

Exploitation avancée des données angulaires des capteurs Méduse

Zonification, heatmaps acoustiques et
analyse spatio-temporelle



La mesure de bruit – Le capteur méduse

Goniomètre acoustique de forme tétraédrique

- Distance inter-microphones d'environ 20 cm
- 4 microphones

Calculs acoustiques

- **L_{Aeq} et L_{Ceq} toutes les 100ms**
- Détermination de la **direction du bruit dominant** toutes les 100ms
- Précision de 1° sur les angles d'azimut et d'élévation

Imagerie

- Une **photo à 360° toutes les 15 minutes**
- Floutage dynamique et masquage complémentaire ciblé

Pas d'enregistrement audio

Conformité au RGPD

Facilement installable (candélabre, rambarde...)

Système breveté

Lauréat du concours Decibel d'Or 2019



- À partir de la fonctionnalité de détection angulaire de la **Méduse**, il est possible **d'identifier les zones qui contribuent le plus au niveau sonore mesuré**.
- Les zones d'intérêt peuvent être délimitées visuellement afin de **localiser les principaux foyers de bruit**.
- Cette approche permet de hiérarchiser les sources sonores selon leur contribution acoustique.
- L'analyse peut ensuite être approfondie en évaluant l'apport spécifique de chaque zone préalablement définie.
- Cette méthode **facilite l'identification des zones prioritaires** pour le diagnostic acoustique et la mise en place d'actions correctives.



Pour chaque pas temporel, la Méduse fournit notamment :

- un niveau LAeq et LCeq
- un azimut
- une élévation
- un indicateur de qualité de localisation
- un horodatage

Ces données sont généralement utilisées pour visualiser ponctuellement la provenance d'un événement sonore.

Objectif

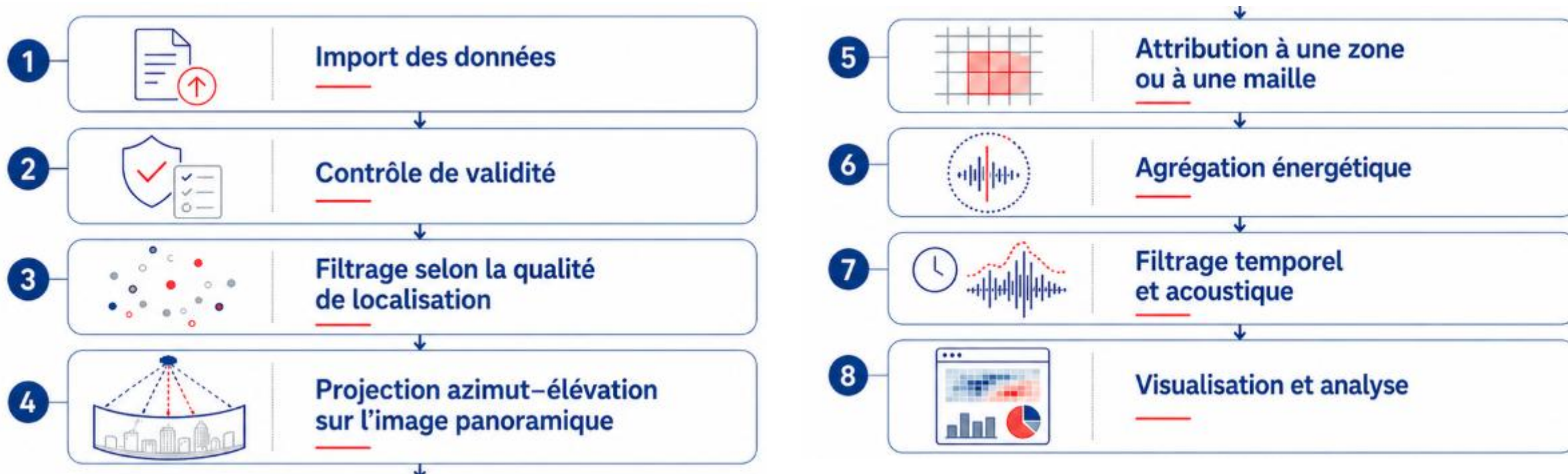
Fournir une analyse temporelle sur une période longue avec :

- Les contributions spécifiques par zones
- Sur quelles périodes ?
- Avec niveaux sonores et fréquences d'apparition associée



Des angles bruts à une information spatialisée

La chaîne de traitement comprend les étapes suivantes :



Chaque événement sonore est ainsi associé à un pixel de la vue panoramique.



La vue panoramique est découpée en zones définies par l'analyste.

Exemples :

- voirie
- terrasse
- accès au site
- équipements techniques
- Chantier

Chaque mesure projetée est automatiquement affectée à la zone correspondante.

Indicateurs par zone

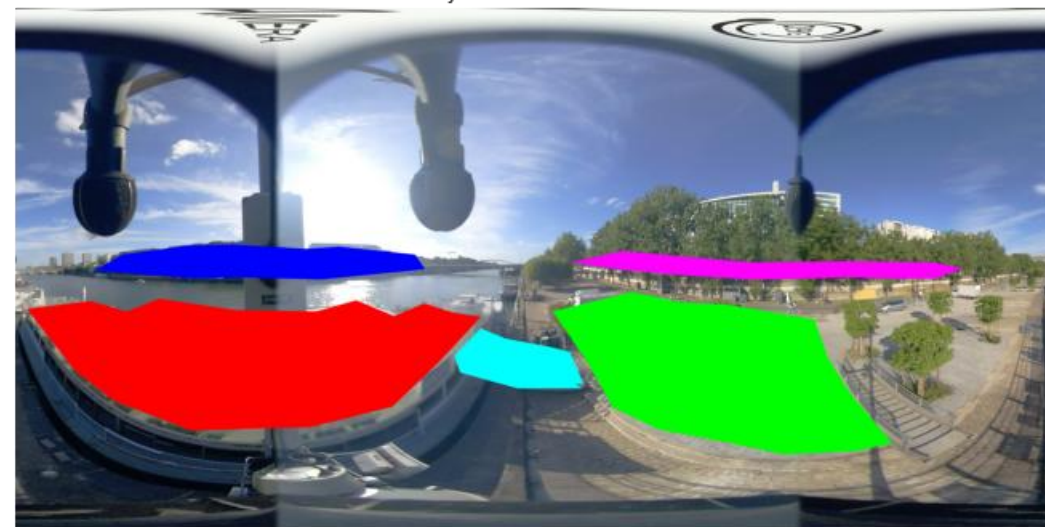
- LAeq ou LCeq équivalent
- nombre d'événements
- fréquence d'apparition comme source dominante
- énergie acoustique cumulée
- profil horaire
- évolution selon le jour de la semaine

Une zone peut être :

- *très bruyante mais rarement active*
- *modérément bruyante mais active en permanence.*

*Il faut donc combiner **niveau, occurrence et contribution énergétique.***

Overlay de la zone sélectionnée



	zone	laeq	nb_mesures
4	Terrasse	76.328174	8993
1	Quai Nord	70.323792	1039
0	Accès	67.931475	3312
3	Rue	66.415239	12080
2	Quai Sud	66.190101	1432



Chaque événement, défini par son azimut et son élévation, est projeté sur le panorama équirectangulaire puis affecté à une maille d'analyse.

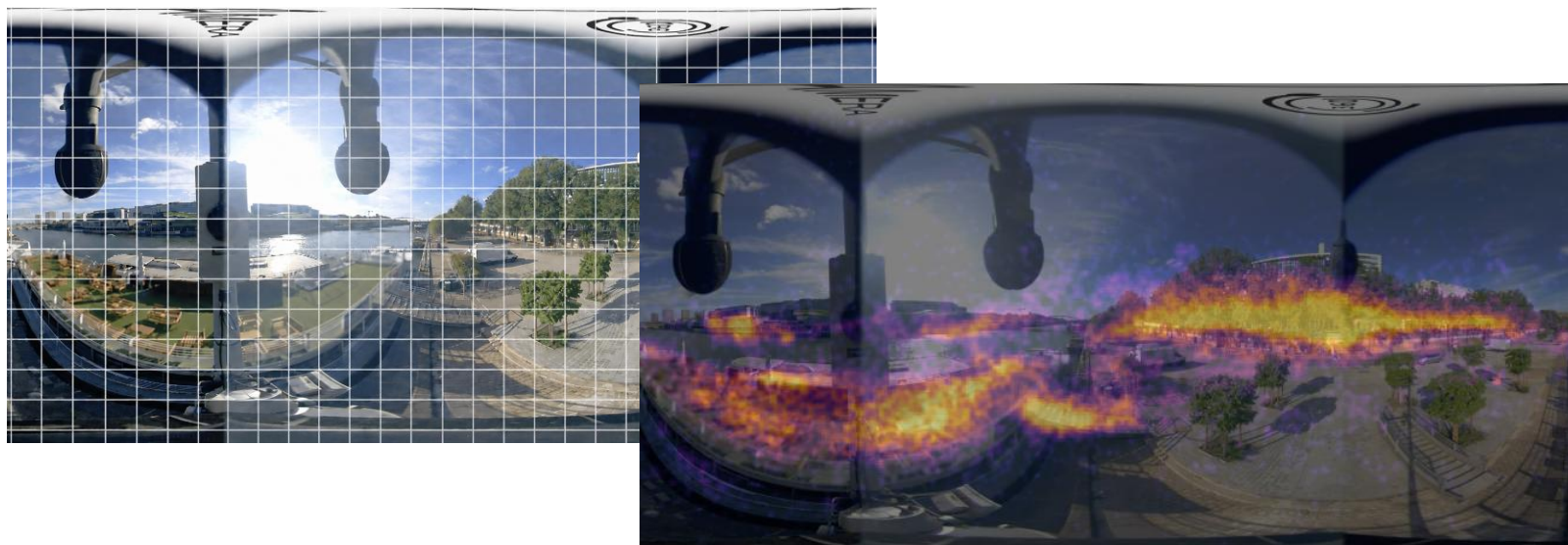
Deux indicateurs sont calculés par maille :

Niveau moyen énergétique :

moyenne énergétique des niveaux des événements présents dans la maille

Contribution au niveau global :

niveau moyen corrigé par la proportion d'événements de la maille,



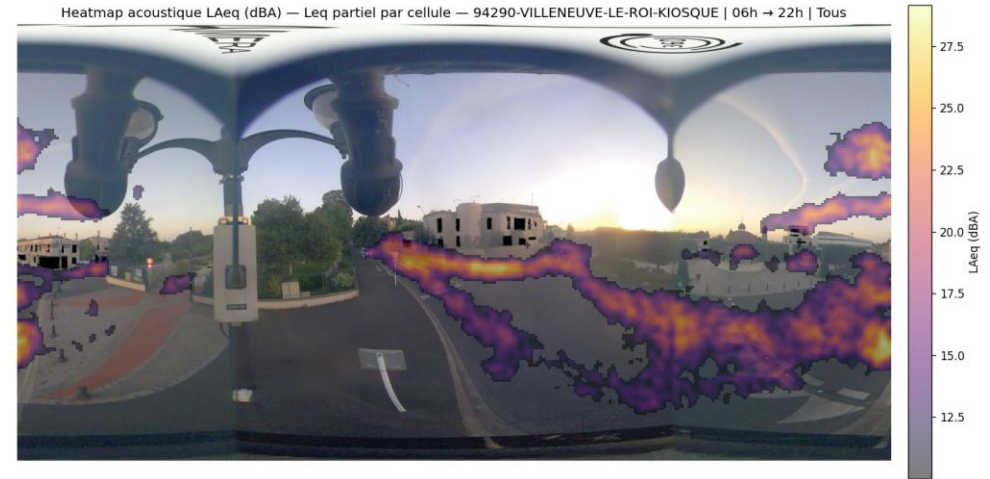
La heatmap permet d'identifier

- les directions les plus énergétiques
- les zones d'émission récurrentes
- les sources diffuses
- les différences entre plusieurs périodes
- les effets d'une action corrective



L'outil permet de filtrer les données selon :

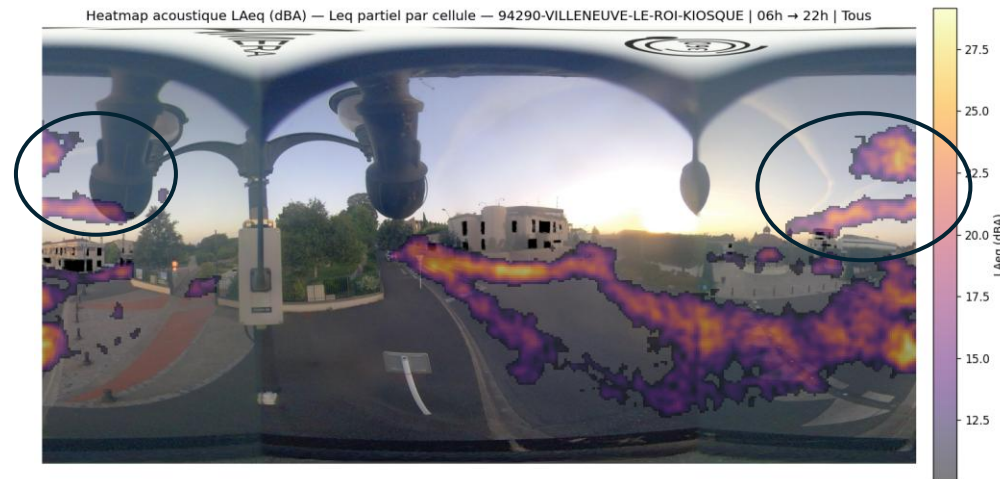
- la période
- la plage horaire
- les jours ouvrés ou le week-end
- le jour de la semaine
- le niveau LAeq
- le niveau L_Ceq
- la variable représentée



Pour la zone sélectionnée

L'application calcule :

- le niveau équivalent
- le nombre d'événements
- le profil horaire
- une heatmap jour × heure
- le niveau par jour de la semaine



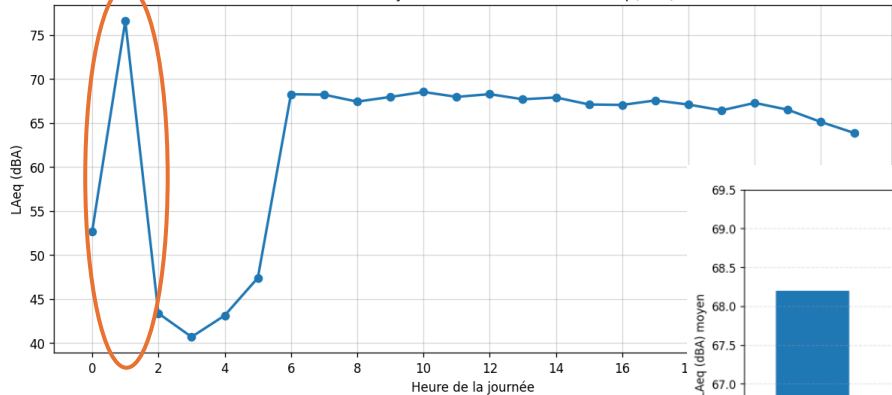
Échantillons analysés
3 849

LAeq (dBA) global
67.4 dBA

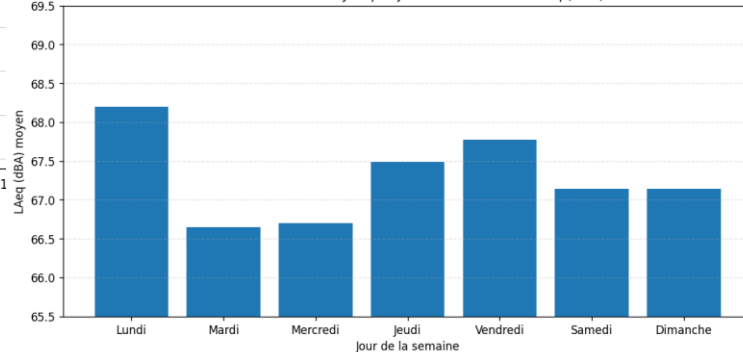
LAeq (dBA) min.
36.9 dBA

LAeq (dBA) max.
77.4 dBA

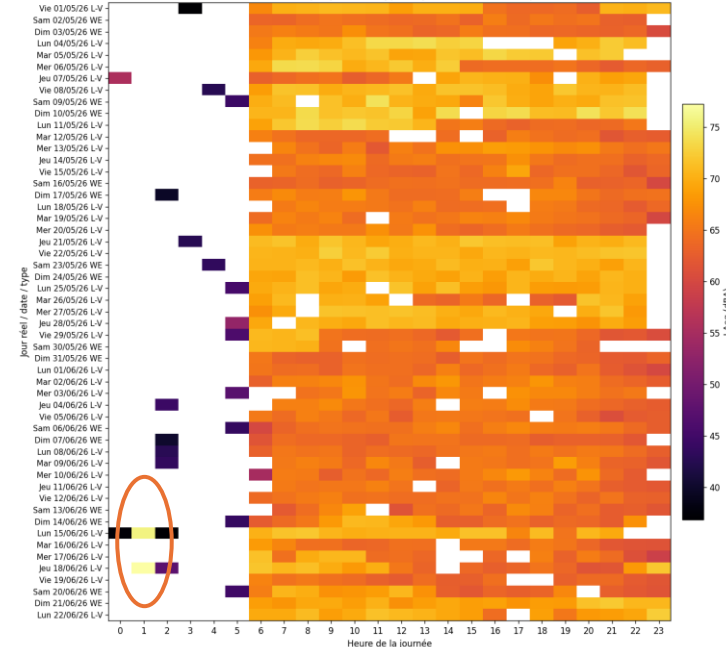
Profil horaire moyen du niveau de bruit — LAeq (dBA)



Niveau de bruit moyen par jour de semaine — LAeq (dBA)



Evolution du bruit par jour réel, type de jour et heure — LAeq (dBA)



Question

Quelle partie de la scène acoustique explique les périodes les plus bruyantes ?

Méthode

- définition de zones fonctionnelles
- affectation de chaque événement à une zone
- calcul du niveau énergétique par zone
- analyse du nombre d'occurrences
- comparaison des profils horaires

Apport

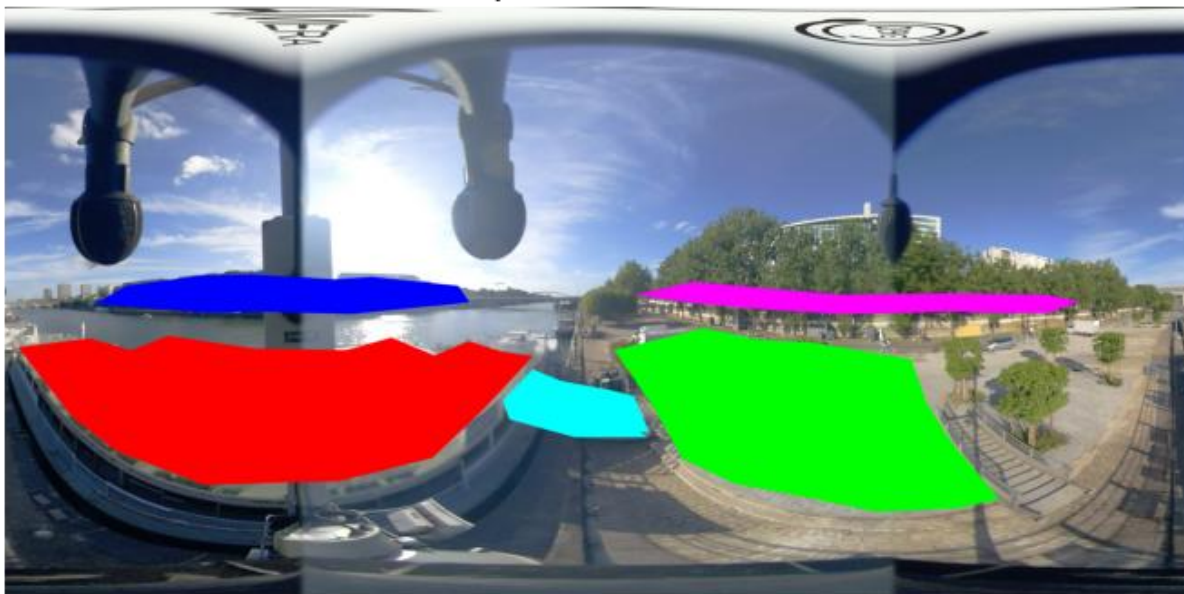
Cette approche permet de distinguer :

- une source permanente
- des événements ponctuels
- Les contributions au bruit ambiant



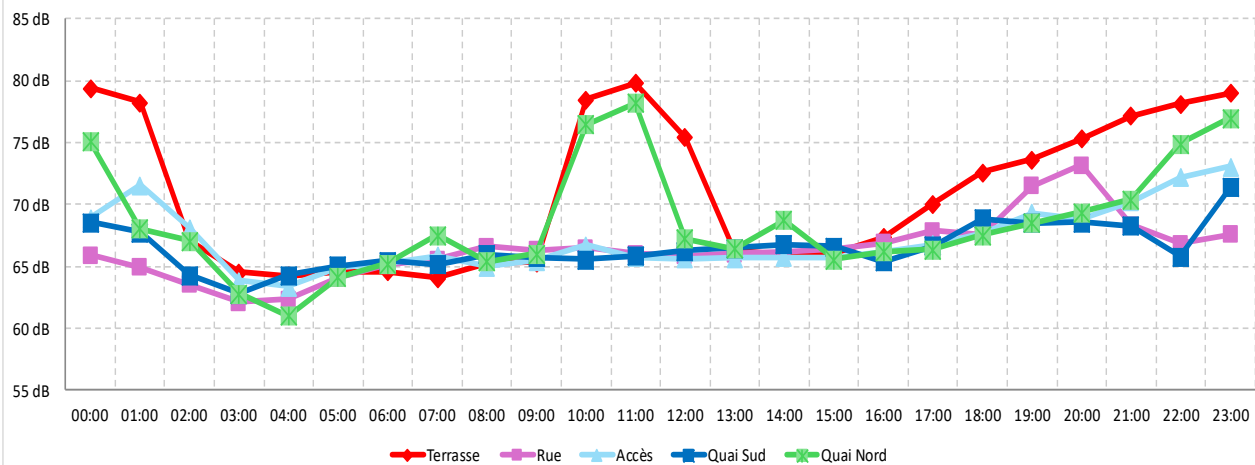
Cas 1 — Quantifier la contribution de différentes zones

Overlay de la zone sélectionnée

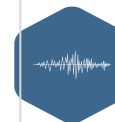
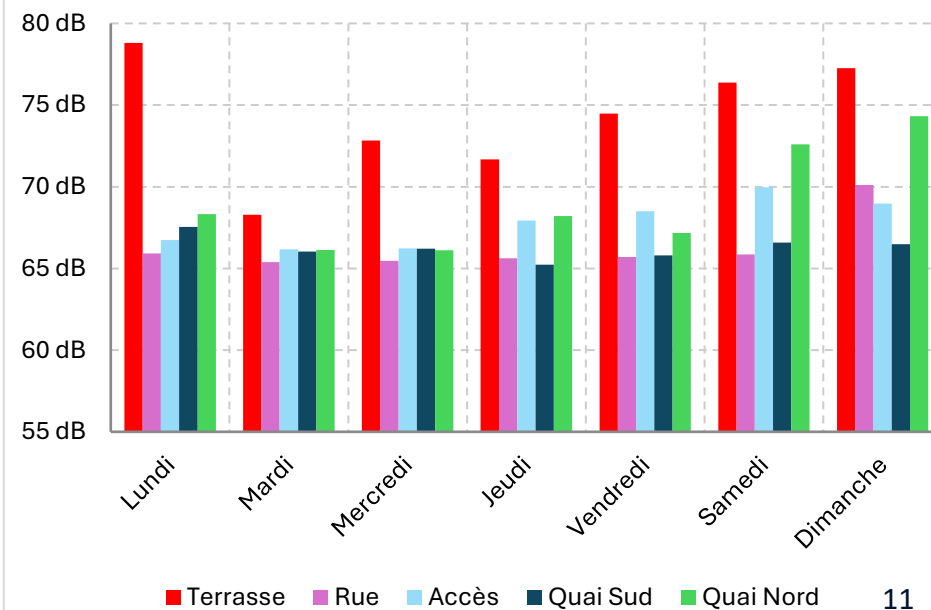


Zone	Nombre d'échantillons	Nz/Ntotal	LAeq zone	LAeq partiel
Terrasse	8993	21,1%	76,3 dB	69,6 dB
Rue	12080	28,4%	66,4 dB	60,9 dB
Accès	3312	7,8%	67,9 dB	56,8 dB
Quai Sud	1432	3,4%	66,2 dB	51,5 dB
Quai Nord	1039	2,4%	70,3 dB	54,2 dB
Hors zone	15670	36,8%	70,0 dB	65,6 dB
TOTAL	42526	100,0%		71,7 dB

LAeq horaire par zone



LAeq par jour



Question

La provenance du bruit évolue-t-elle selon l'horaire, le type de jour ou la configuration du site ?

Méthode

Produire plusieurs heatmaps avec :

- la même résolution
- le même lissage
- la même échelle colorimétrique
- des périodes comparables

Comparaisons possibles

- jour / nuit
- semaine / week-end
- avant / après une modification
- activité normale / événement exceptionnel
- différentes phases d'un chantier

Apport

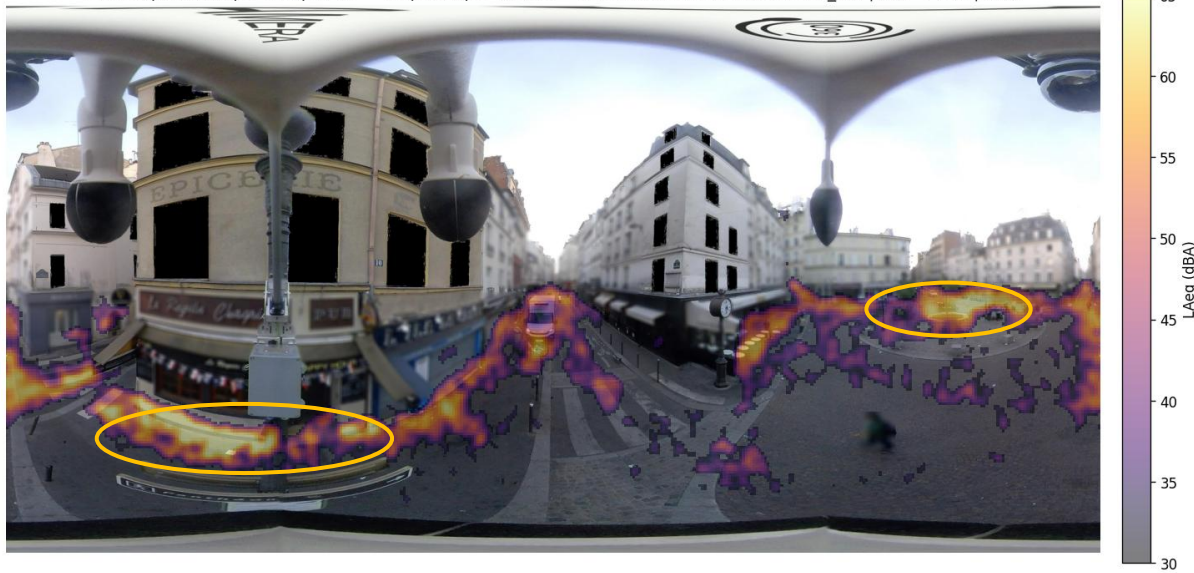
Les heatmaps permettent de mettre en évidence :

- un déplacement des niveaux max
- l'apparition d'une nouvelle source
- une réduction localisée
- une modification du profil temporel
- l'efficacité d'une action corrective

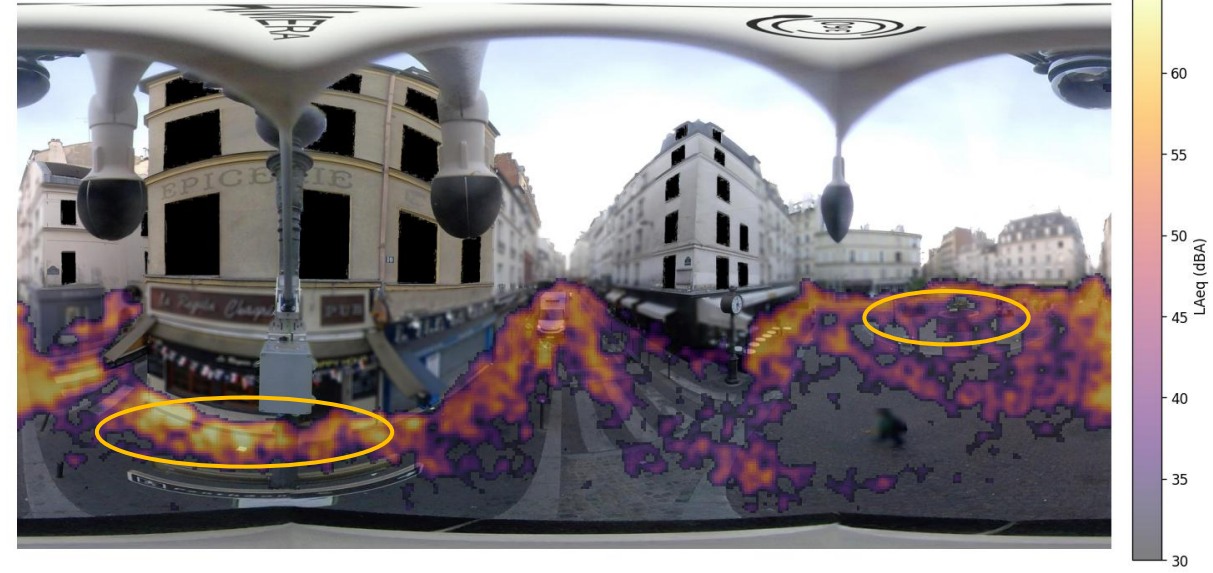


Cas 2 — Comparer l'évolution spatiale entre plusieurs périodes

Heatmap acoustique LAeq (dBA) — Leq local par cellule — 75005-PARIS-CONTRESCARPE_été | 00h → 00h | Tous



Heatmap acoustique LAeq (dBA) — Leq local par cellule — 75005-PARIS-CONTRESCARPE_hiver | 00h → 00h | Tous



juin-26					
Zone	Nb d'échantillons	Participation	Laeq zone dBA	Contribution Laeq dBA	Contribution energie %
Total	23088		67,5		
Place	4202	18%	67,5	60,1	18%
Terrace	3727	16%	69,4	61,5	25%

déc-25					
Zone	Nb d'échantillons	Participation	Laeq zone dBA	Contribution Laeq dBA	Contribution energie %
Total	30029		64,4		
Place	1175	4%	62,9	48,8	3%
Terrace	4651	15%	66,3	58,2	24%



Evolution des heatmaps dans le temps



- Les données directionnelles de la Méduse permettent de transformer des mesures acoustiques massives en une information spatiale directement exploitable.
- L'analyse conjointe du niveau, de la fréquence d'apparition et de la contribution énergétique évite de réduire le diagnostic à la seule source la plus bruyante.
- La zonification et les heatmaps rendent possible une comparaison objective des périodes, des configurations du site et des actions correctives.
- Ces résultats doivent être interprétés comme une distribution angulaire observée depuis le capteur, et non comme une cartographie géographique du bruit.

