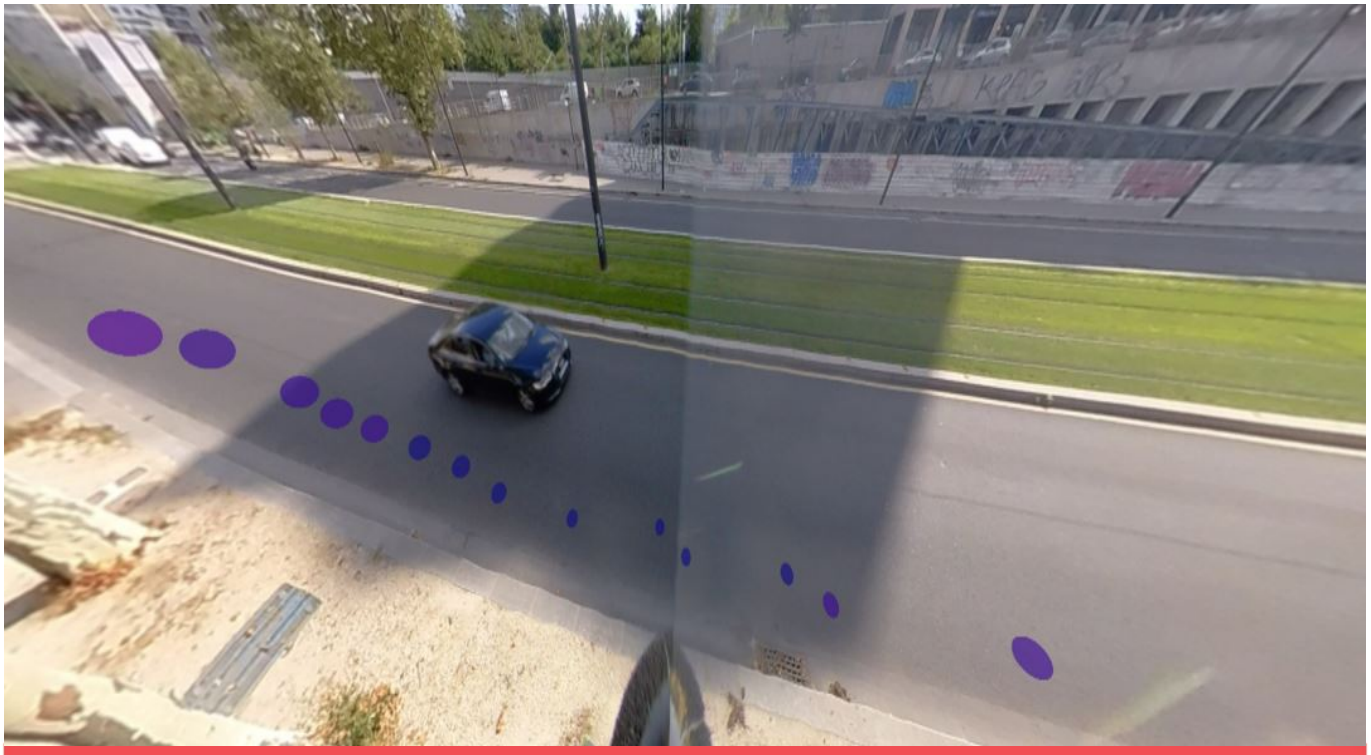

# DOCUMENTATION DU BRUIT DES SIRÈNES DES VÉHICULES PRIORITAIRES

**BOULEVARD BERTHIER**
**75017 PARIS**

## RÉSULTATS DES MESURES

*DATE DE PUBLICATION : DÉCEMBRE 2021*

BRUITPARIF

# INTRODUCTION

Bruitparif a été sollicité par la Mairie du 17ème arrondissement de Paris pour documenter le bruit généré par les sirènes des véhicules prioritaires (administration pénitentiaire, police, gendarmerie, sapeurs-pompiers, ambulances, SAMU, SMUR...) le long du boulevard Berthier entre les portes de Clichy et d'Asnières. La proximité du Tribunal Judiciaire de Paris, combiné à un trafic routier important sur cet axe structurant, engendre un recours fréquent à l'utilisation de leurs sirènes par les véhicules prioritaires, ce qui est à l'origine de nombreuses plaintes de riverains.

Selon l'étude Crédoc/Bruitparif[1] publiée en 2017, le bruit des sirènes représente en effet une problématique importante puisque 6% des Franciliens, et même 12% des parisiens, considèrent les avertisseurs sonores (klaxons, sirènes, alarmes) comme la première source des nuisances sonores qu'ils subissent lorsqu'ils sont chez eux. Ils sont même 18% en Île-de-France et 29% à Paris, à déclarer que les avertisseurs sonores sont les bruits liés aux transports qui les gênent le plus.

C'est dans ce contexte et dans le cadre de sa convention de partenariat avec la Ville de Paris que Bruitparif a réalisé une mesure de bruit pendant un mois sur le boulevard Berthier afin d'objectiver la problématique des sirènes sur le plan sonore. Ce document présente une synthèse des principaux résultats obtenus.

# DISPOSITIF DE MESURE

## Période de mesure

La campagne de mesure du bruit a été réalisée du vendredi 17 septembre 2021 11h45 au vendredi 22 octobre 2021 11h00, soit sur une période de 35 jours environ.

## Localisation des sites de mesure

La mesure a été réalisée au droit du 32 boulevard Berthier dans le 17ème arrondissement de Paris. Le matériel de mesure a été fixé sur un candélabre d'éclairage public à environ 4 mètres de hauteur (cf. figure 1 à 3).

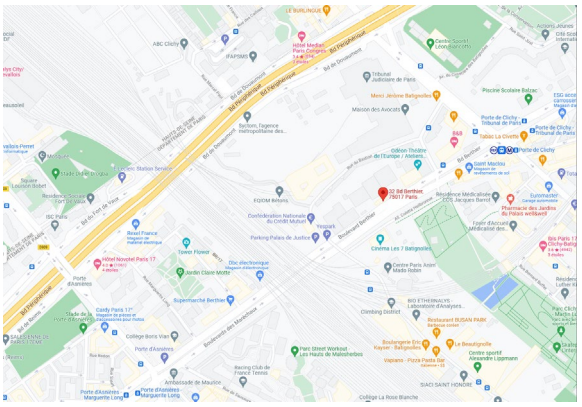

*Figure 1 : Situation géographique du site de mesure ; 32 boulevard Berthier 75017 Paris.*

*Figure 2 : Vue du boulevard Berthier 75017 Paris.*

*Figure 3 : Implantation des matériels au niveau du 32 boulevard Berthier à Paris.*

[1] *Qualité de vie et nuisances sonores : opinion et comportements des Franciliens, Étude Crédoc pour Bruitparif, juin 2017.*

### Matériels utilisés

Les mesures ont été réalisées au moyen de deux matériels de technologie différente :

- Un sonomètre de classe 1 de modèle NL52 de marque RION, qui mesure toutes les secondes le niveau sonore global (LAeq1s) ainsi que les niveaux associés dans 33 bandes de fréquences tiers d'octave (12,5 Hz à 20 kHz).
- Un capteur de type « Méduse », conçu par Bruitparif, qui mesure toutes les 100 ms le niveau sonore global ainsi que la direction de provenance de la source de bruit dominante (cf. figure 4).

*Figure 4 : en haut : capteur Méduse ; en bas : trajectoire acoustique associée au passage d'un véhicule bruyant.*

Les deux matériels de mesure fonctionnent sur batterie et sont donc autonomes en énergie.

Combinés ensemble, ils ont permis de collecter les niveaux sonores, les contenus fréquentiels (grave, médium, aigu) ainsi que les angles de provenance du bruit à chaque instant.

## CONDITIONS DE MESURE

Les conditions durant la période de mesure ont été jugées représentatives.

Il n'a été procédé à aucune invalidation de données mesurées pour des raisons météorologiques. En effet, aucune période n'a été perturbée par un vent trop fort et les conditions de mesure ont été plutôt sèches (taux de période non pluvieuse de 88%). La température moyenne a été de 14,4°C[2].

D'après les données de trafic routier disponibles au sein de la plateforme Open Data de la Ville de Paris (https://parisdata.opendatasoft.com), la période d'instrumentation a présenté un trafic assez proche de la moyenne de l'année 2021[3] bien que légèrement supérieur (+6,4%) (cf. tableau 1), ce qui peut s'expliquer par un trafic annuel en 2021 un peu sous-estimé par rapport au trafic habituel du fait des périodes de confinement et de couvre-feu intervenues au cours du premier semestre. Il a donc été considéré que le trafic routier constaté sur la période d'instrumentation était représentatif d'une situation habituelle.

| Trafic routier | TMJ Période de mesure | TMJA 2021 | Variation TMJA 2021 |
|---|---|---|---|
| Sens 1[4] | 8 130 | 7 640 | +6,4% |

*Tableau 1 : Nombre moyen de véhicules par jour.*

On notera que le trafic routier sur cet axe dépasse les 3 millions de véhicules par an, seuil retenu par la directive européenne 2002/49/CE[5] pour la qualification en grande infrastructure routière. Il s'agit d'un axe pour lequel des dépassements des valeurs limites réglementaires de bruit routier est observé d'après les cartes stratégiques de bruit produites en 2017 dans la cadre de la 3ème échéance de la directive européenne 2002/49/CE (voir https://carto.bruitparif.fr/), tant pour l'indicateur Lden (indicateur global pondéré sur 24h) que l'indicateur Ln (niveau sonore sur la période nuit).

[2] *Données de la station Météo France Paris-Montsouris.*
[3] *TMJA 2021 estimé sur la période du 1er janvier au 7 décembre 2021.*
[4] *Seules les données dans le sens 1 allant de Porte de Clichy vers la Porte d'Asnières correspondant à l'arc d'identifiant 1866, sont disponibles sur la période de mesure dans la plateforme Open Data*
[5] *Directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.*

# RÉGLEMENTATION

Les niveaux sonores et les caractéristiques fréquentielles des sirènes des véhicules prioritaires sont réglementés (cf. tableau 2). La réglementation française[6] impose un niveau sonore à 2 mètres ainsi que des exigences sur les tonalités d'émission (fréquences fondamentales et harmoniques associées) :

- *« Le timbre de chaque note sera tel que le son émis comporte au moins 2 harmoniques dans la bande de 1 000 à 4 000 Hz de niveau supérieur à celui du fondamental. »*
- *« Le niveau de pression sonore de chaque son mesuré à la distance de 2 mètres sera situé entre 90 dB (A) et 110 dB (A) ».*

| Descriptif / Tonalité | | Police | Pompiers | SAMU | Ambulance |
|---|---|---|---|---|---|
| 1er ton | | 435 Hz | 735 Hz | 435 Hz | 420 Hz |
| 2ème ton | | 580 Hz | 488 Hz | 651 Hz | 516 Hz |
| 3ème ton | | | | | 420 Hz |
| 4ème ton | | | | | silence 1,5s |
| Nb. cycles/min | | 50 à 60 | 20 à 30 | 50 à 60 | 50 à 60 |
| Niveau sonore | Jour | 110 dB(A) | | 110 dB(A) | |
| | Nuit | | | 70 à 90 dB(A) | |

*Tableau 2 : Synthèse des tonalités françaises.*

À titre illustratif, la figure 5 présente le contenu fréquentiel du signal sonore associé à la sirène des véhicules de police. Le 1er ton correspond à la fréquence $F_0$ (435 Hz), le 2nd ton à la fréquence $H_0$ (580 Hz). Les fréquences multiples de $F_0$, appelées harmoniques sont notées $F_n$ = (n+1) x $F_0$ ($F_1$, $F_2$, $F_3$, $F_n$) Il en est de même pour le second ton : $H_1$, $H_2$…$H_n$.

L'énergie sonore la plus importante se situe dans la bande de fréquences comprises entre 1000 Hz à 4000 Hz, bande de fréquence qui présente la particularité d'être extrêmement sensible pour l'oreille humaine et de se différencier fortement des fréquences associées au bruit du trafic routier (contact pneumatique / chaussée et moteur).

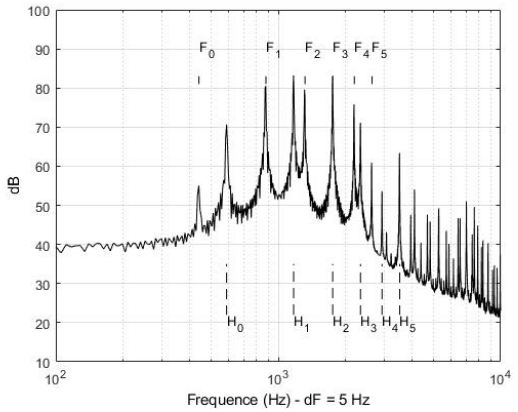


*Figure 5 : Spectre de la sirène des véhicules de police.*

La figure 6 propose une représentation temps / fréquence du signal sonore. Le temps correspond à l'axe des abscisses, la fréquence à l'axe des ordonnées. L'intensité sonore est matérialisée par une échelle de couleur. L'alternance des 2 tons est visible ainsi que la forte contribution énergétique entre 1000 Hz et 4000 Hz.

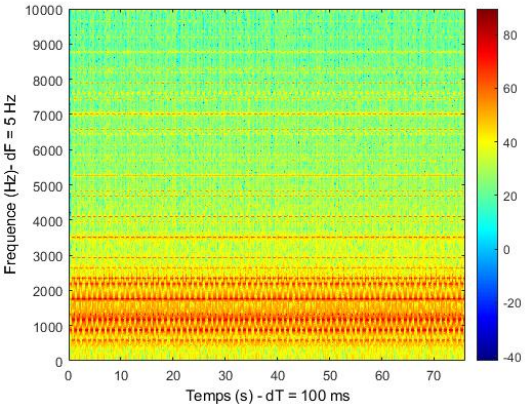


*Figure 6 : Spectrogramme de la sirène des véhicules de police.*

La figure 7 présente le même type de représentation graphique mais sur des bandes de fréquences tiers d'octave. Ces bandes de fréquences regroupent plusieurs fréquences autour d'une fréquence centrale. Par exemple, la fréquence centrale tiers d'octave 1250 Hz regroupe les fréquences entre 1114 Hz et 1403 Hz. Couramment utilisé en acoustique, ce découpage en fréquences, permet de réduire considérablement le volume de données tout en conservant une bonne qualité de caractérisation du contenu fréquentiel.

[6] *Arrêtés des 30 octobre, 2 et 3 novembre 1987.*

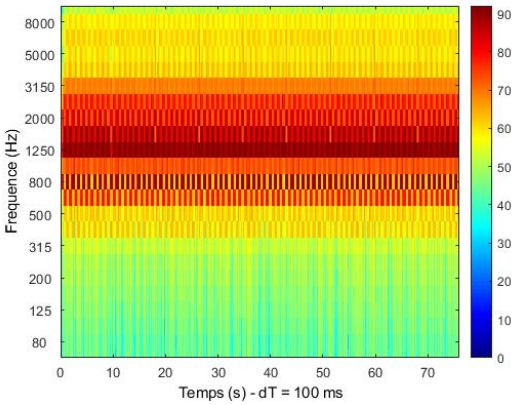


*Figure 7 : Spectrogramme par bandes de fréquences tiers d'octave de la sirène des véhicules de police.*

On remarque que la bande de fréquences tiers d'octave centrée sur 1250 Hz concentre le maximum d'énergie acoustique.

# MÉTHODE D'ANALYSE

## Détection des événements sonores de type « sirène »

La stratégie de détection des événements sonores de type « sirène » a reposé sur l'exploitation des niveaux sonores enregistrés toutes les secondes par bandes de fréquences tiers d'octave. Le critère retenu pour classifier les événements sonores comme de type « sirène » a été de sélectionner les pics dont le niveau sur la bande de fréquences tiers d'octave centrée sur 1250 Hz dépassait 84 dB.

## Validation des données

Au moyen des représentations temps / fréquences[7], une validation visuelle de l'ensemble des pics de bruit identifiés par cette méthode a été réalisée par un technicien sur l'intégralité des données enregistrées. La figure 8 illustre ce travail de validation. L'événement sonore de type « sirène » est encadré. Ce travail est effectué par périodes de 15 minutes sur l'ensemble des données enregistrées.

En complément, les angles de provenance des événements sonores ainsi détectés ont été visualisés au moyen des outils associés au capteur méduse (cf. figures 9 à 11).

La figure 9 présente la trajectoire acoustique associée au passage d'un véhicule d'urgence, sirène en fonctionnement, dans le sens Porte de Clichy vers Porte d'Asnières ayant généré un pic de bruit à 103 dB(A). La figure 10 présente un passage dans le sens opposé dans les mêmes conditions avec un pic à 87 dB(A).

Le passage dans le sens Porte de Clichy vers Porte d'Asnières se fait entre 5 et 8 mètres de la station de mesure du bruit. Dans le sens opposé, le passage se fait entre environ 18 et 22 mètres. La différence de distance explique la différence importante de niveau sonore mesuré par le capteur (16 dB(A)) entre les deux événements sonores.

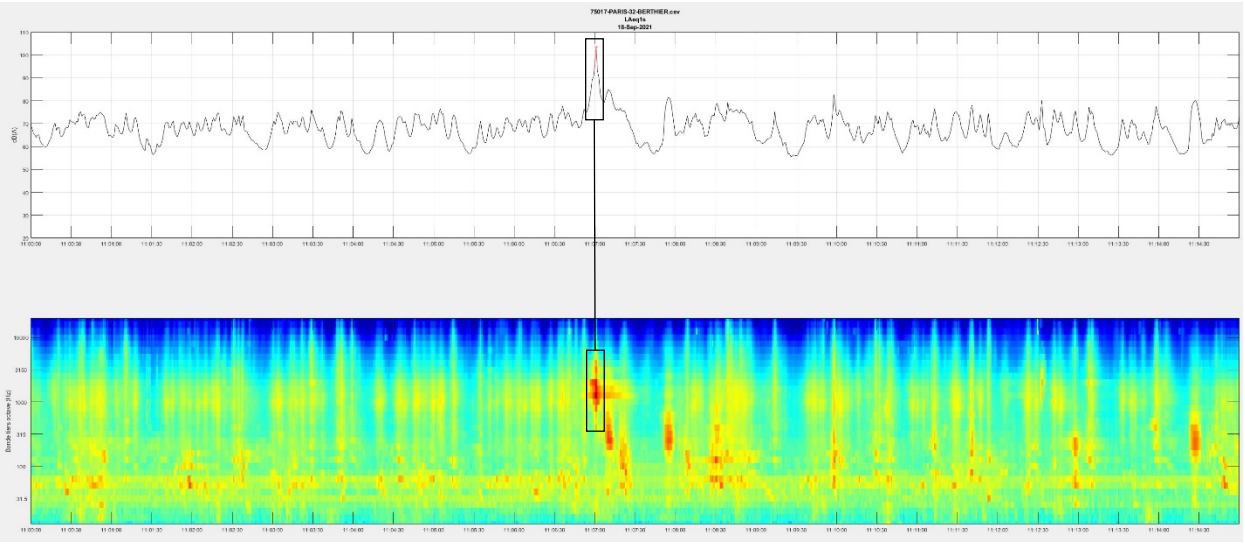

*Figure 8 : Niveau sonore global LAeq1s (en haut) et bandes de fréquences tiers d'octaves associées (en bas) ; période du 18 septembre 2021 de 11h à 11h15.*

[7] *Bandes de fréquences tiers d'octave.*

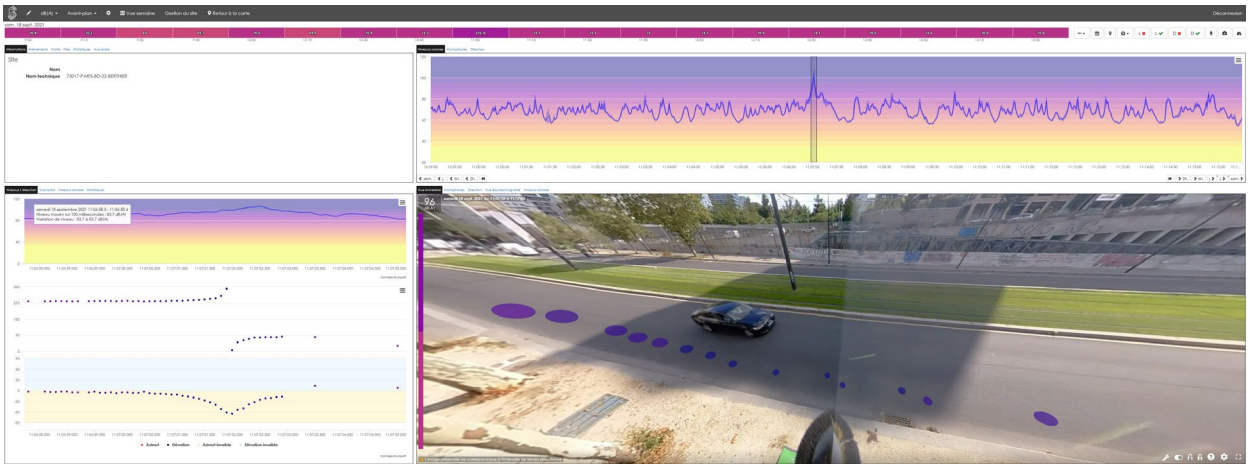

*Figure 9 : Trajectoire acoustique associée à l'événement de type « sirène » ; 32 bd Berthier 75017 Paris ; 18 septembre 2021 11:07:07 ; LAmax = 103,3 dB(A).*

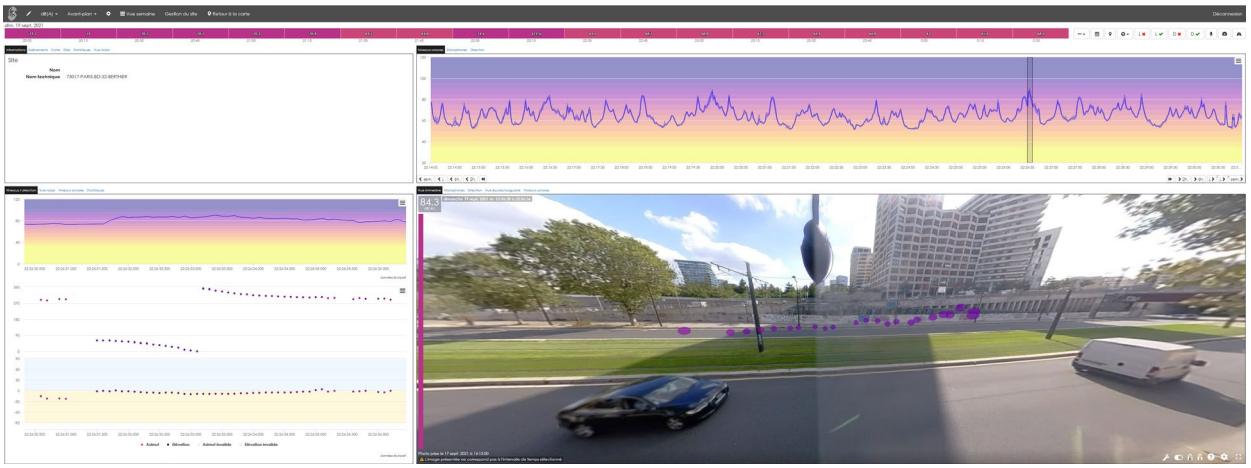

*Figure 10 : Trajectoire acoustique associée à l'événement de type « sirène » ; 32 bd Berthier 75017 Paris ; 19 septembre 2021 22:26:35 ; LAmax = 86,9 dB(A).*

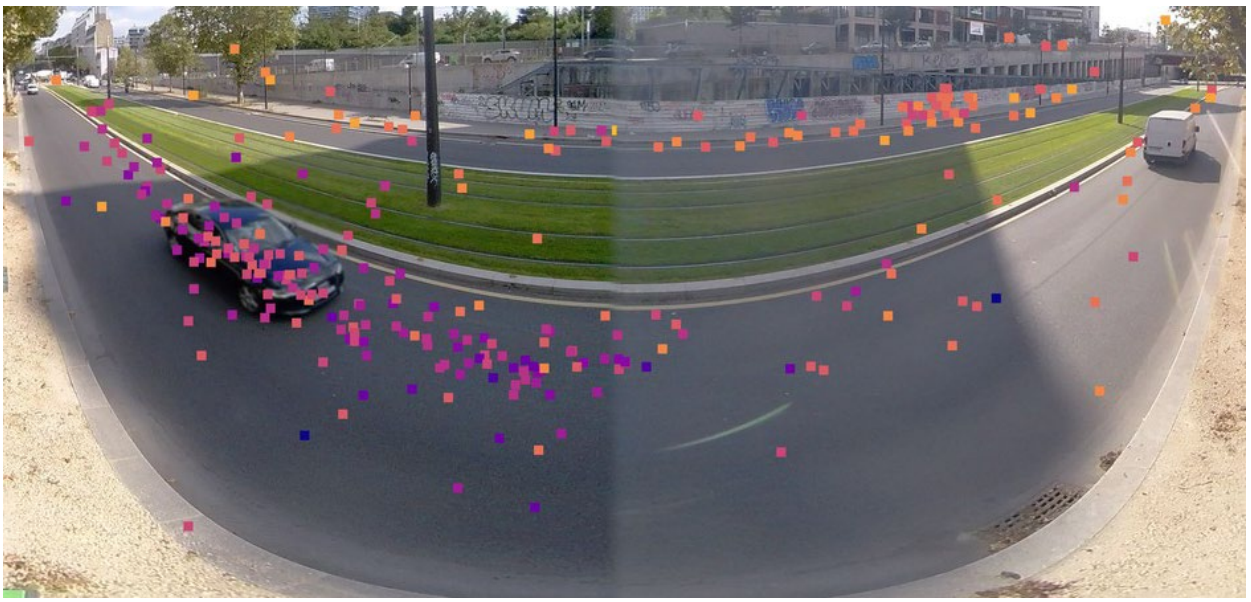

*Figure 11 : Localisation du véhicule au moment où le niveau de bruit maximal (LAmax) a été détecté pour les événements de type « sirène ».*

# RÉSULTATS

Sur l'intégralité des 35 jours de mesure, 413 événements sonores de type « sirène » ont été identifiés. Leur niveau sonore maximal au passage a été caractérisé à travers l'indicateur LAmax (niveau maximal mesuré sur une seconde).

## Distribution des niveaux LAmax

La figure 12 présente la distribution des niveaux LAmax associés aux événements de type « sirène » dans les deux sens de circulation confondus. Le niveau LAmax moyen mesuré au niveau de la station de mesure est de 93,5 dB(A).

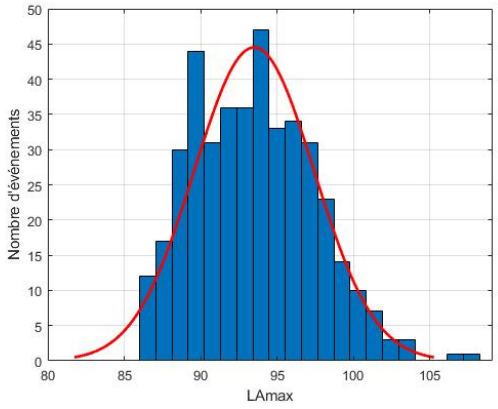


*Figure 12 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes (sens 1 et 2 confondus) tels que mesurés au niveau de la station de mesure.*

### Distinction selon les périodes diurne et nocturne

La plus grande partie des événements de type sirène (89%) ont été détectés en période diurne, 11% ayant été détectés en période nocturne. Ceci s'explique notamment par un trafic routier plus congestionné en période diurne.

Les niveaux LAmax mesurés sont en moyenne légèrement plus faibles la nuit qu'en journée (cf. tableau 3 et figures 13 et 14), ce qui peut laisser penser que les véhicules prioritaires qui disposent d'un mode nuit pour leur sirène (cas des ambulances et SAMU) en font probablement bon usage la nuit. Il conviendrait toutefois de réaliser une analyse plus approfondie sur la période nocturne pour pouvoir confirmer cela.

| Période | LAmax mesuré | % événements |
|---|---|---|
| 6h-22h | 93,6 | 366 |
| 22h-6h | 92,2 | 47 |

*Tableau 3 : LAmax moyen mesuré pour les périodes diurne et nocturne (sens 1 et 2).*

### Distinction selon le sens de circulation

Les figures 15 et 16 présentent respectivement les distributions des niveaux LAmax mesurés pour les véhicules circulant dans le sens 1 (voie la plus proche - Porte de Clichy vers Porte d'Asnières) et dans le sens 2 (voie opposée : Porte d'Asnières vers Porte de Clichy). La valeur du LAmax moyen dans le sens 1 est de 94,9 dB(A) ; il est de 92,0 dB(A) dans le sens 2.

Le tableau 4 ainsi que la figure 17 présentent les résultats obtenus si on recale les niveaux sonores à 2 mètres de distance[8] de la source de bruit.

| Sens de circulation | LAmax moyen mesuré | LAmax moyen après recalage à 2 m |
|---|---|---|
| Sens 1 et 2 | 93,5 | 108,2 |

*Tableau 4 : LAmax moyen estimé à 2 mètres.*

Ce recalage a été fait en considérant la position du véhicule au moment où le niveau LAmax a été mesuré par le capteur, cette donnée étant rendue possible pour chaque pic de type « sirène » grâce à l'exploitation des données fournies par le capteur méduse (voir figure 11). La dispersion des points en latéral du capteur, comme observée sur la figure 11, s'explique par le fait que les sirènes ne sont pas toujours actives lorsque les véhicules passent au droit de la station de mesure du bruit, ayant pu être déclenchées après ou coupées avant leur passage devant la station de mesure.

Une fois recalés à 2 mètres de la source, les niveaux sonores estimés apparaissent proches du niveau d'émission sonore théorique des sirènes tel qu'il est réglementé (110 dB(A) en période diurne), les écarts observés étant probablement liés aux erreurs d'estimation des distances ayant permis de procéder au recalage des niveaux sonores ainsi qu'à l'hypothèse simplificatrice de considération des sirènes comme des sources ponctuelles omnidirectionnelles.

[8] *Hypothèse de source ponctuelle : décroissance géométrique de 6 dB par doublement de distance.*

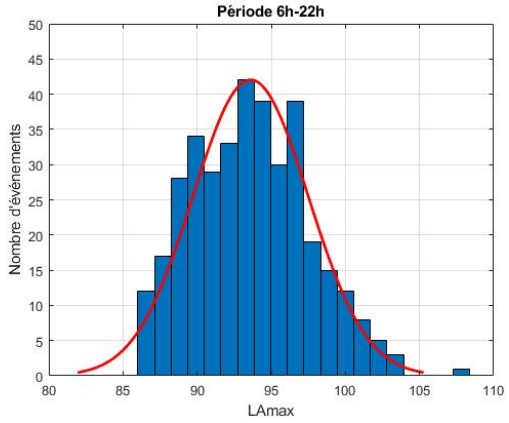


*Figure 13 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes (sens 1 et 2 confondus) tels que mesurés au niveau de la station de mesure, pour la période diurne (6h-22h).*

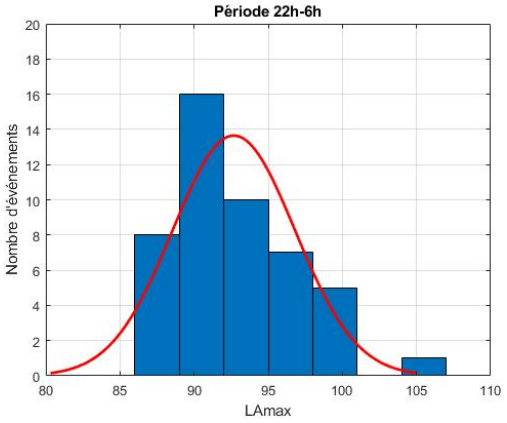


*Figure 14 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes (sens 1 et 2 confondus) tels que mesurés au niveau de la station de mesure, pour la période nocturne (6h-22h).*

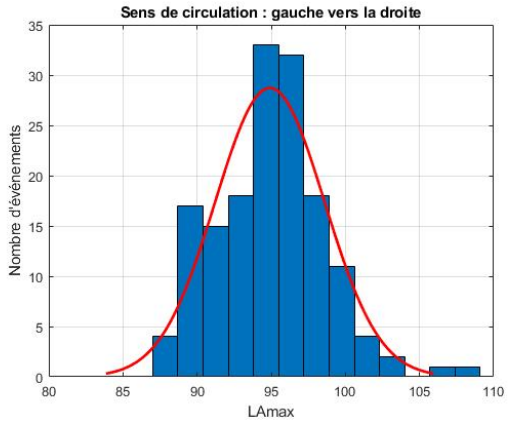


*Figure 15 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes tels que mesurés au niveau de la station de mesure uniquement pour le sens 1.*

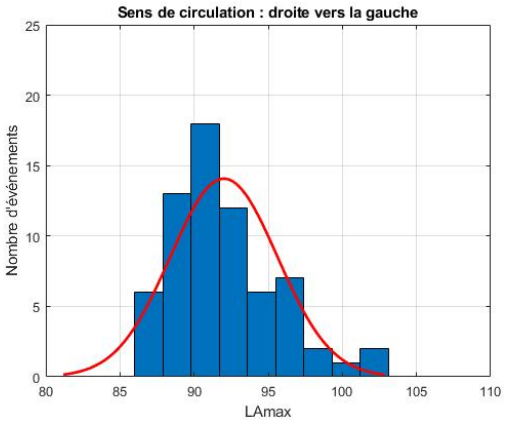


*Figure 16 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes tels que mesurés au niveau de la station de mesure uniquement pour le sens 2.*

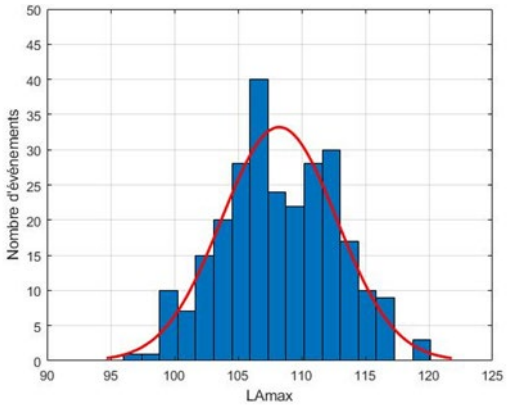


*Figure 17 : Histogramme des LAmax générés par les sirènes (sens 1 et 2 confondus) estimés à 2 m.*

## Indicateurs journaliers

Le tableau 5 présente les résultats du nombre moyen journalier d'événements de type « sirène » observés au cours de la période de mesure, ainsi que leur contribution au bruit ambiant.

| Période | | Nb. moyen d'événements de type « sirène » | LAeq global Toutes sources confondues | LAeq partiel « sirène » | Contribution au niveau sonore global |
|---|---|---|---|---|---|
| Diurne | 06h-22h | 10,5 | 71,4 | 61,0 | 9,0% |
| Nuit | 22h-06h | 1,3 | 66,3 | 54,6 | 6,8% |
| Jour | 06h-18h | 7,9 | 71,4 | 61,1 | 9,4% |
| Soirée | 18h-22h | 2,6 | 71,4 | 60,3 | 7,9% |
| **24h** | | **11,8** | **70,3** | **59,7** | **8,7%** |

*Tableau 5 : Indicateurs moyens journaliers.*

On dénombre une moyenne d'une douzaine d'événements de type « sirène » par jour, dont une dizaine sur la période diurne et un à deux sur la période nocturne. Leur contribution au bruit ambiant global (toutes sources sonores confondues) est de l'ordre de 9% en moyenne.

### Nombre d'événements journaliers

Les figures 18 à 20 présentent respectivement le nombre d'événements sonores de type « sirène » pour les périodes diurne, nocturne et 24 heures, tel qu'observé chaque jour de la période d'instrumentation.

On remarque une diminution significative de l'usage des sirènes le week-end et la nuit. L'usage des sirènes est en effet moindre lorsque le trafic et la congestion diminuent.

Certains jours ouvrables (exemples : jeudi 23 septembre, mercredi 29 septembre, jeudi 14 octobre, jeudi 21 octobre 2021), le nombre de sirènes peut dépasser 20 événements par jour, alors que certains jours de week-end (exemples : dimanche 26 septembre, samedi 2 octobre, dimanche 10 octobre 2021), on ne dénombre que 2 à 3 événements par jour.

### Contribution énergétique journalière

Les figures 21 à 23 présentent respectivement la contribution quotidienne des événements sonores de type « sirène » au niveau de bruit ambiant global (toutes sources confondues), pour les périodes diurne, nocturne et 24 heures.

À l'instar du nombre d'événements, on remarque une diminution significative de la contribution énergétique des sirènes le week-end et la nuit.

En période diurne, la contribution peut dépasser 20% : mardi 21 septembre 2021 (20%) et jeudi 23 septembre 2021 (22%).

Exceptionnellement, la contribution peut atteindre 43% en période nocturne, soit presque autant d'énergie que les autres sources de bruit en présence. C'est le cas du samedi 18 septembre 2021, ou l'on dénombre 2 événements sonores de type « sirène » à 22h50 et 23h46 dont un avec un niveau LAmax de 106,7 dB(A)[9]. Le véhicule d'urgence est passé à environ 4 mètres au droit de la station de mesure du bruit.

## Hebdoscope

Le mode de représentation appelé « 'hebdoscope » permet de visualiser facilement les indicateurs calculés par tranche de 15 minutes sur une semaine complète, à la manière d'un agenda. Cet outil offre une visualisation exhaustive des résultats et facilite leur interprétation.

L'ensemble des hebdoscopes est disponible en annexe de ce document. Ils couvrent l'intégralité de la période de mesure, soit 4 semaines complètes et deux semaines partielles (première et dernière). Ils correspondent aux indicateurs suivants :

- LAeq 15min toutes sources confondues,
- nombre d'événements de type « sirène »,
- LAeq 15min partiel « sirène » correspondant au niveau sonore provenant exclusivement des événements sirènes détectés durant le quart d'heure considéré.

[9] *Deuxième valeur la plus importante répertoriée. Valeur LAmax la plus importante enregistrée le mardi 21 septembre 2021 à 12h30.*

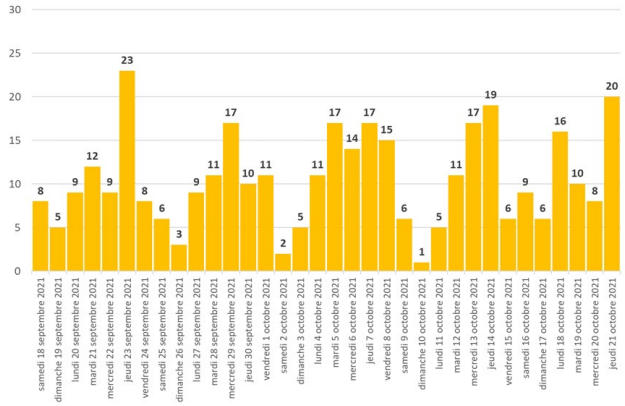

*Figure 18 : Évolution quotidienne du nombre d'événements du type « sirène » ; période 6h-22h.*

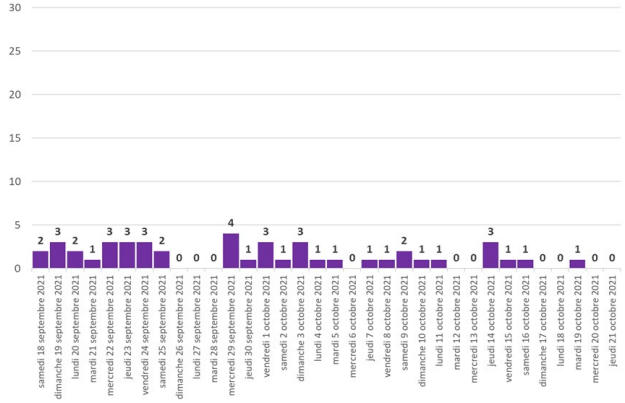

*Figure 19 : Évolution quotidienne du nombre d'événements du type « sirène » ; période 22h-6h.*

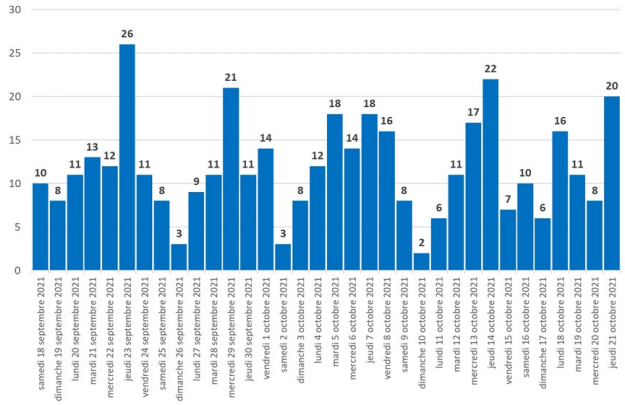

*Figure 20 : Évolution quotidienne du nombre d'événements du type « sirène » ; période 24h.*

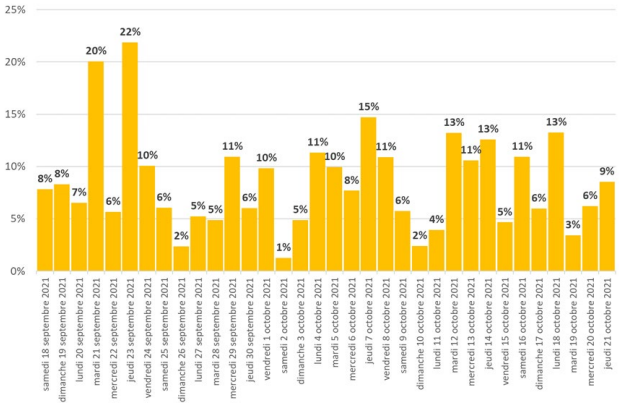

*Figure 21 : Évolution quotidienne de la contribution des événements du type « sirène » ; période 6h-22h.*

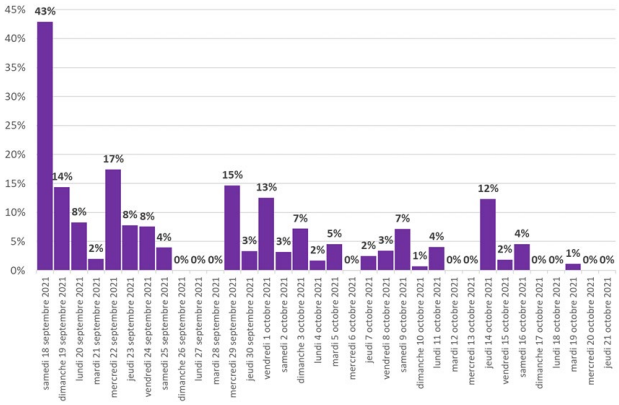

*Figure 22 : Évolution quotidienne de la contribution des événements du type « sirène » ; période 22h-6h.*

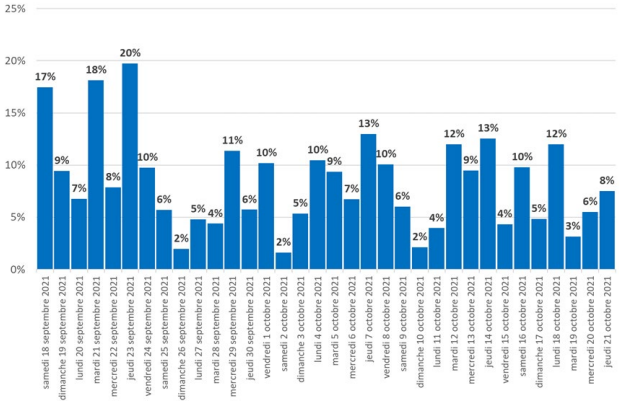

*Figure 23 : Évolution quotidienne de la contribution des événements du type « sirène » ; période 24h.*

# CONCLUSION

Cette documentation du bruit des sirènes des véhicules d'urgence a permis de répondre à une demande spécifique de la Mairie du 17ème arrondissement de Paris.

**En moyenne sur 24 heures, une douzaine d'événements de type « sirène » peut être dénombrée boulevard Berthier à Paris. Les sirènes sont majoritairement utilisées les jours ouvrables, en période diurne. Certains jours, leur nombre quotidien peut dépasser une vingtaine d'événements.**

**Elles contribuent en moyenne à 9% du bruit ambiant global qui a été mesuré sur la période d'instrumentation, cette contribution pouvant atteindre 20% certains jours.**

Les méthodologies d'identification et de caractérisation des pics de bruit de type sirène qui ont été développées dans le cadre de cette étude pourront être déployées à l'avenir sur d'autres sites de mesure de Bruitparif afin de caractériser à plus grande échelle la part liée aux sirènes dans les niveaux de bruit observés en zone urbaine dense.

# ANNEXE A : LAeq 15 min TOUTES SOURCES CONFONDUES

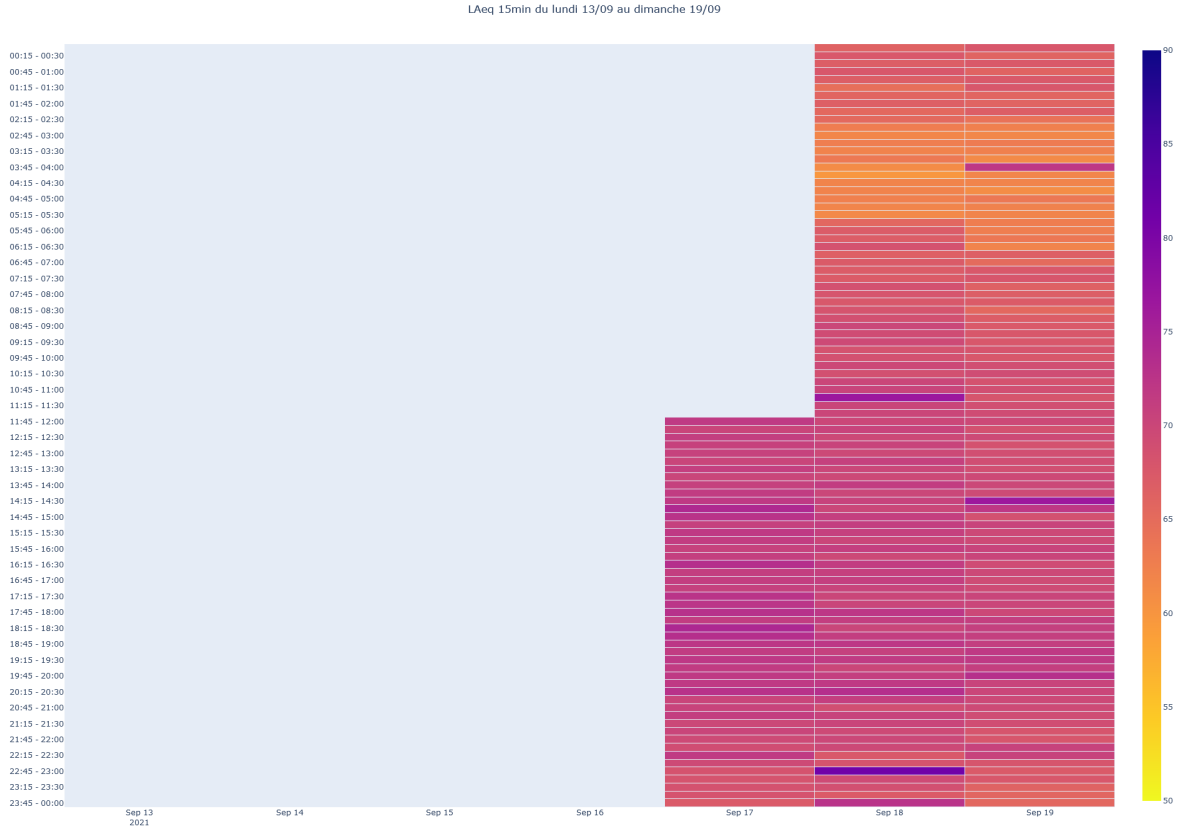


*Figure A1 : Semaine du lundi 13 au dimanche 19 septembre 2021.*

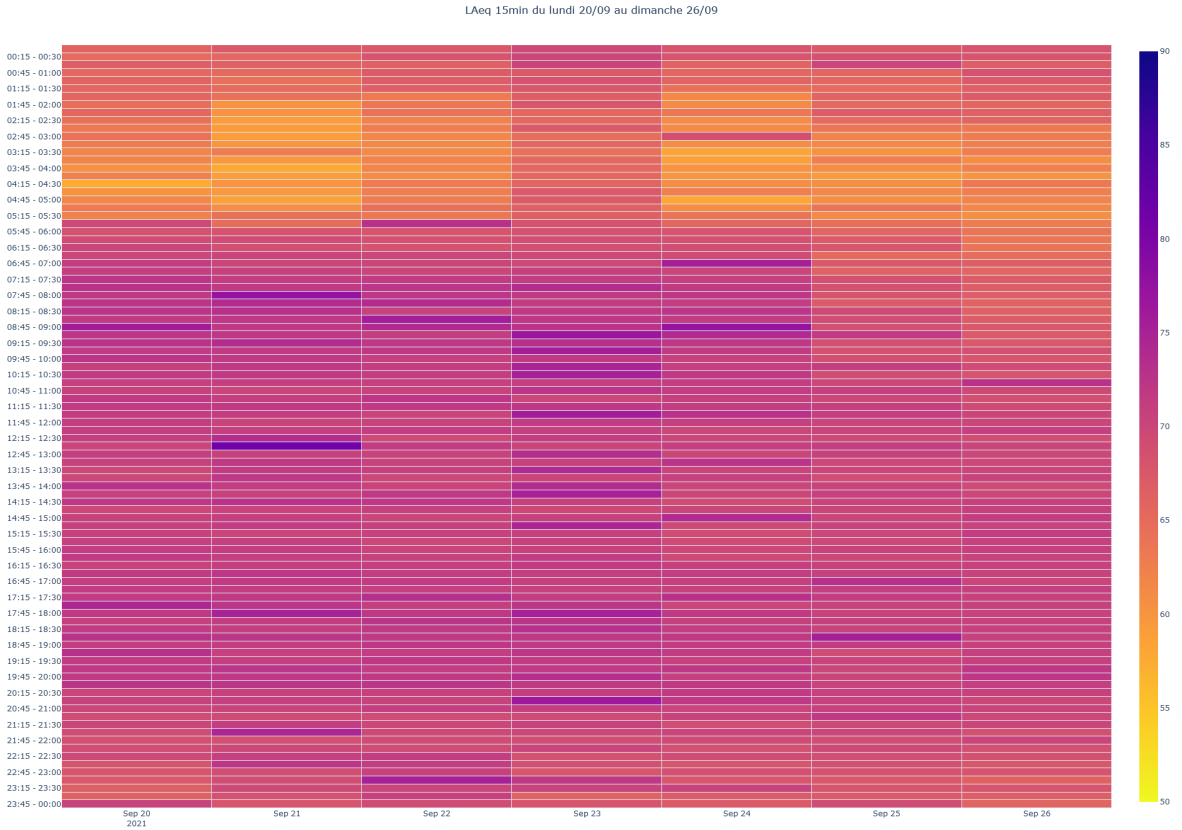


*Figure A2 : Semaine du lundi 20 au dimanche 26 septembre 2021.*

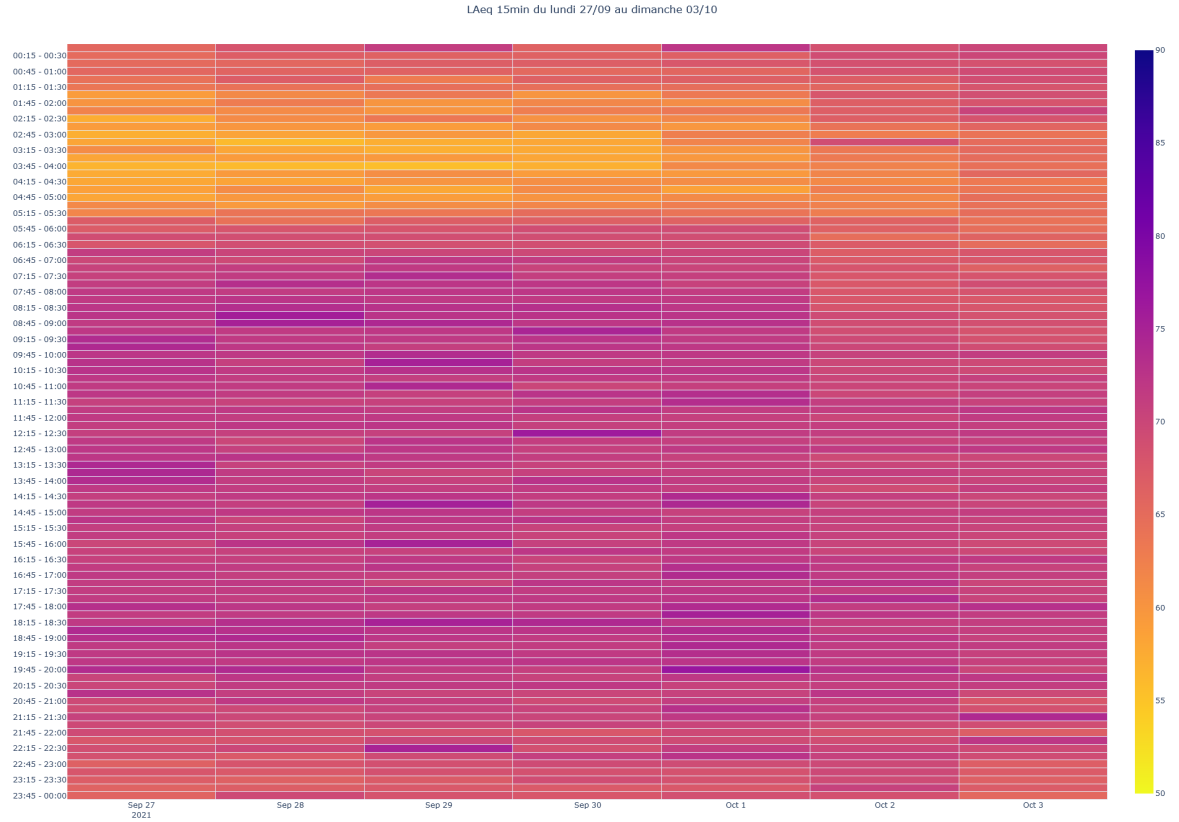


*Figure A3 : Semaine du lundi 27 septembre au dimanche 3 octobre 2021.*

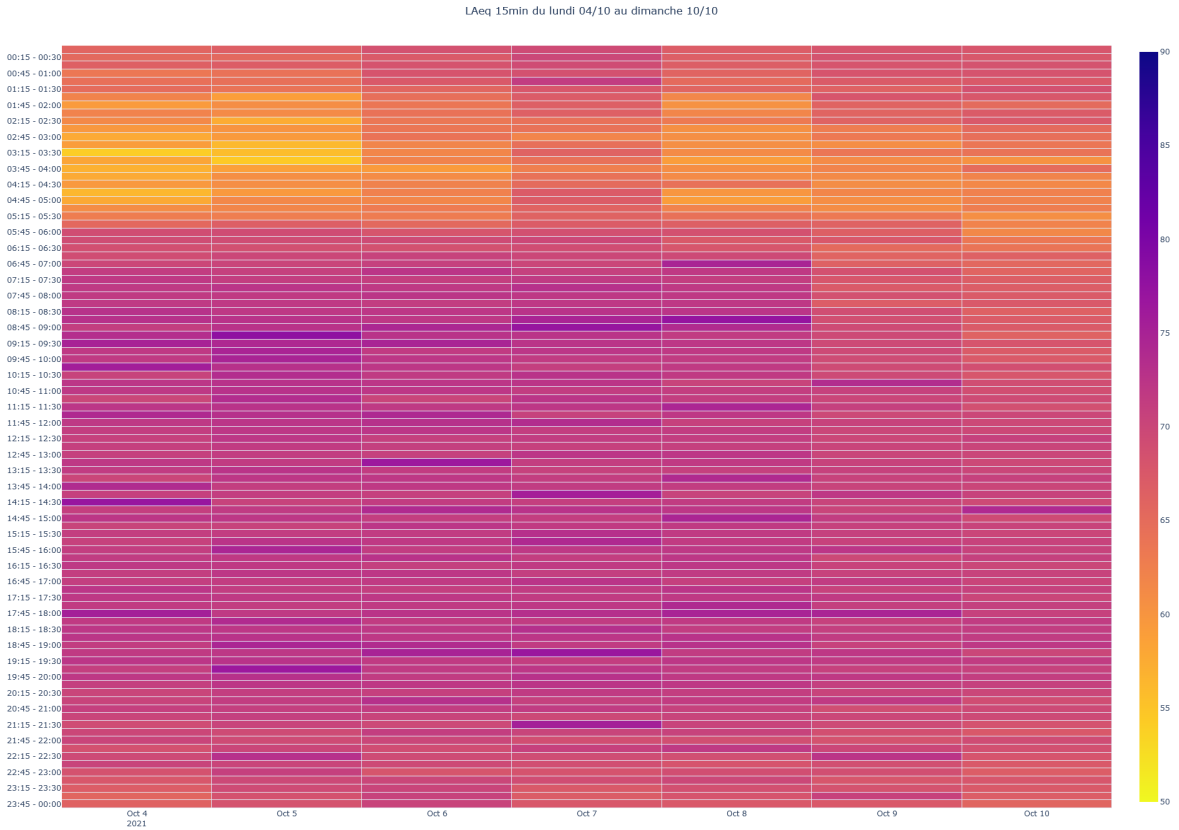


*Figure A4 : Semaine du lundi 4 au dimanche 10 octobre 2021.*

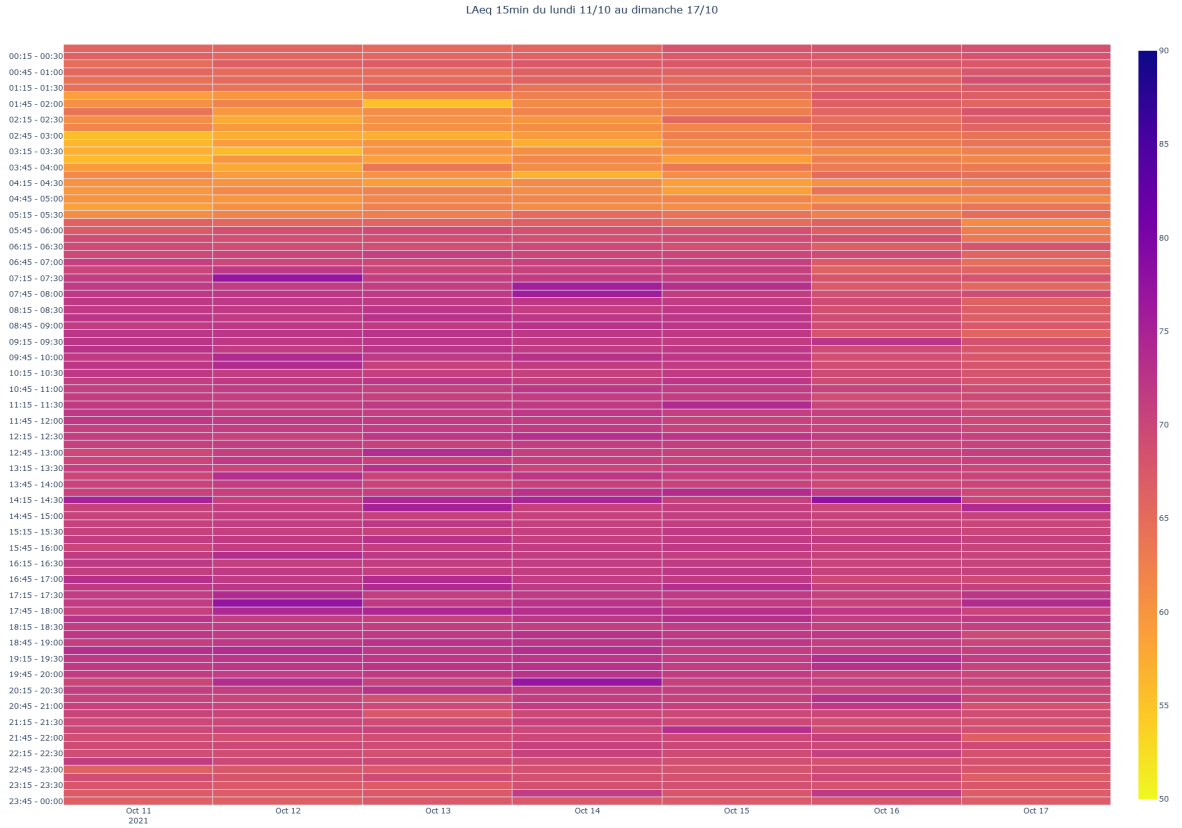


*Figure A5 : Semaine du lundi 11 au dimanche 17 octobre 2021.*

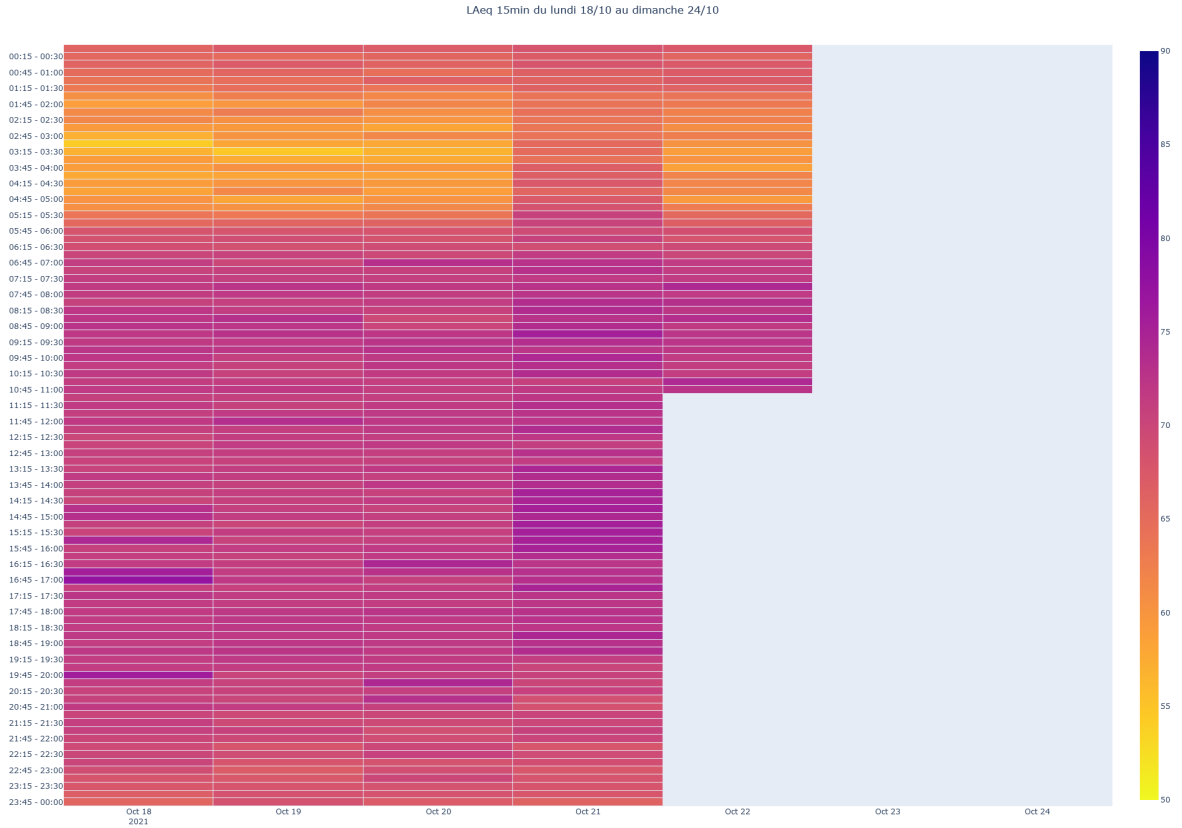


*Figure A6 : Semaine du lundi 18 au dimanche 24 octobre 2021.*

# ANNEXE B : NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS DE TYPE « SIRÈNE »

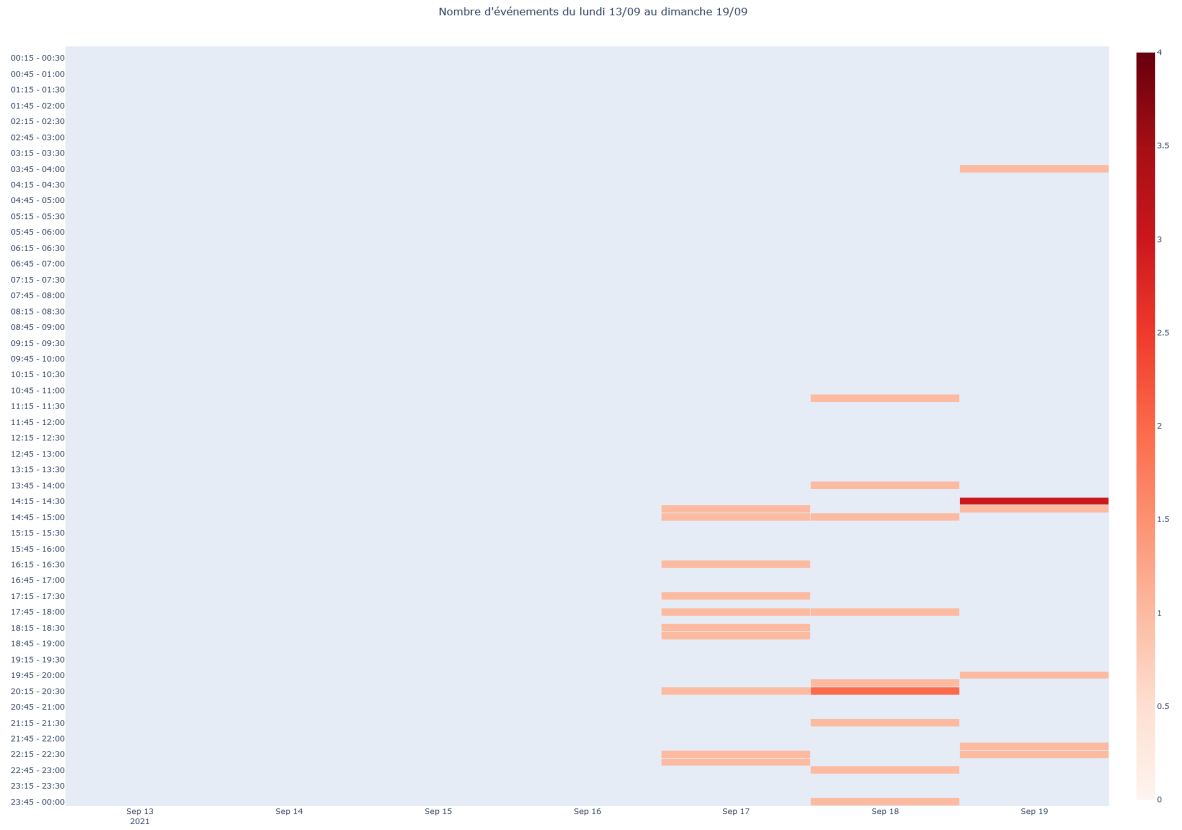


*Figure B1 : Semaine du lundi 13 au dimanche 19 septembre 2021.*

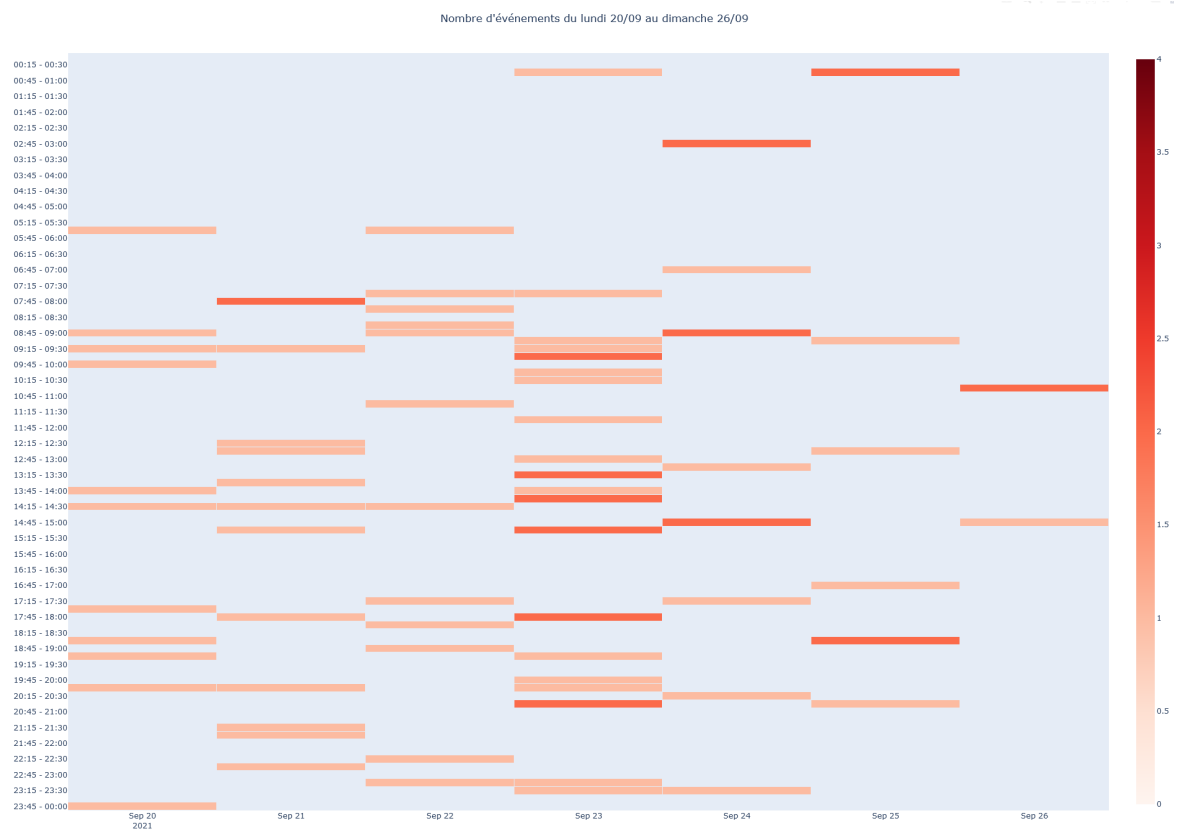


*Figure B2 : Semaine du lundi 20 au dimanche 26 septembre 2021.*

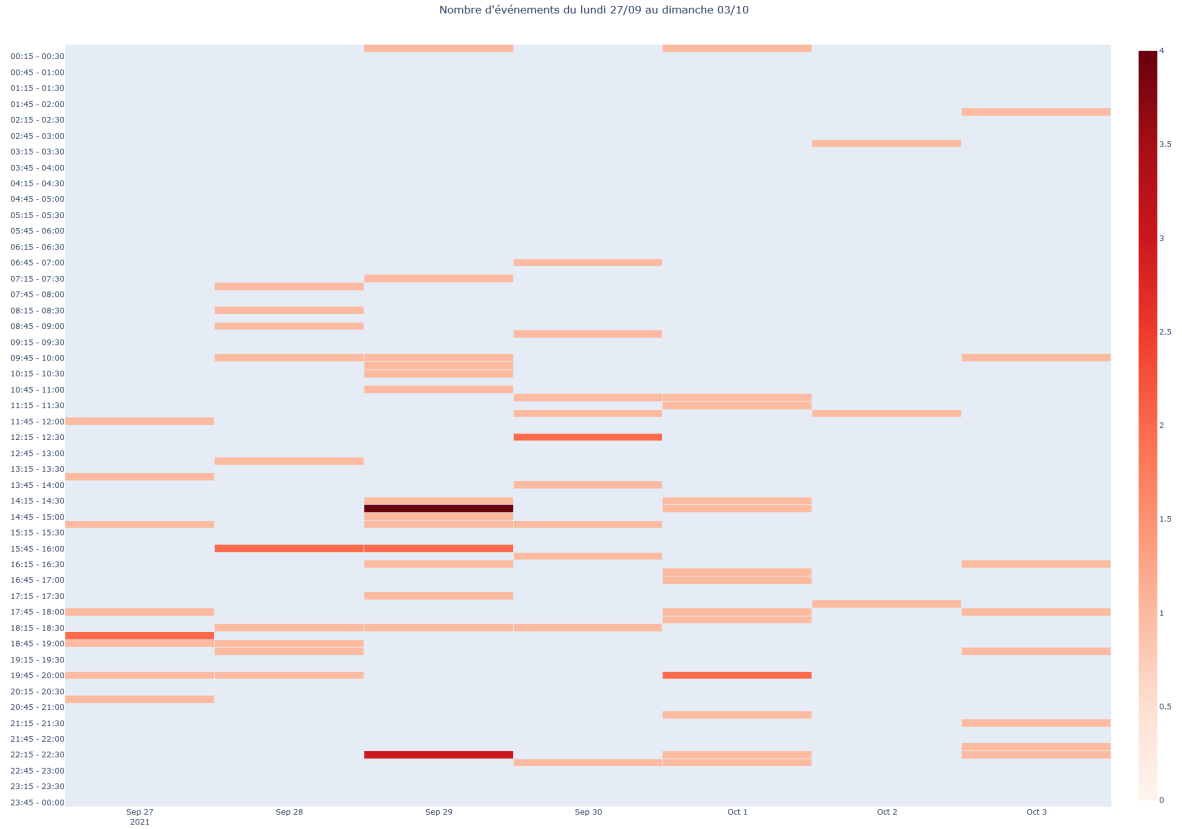


*Figure B3 : Semaine du lundi 27 septembre au dimanche 3 octobre 2021.*

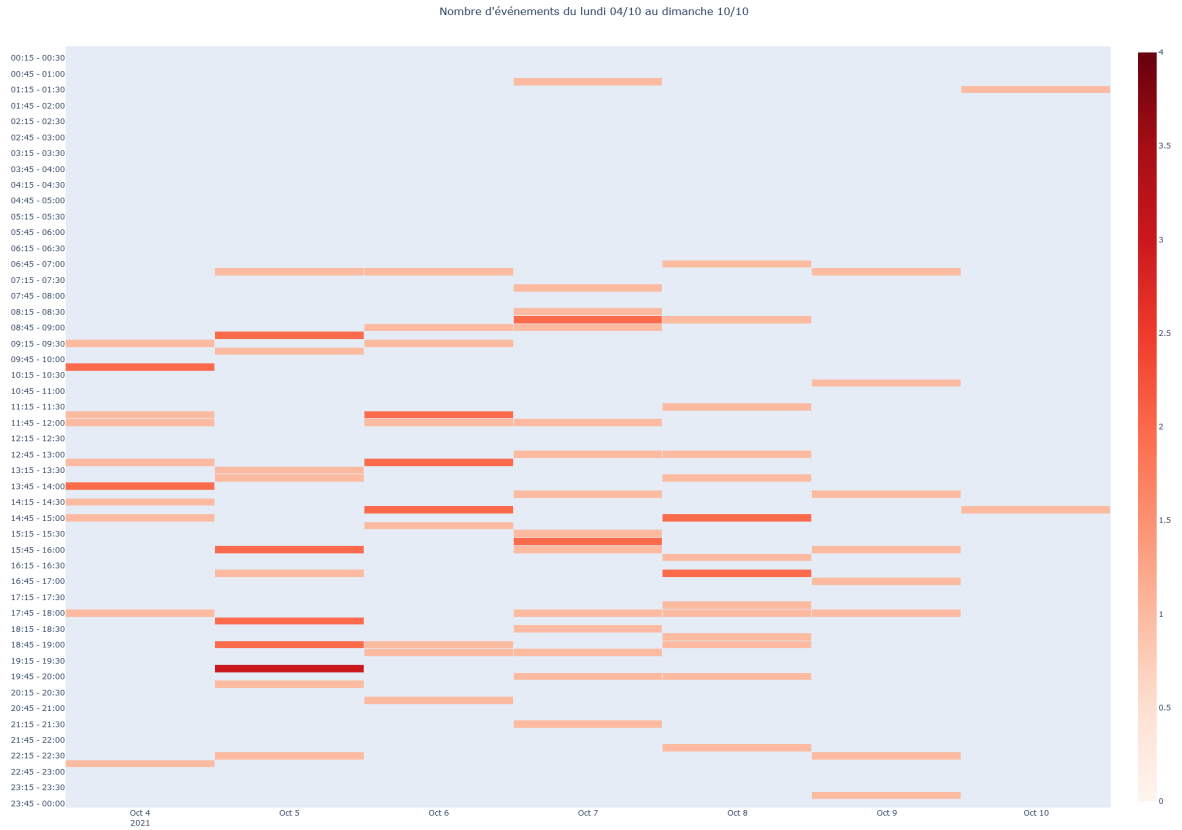


*Figure B4 : Semaine du lundi 4 au dimanche 10 octobre 2021.*

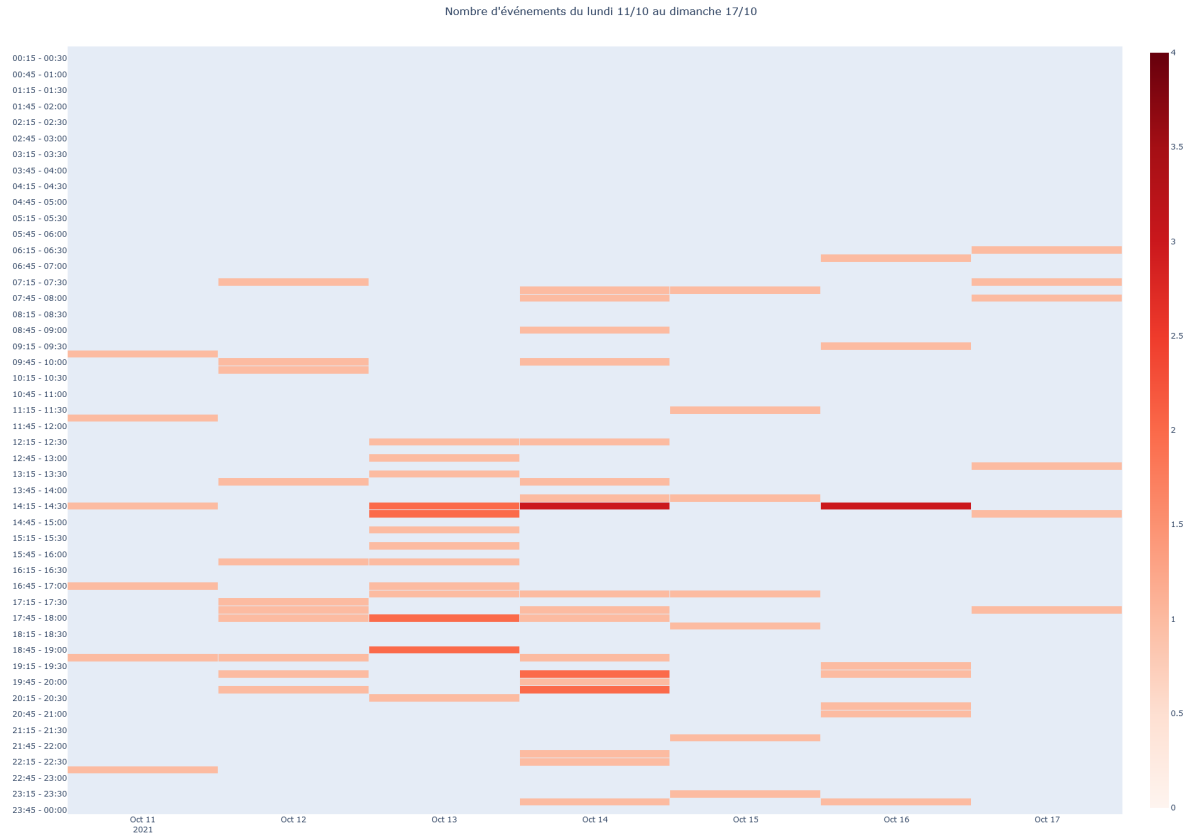


*Figure B5 : Semaine du lundi 11 au dimanche 17 octobre 2021.*

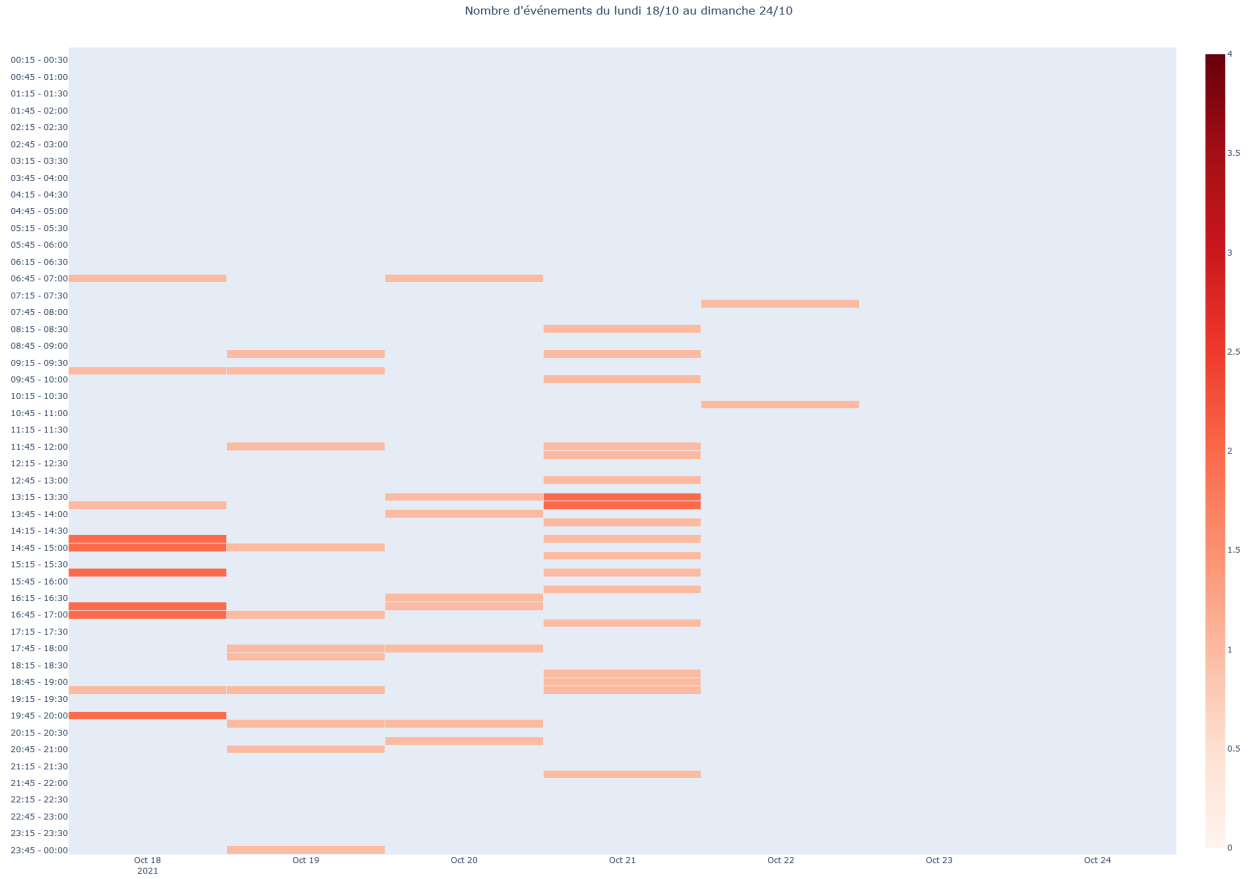


*Figure B6 : Semaine du lundi 18 au dimanche 24 octobre 2021.*

# ANNEXE C : LAeq 15 min PARTIEL « SIRÈNE »

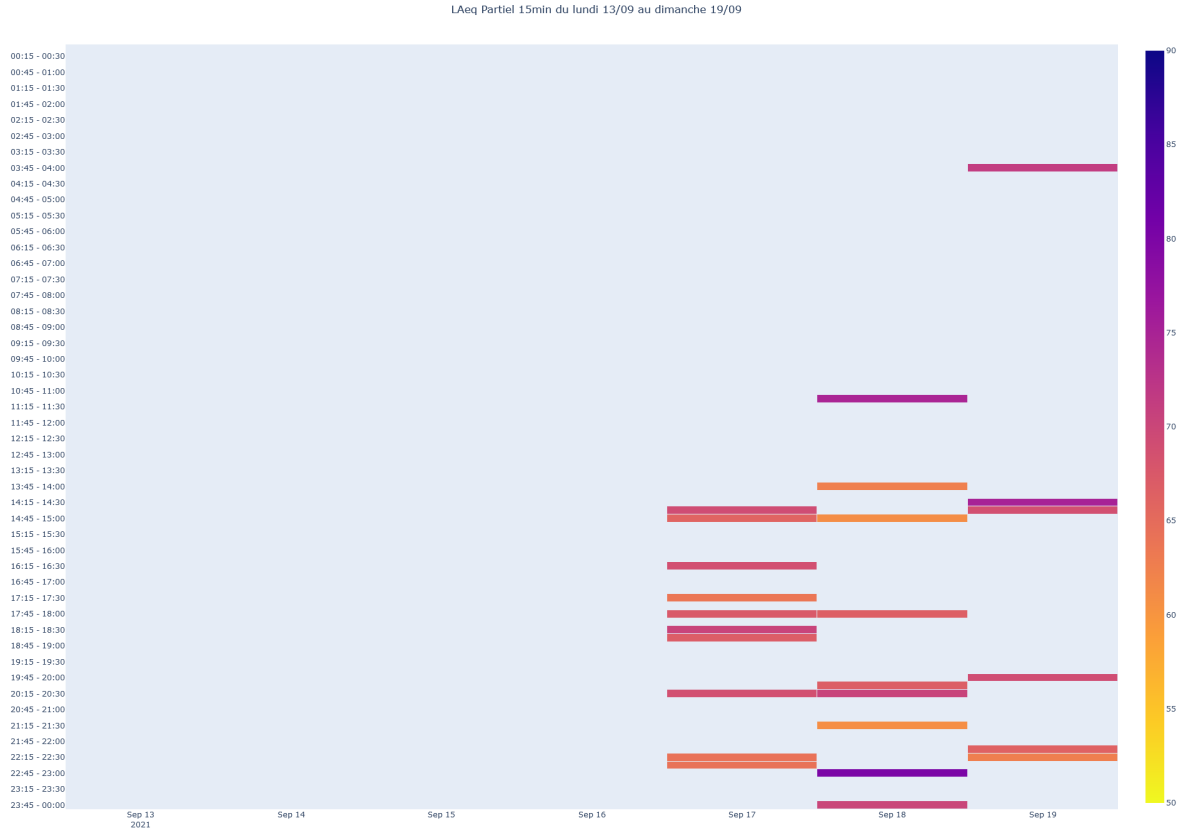


*Figure C1 : Semaine du lundi 13 au dimanche 19 septembre 2021.*

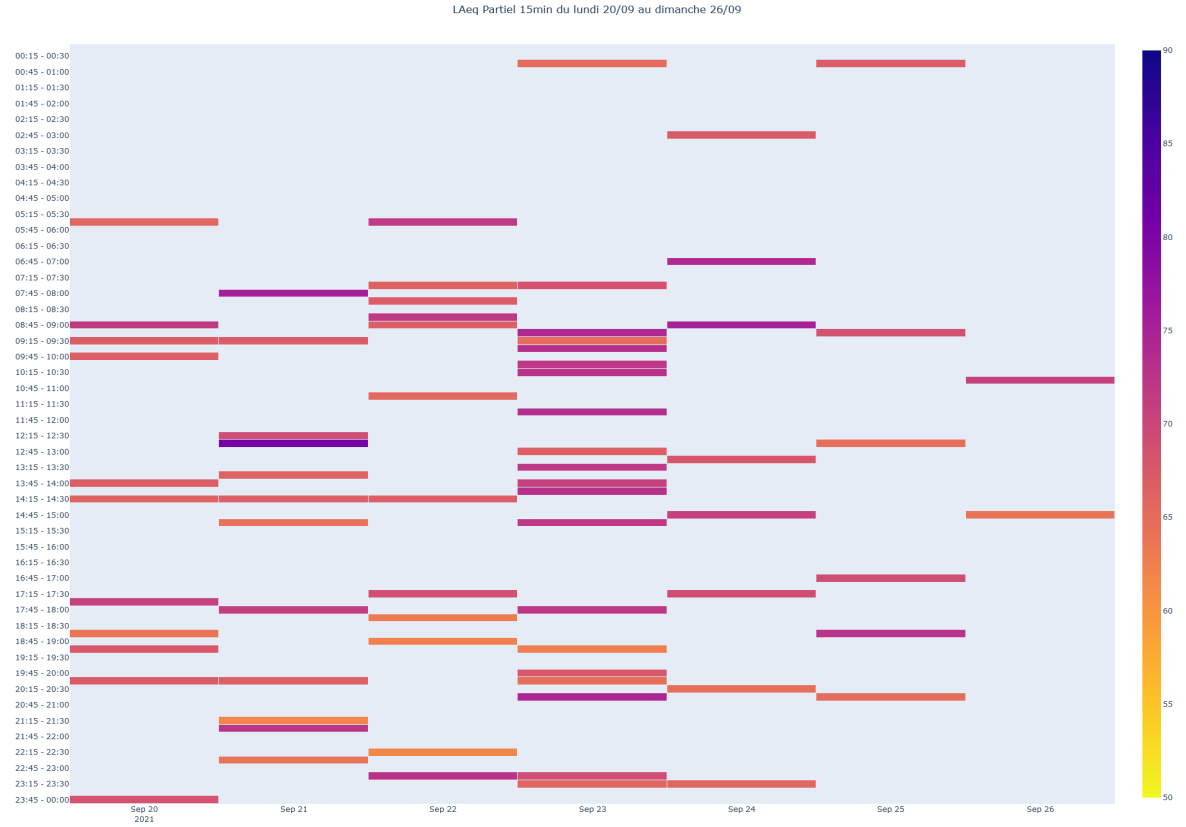


*Figure C2 : Semaine du lundi 20 au dimanche 26 septembre 2021.*

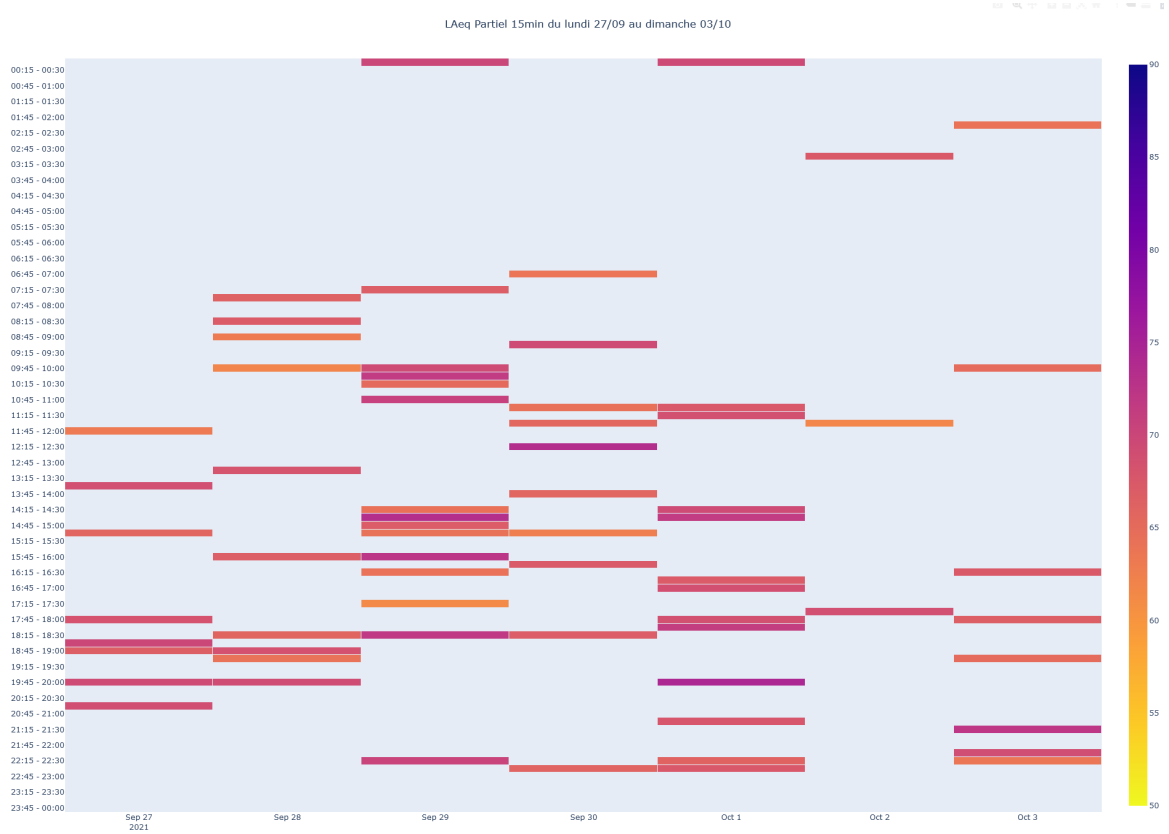


*Figure C3 : Semaine du lundi 27 septembre au dimanche 3 octobre 2021.*

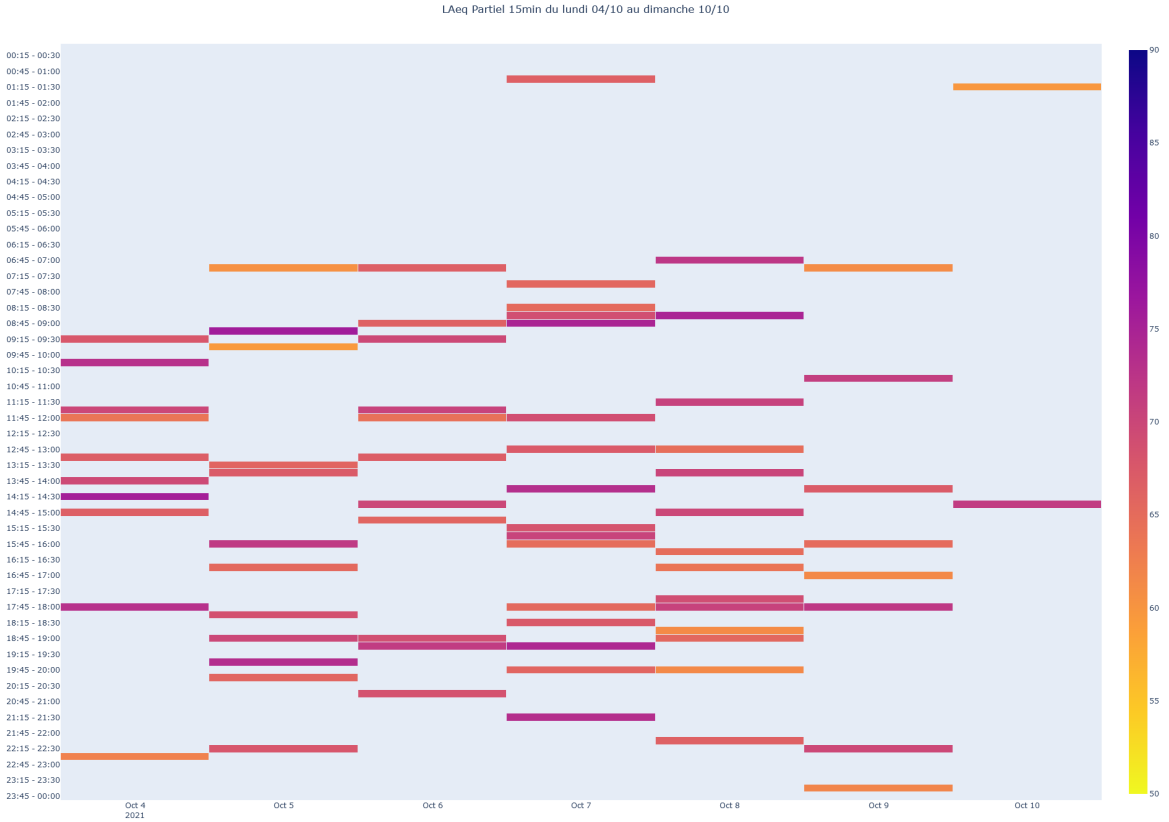


*Figure C4 : Semaine du lundi 4 au dimanche 10 octobre 2021.*

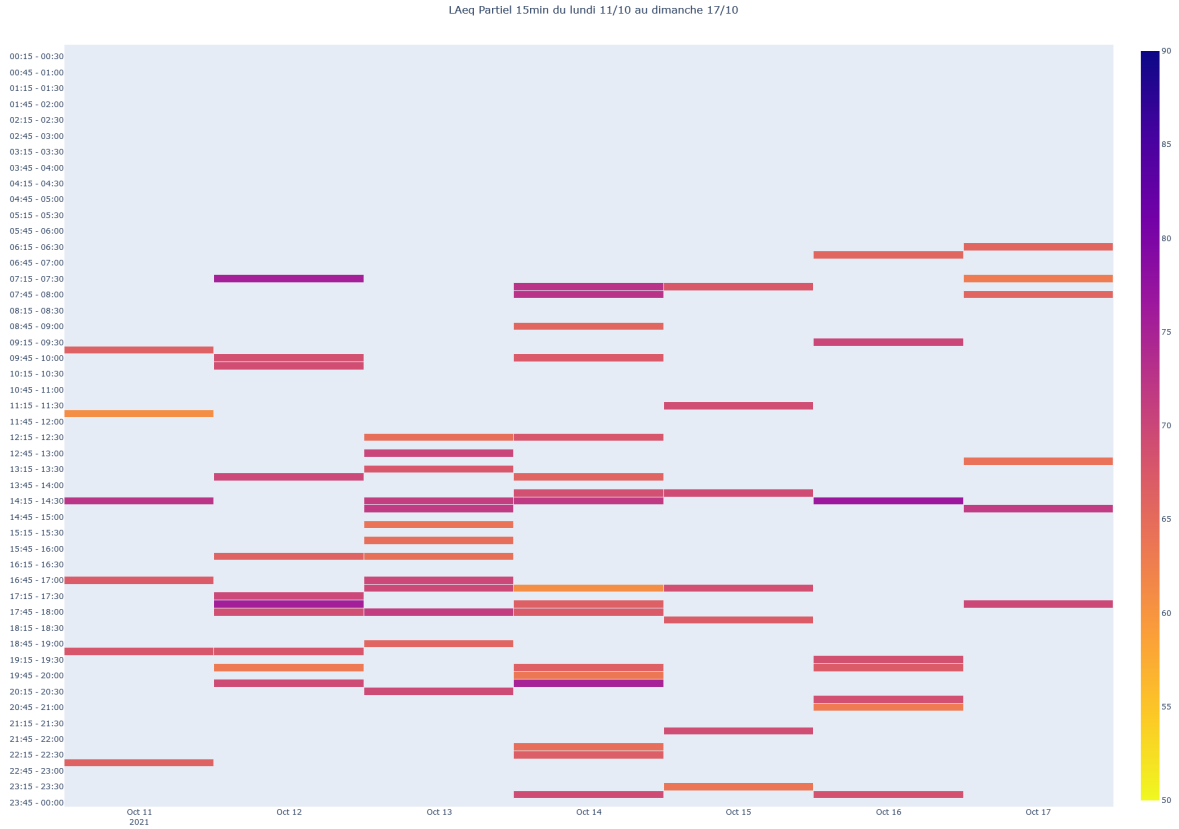


*Figure C5 : Semaine du lundi 11 au dimanche 17 octobre 2021.*

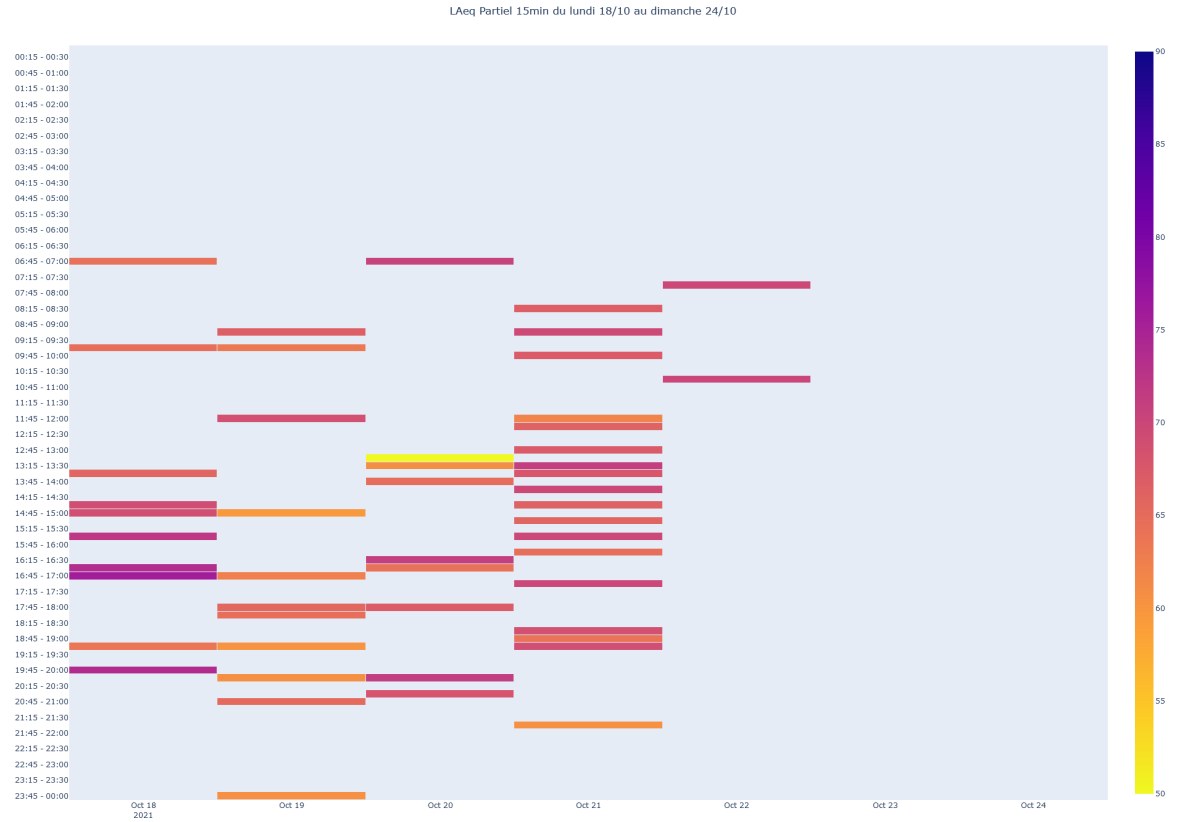


*Figure C6 : Semaine du lundi 18 au dimanche 24 octobre 2021.*

# DOCUMENTATION DU BRUIT DES SIRÈNES DES VÉHICULES PRIORITAIRES BOULEVARD BERTHIER 75017 PARIS

## RÉSULTATS DES MESURES

**DATE DE PUBLICATION : DÉCEMBRE 2021**

**BRUIT**PARIF
CENTRE D'ÉVALUATION TECHNIQUE
DE L'ENVIRONNEMENT SONORE EN ÎLE-DE-FRANCE

Axe Pleyel 4 - B104
32 boulevard Ornano
93200 Saint-Denis

01 83 65 40 40

BRUITPARIF