06	0,22	0,59	0,77	0,92	0,96
PMff	0,76	0,88	0,82	0,69	0,51	0,23
PMwb	0,04	0,34	0,69	0,85	0,96	0,90
NO2	0,66	0,77	0,77	0,68	0,58	0,41
NO	0,61	0,78	0,82	0,77	0,70	0,50
NOx	0,64	0,81	0,85	0,79	0,71	0,51
O3	-0,32	-0,44	-0,54	-0,56	-0,58	-0,53

Figure 20 : Talence 2017 - Corrélations avec les autres polluants pendant les fortes concentrations en PM10

Le tableau ci-dessus montre les corrélations, entre les particules ultrafines et les polluants de la station, calculées pour les neuf jours où la concentration en PM10 a dépassé 50 µg/m³ en moyenne journalière. Le

vert clair indique les fortes corrélations ($> 0,75$), le vert foncé les très bonnes corrélations ($> 0,9$). Cette table nous apprend :

- Les corrélations calculées sur ces neuf jours sont supérieures aux corrélations annuelles. Pour les PMff avec les classes 20-30 et 30-50 nm, les corrélations sont ici de 0,76 et 0,88 contre 0,56 et 0,70 en valeur annuelle. Pour les PMwb avec la classe 100-200 nm, la corrélation est ici de 0,96 contre 0,93 en valeur annuelle.
- Deux catégories se dissocient :
 - Les classes les plus fines (20-30, 30-50 et 50-70 nm) sont mieux corrélées avec les PMff et les NOx.
 - Les classes plus grossières (70-100, 100-200 et 200- 800 nm) sont mieux reliées aux PMwb, aux PM2,5 et aux PM10.

La figure ci-dessous présente les profils horaires journaliers des particules de la station correspondant à ces neuf jours.

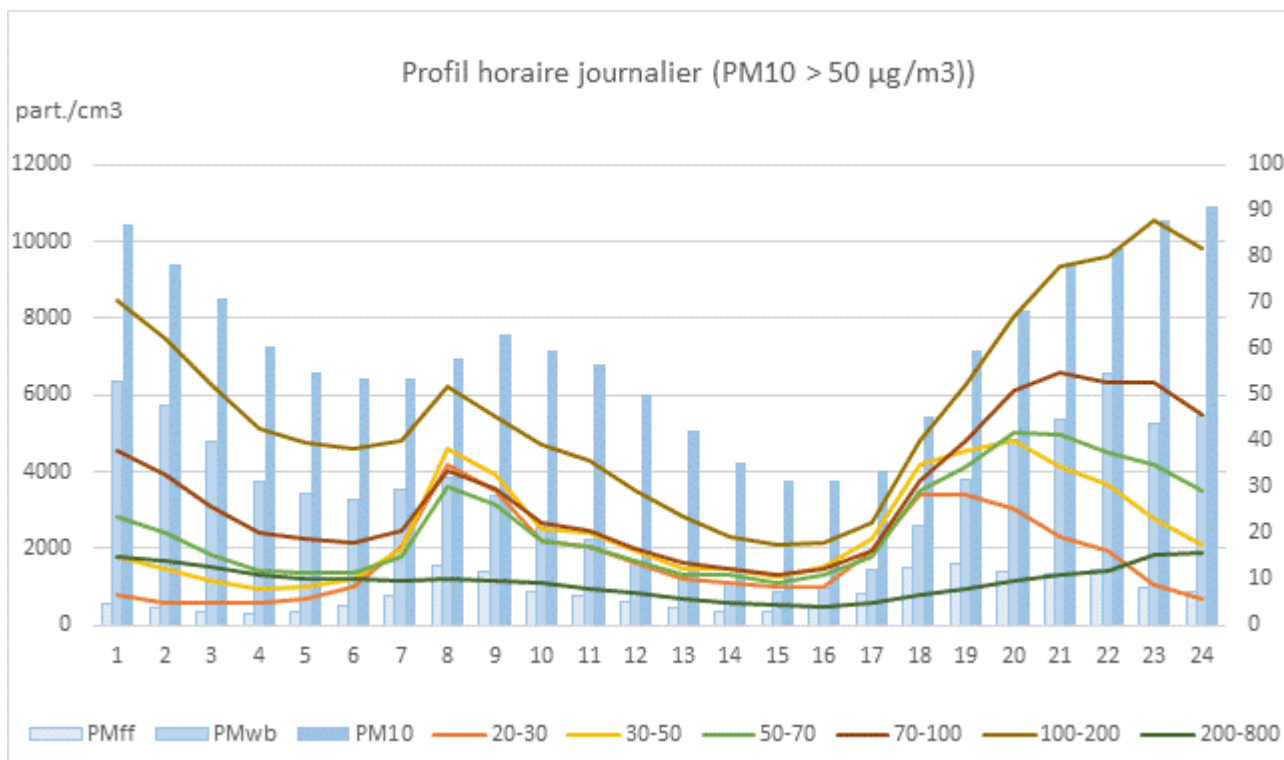


Figure 21 : Talence 2017 - Profil horaire journalier pendant les fortes concentrations en PM10

De ce graphique, plusieurs observations sont à noter :

- Les PMwb, particules issues de la combustion de biomasse, et les PM10 évoluent de manière identique au cours de ces 9 journées. Les PMwb représentent 50 à 60 % de la concentration des PM10 de 19h à 8h du matin, soit aux périodes où les concentrations en PM10 sont les plus importantes. La concentration en PMwb atteint $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire, les jours de haute concentration en PM10 contre $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison dite froide.
- Les niveaux horaires en PMff, particules provenant de la combustion de combustible fossile, ne dépassent pas $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur ces 9 jours, contre $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en saison froide.
- Les niveaux des PUF sont très élevés et atteignent $10\,000 \text{ part./cm}^3$ au cours de la journée. Le maximum atteint en saison froide est de $3\,000 \text{ part./cm}^3$.
- Deux catégories se distinguent encore :
 - Les particules des classes 20-30 et 30-50 nm. Leurs profils quotidiens suivent la courbe des PMff : deux pics au cours de la journée et des concentrations nocturnes faibles, profil caractéristique des émissions liées au trafic routier.

- Les particules de diamètre supérieure à 70 nm. Les concentrations nocturnes sont plus élevées que les concentrations en journée. Celles-ci suivent le profil des PMwb. Elles proviennent de la combustion de bois utilisé pour le chauffage.

3.1.4. Roses de pollution

Les conditions météorologiques influencent les niveaux mesurés sur la station. La rose de pollution met en évidence une direction privilégiée des vents pour laquelle les concentrations augmentent. Ainsi, les roses de pollution permettent d'identifier l'origine des masses d'air chargées en particules, capturées au niveau de la station. La couleur bleue correspond à des concentrations faibles en particules arrivant sur la station, à l'inverse, le rouge aux concentrations importantes.

Afin d'observer les différences saisonnières, deux périodes de l'année ont été distinguées : la saison froide, regroupant les trimestres 1&4 et la saison chaude réunissant les trimestres 2&3. Sont exposées dans cette partie les roses correspondantes aux classes de particules prépondérantes du site, soit les classes 30-50 nm et 100-200 nm (cf §3.1.1)³. Les roses ci-dessous, ne prennent pas en compte les vents faibles, dont la vitesse est inférieure à 2 m.s⁻¹.

→ Classe 30-50 nm

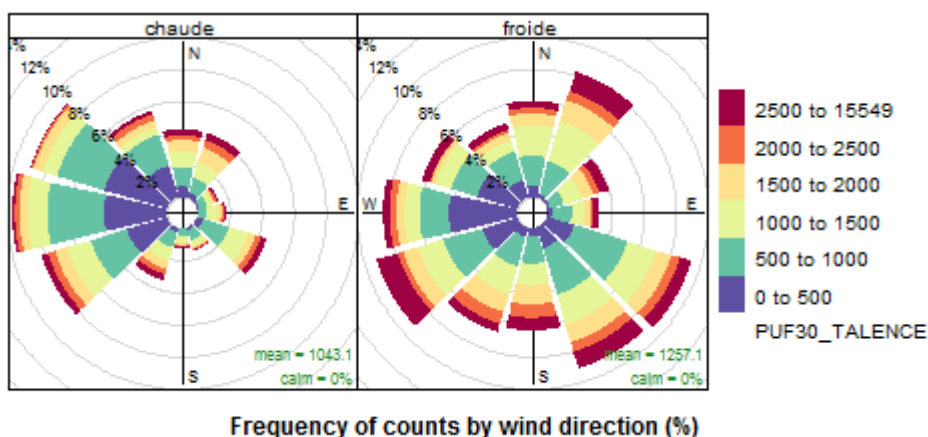


Figure 22 : Talence 2017 - Rose de pollution, classe 30-50 nm

La figure ci-dessus présente les roses de pollution de la classe 30-50 nm, il en ressort :

- En saison chaude, le vent dominant provient de l'ouest, les masses d'air sont peu chargées en particules.
- Des masses d'air plus chargées en particules, proviennent de l'ensemble des directions. Celles-ci apportent des particules en été comme en hiver.

Des paragraphes précédents, on a noté la bonne corrélation de cette classe de particules avec les émissions trafic. De plus, la station de Talence étant située en zone urbaine, ces roses de pollution illustrent la provenance tout azimut des polluants de sources routières.

³ Les roses de pollution des autres classes de particules sont disponibles en annexe.

→ Classe 100-200 nm

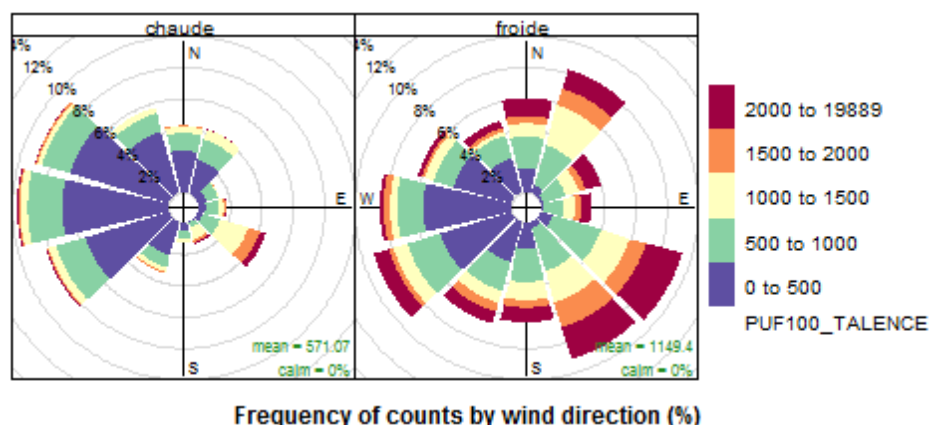


Figure 23 : Talence 2017 - Rose de pollution, classe 100-200 nm

D'avril à septembre, les vents proviennent essentiellement des secteurs Ouest. Ils sont faiblement chargés en particules. En saison froide, des vents plus fréquents et de concentrations plus importantes arrivent à la station de Talence.

Des paragraphes précédents, on a noté la bonne corrélation de cette classe de particules avec les émissions liées au chauffage bois. Située dans un tissu urbain dense, les vents arrivant à la station de mesure en saison froide, sont chargés en particules issues du chauffage résidentiel.

3.2. Lacq

3.2.1. Statistiques descriptives

Le tableau suivant présente les principales statistiques pour le site de Lacq. Les valeurs indiquées représentent le nombre de particules par cm^3 (part./ cm^3), à l'échelle horaire et à l'échelle journalière.

Lacq 2017	Classes de particules (nm)					
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800
Données horaires						
Moyenne	1 199	1 183	786	754	975	207
Médiane	718	833	608	567	641	129
Maximun	40 000	44 340	23 194	15 517	11 107	4 039
Données journalières						
Moyenne	28 716	28 310	18 809	17 991	23 240	4 938
Médiane	25 094	25 534	16 858	15 028	16 817	3 299
Maximun	132 598	141 050	72 241	73 221	111 902	30 307

en particules par cm^3 (part./ cm^3)

Figure 24 : Lacq 2017 - Statistiques descriptives

★ Répartition par classe de particules

Sont représentées sur ce graphique, les moyennes horaires des six classes de particules ultrafines.

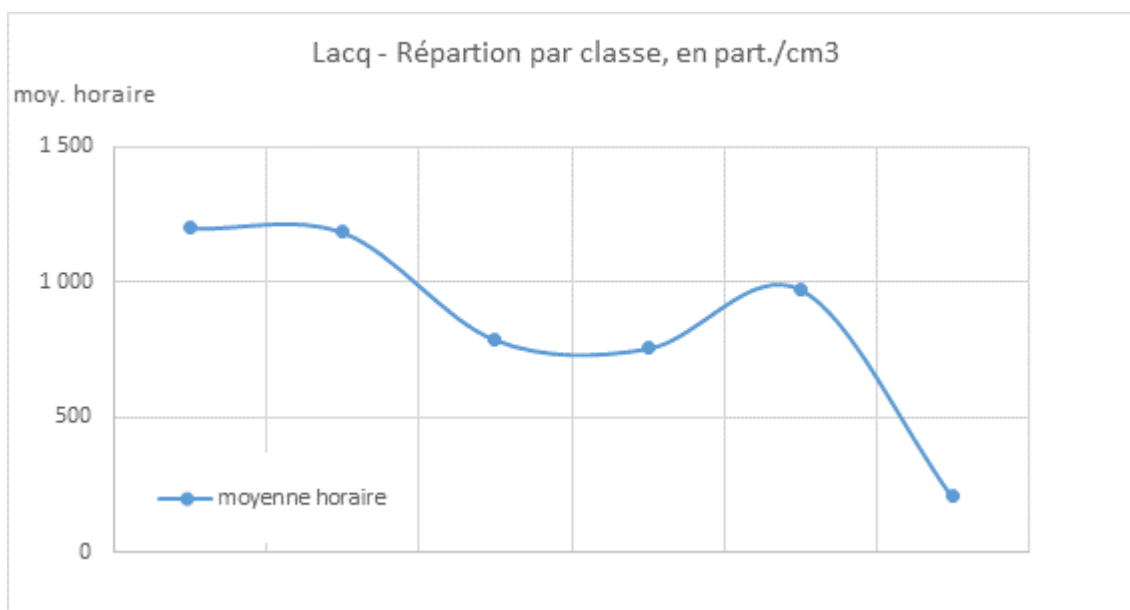


Figure 25 : Lacq 2017 - Répartition par classe de particules

Comme pour Talence, on retrouve deux modes principaux chez les ultrafines :

- les particules très fines, qui concerne l'ensemble des particules de diamètre inférieur à $50 \mu\text{m}$ (soit les classes 20-30 et 30-50 nm)
- la classe 100-200 nm

Toutefois, quelques différences sont observables. Sur le site de Lacq, les concentrations numériques des classes 20-30 et 30-50 nm sont supérieures à la concentration des 100-200 nm. Alors que sur le site de Talence, les concentrations numériques des 30-50 et 100-200 nm sont équivalentes (environ $1\,400 \text{ part./cm}^3$ en moyenne horaire).

★ Comparaison entre les sites de Talence et de Lacq

Les graphiques suivants juxtaposent les répartitions par classe de particules des sites de Talence et de Lacq. Sont illustrés ici les moyennes horaires (à gauche) et les maxima horaires (à droite).

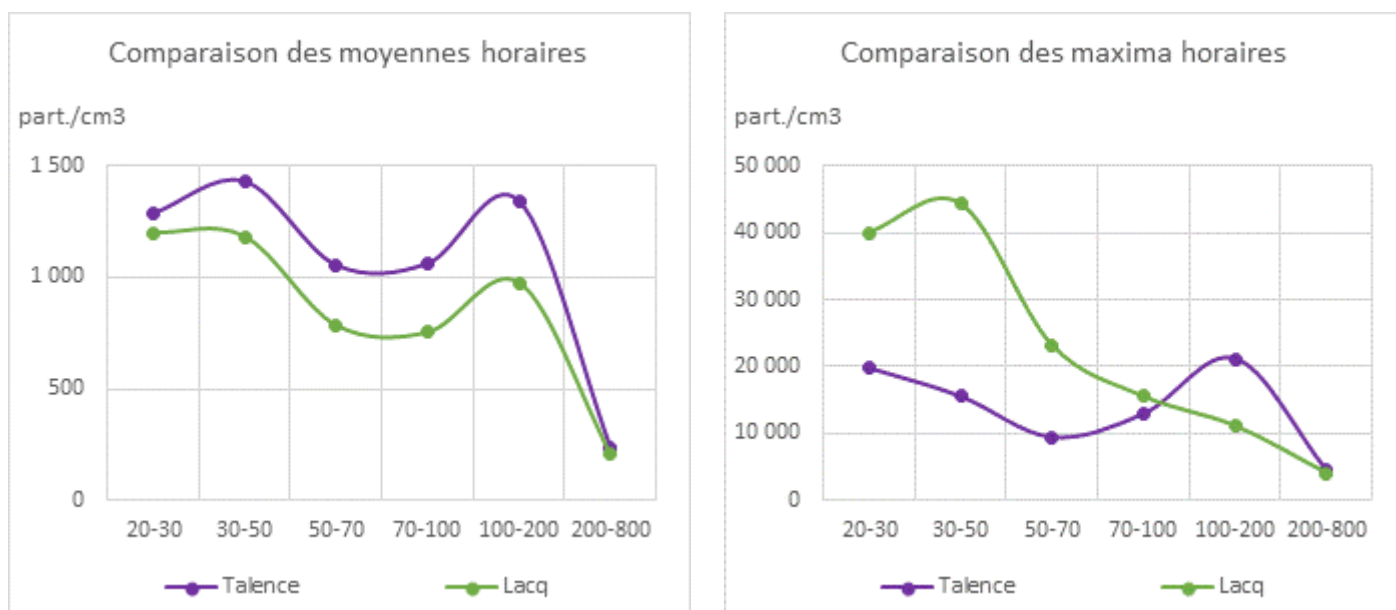


Figure 26 : Comparaison des répartitions par classes de particules entre Talence et Lacq

De ces figures, on remarque :

- Les profils des moyennes horaires sont similaires, et les concentrations des deux sites sont du même ordre de grandeur. Néanmoins, les concentrations en zone urbaine (Talence) sont légèrement plus élevées que celles de la station de Lacq.
- Les profils des maxima horaires divergent. Sur Talence, les maxima varient entre 10 000 et 20 000 part./cm³, on retrouve les deux modes principaux, autour de 50 nm et autour de 100nm. Sur le site de Lacq, les particules des classes 20-30 et 30-50 nm atteignent presque 45 000 part./cm³, soit le double des maxima atteints par la station de Talence. Plus les particules sont fines et plus les maxima horaires atteints sont élevés.

★ Corrélation avec les autres polluants de la station

La station de Lacq est une station de proximité industrielle. Sur ce site, sont mesurés le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO, NO₂ et NO_x) et l'ozone (O₃). Pour les PM₁₀, les données proviennent de la station de Labastide-Cézéracq, située à 7,5 km de Lacq. Celle-ci étant une station de fond rurale, les concentrations mesurées ne prennent pas en compte les PM provenant de l'activité industrielle de la zone de Lacq. La comparaison reste tout de même envisageable

Le tableau ci-dessous présente les coefficients de corrélation annuelle entre les ultrafines et les autres polluants de la station. Le jaune indique une corrélation significative (> 0,5), et le vert une forte corrélation (> 0,75).

Lacq 2017	Classes de particules (nm)					
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800
Corrélations						
PM ₁₀ *	-0,02	0,08	0,29	0,57	0,79	0,81
NO ₂	0,20	0,30	0,46	0,62	0,59	0,45
NO	0,14	0,24	0,39	0,53	0,53	0,44
NO _x	0,19	0,30	0,47	0,63	0,62	0,49
O ₃	0,16	0,05	-0,04	-0,10	-0,06	-0,05
SO ₂	0,30	0,27	0,22	0,15	0,00	-0,06

Figure 27 : Lacq 2017 - Corrélations avec les autres polluants mesurés à la station

De cette table, on remarque :

- Les corrélations sont plus faibles entre les PUF et les autres polluants que celles calculées pour le site de Talence.
- Les trois classes les plus fines ne présentent aucune corrélation annuelle significative avec les autres polluants de la station
- Seules les classes de diamètre supérieur à 100 nm présentent une forte corrélation, celle-ci avec les PM10

* les PM10 proviennent de la station Labastide-Cézéracq

3.2.2. Evolutions temporelles

✧ Profil annuel

Le graphique ci-dessous montre l'évolution mensuelle des différentes classes de particules ultrafines pour le site de Lacq. Les PUF sont présentées en nombre de particules par centimètre cube (part./cm³).

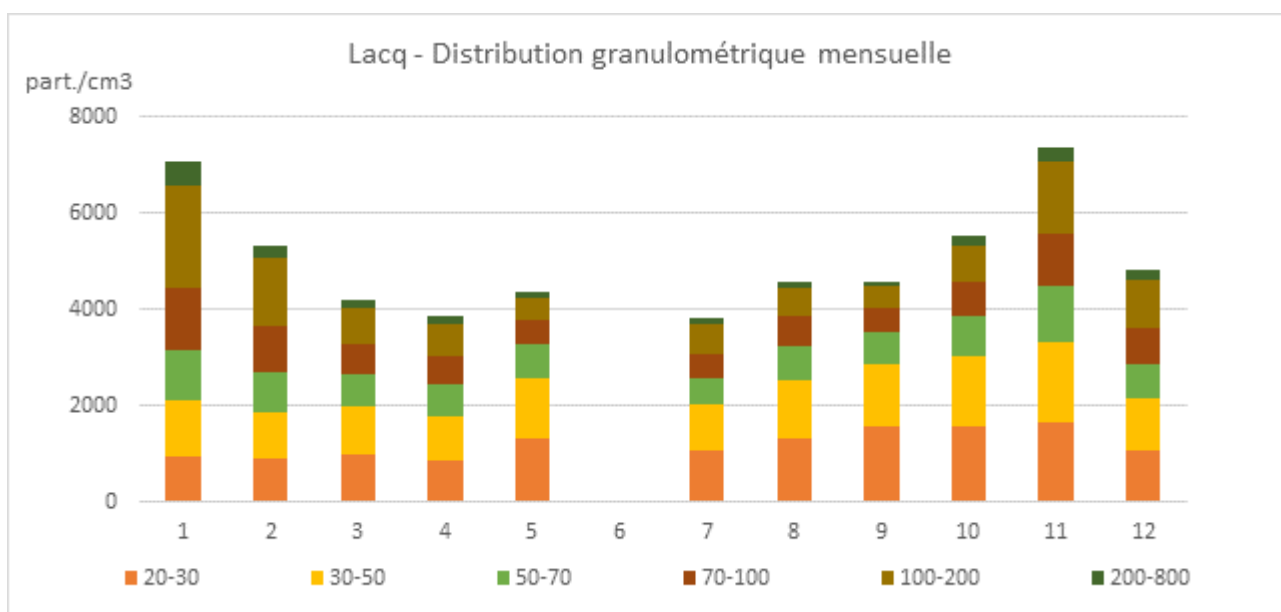


Figure 28 : Lacq 2017 - Distribution granulométrique mensuelle

Sur le site de Lacq, on relève :

- Les niveaux en particules ultrafines sont plus importants pendant les mois froids que les mois chauds
- Les niveaux de particules ayant un diamètre supérieur à 70 nm varient avec les saisons et sont plus élevés en hiver qu'en été.
- Les maxima atteints pendant les mois froids sont inférieurs à ceux du site de Talence (maxima à 7 300 sur Lacq contre 11 700 part./cm³ sur Talence)
- Les minima atteints pendant les mois chauds sont supérieurs à ceux du site de Talence (3 800 part./cm³ sur Lacq contre 3 500 en juillet sur Talence)

La saisonnalité des différentes classes de particules est moins marquée sur la station de Lacq que sur le site urbain de Talence.

Pour rappel, en raison de la maintenance de l'appareil de mesure, les données des mois mai/juin ne sont présentées qu'à titre indicatif.

✧ Profils trimestriels

Le graphique ci-dessous présente les parts des différentes classes de particules ultrafines en fonction des trimestres de l'année 2017.

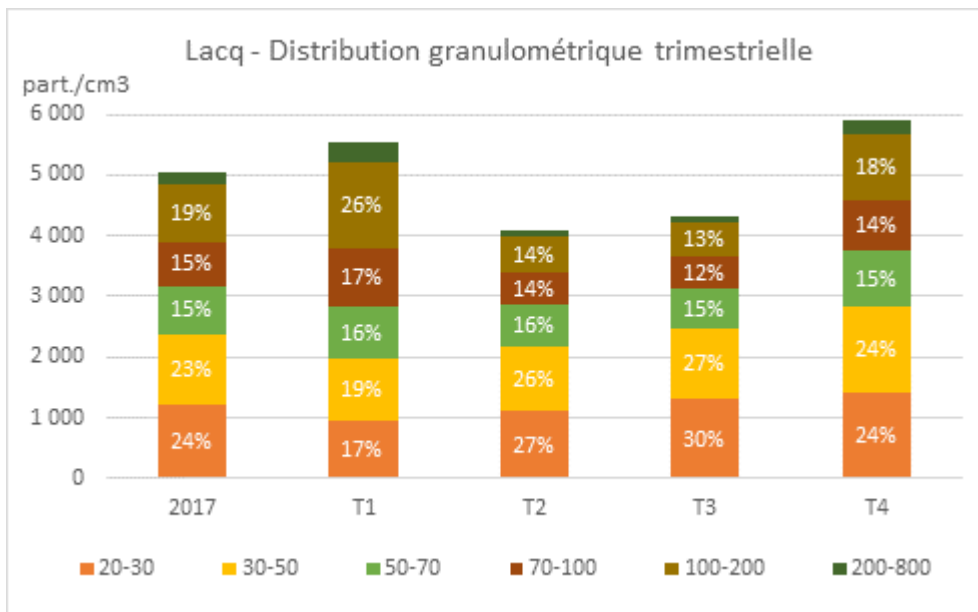


Figure 29 : Lacq 2017 – Distribution granulométrique trimestrielle

Des différences trimestrielles sont constatées sur la répartition des particules ultrafines. On note :

- Le niveau moyen des ultrafines sur l'année 2017 est d'environ 5 000 part./cm³. Les trimestres hivernaux (1&4) présentent des niveaux moyens plus importants allant de 5 500 à 6 000 part./cm³ tandis que les trimestres estivaux (2&3) présentent des niveaux de l'ordre de 4 000 part./cm³
- Les concentrations des classes les plus fines (20-30 et 30-50 nm) augmentent au cours de l'année, allant de 2 000 part./cm³ au premier trimestre et atteignant 2 800 au dernier trimestre.
- Les classes 70-100 nm et 100-200 nm présentent de fortes évolutions trimestrielles. Leurs parts représentent 25 %, soit 1000 part./cm³ des PUF en été (T3), et 43 % des PUF en hiver (T1), correspondant 2 400 part./cm³.

En raison du faible taux de fonctionnement de l'appareil de mesure pendant le trimestre 2 (avril, mai et juin), les résultats de ce trimestre ne sont présentés qu'à titre indicatif.

★ Profils hebdomadaires

Sont présentés ici, les profils hebdomadaires des concentrations de particules ultrafines mesurées sur Lacq au cours de l'année 2017. Deux périodes de l'année ont été différenciées. La première, dite saison froide, se compose des trimestres 1&4. La seconde, dite saison chaude, réunit les trimestres 2&3.

➔ Comparaison avec le NO₂



Figure 30 : Lacq 2017 - Profils hebdomadaires des PUF avec le dioxyde d'azote

Le graphique de gauche présente les concentrations des particules ultrafines en saison froide. Les classes les plus fines (20-30, 30-50 et 50-70 nm) présentent en jours ouvrés des concentrations supérieures à celles des samedis et dimanches. Toutefois, une nette diminution des concentrations est observable le jeudi.

Concernant la saison chaude, la concentration en NO₂ est plus faible qu'en saison froide (8 µg/m³ contre 16 en moyenne pendant la période hivernale). Les niveaux des classes les plus fines n'ont pas diminué entre la saison froide et la saison chaude. Elles restent de l'ordre de 1 200 part./cm³. Deux baisses de concentrations sont observables au cours de la semaine : la première, plus faible le mercredi et la seconde, plus conséquente le samedi. Une autre source influence les concentrations de particules très fines.

→ Comparaison avec les PM10

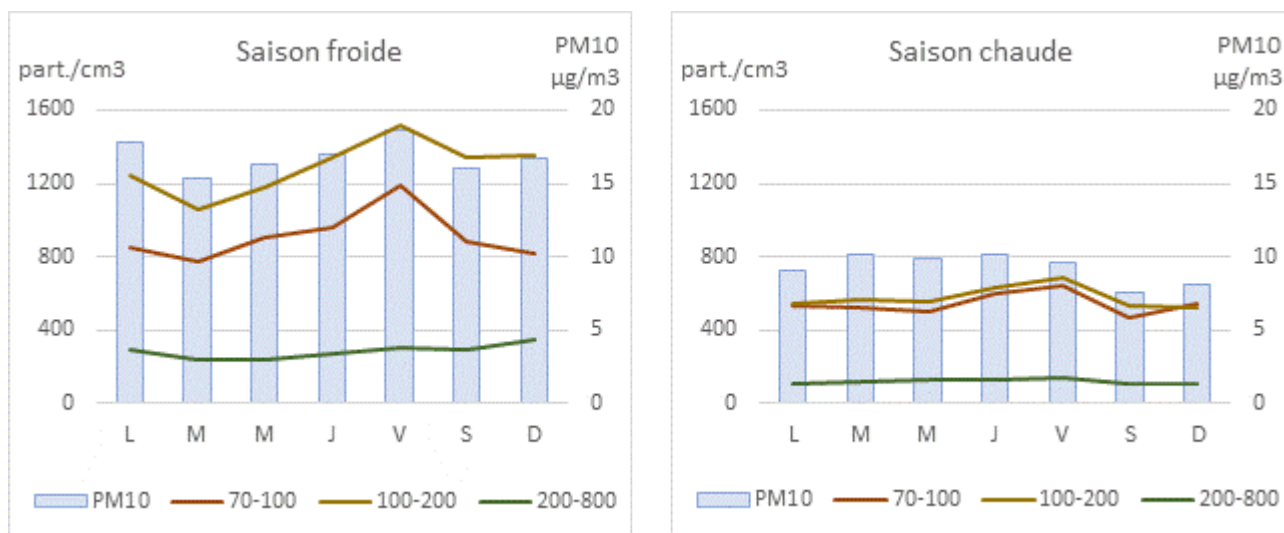


Figure 31 : Lacq 2017 - Profils hebdomadaires des avec les PM10

En saison froide, les particules de diamètre supérieur à 70 nm et les PM10 suivent une évolution hebdomadaire analogue. En saison chaude, les concentrations de ces ultrafines baissent fortement, tout comme les PM10.

★ Profils journaliers

Les figures suivantes illustrent les évolutions des concentrations de particules ultrafines au cours d'une journée. De même que pour les profils hebdomadaires, deux périodes de l'année ont été distinguées : la saison froide, regroupant les trimestres 1&4 et la saison chaude réunissant les trimestres 2&3.

→ Saison froide

Pour plus de compréhension, les différentes classes de particules ultrafines ont été comparées successivement aux autres polluants de la station.

Avec les PM10

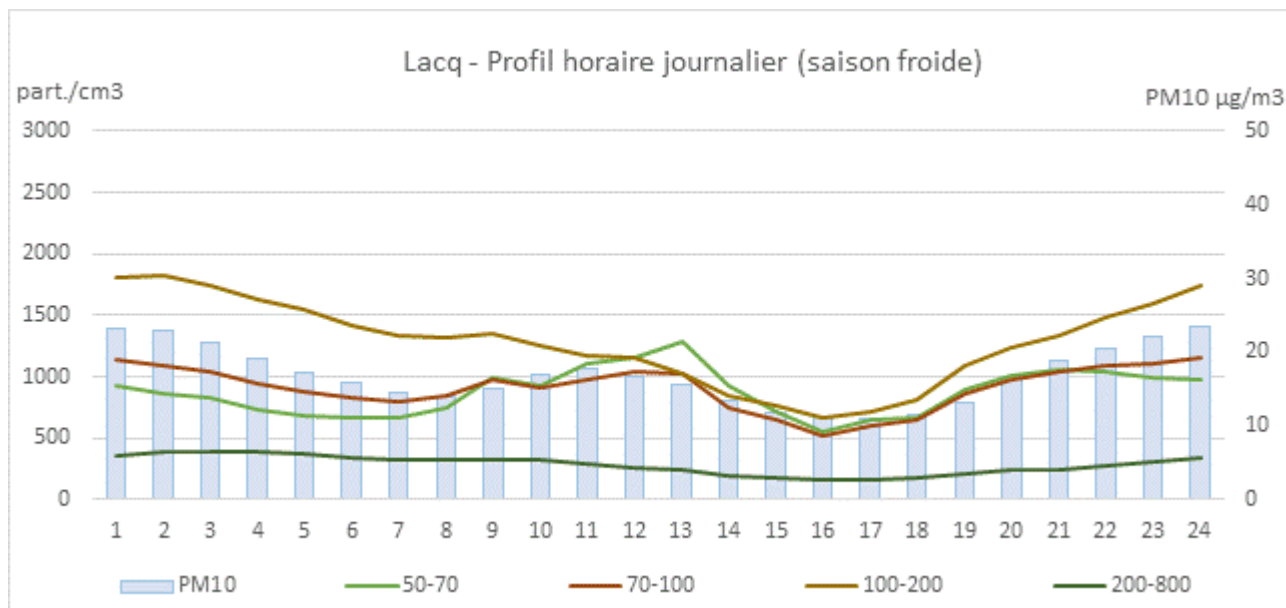


Figure 32 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec les PM10

Les différentes classes de particules ultrafines ont été confrontées aux PM10 de la station de Labastide-Cézéracq, (ces dernières ne sont pas sous l'influence de la zone industrielle). Les niveaux de PM10 augmentent en début de soirée, à partir de 18h, restent élevés la nuit, et diminuent lentement à partir du petit matin. Ce profil nocturne est à mettre en lien avec la combustion du bois. En effet, les trimestres 1&4 sont propices aux émissions primaires liées au chauffage. Pour les particules, sur cette période, la contribution de la combustion de bois est significative.

Concernant les particules ultrafines, les classes de diamètre supérieures à 70 nm suivent l'évolution des particules PM10 tout au long de la journée.

Avec le NO₂

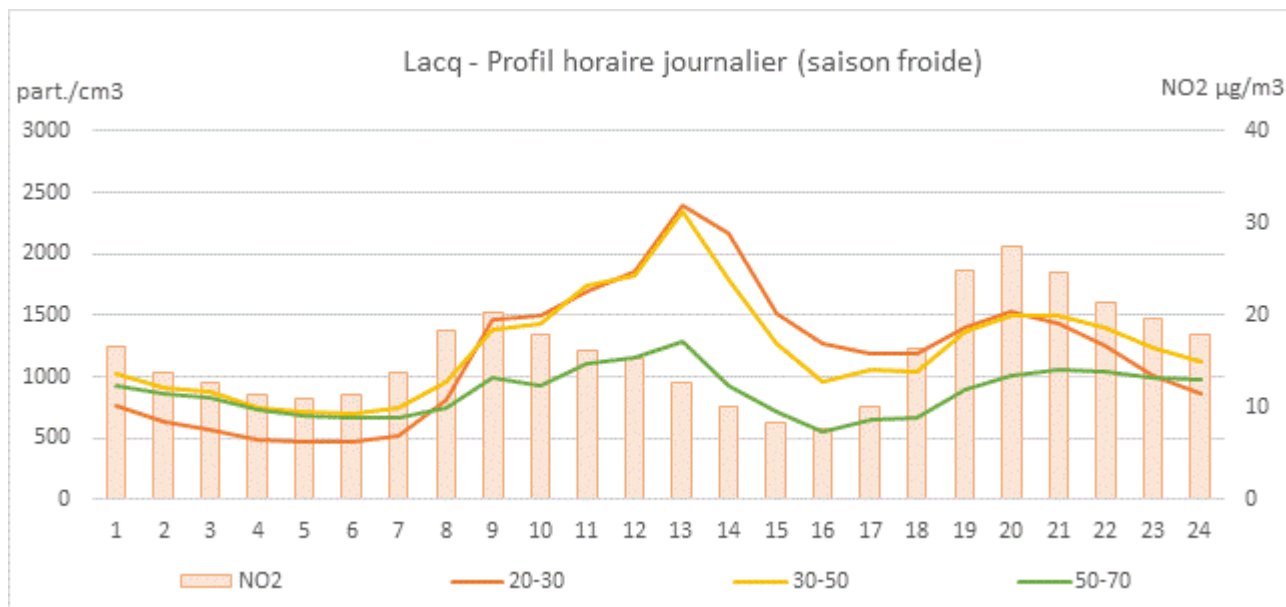


Figure 33 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec les NOx

Comme pour la station de Talence, le profil journalier de dioxyde d'azote (NO₂) est caractéristique des émissions provenant du trafic routier : deux pics au cours de la journée, correspondant aux trajets domicile-travail.

En revanche, contrairement à la station urbaine, les classes les plus fines de Lacq ne suivent pas entièrement ce profil trafic. Les concentrations horaires atteignent leur maximum vers 13h. On peut tout de même noter une évolution conjointe entre les PUF des classes 20-30, 30-50 et 50-70 nm sur certaines périodes de la journée :

- Le matin, jusqu'à 9h. Le début du pic lié au trajet domicile-travail est suivi par ces particules ultrafines
- Le soir, à partir de 18h. Le second pic, correspondant aux horaires de débauche est, quant à lui entièrement suivi par ces trois classes de particules.

Avec le SO₂

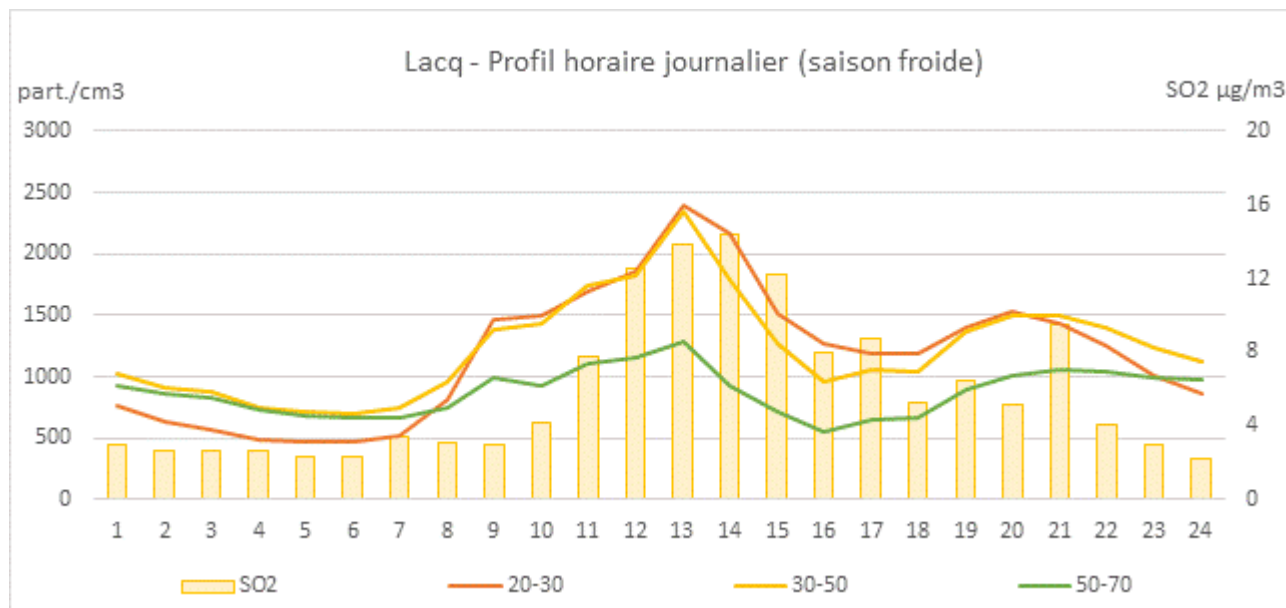


Figure 34 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison froide. Comparaison avec le SO₂

Le profil journalier du dioxyde de soufre (SO₂) sur la station de Lacq présente des concentrations faibles le matin. Celle-ci commencent à augmenter à partir de 10h pour atteindre leur maximum vers 14h puis redescendent tout au long de l'après-midi.

En juxtaposant l'évolution journalière du SO₂ avec les particules ultrafines des classes 20-30, 30-50 et 50-70 nm, on remarque l'évolution semblable de 10h à 16h entre ces polluants. Sur le site de Lacq, site industriel, une partie des particules les plus fines est potentiellement liée à l'activité industrielle, dont le SO₂ est l'un des traceurs.

→ Saison chaude

Les graphiques suivants présentent les profils journaliers moyens des particules ultrafines, obtenus pour la période avril-septembre 2017. Ceux-ci ont été comparés successivement aux particules PM10, au dioxyde d'azote (NO₂) et au dioxyde de soufre (SO₂).

Avec les PM10

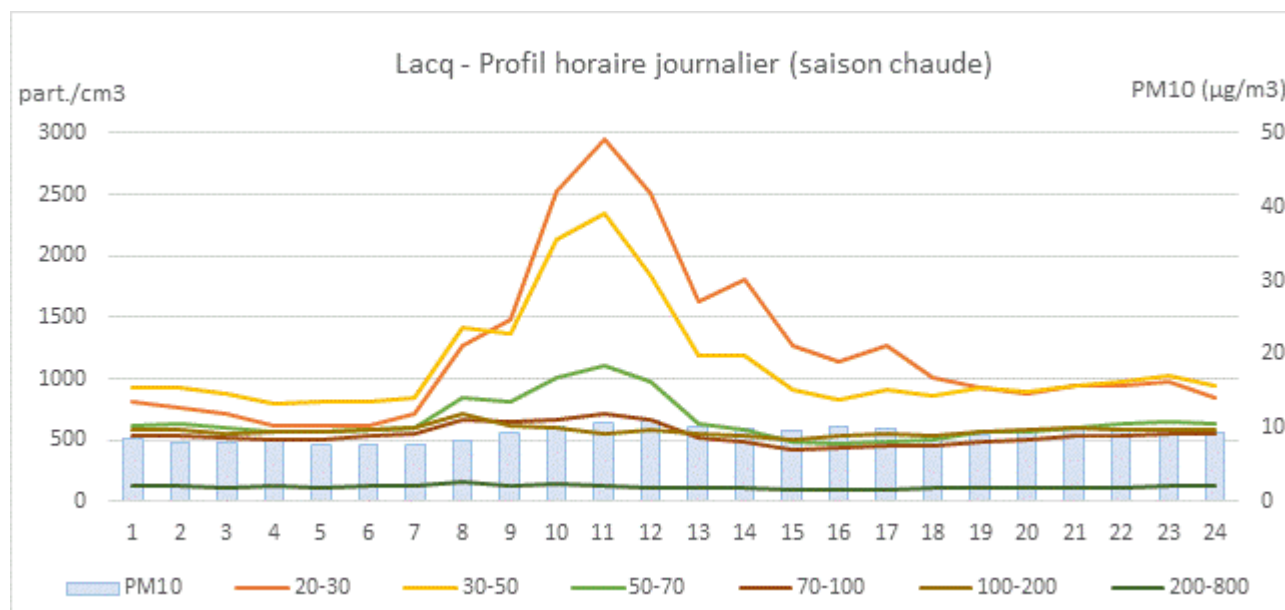


Figure 35 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec les PM10

Les niveaux de PM10 ont fortement diminué par rapport à la saison froide, les particules de diamètre supérieur à 70 nm également.

Avec le NO₂

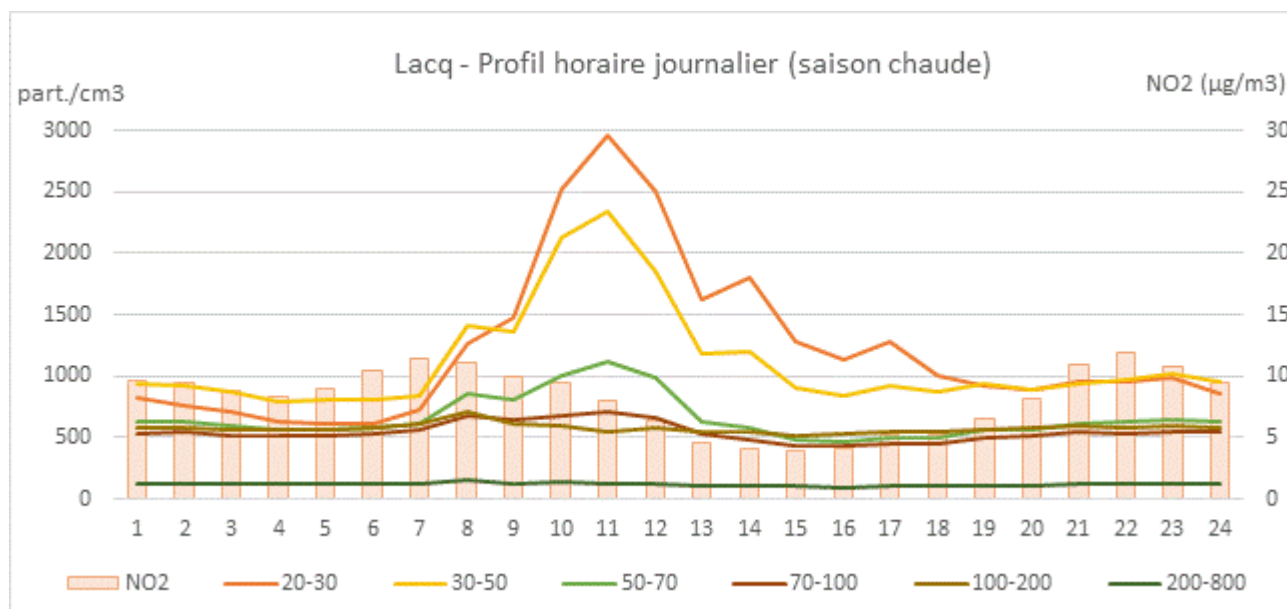


Figure 36 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec les NOx

En saison chaude, le profil horaire journalier du NO₂ reste caractéristique des émissions provenant du trafic routier et arbore deux pics journaliers. Leurs concentrations sont plus faibles qu'en saison froide. Les particules les plus fines (20-30 et 30-50 nm) ne suivent absolument pas le profil horaire journalier des oxydes d'azote.

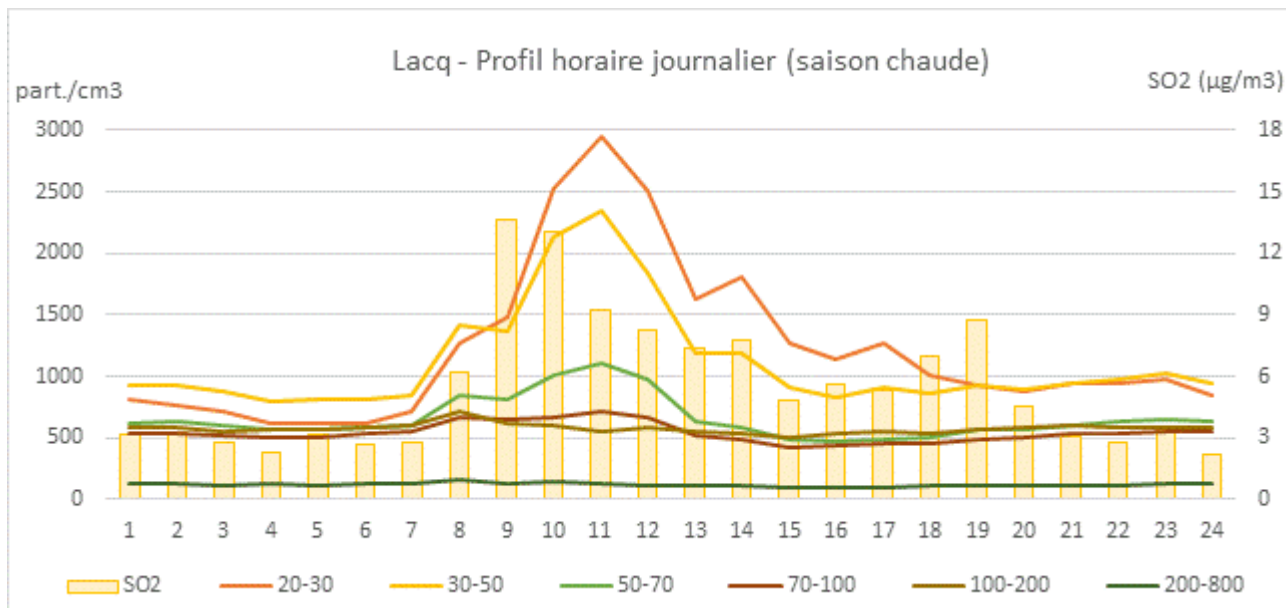


Figure 37 : Lacq 2017 - Profils journaliers des PUF, saison chaude. Comparaison avec le SO₂

En saison chaude, les concentrations en SO₂ augmentent fortement de 8 à 10h du matin puis redescendent tout au long de la journée. Les particules de taille très fines présentent des concentrations très élevées entre 10 et 13h puis leurs concentrations diminuent.

Le dioxyde de soufre est un gaz précurseur d'aérosols secondaires. Ces derniers sont des particules très fines qui se forment dans l'atmosphère par nucléation⁴. Les particules ainsi formées ont une taille inférieure à 30 nm. L'augmentation du SO₂ dans la matinée pourraient être à l'origine de la formation de particules secondaires de taille 20-30 et 30-50 nm (nucléation dans un premier temps, puis agglomération de particules dans un second). Ceci expliquerait également le décalage de quelques heures entre les émissions de SO₂ et la présence des particules ultrafines dans l'atmosphère.

Les particules ultrafines 20-30 et 30-50 nm pourraient également provenir directement des sources de combustion de la zone industrielle, dont le SO₂ est le traceur.

3.2.3. Analyses des épisodes de fortes concentrations

★ **Journées où les concentrations en SO₂ ont dépassé 100 µg/m³ en moyenne horaire**

SO ₂ > 100 µg/m ³	Classes de particules (nm)					
	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 200	200 - 800
Corrélations						
PM ₁₀ *	-0,31	-0,23	-0,05	0,28	0,87	0,74
NO ₂	-0,13	-0,09	0,00	0,07	0,07	0,05
NO	0,34	0,36	0,36	0,25	-0,17	-0,01
NO _x	0,16	0,19	0,23	0,20	-0,08	0,01
O ₃	0,63	0,61	0,52	0,35	-0,46	-0,82
SO ₂	0,84	0,83	0,75	0,56	-0,38	-0,60

Figure 38 : Lacq 2017 - Corrélations avec les autres polluants pendant les fortes concentrations en SO₂

⁴ Processus de formation de nouvelles particules solides

Sur Lacq en 2017, les concentrations horaires en SO₂ ont dépassé 100 µg/m³ pendant 38 heures. Le tableau ci-dessus montre les corrélations, entre les particules ultrafines et les polluants de la station, calculées pour ces 38 heures. Le jaune indique les corrélations significatives (> 0,5), le vert clair les fortes corrélations (> 0,75).

Cette table nous signale :

- De bonnes corrélations entre le SO₂ et les particules ultrafines de classes 20-30, 30-50, 50-70 nm et dans une moindre mesure avec la classe 70-100 nm
- Des corrélations significatives avec l’ozone (O₃) pour les particules de diamètre inférieur à 70 nm.
- Les PUF de taille plus importantes restent corrélées avec les PM10

* les PM10 proviennent de la station Labastide-Cézéracq

La figure ci-dessous présente les profils horaires des particules ultrafines, les jours où la concentration en SO₂ a dépassé 100 µg/m³ en moyenne horaire sur la station de Lacq.

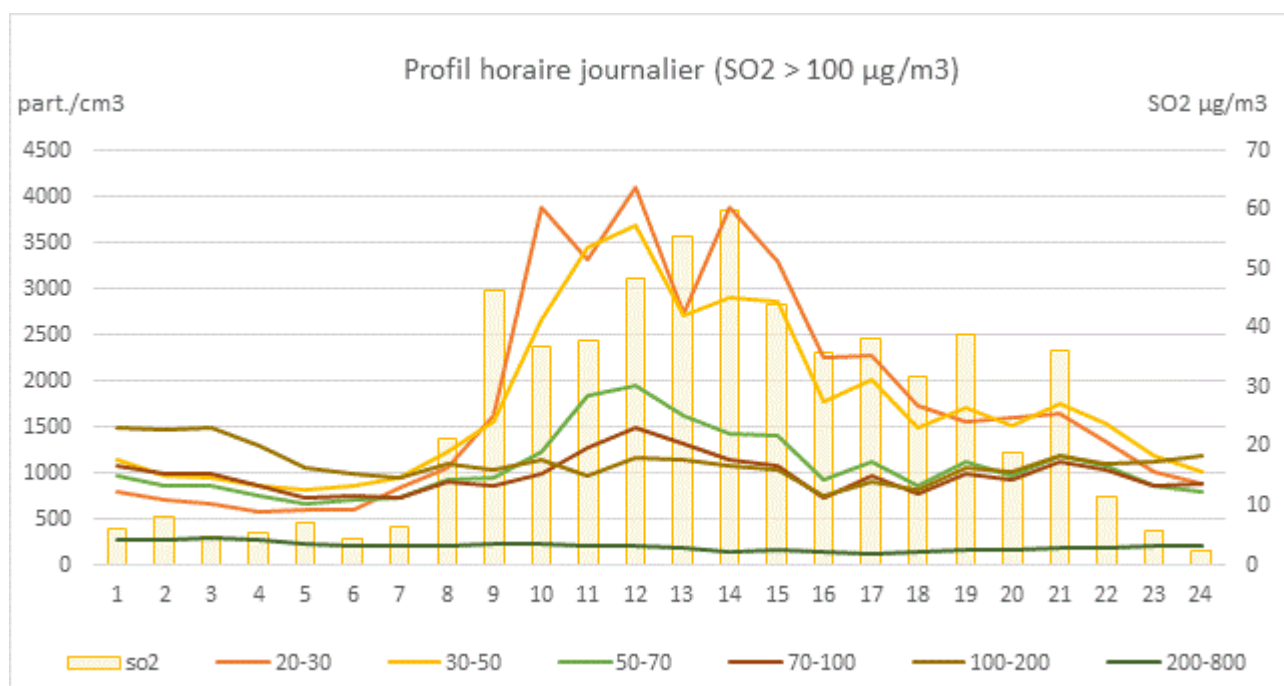


Figure 39 : Lacq 2017 - Profil horaire journalier pendant les fortes concentrations en SO₂

De ce graphique, plusieurs observations sont à noter :

- Deux comportements distincts sont observables. Les niveaux des classes les plus fines augmentent fortement en cours de journée, tandis que ceux des particules plus grossières restent stables.
- Le SO₂ et les particules les plus fines ont des évolutions de concentrations similaires au cours ces journées, confirmant ainsi les résultats des corrélations obtenues.

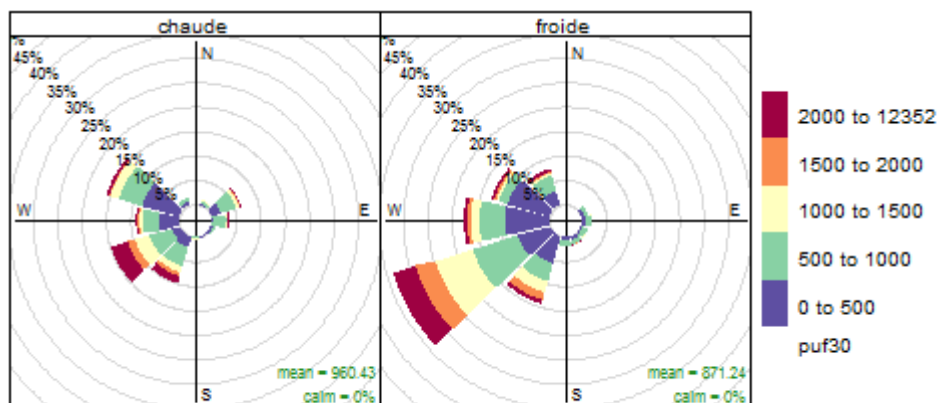
3.2.4. Roses de pollution

Les conditions météorologiques influencent les niveaux de pollution. Les roses de pollution mettent en évidence une direction privilégiée des vents pour laquelle les concentrations augmentent. Ainsi, ces roses permettent d’identifier l’origine des masses d’air chargées en particules, arrivant sur la station. La couleur bleue correspond à des concentrations faibles, à l’inverse, le rouge aux concentrations importantes.

Afin d’observer les différences saisonnières, deux périodes de l’année ont été distinguées : la saison froide, regroupant les trimestres 1&4 et la saison chaude réunissant les trimestres 2&3. Sont exposées dans cette partie les roses correspondantes aux classes de particules prépondérantes du site, soit les classes 30-50 nm

et 100-200 nm (cf §3.2.1)⁵. Les roses ci-dessous, ne prennent pas en compte les vents faibles, dont la vitesse est inférieure à 2 m.s⁻¹.

→ Classe 30-50 nm

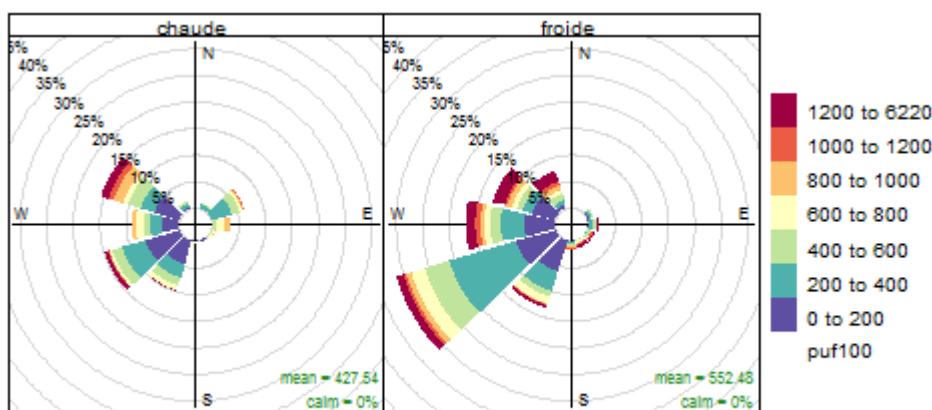


Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 40 : Lacq 2017 - Rose de pollution, classe 30-50 nm

La figure 40 présente les roses de pollution de la classe 30-50 nm. La station de mesure se situe sous les vents de la plateforme industrielle. Été comme hiver, les vents proviennent des secteurs Ouest. Il y a plus de vent en saison froide qu'en saison chaude. Les masses d'air les plus chargées en particules très fines proviennent du secteur Sud-Ouest, pointant directement la zone industrielle.

→ Classe 100-200 nm



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 41 : Lacq 2017 - Rose de pollution, classe 100-200 nm

Les vents proviennent principalement des secteurs Ouest, ce sont les secteurs de vents dominants. Il y a plus de vent en hiver qu'en été. Les masses d'air sont moins chargées en été qu'en hiver, les particules de taille 100-200nm proviennent de l'ensemble des directions et ne pointent pas spécifiquement la zone industrielle.

⁵ Les roses de pollution des autres classes de particules sont disponibles en annexe.

4. Conclusions

En 2017, les particules ultrafines ont été suivies sur deux sites en Nouvelle-Aquitaine : la station de Talence (fond urbaine) et la station de Lacq (proximité industrielle). L'exploitation de ces mesures fait ressortir plusieurs points marquants et très intéressants sur le comportement et l'origine des PUF.

Station de Talence

L'analyse des mesures est cohérente avec les résultats déjà présents dans la littérature, ainsi qu'avec ceux des autres sites de fond urbain français. La concentration annuelle en nombre des particules ultrafines totales est de 6 500 part./cm³. La saisonnalité est relativement bien marquée, avec des maxima relevés pendant les mois les plus froids de l'année et des minima pendant les mois les plus chauds.

En regardant la distribution granulométrique, deux modes principaux se distinguent, l'un situé entre 20-50 nm, l'autre vers 100-200 nm. Les autres classes de particules ont des comportements intermédiaires.

→ Classes 20-30 nm et 30-50 nm

Ces particules très fines présentent une bonne corrélation avec les oxydes d'azote (NOx) ainsi qu'avec les PM₁₀, particules provenant de la combustion de combustibles fossiles. Les concentrations de ces classes sont plus importantes en jours ouvrés que le week-end, des pics de concentrations sont également observables le matin et le soir. Ces évolutions hebdomadaires et journalières sont typiques des polluants d'origine routière.

En période estivale, en plus de la part provenant du trafic routier, les particules les plus fines peuvent se former dans l'atmosphère (aérosol secondaire) à partir de processus photochimiques. Les roses de pollution nous indiquent des vents fréquents et peu chargés provenant des secteurs Ouest (vents océaniques). Elles nous signalent également des masses d'air chargées en particules, été comme hiver, provenant de l'ensemble des directions, ce qui est cohérent avec l'implantation urbaine de la station et l'influence du trafic routier sur ces particules.

→ Classe 100-200 nm

Cette classe de particules est très bien corrélée avec les PM₁₀, les PM_{2,5} ainsi qu'avec les particules provenant de la combustion de biomasse (PM_{wb}). Les niveaux de ces particules sont nettement plus importants en hiver qu'en été. Pendant la saison froide, les concentrations nocturnes restent élevées, caractéristiques de l'utilisation du chauffage au bois. Pendant les épisodes de fortes concentrations en PM₁₀ (en période hivernale), la part des particules provenant de la combustion du bois (PM_{wb}) augmente et peut représenter 50 à 60 % des PM₁₀. La corrélation entre la classe 100-200 nm et les PM_{wb} augmente, le coefficient de corrélation atteint alors la valeur de 0,96, révélant l'influence très forte du chauffage au bois sur cette catégorie de particules. La classe 100-200 nm est caractéristique des émissions liées au chauffage bois et présente les variations saisonnières les plus importantes. Les roses de pollution illustrent bien le constat précédent. Les vents sont peu chargés en été, les masses d'air de la période froide sont nettement plus concentrées en particules 100-200 nm. Celles-ci proviennent de l'ensemble des directions.

Station de Lacq

La concentration annuelle de particules ultrafines totales est de 5 000 part./cm³, ce qui est représentatif d'un site rural. Alors que les moyennes horaires sont plus faibles que celles mesurées sur le site de Talence, les maxima horaires peuvent atteindre le double (45 000 contre 20 000 part./cm³). Sur le site de Lacq, la saisonnalité des particules est moins marquée. Toutefois, des différences saisonnières s'observent et varient en fonction des particules concernées. La répartition des particules de ce site est aussi bimodale : on retrouve les particules de diamètre inférieur à 50 nm d'un côté, et les particules comprises entre 100 et 200 nm de l'autre.

→ Classes 20-30 nm et 30-50 nm

Les particules les plus fines ne présentent plus de corrélation annuelle significative avec les autres polluants de la station. Contrairement au site de Talence, les profils journaliers de ces particules ne suivent pas uniquement l'évolution journalière et hebdomadaire des oxydes d'azote. La présence de ces particules très

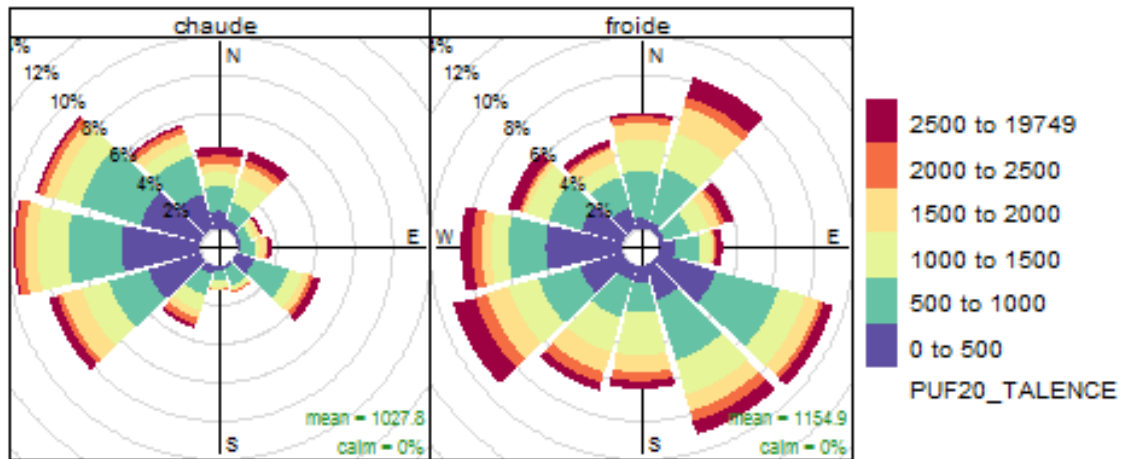
finer s'explique également, par l'activité industrielle, émettrice de particules fines et de SO_2 , ce dernier pouvant être à l'origine de la formation d'aérosols secondaires. Le SO_2 étant un traceur de l'activité industrielle, ce constat se vérifie lors des journées présentant de fortes concentrations. Les corrélations entre ces polluants augmentent significativement et atteignent des valeurs de coefficient correspondant à des liens forts. Les masses d'air les plus chargées en particules très fines proviennent du secteur Sud-Ouest, pointant directement la zone industrielle.

→ [Classe 100-200 nm](#)

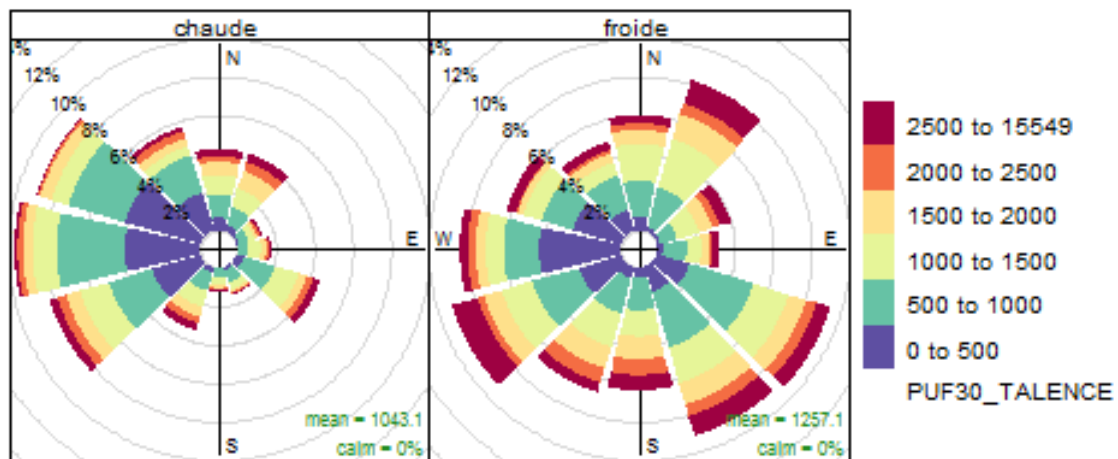
Tout comme le site de Talence, la classe 100-200 nm présentent une fois encore de fortes corrélations avec les PM_{10} . Les niveaux de ces particules sont nettement plus importants en hiver qu'en été. Cette saison étant propice aux émissions primaires liées au chauffage, la contribution du chauffage au bois est significative à cette période sur les niveaux de particules. Les vents proviennent principalement des secteurs Ouest (vents dominants), les masses d'air sont moins chargées en été qu'en hiver. Les particules de taille 100-200 nm proviennent de l'ensemble des directions et ne pointent pas spécifiquement la zone industrielle

Annexes

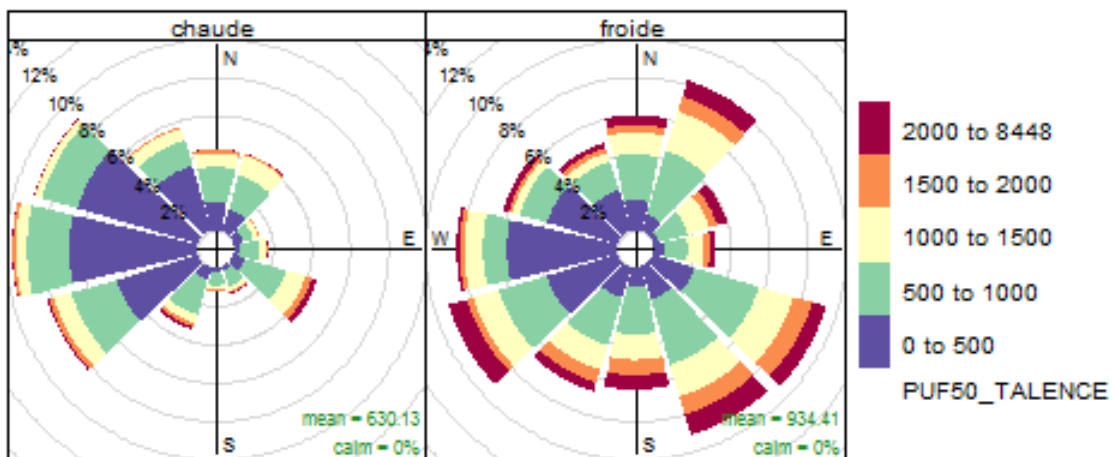
Annexe 1 : Talence 2017 - Roses de pollution



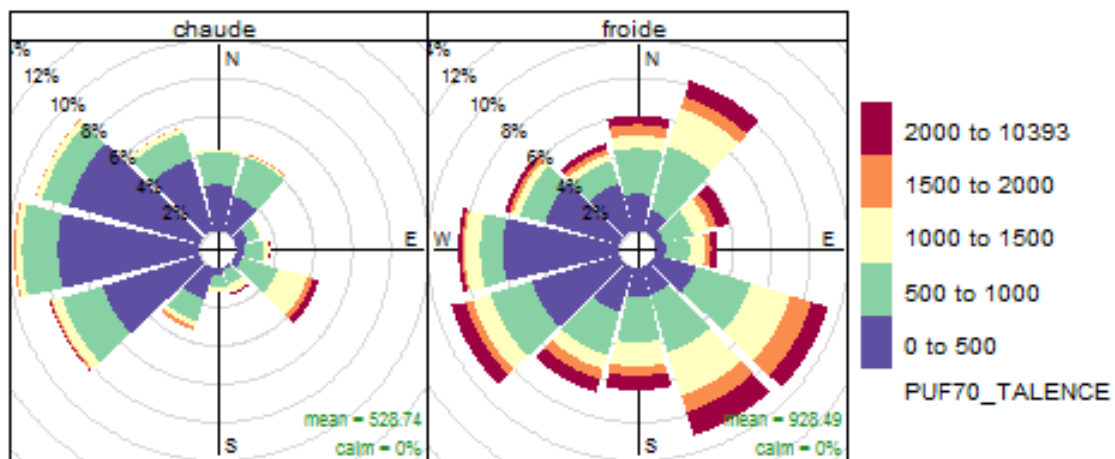
Frequency of counts by wind direction (%)



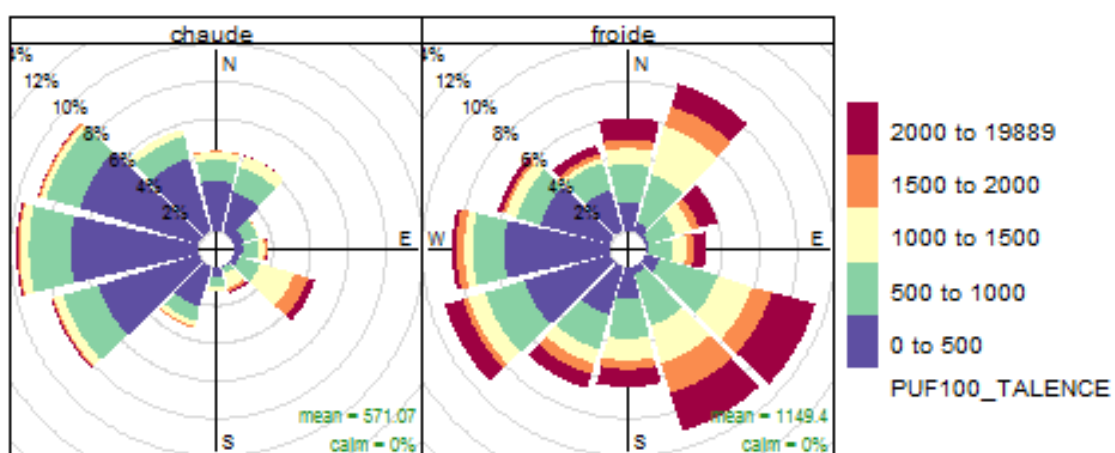
Frequency of counts by wind direction (%)



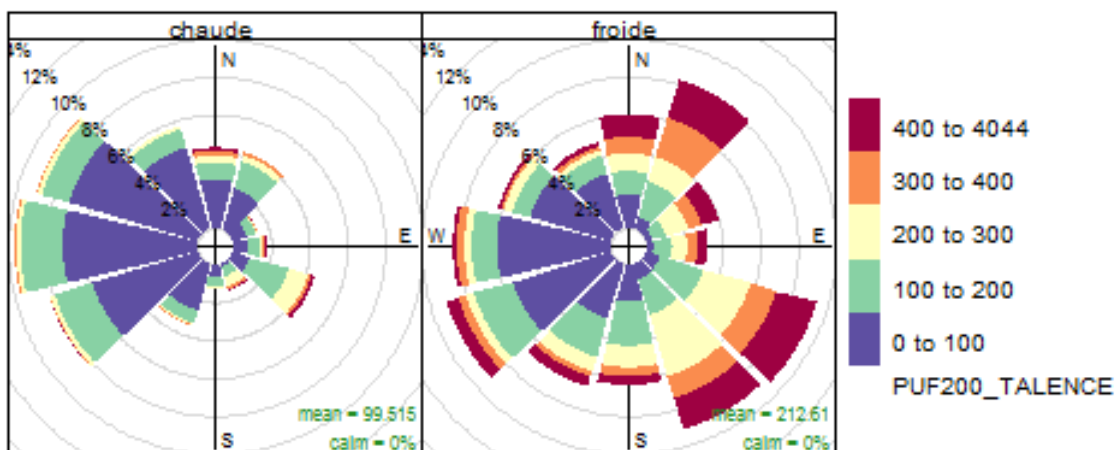
Frequency of counts by wind direction (%)



Frequency of counts by wind direction (%)



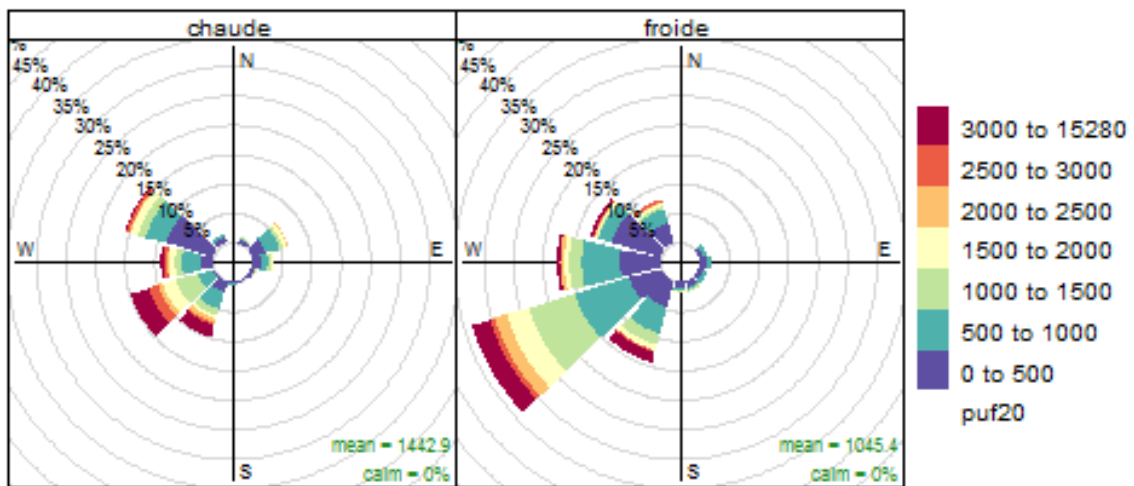
Frequency of counts by wind direction (%)



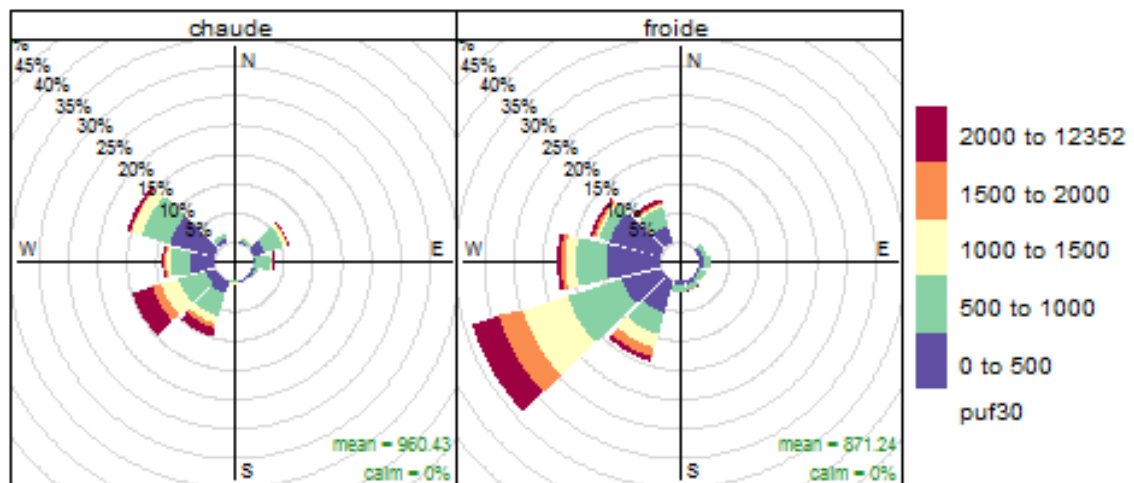
Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 42 : Talence 2017 - Roses de pollution

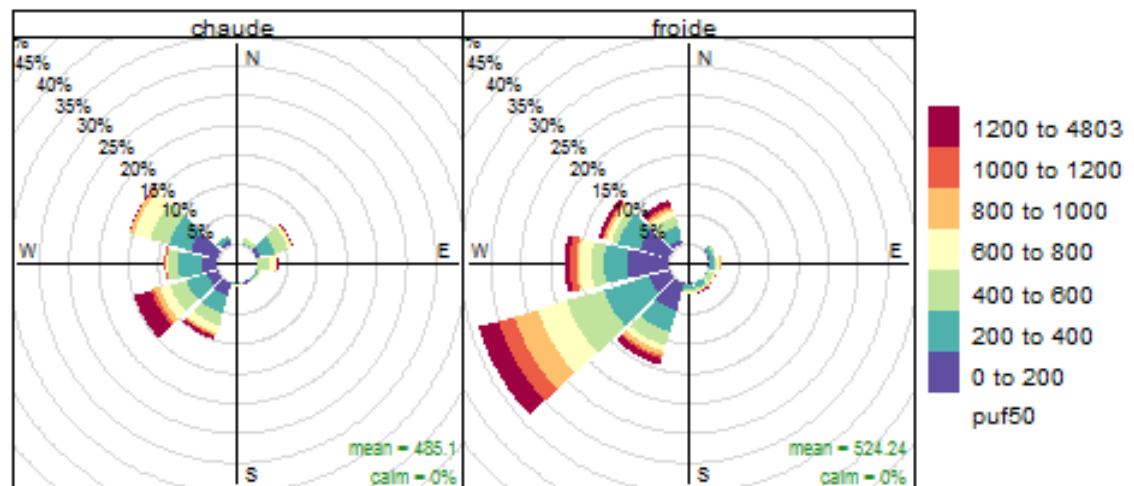
Annexe 2 : Lacq 2017 - Roses de pollution



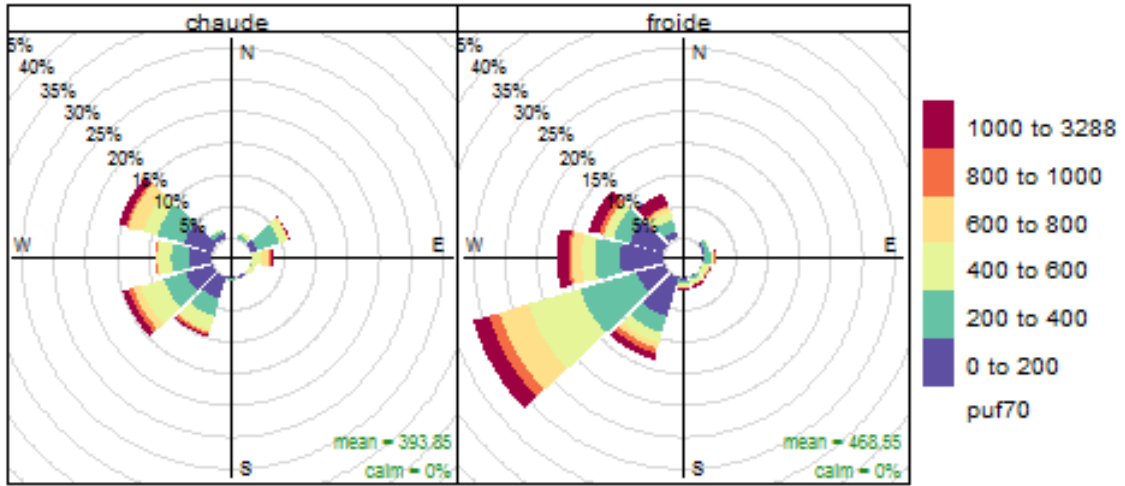
Frequency of counts by wind direction (%)



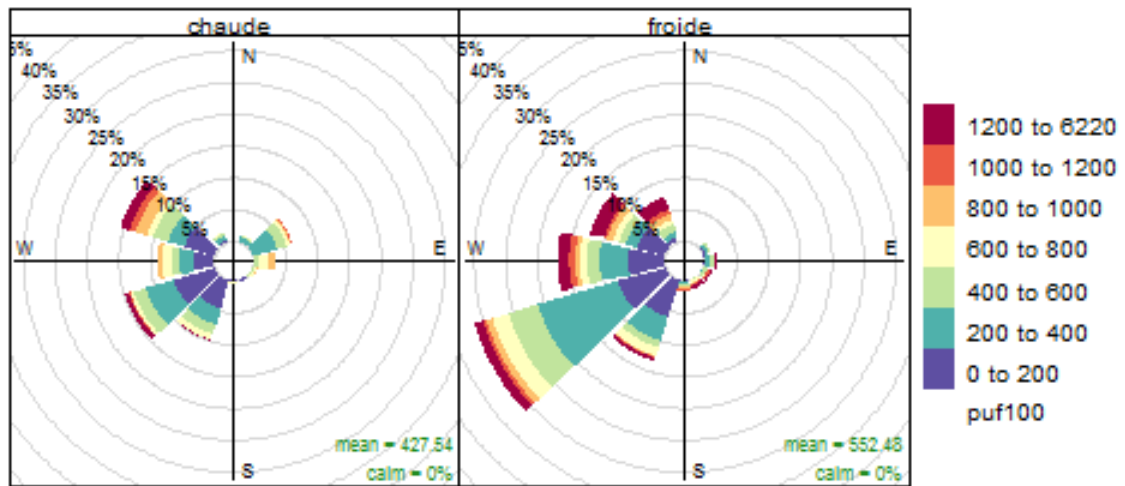
Frequency of counts by wind direction (%)



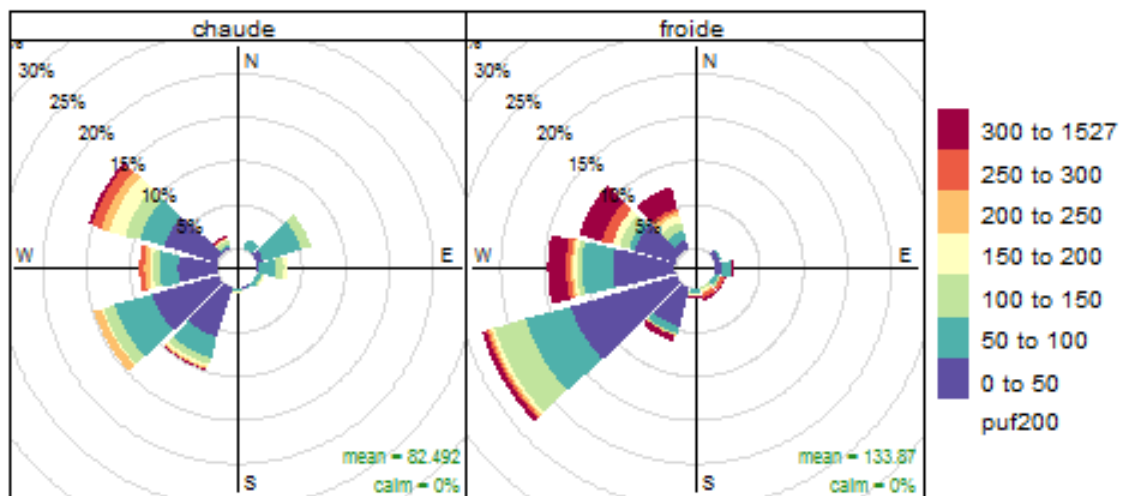
Frequency of counts by wind direction (%)



Frequency of counts by wind direction (%)



Frequency of counts by wind direction (%)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 43 : Lacq 2017 - Roses de pollution



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Contacts

contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Pôle Bordeaux (siège Social) - ZA Chemin Long
13 allée James Watt - 33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)
ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel
17 184 Périgny Cedex

Pôle Limoges
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz
87 068 Limoges Cedex

