

Vers une Méthodologie Duale de Qualification et de Perception de Paysages Sonores : Expérimentation dans le Contexte Urbain de Sidi Bou Saïd

Réalisée par

Mohamed Amin Hammami₁

Dirigée par :

Pr Christophe Claramunt₂

¹ Computer Department, Imam Abdulrahman Bin Faisal University. Dammam, KSA mahammami@iau.edu.sa

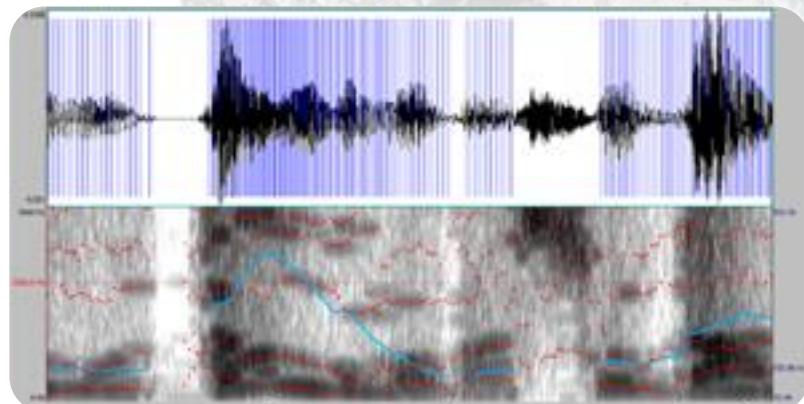
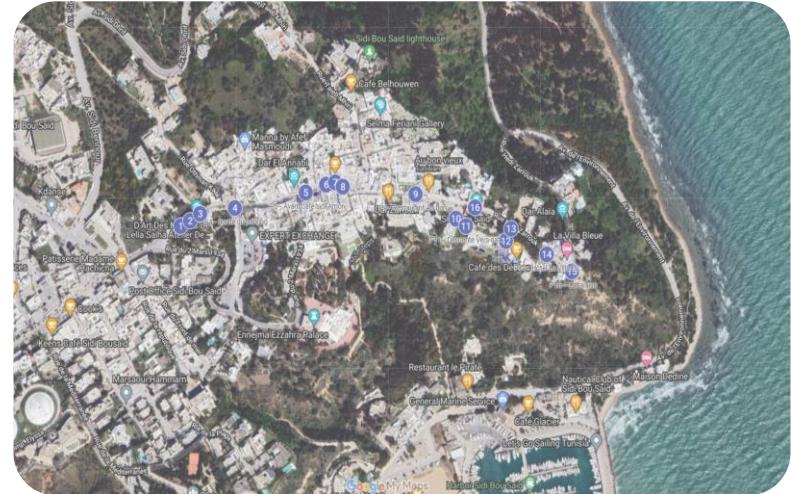
² Naval Academy Research Institute. Brest Naval, 29240, France ([website](#)) christophe.claramunt@ecole-navale.fr



Ambiances et paysages sonores

Contexte

- Du paysage au paysage sonore.
- Rôles des ambiances et paysages sonores.
- Besoin d'un cadre méthodologique et expérimental de développement d'un outil d'observation de ces paysages sonores



Objectifs et défis de la recherche

Objectifs et défis

Développer un modèle qui traite les relations organiques entre l'ambiance sonore, leur qualité instantanée, les interactions et les perceptions de ces ambiances avec/par les habitants et usagers d'espaces urbains.

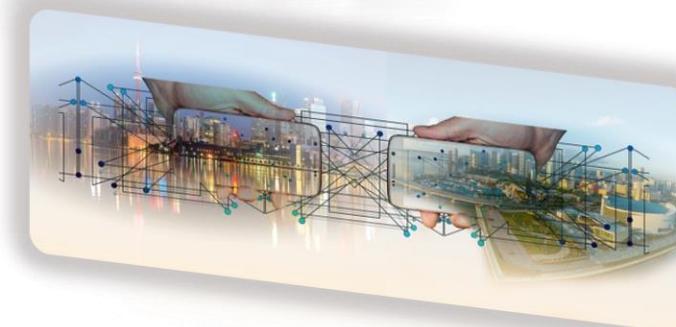
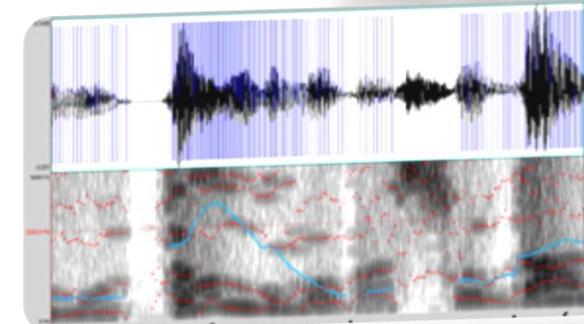
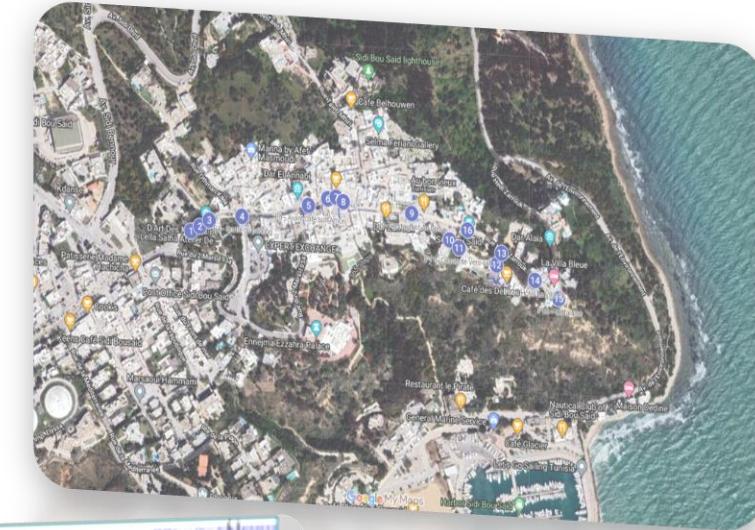


Principes et étapes de construction d'une méthodologie

Présentation des fondements de la démarche
Qui d'appuient sur le paysage sonore

Présentation des méthodes et techniques
Qui permettent d'appréhender, de percevoir et
d'interpréter le paysage sonore

Combinaison de mesures quantitatives de sonorités, avec des analyses immersives tridimensionnelles dans des environnements urbains et des enquêtes qualitatives de terrain pour les confronter aux réalités perçues.



Captation, modélisation psychoacoustique et l'enquête



Dispositifs audio-acoustiques

Plusieurs microphones et sonomètres



Analyse et de visualisation tridimensionnelle

Outils basés sur le traitement du signal et la simulation informatique.



Enquêtes socio-acoustiques

Confrontations entre paysages sonores, environnements acoustiques, et leur compréhension par les humains



Dispositifs d'image et vidéo en 360°

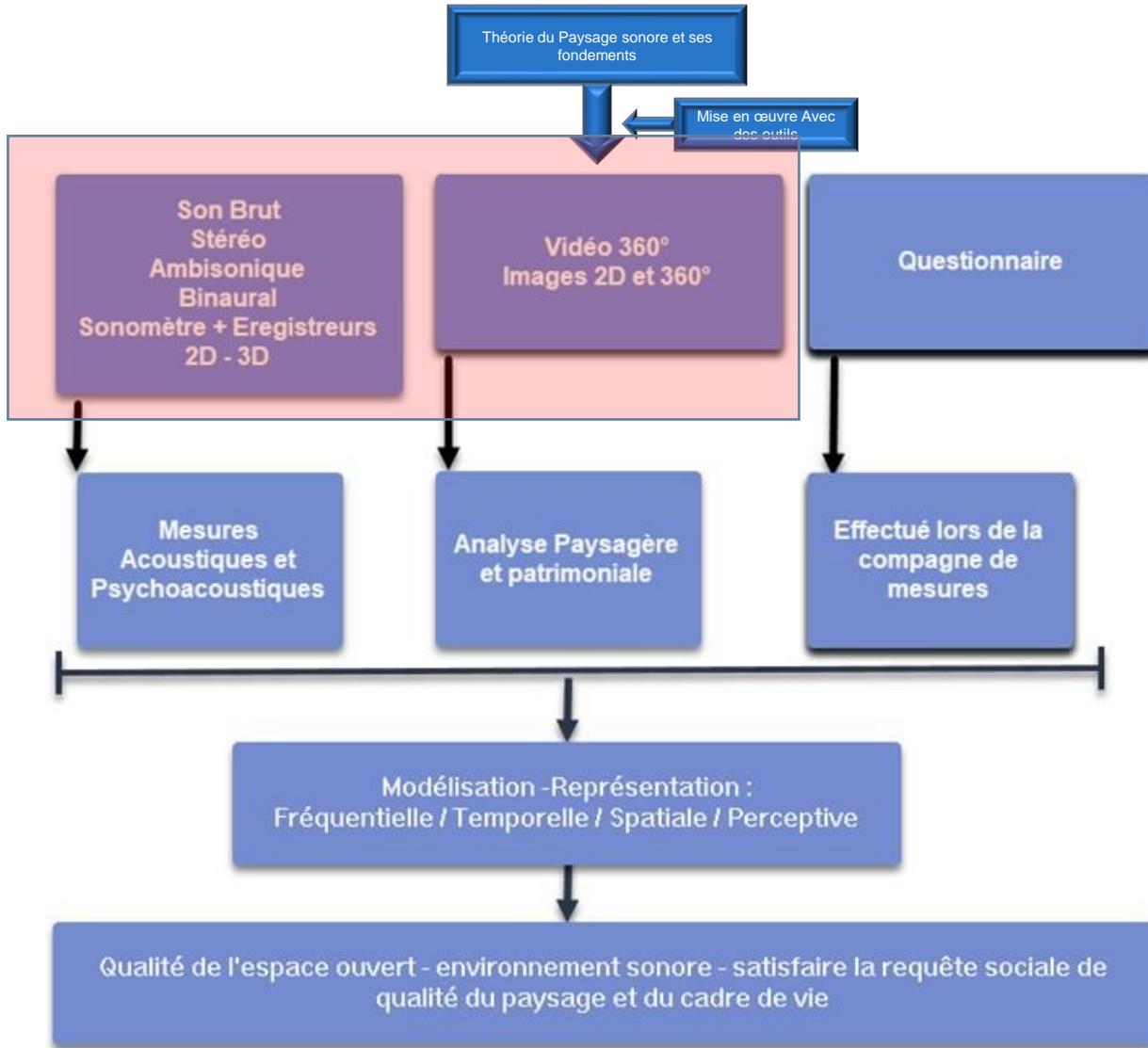
Appareils photo et cameras 360°.



Modélisation Psychoacoustique

Théorie et concepts liés à la psychoacoustique modélisant les relations entre le mesuré et le perçu par l'humain.

Modèle interactif d'expérimentation, de visualisation et d'interprétation



Dispositifs audio-acoustiques /Image et vidéo en 360°



Microphone Ambisonique

Il capture toutes les informations de directivité pour chaque onde sonore qui frappe le microphone, cela inclut également des informations sur la hauteur, ainsi que 360° autour du microphone.



Zoom H6 et H3-VR

Dispositifs de captation
2D et 3D



Camera 360°

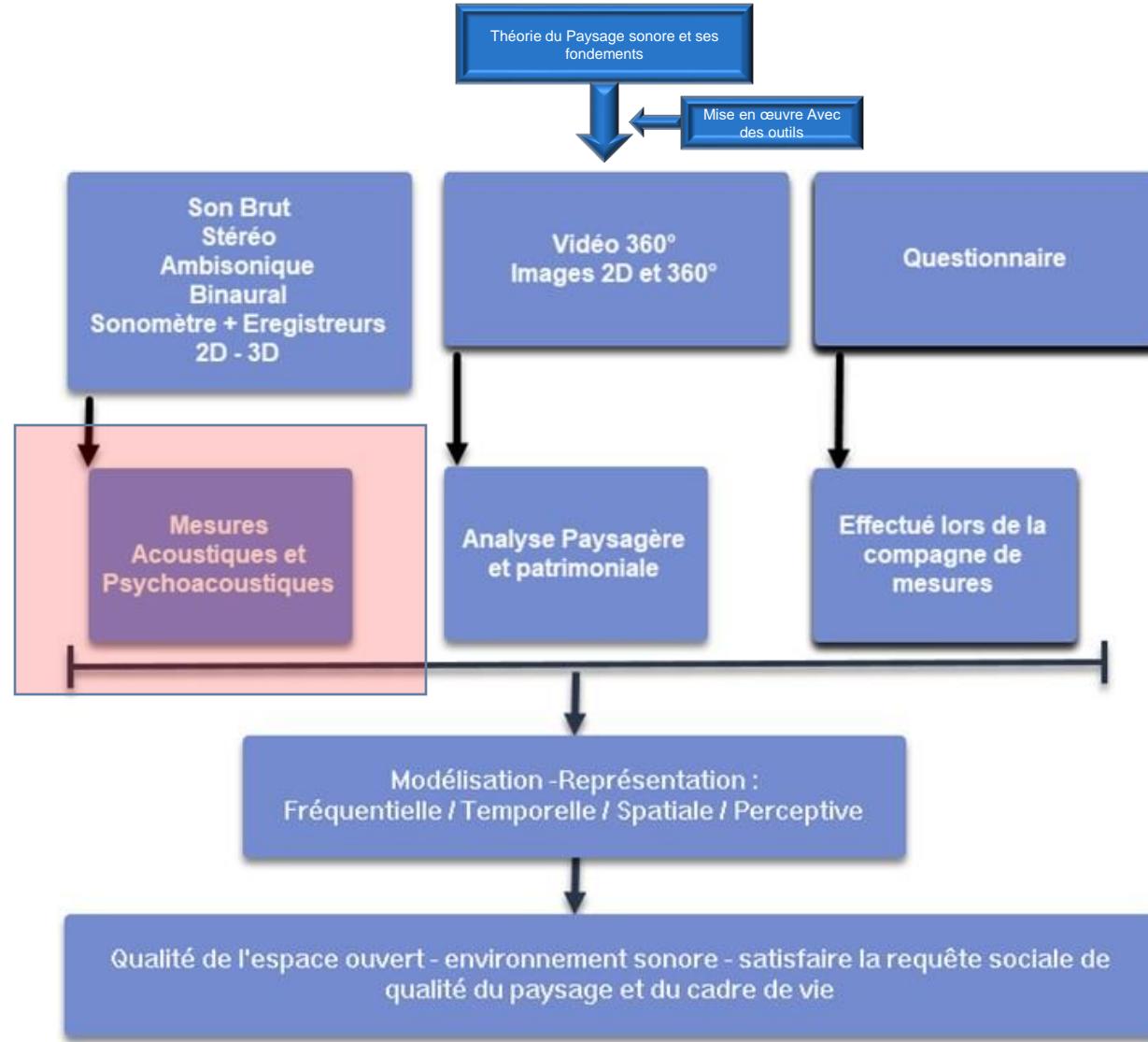
Capture d'images et vidéo immersives en 360°



Sonomètre calibré:

Conçu pour mesurer les niveaux sonores de manière standardisée

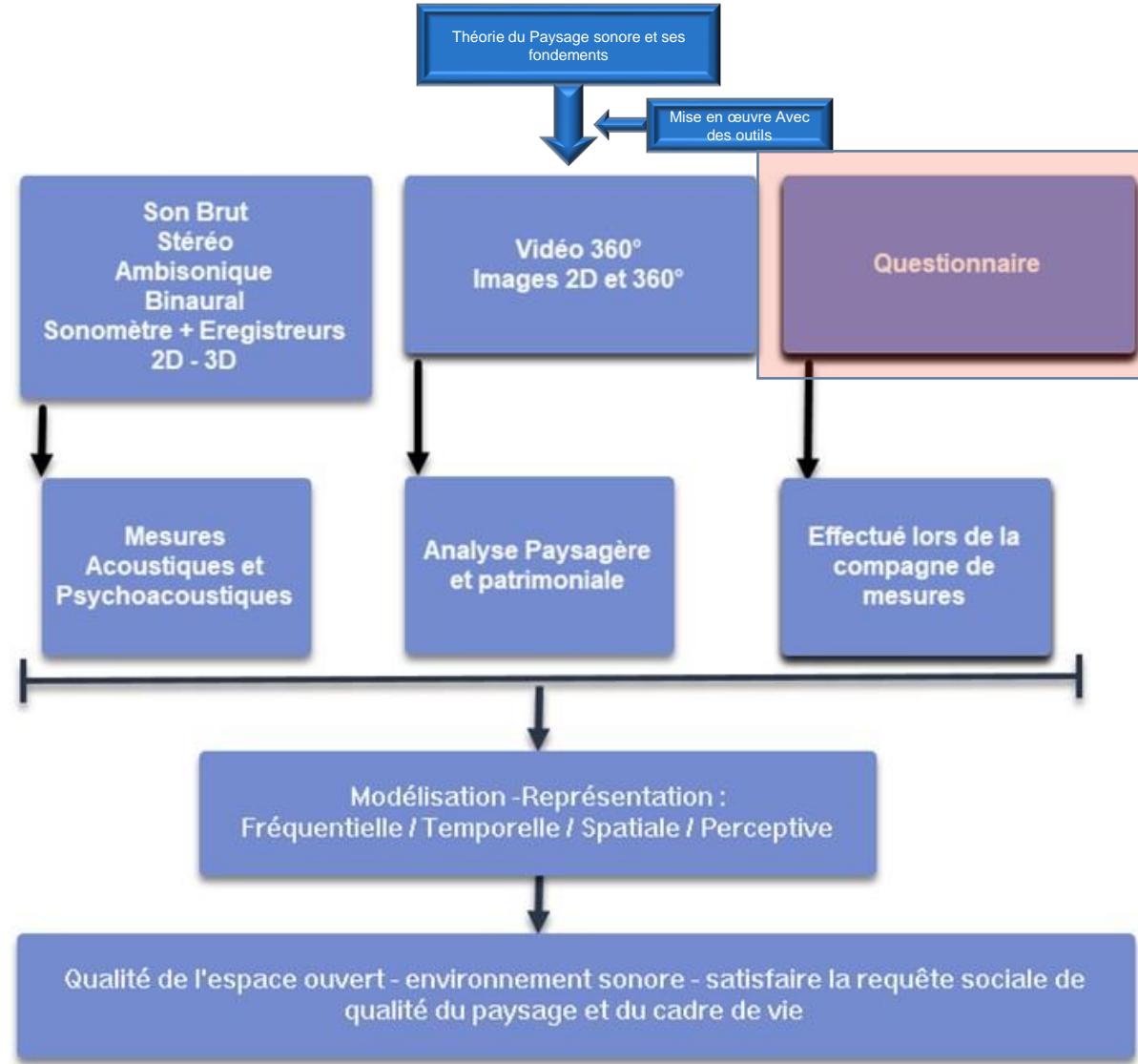
Modèle interactif de visualisation et d'interprétation



Modélisation Psychoacoustique

- L'impact de l'environnement sonore sur l'humain du point de vue perceptif
- L'ISO 1293-1 (2014) la théorie et les concepts lié à la psychoacoustique modélisant les relations fonctionnelles entre le mesuré du point de vue acoustique et le perçu par l'humain
 - **La Sonie (Loudness)** : permet de mesurer l'impact d'une ambiance sonore.
 - **L'Acuité (Sharpness)** : nous montre la prédominance des hautes fréquences dans un signal sonore

Modèle interactif de visualisation et d'interprétation



Enquêtes socio-acoustiques

- Confrontations entre paysages sonores, environnements acoustiques, et leur compréhension par les humains
- Approches normalisées (ISO 12913-2 2018)
 - Promenade sonore (Soundwalk)
 - Tests d'écoute
 - Entretiens
 - Groupes de discussion



Promenade sonore
@ Photo Fabien Lainé,
Festival de l'Arpenteur 2022



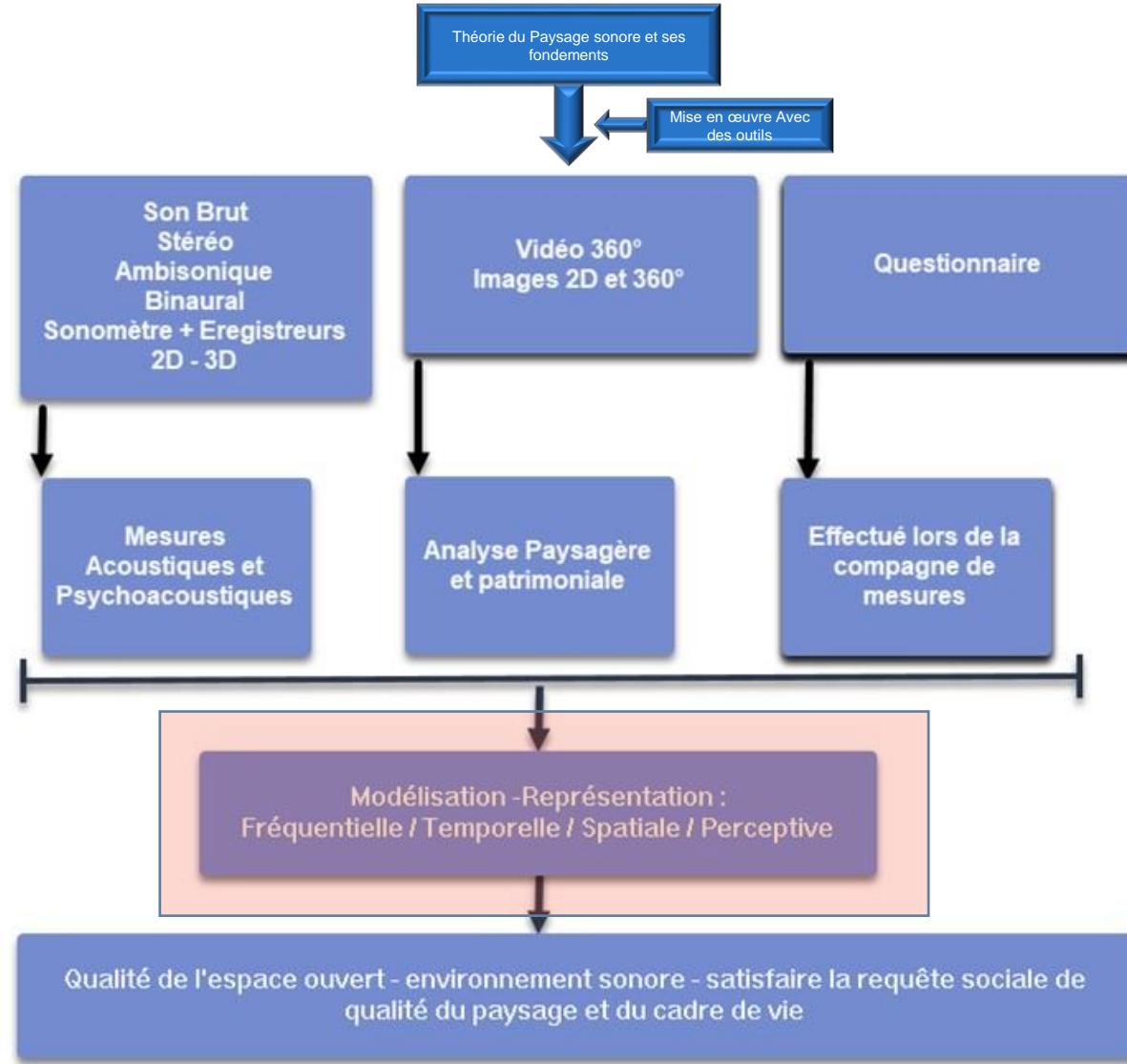
Groupes de discussion
@ Gilles Malatray - 2022



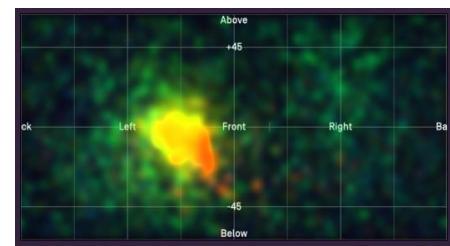
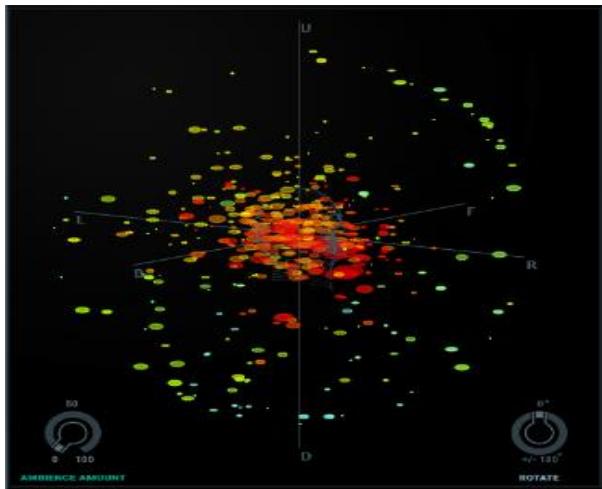
Entretiens
@ MAH - 2019



Modèle interactif de visualisation et d'interprétation

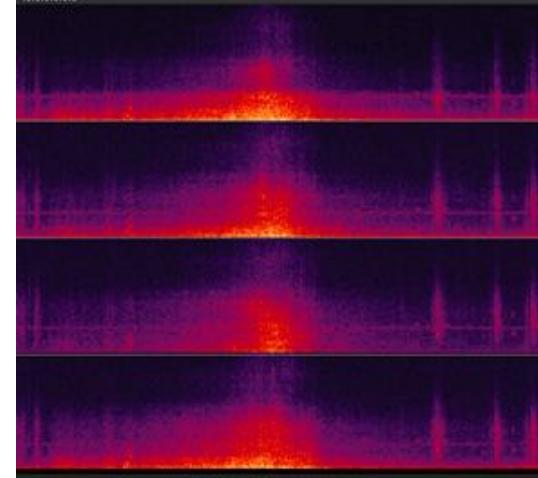
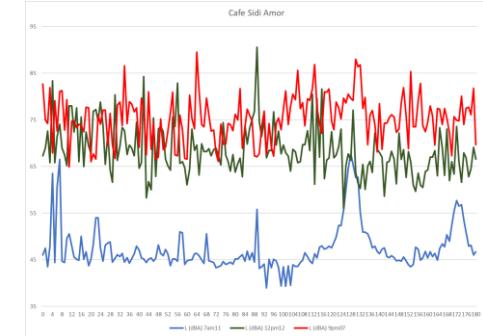


Analyse et visualisation tridimensionnelle



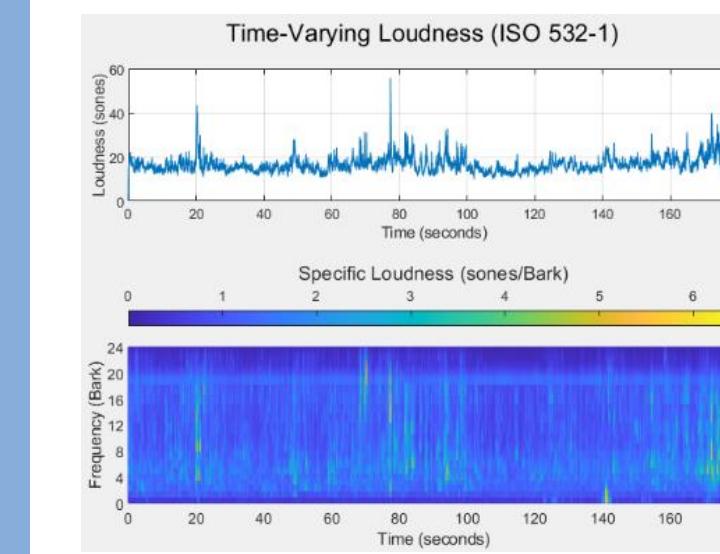
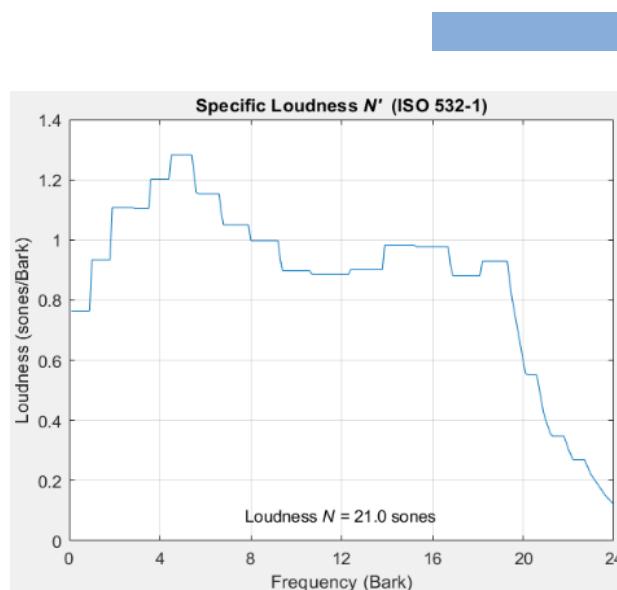
Ces deux diagrammes 3D nous montrent la direction du son dans l'espace, sa fréquence et son amplitude en fonction du temps

Mesures acoustiques dBA/t



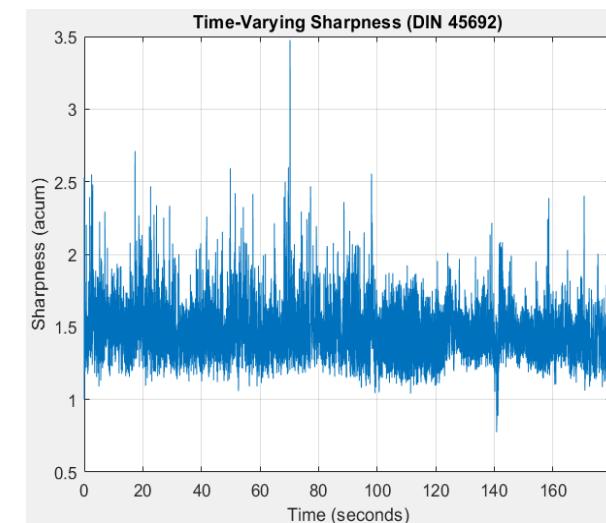
Spectrogramme
Représentation visuelle du spectre des fréquences d'un signal telles qu'elles varient dans le temps
Pour les 4 canaux ambisoniques

Analyse et visualisation tridimensionnelle



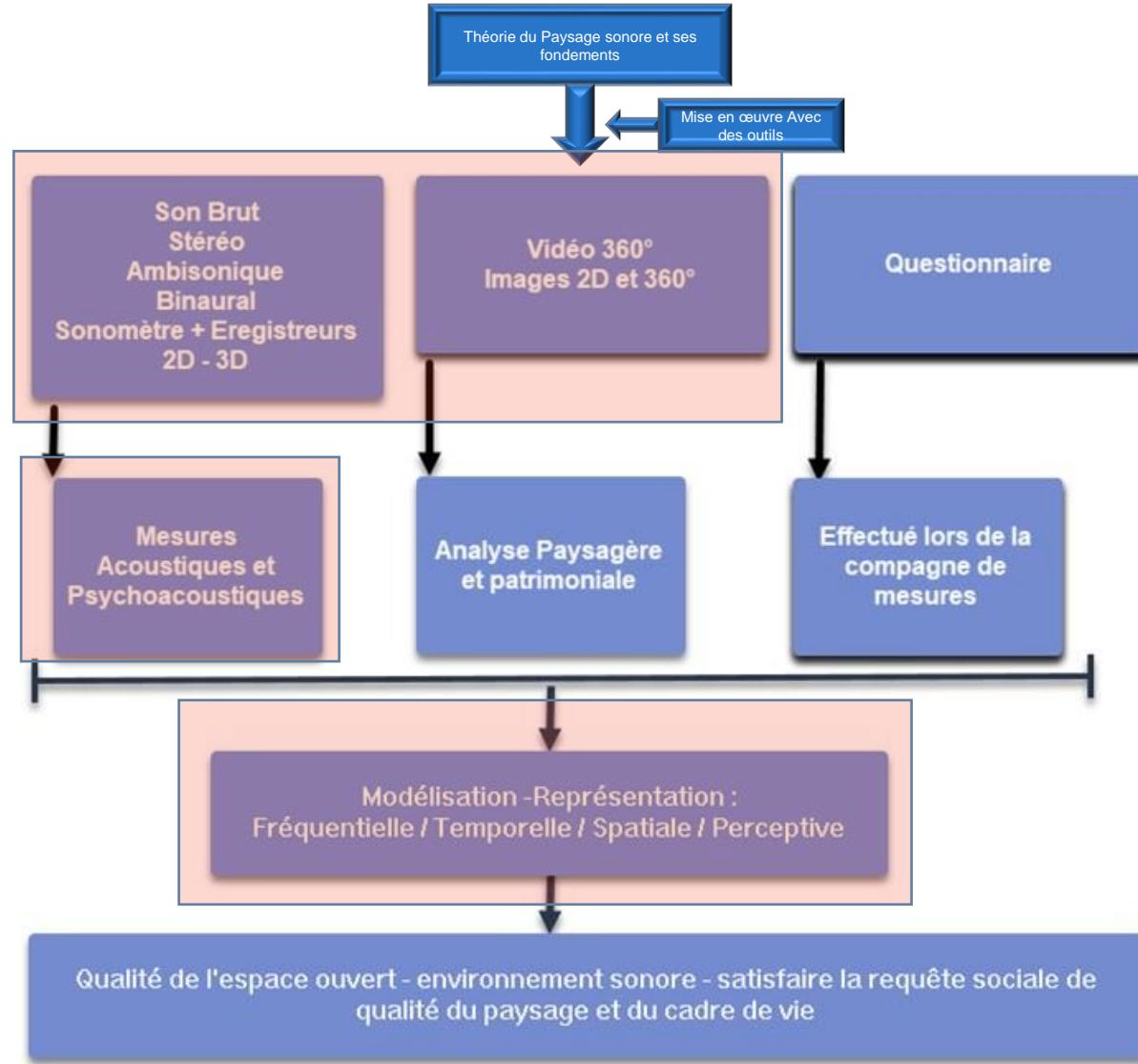
La Sonie sur
24 Bark

La variation en fonction du temps de la sonie et sa variation
Temps/Fréquence-Bark

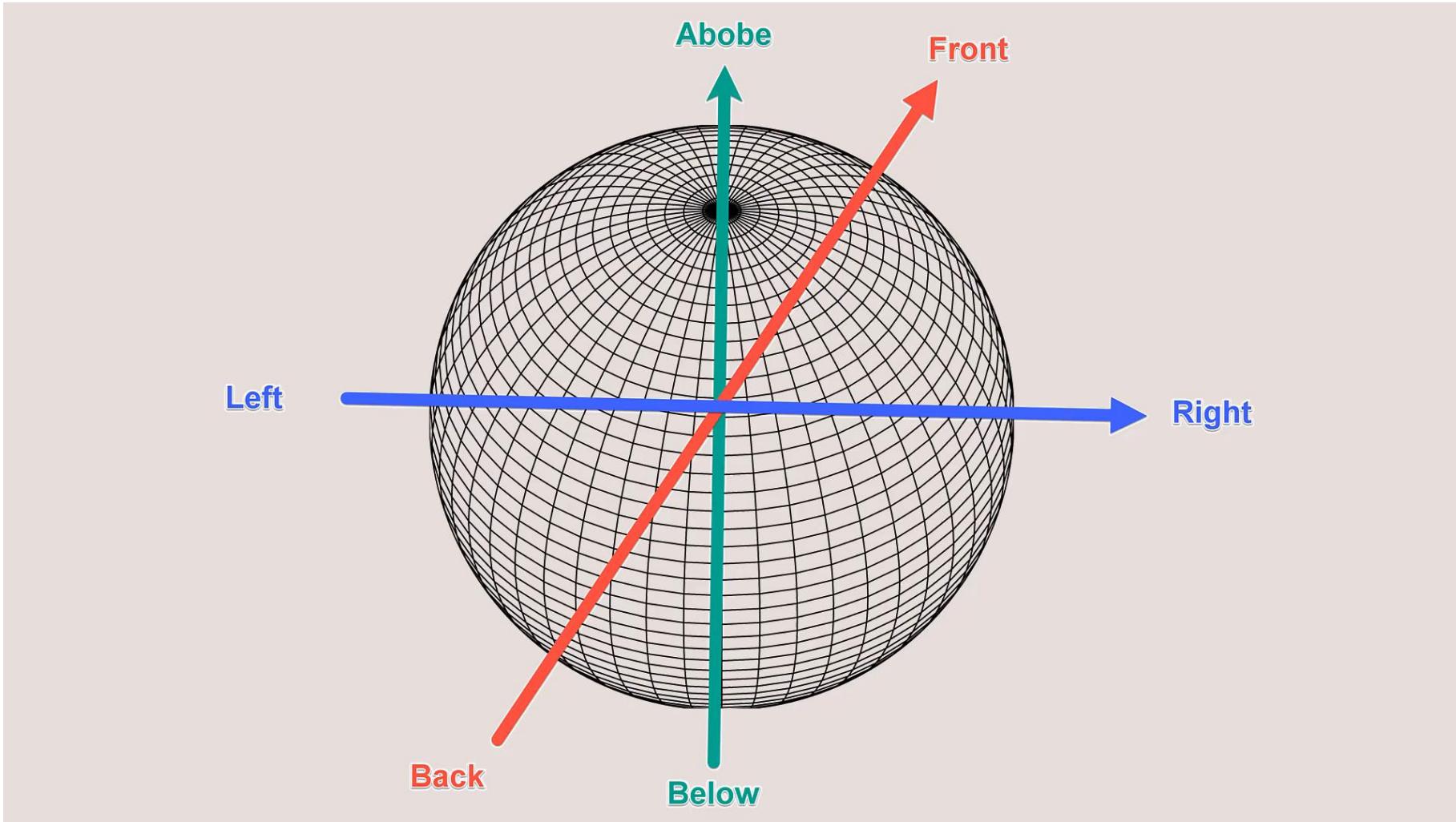


L'aquité en fonction du temps
Montrant les hautes fréquences perçues

Modèle interactif de visualisation et d'interprétation



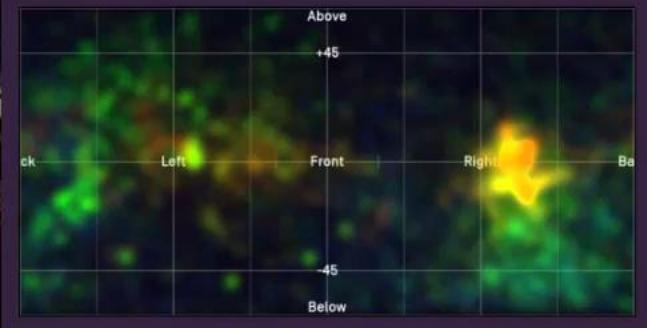
Analyse et visualisation tridimensionnelle



Analyse globale du signal sans filtre sélectif



Représentation 3D Ambisonique
O3A-Flare-Blue-Ripple-Sound



DOCTORAT SCIENCES
BRETAGNE DE LA MER
LOIRE ET DU LITTORAL
iRENAV

© Mohamed Amin Hammami
© Christophe Claramunt

NX Virtual Mix Room
(Ambisonics Quad)



Spectrogramme du signal
Ambisonique

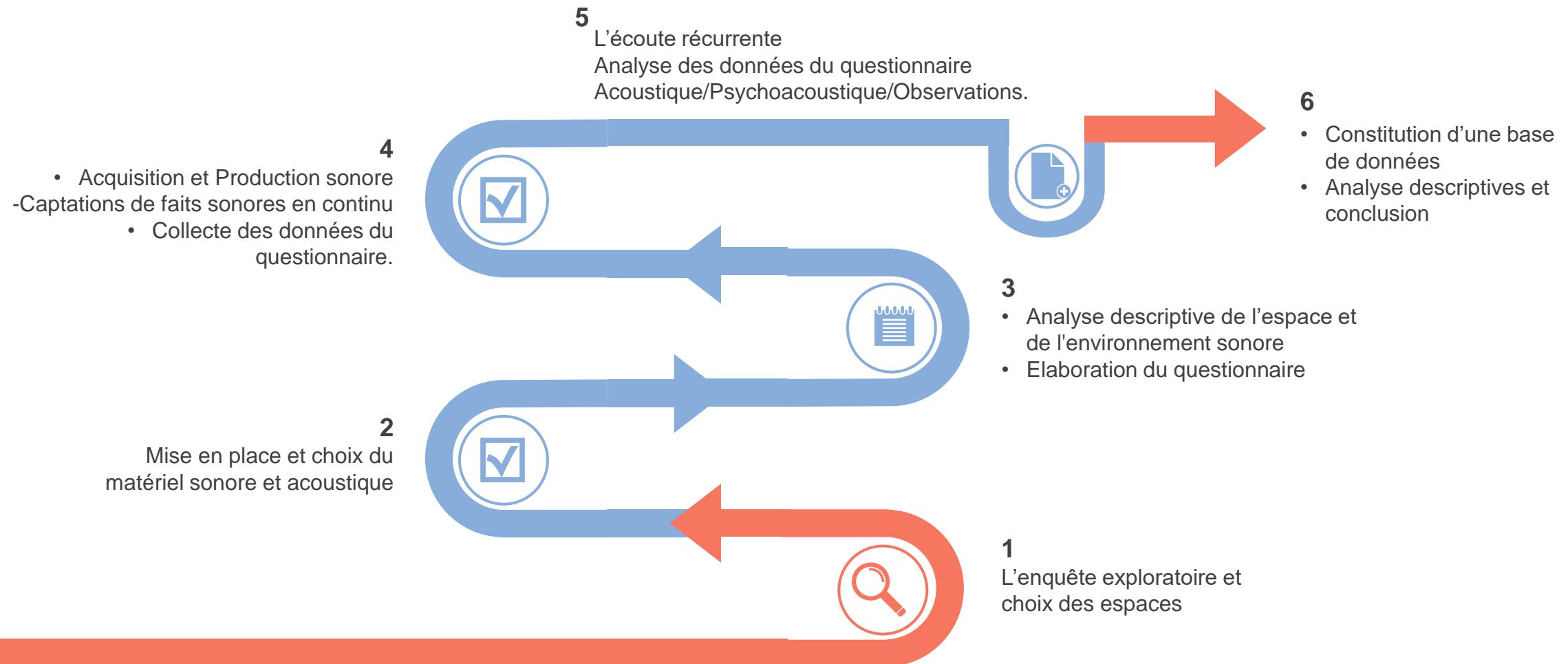


Mise en œuvre et résultats

Résultats de l'approche expérimentale appliquée
au contexte de la ville de Sidi Bou Saïd.

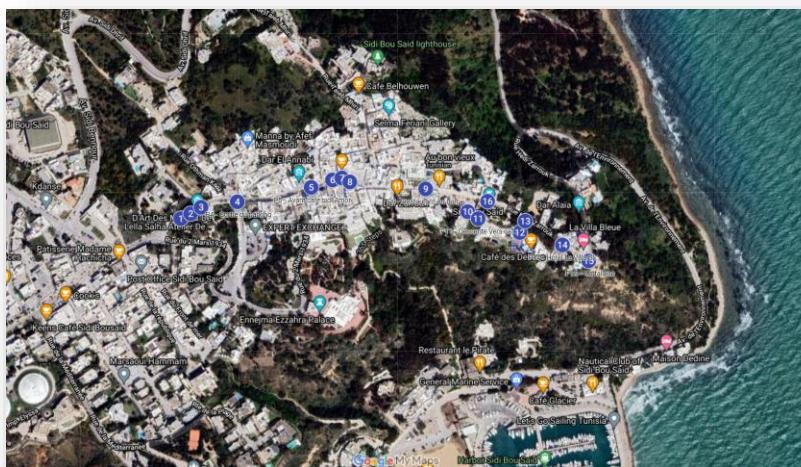


Protocole expérimental

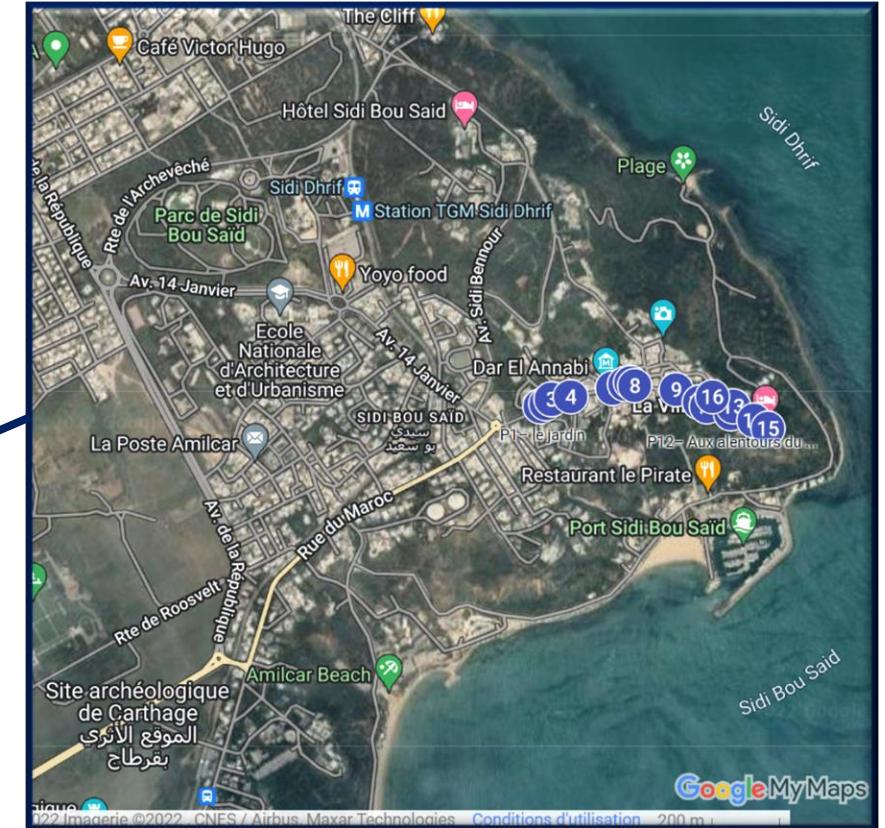
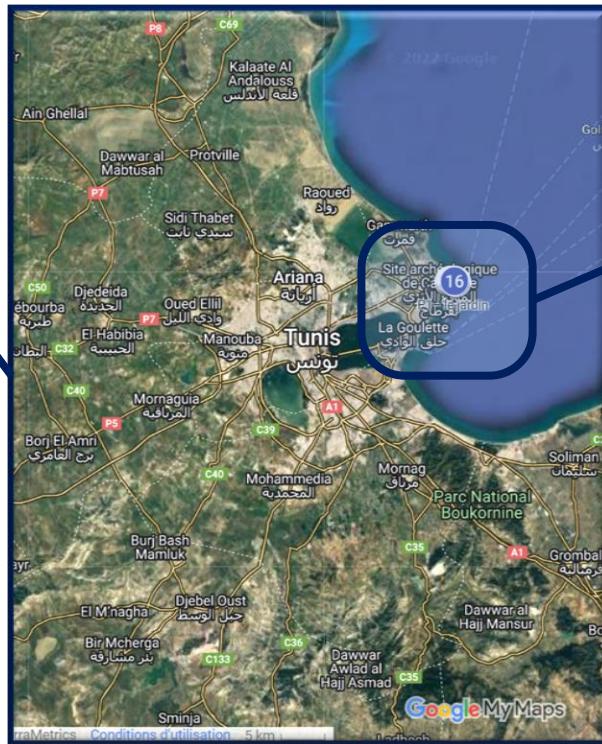


Le site d'étude : Sidi Bou Saïd

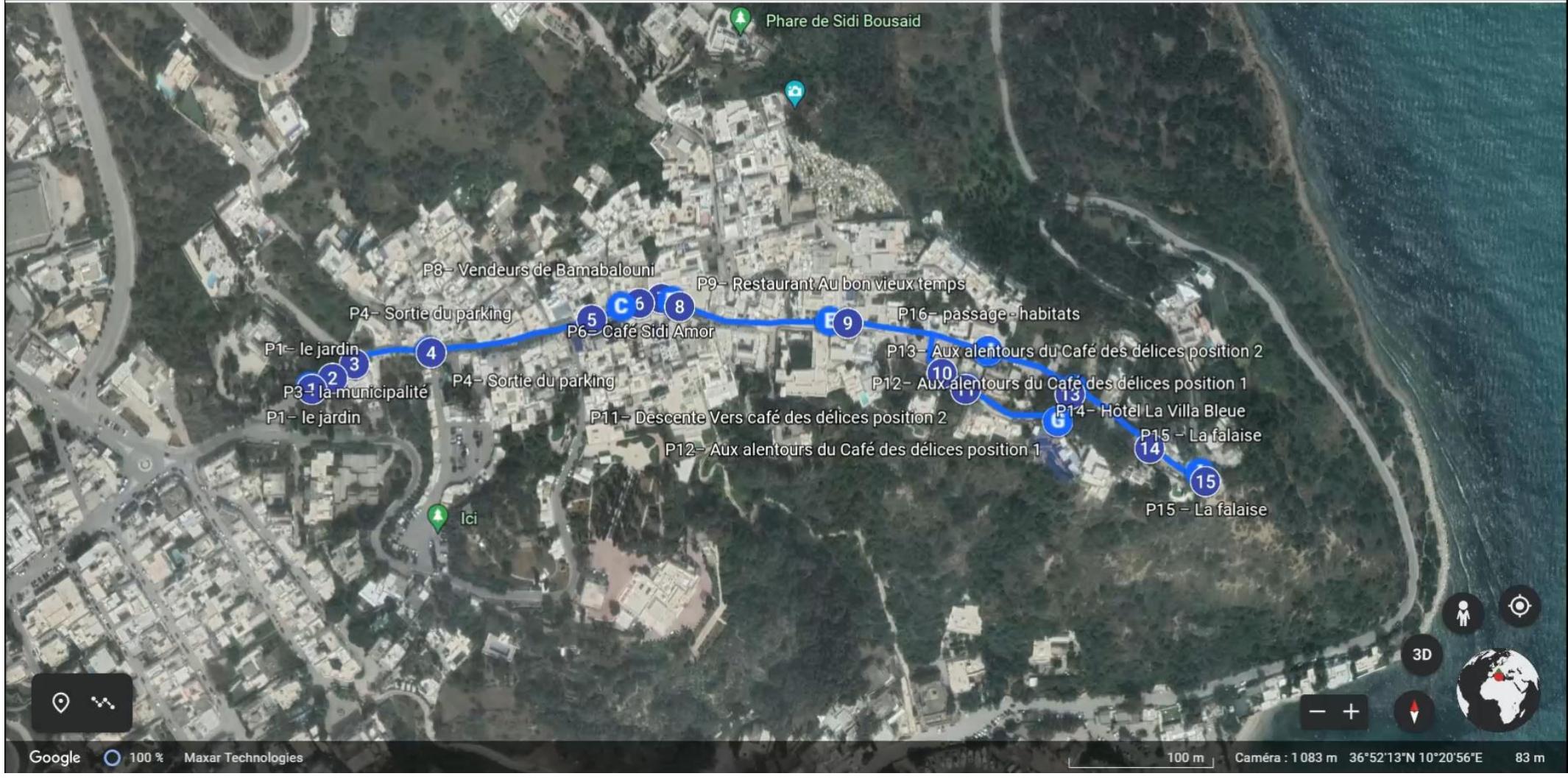
- Sidi Bou Saïd est un village du nord de la Tunisie
- 20 kilomètres au nord-est de la capitale
- Environ 6000 habitants
- Un lieu historique riche avec un parcours urbain qui se déroule sur une progression de ruelles comprenant deux cafés antiques, une richesse patrimoniale, plusieurs boutiques d'artisanat avec des hôtels et restaurants à proximité et une falaise surplombant la mer et le port de plaisance, une rencontre romantique mythique
- Lieu riche en histoire et acoustique



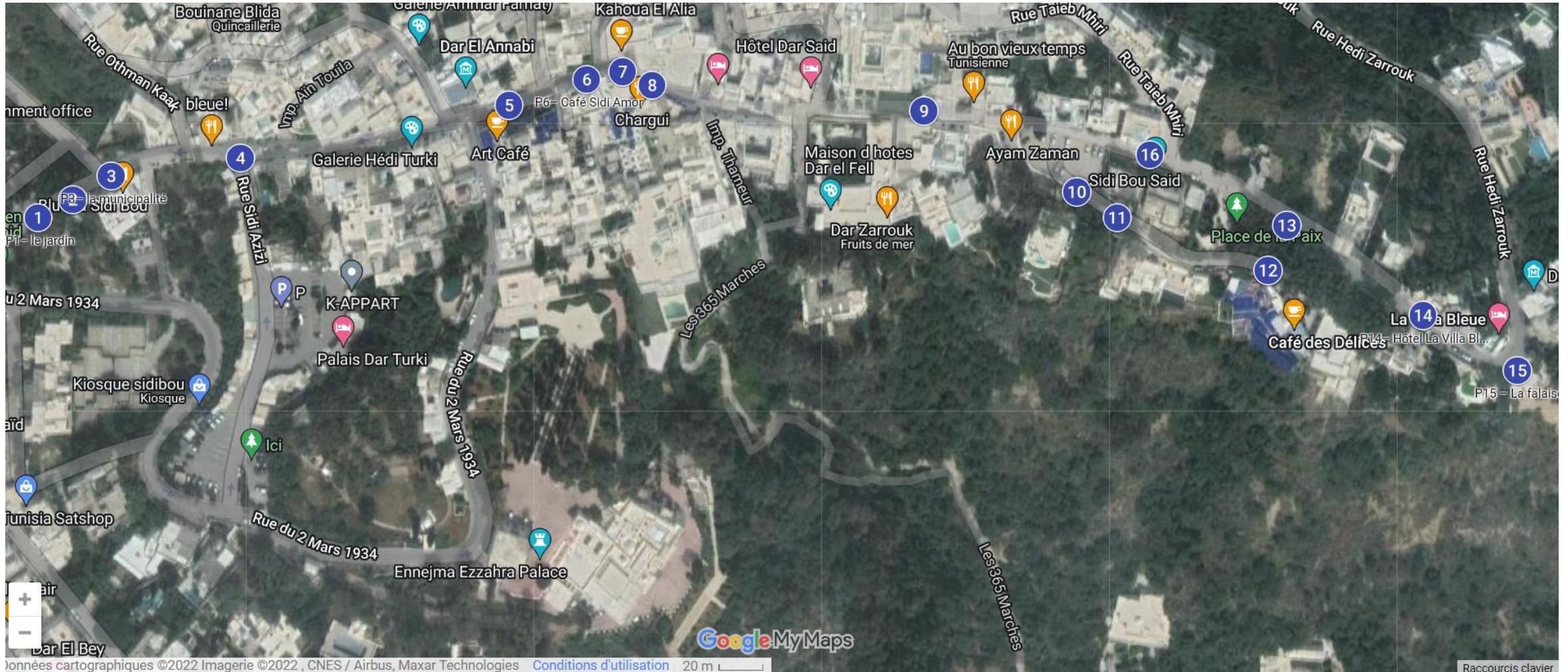
Le site d'étude : Sidi Bou Saïd



Le site d'étude : Sidi Bou Saïd



Le site d'étude : Sidi Bou Saïd



Le site d'étude : Sidi Bou Saïd



Taxonomie et caractéristiques sonores du parcours

Anthrophonique	Humain	Brouhaha, cris Effet cocktail Jeux d'enfants Mouvement, pas Rire, Voix Jeux de cartes (cris et discussion,tapage sur la table)
	Artifiel autonome	Bus, camion, voiture moto Haut-parleur mosquée : appelprière Téléphones portables sonneries Générateur de courant
	Artifiel produit parl'homme	Sifflement police routier Artisanat – percussion darbouka Artisanat – sculpture sur assiette Vaiselle Valises (arrivée touriste) Fumage du narguilé Sifflet train Klaxon Bicyclette Appareillage municipalité
Biophonique	Faune	Chats Chiens Insectes Oiseaux
Géophonique	Nature	Vent Vent sur les arbres Écoulement d'eau (fontaine)

Protocole des enregistrements

Stabilisation du matériel

Avant

Localisation sur la carte

Condition météorologique

Vent vitesse + protection
+ Calibrage du matériel

Date Heure

Enregistrements

3 minutes

Enregistrement ambisonique

Enregistrement Audio Stéréo

Enregistrement Vidéo 360°

Mesures acoustique
(Sonomètre)

Vérification

Après

Vérification des données

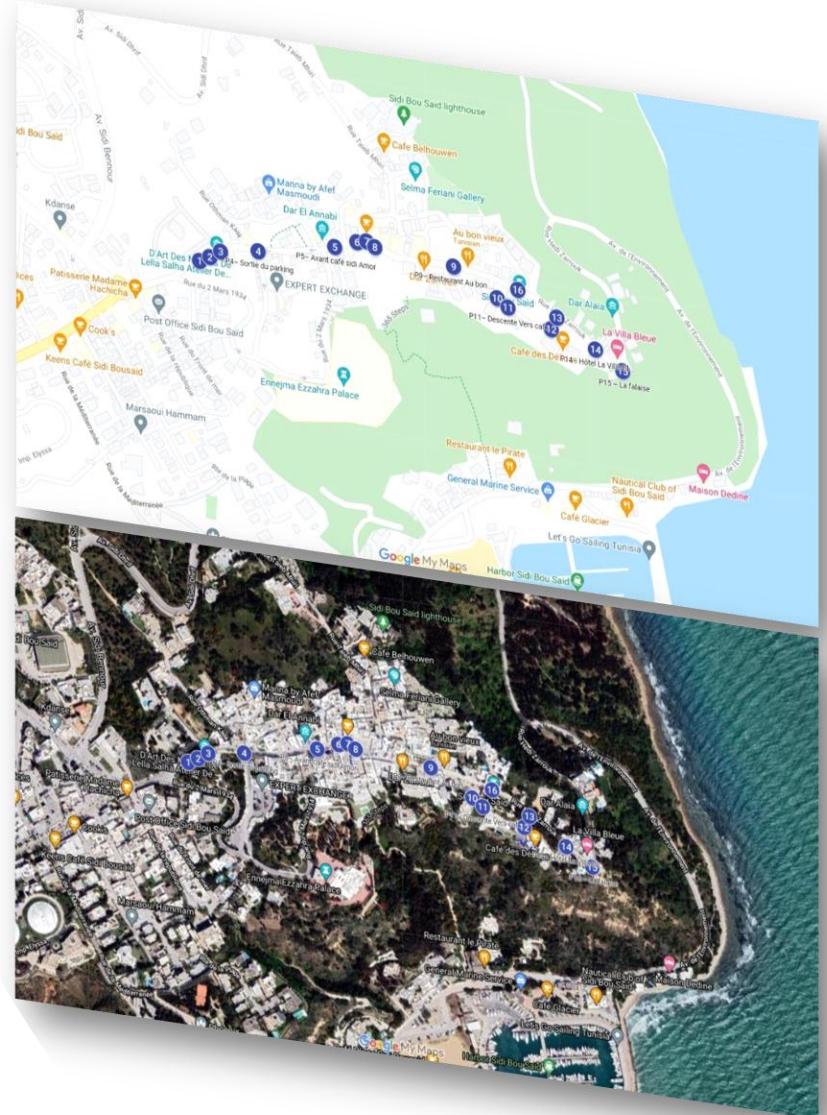
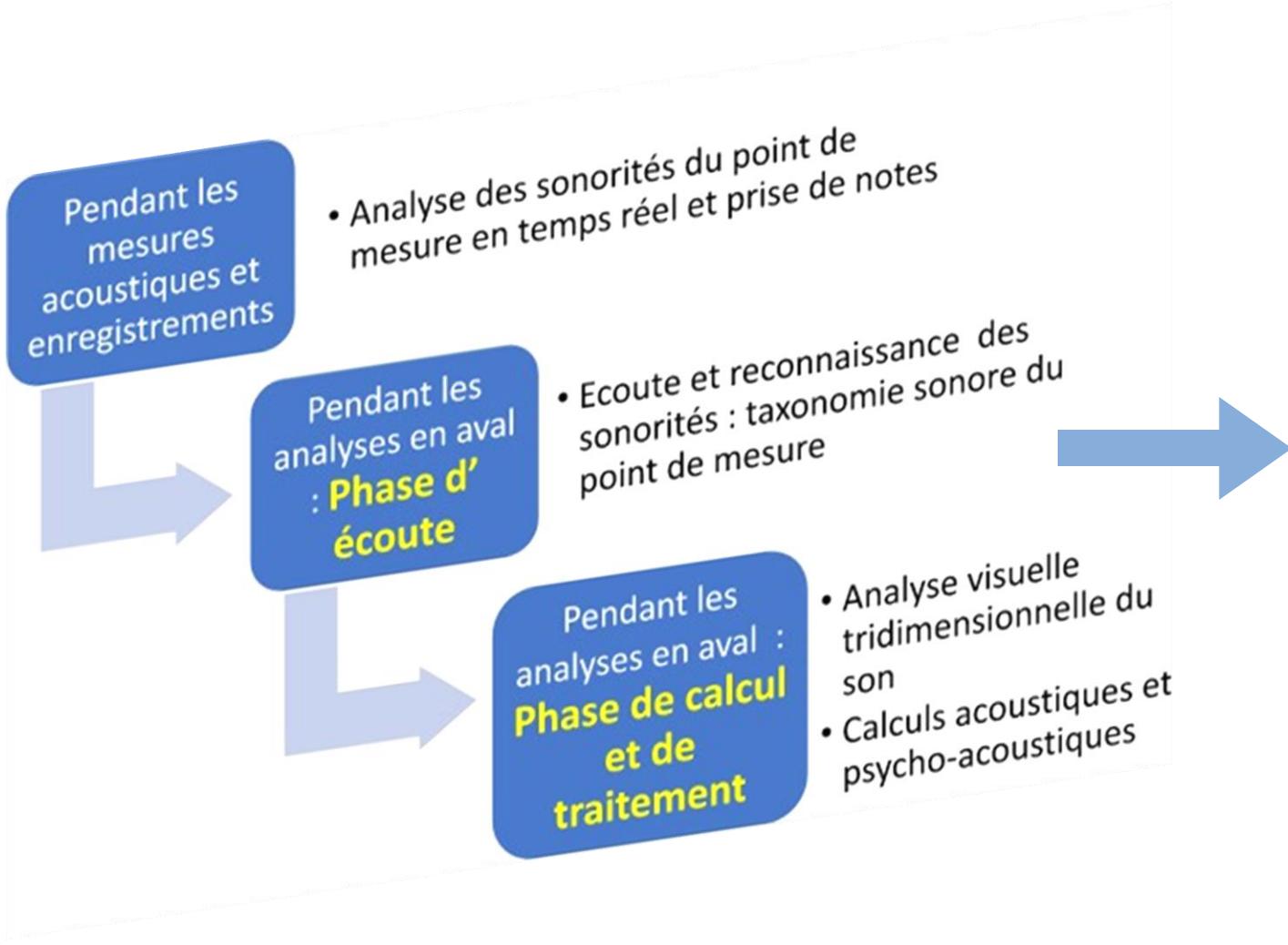
Rapport préliminaire de Taxonomie

Importance patrimoniale/culturelle

Protection du matériel



Caractéristiques sonores des 16 points



Questionnaire, panel et mode opératoire

- Equipe Terrain:
 - Constituée de 3 personnes (y compris le chercheur)
 - Test rapide d'écoute de 3 fréquences a été effectué.
 - Panel : 91 hommes et 81 femmes entre 18 et 66 ans
 - 3 grandes catégories :
 - Groupe A : des experts c'est à dire des techniciens, ou des ouvriers municipaux qui opèrent dans la gestion urbaine des lieux,
 - Groupe B : des usagers tunisiens permanents ou temporaires,
 - Groupe C : des visiteurs étrangers (touristes).

Nbre	H	F	H+F	% Nbre	Age		Nbre	%
					1: <18	2: 18 – 25 ans	0	0
A	15	20	35	20		2: 18 – 25 ans	28	16
B	60	51	111	65		3: 26 – 35 ans	50	29
C	16	10	26	15		4: 36 – 50 ans	49	28
						5: 50 ans et plus	45	26
ABC	91	81	172	100			172	100
							13.16	39.41

Questionnaire, panel et mode opératoire

- Le paysage sonore a été évalué à l'aide de sept attributs qualitatifs : [Normes (ISO 12913-2, 2017), (ISO 12913-3, 2019)]
 - **Ennuyeux, Calme, Chaotique, Mouvementé, Monotone, Agréable, Excitant**
 - Echelle de satisfaction progressive allant de 1 à 5
- Modèle qualitatif de perception d'un paysage sonore à partir de plusieurs termes qualifie l'environnement sonore regroupés en quatre facteurs bipolaires

A : Plaisir

- A1 : Calme + Agréable : environnement sans évènements et « décontracté »
- A2 : Excitant + Mouvementé : riche en évènements et plaisant

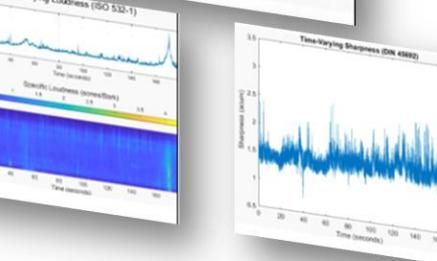
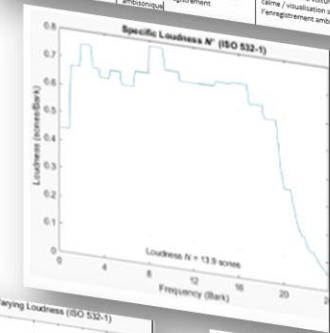
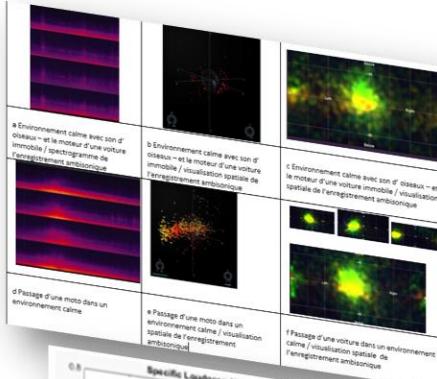
B : Déplaisir

- B1 : Monotone + Ennuyeux : désagréable + sans évènements
- B2 : Chaotique + Mouvementé : désagréable + riche en événements

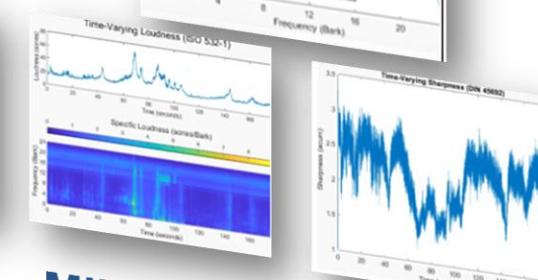
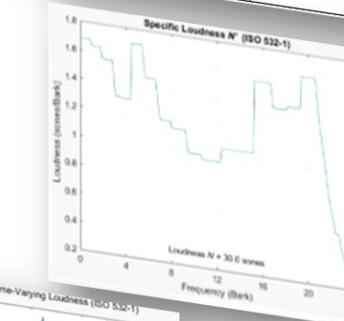
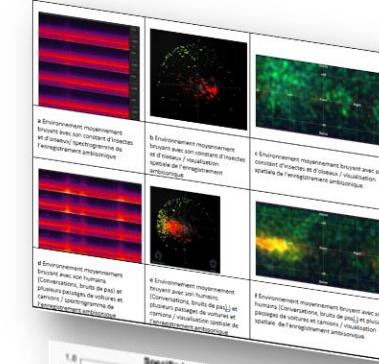
Traitements et interprétation



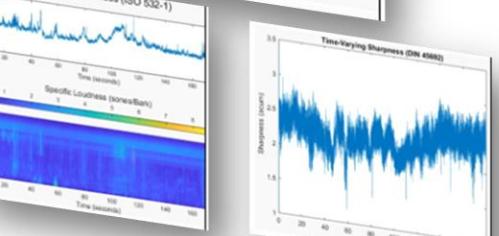
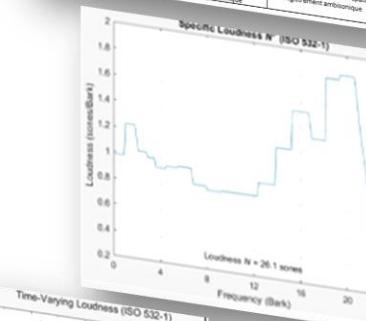
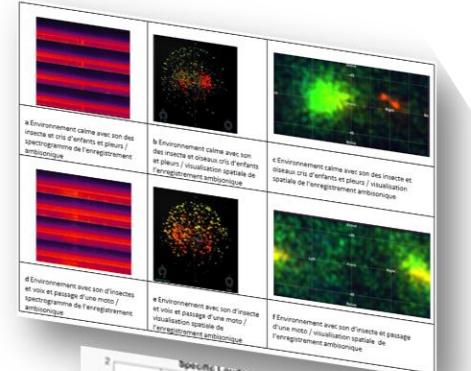
Point 1 – le jardin



Matin



Milieu de la journée

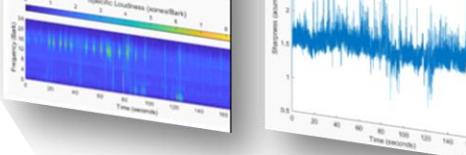
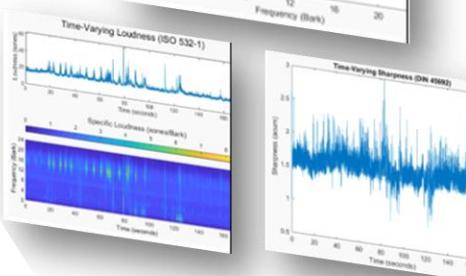
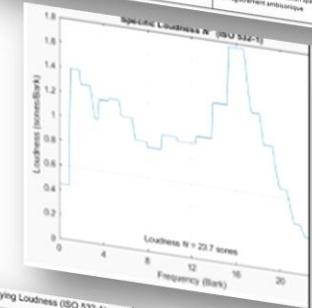
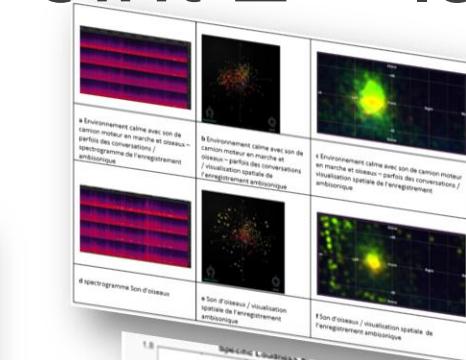


Soirée

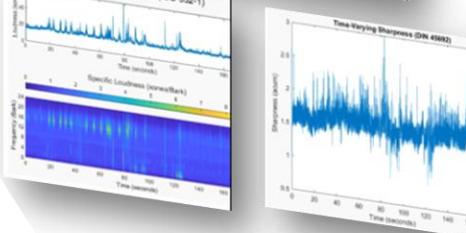
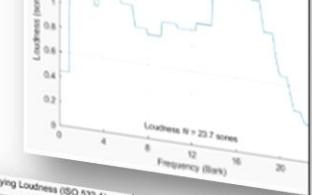
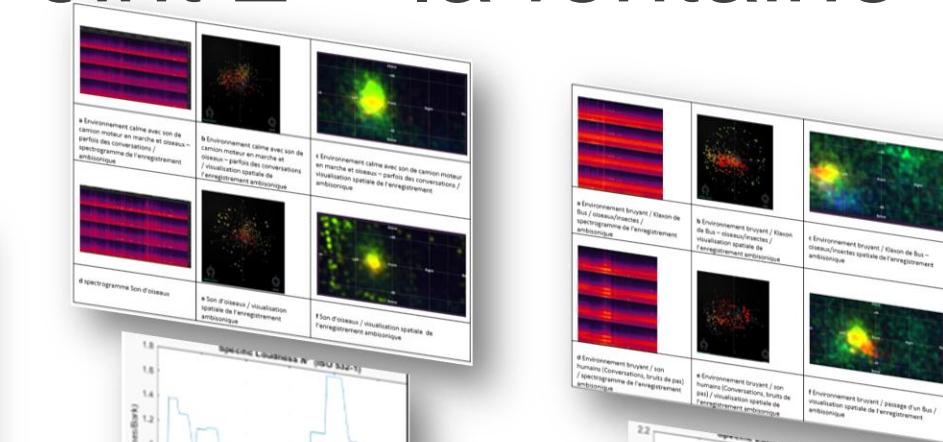
Point 2 – la fontaine



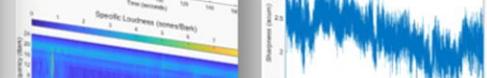
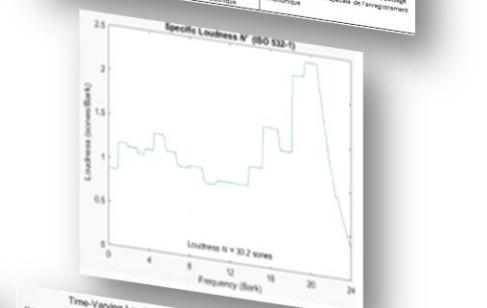
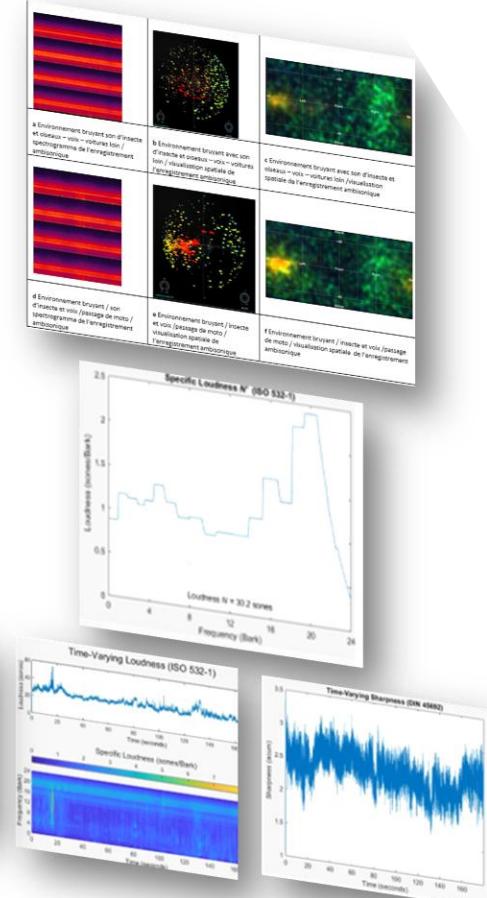
Matin



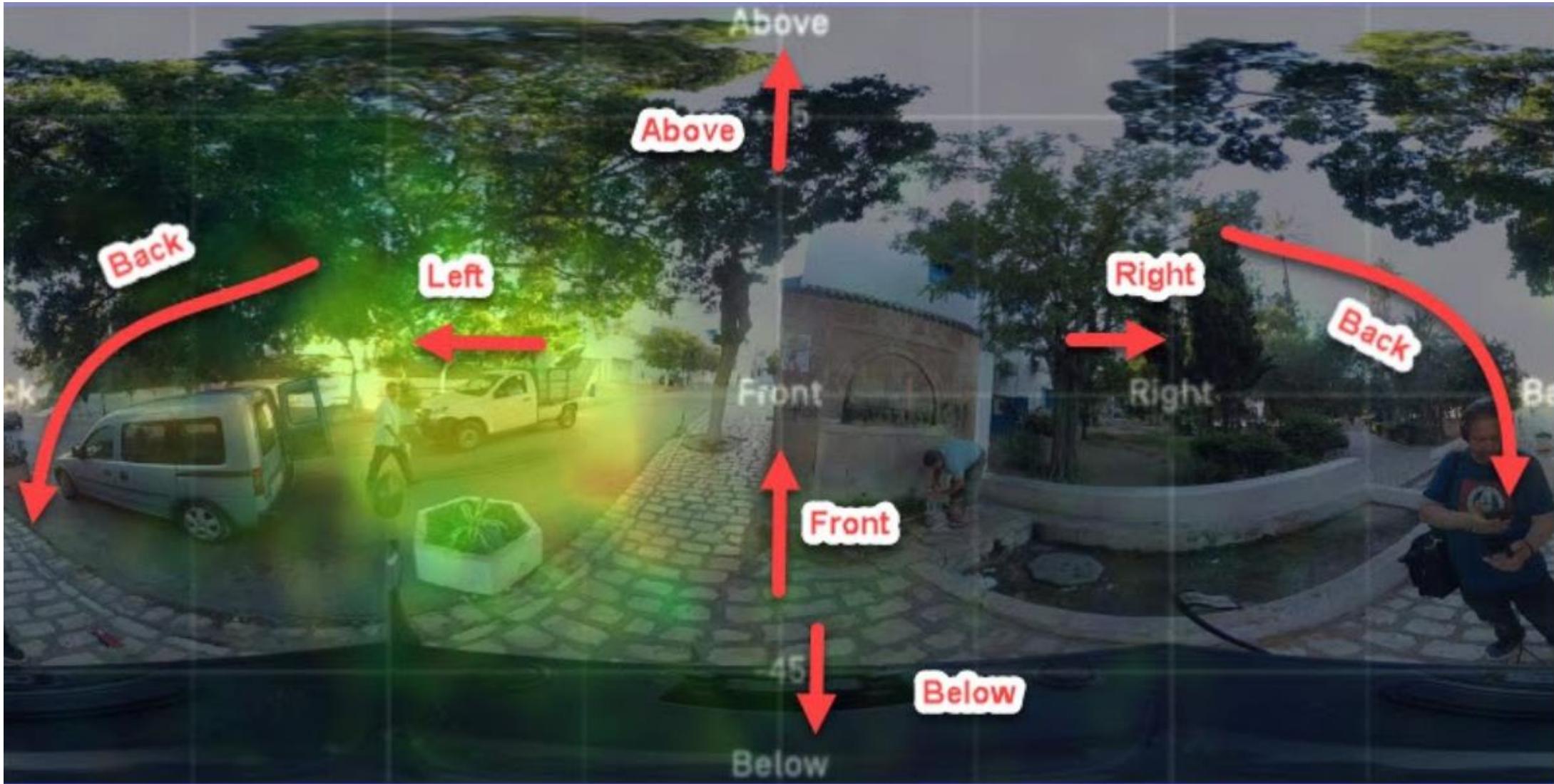
Milieu de la journée



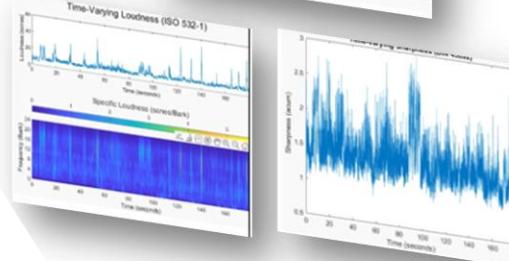
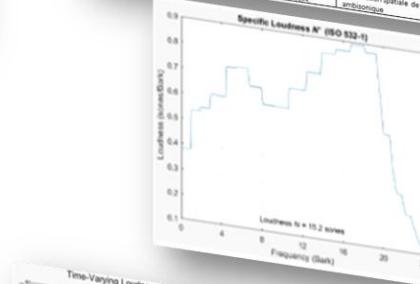
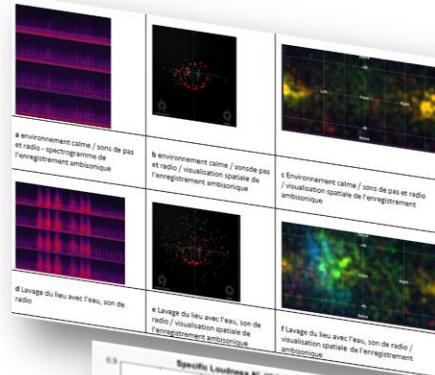
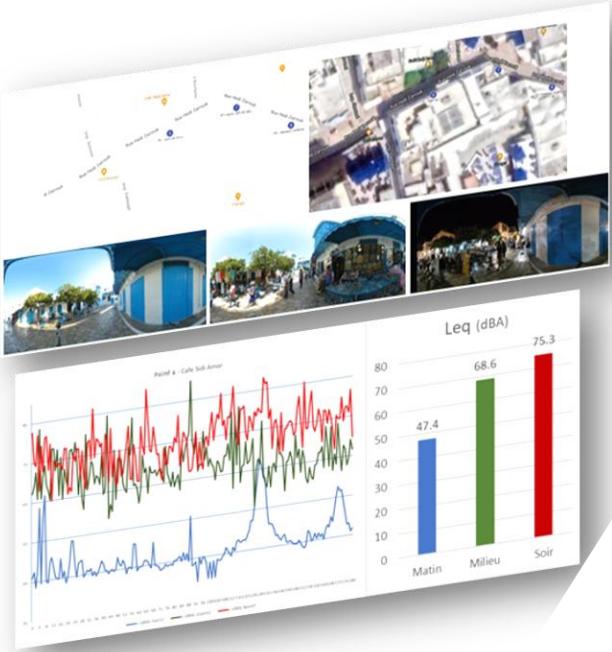
Soirée



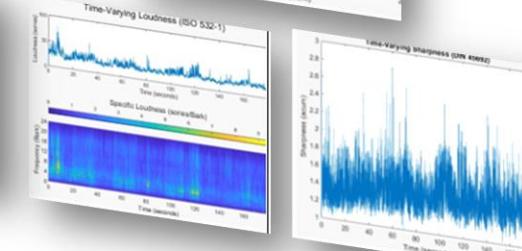
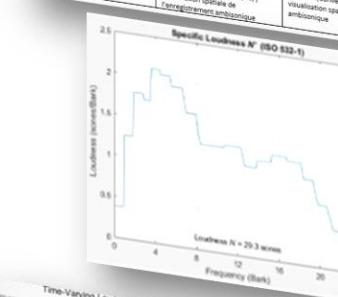
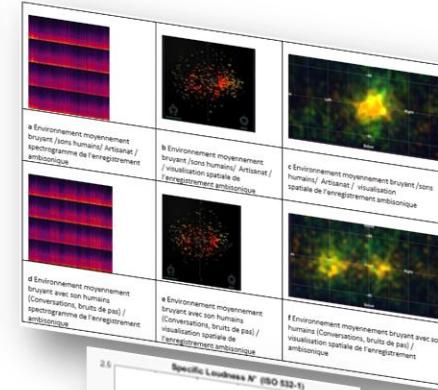
Point 2 – la fontaine



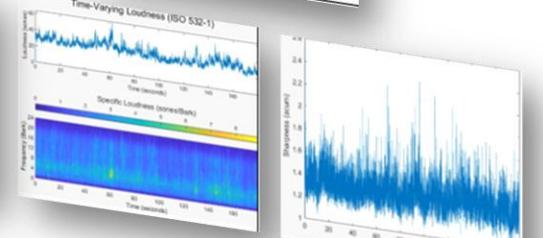
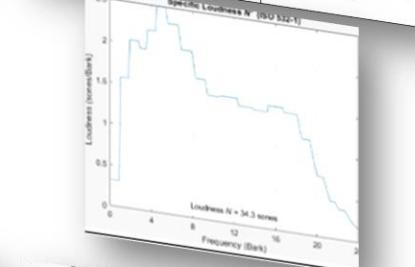
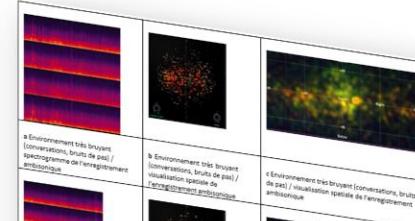
Point 6 – Café Sidi Amor



Matin

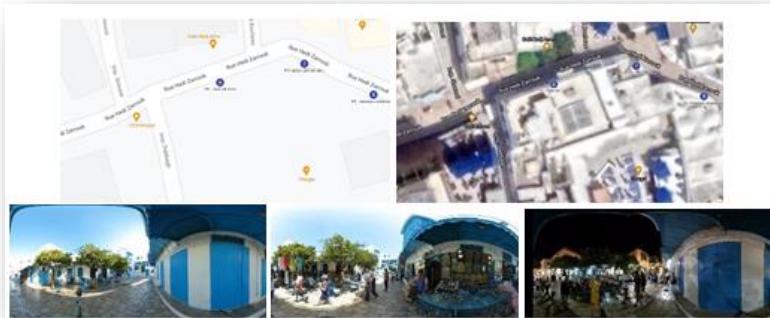


Milieu de la journée

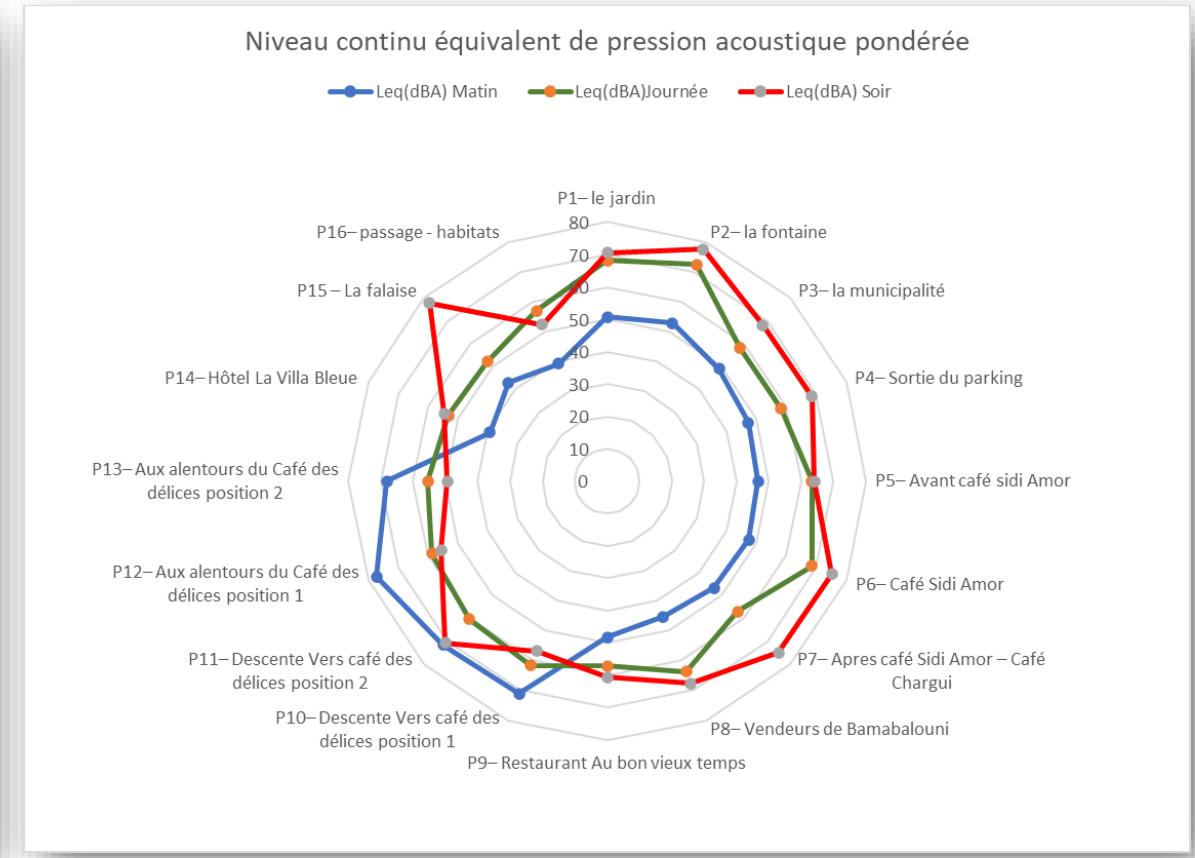
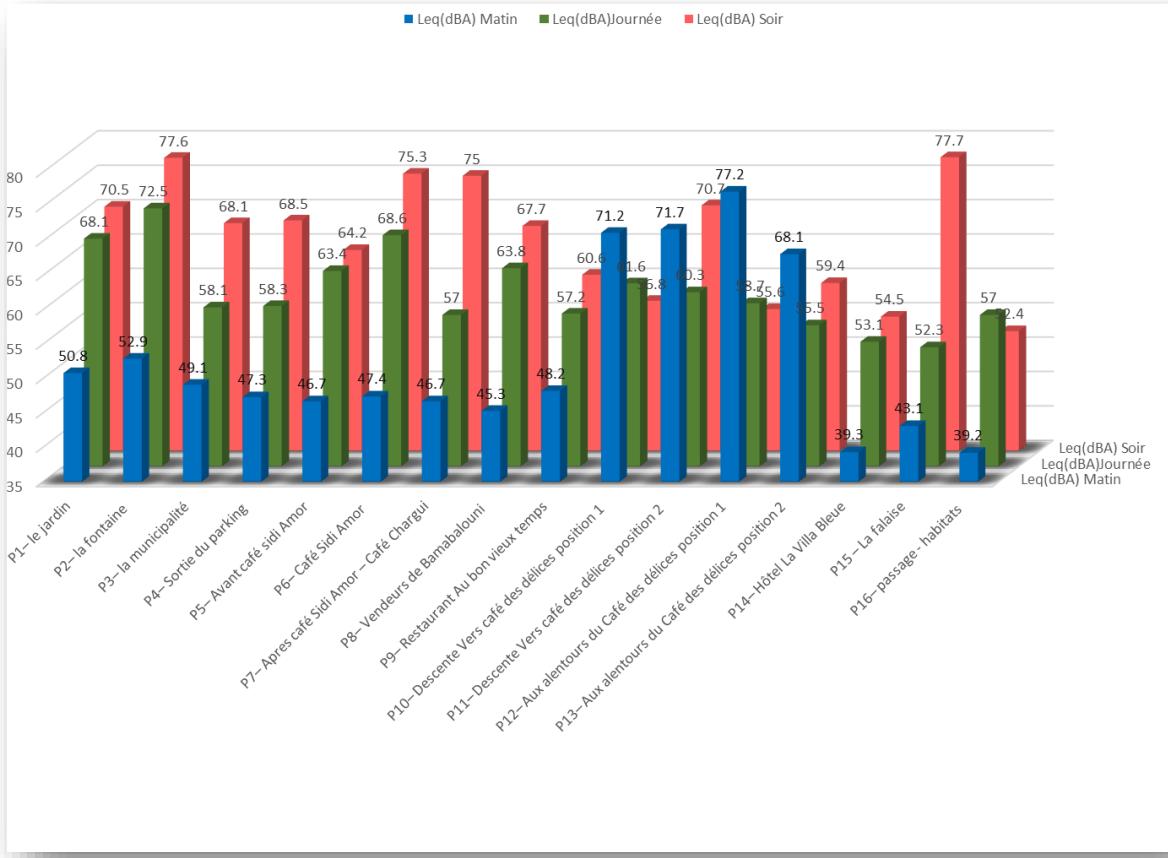


Soirée

Point 6 – Café Sidi Amor

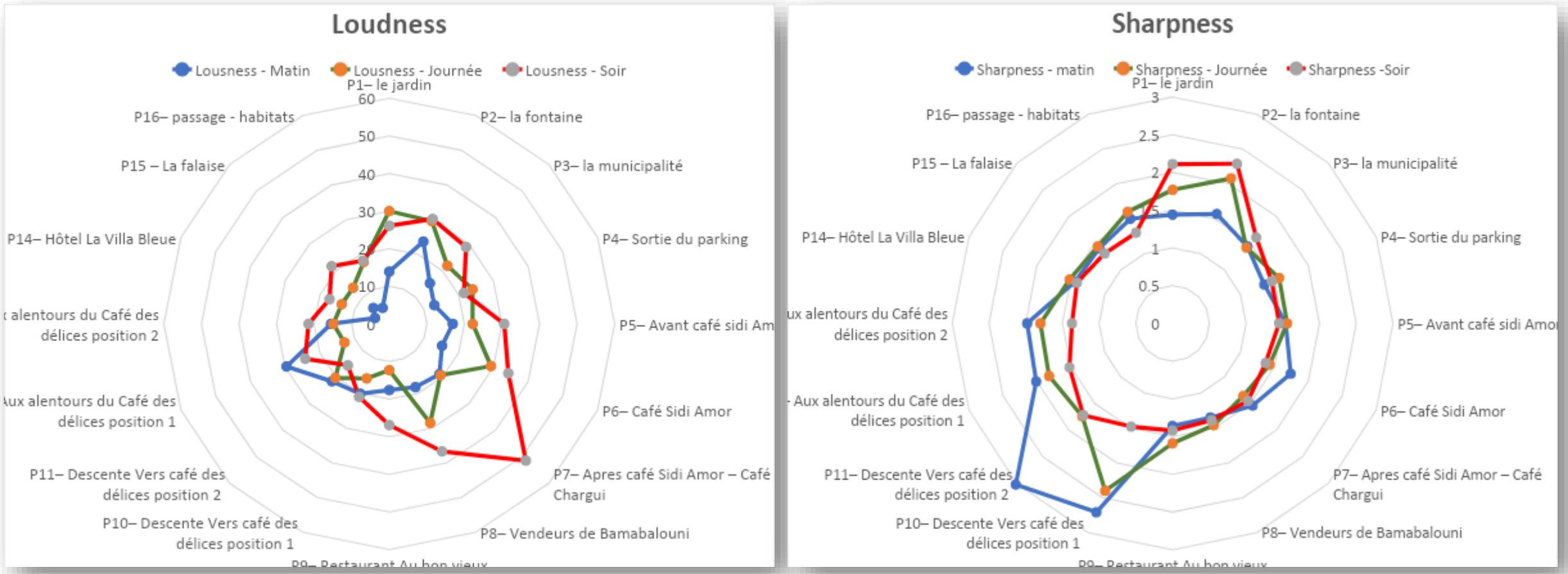


Morphologie acoustique du parcours



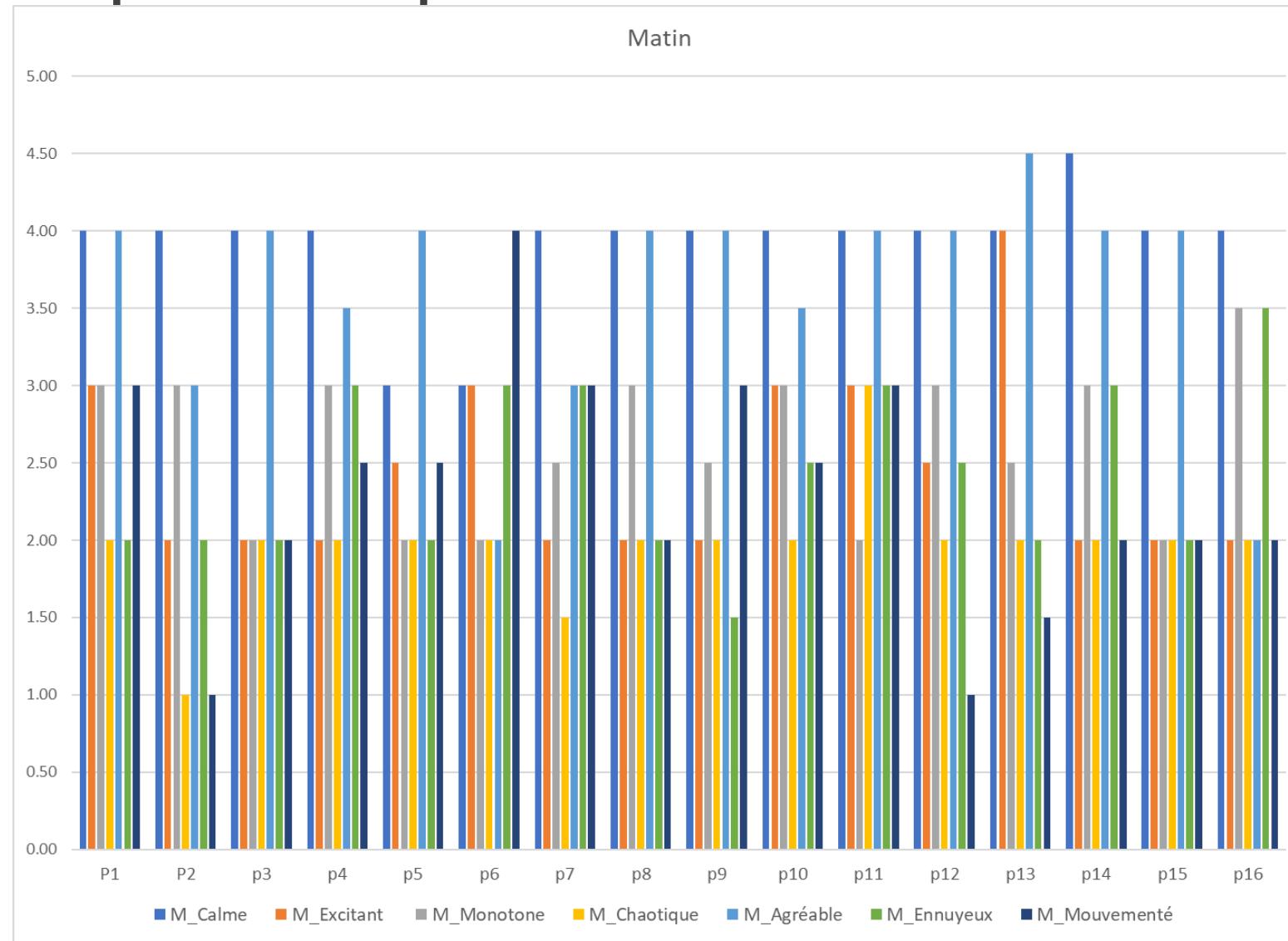
Niveau continu équivalent de pression acoustique pondérée.
(a) visualisation en histogramme (b) visualisation en radar

Morphologie psychoacoustique du parcours



Psychoacoustique du parcours matin / Milieu de la journée/ Soirée
(a) la sonie (b) l'acuité

Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore



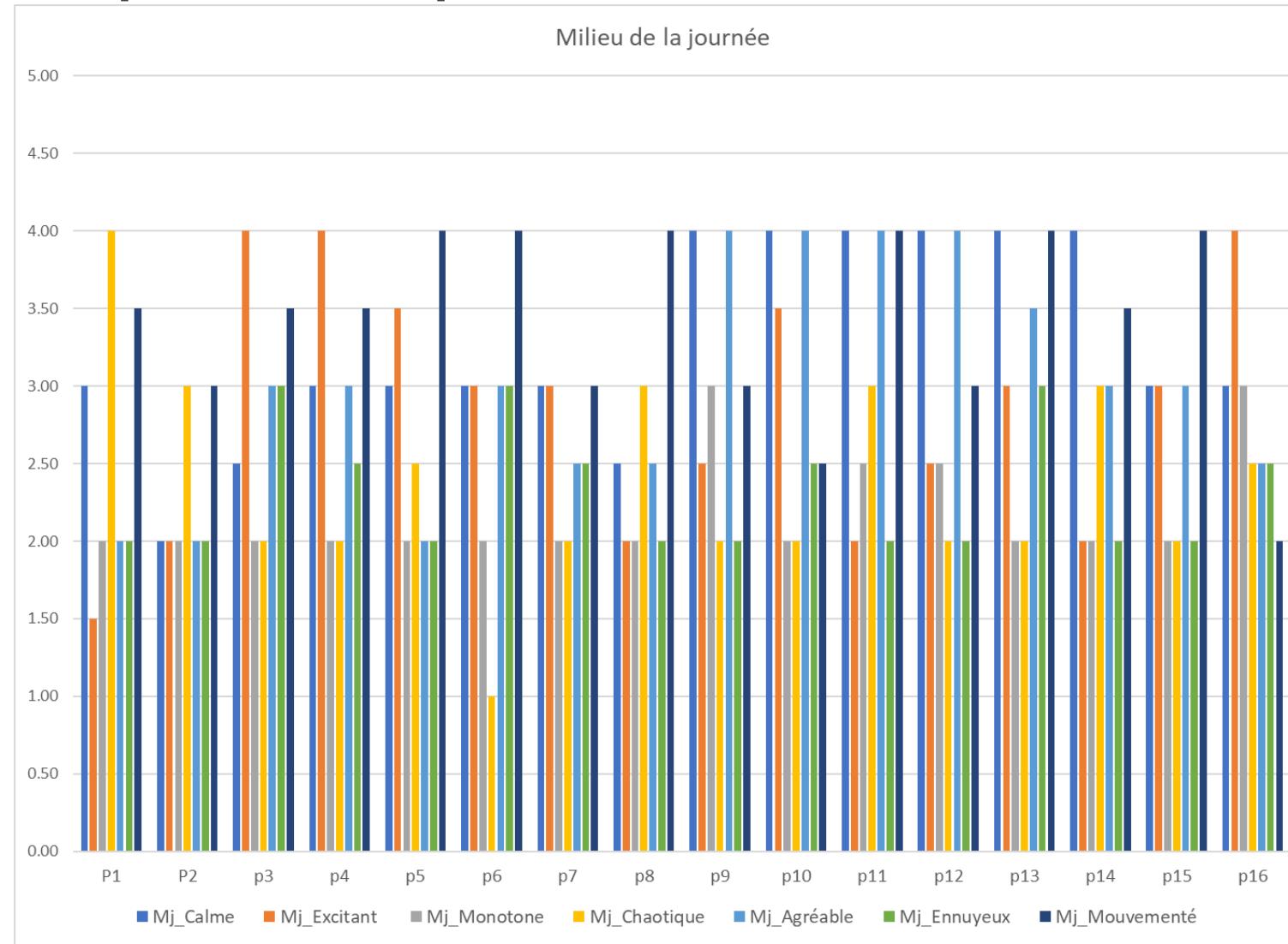
Matin

7 attributs qualitatifs : [Normes (ISO 12913-2, 2017), (ISO 12913-3, 2019)]

Ennuyeux
Calmé
Chaotique
Mouvementé

Monotone
Agréable
Excitant

Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore

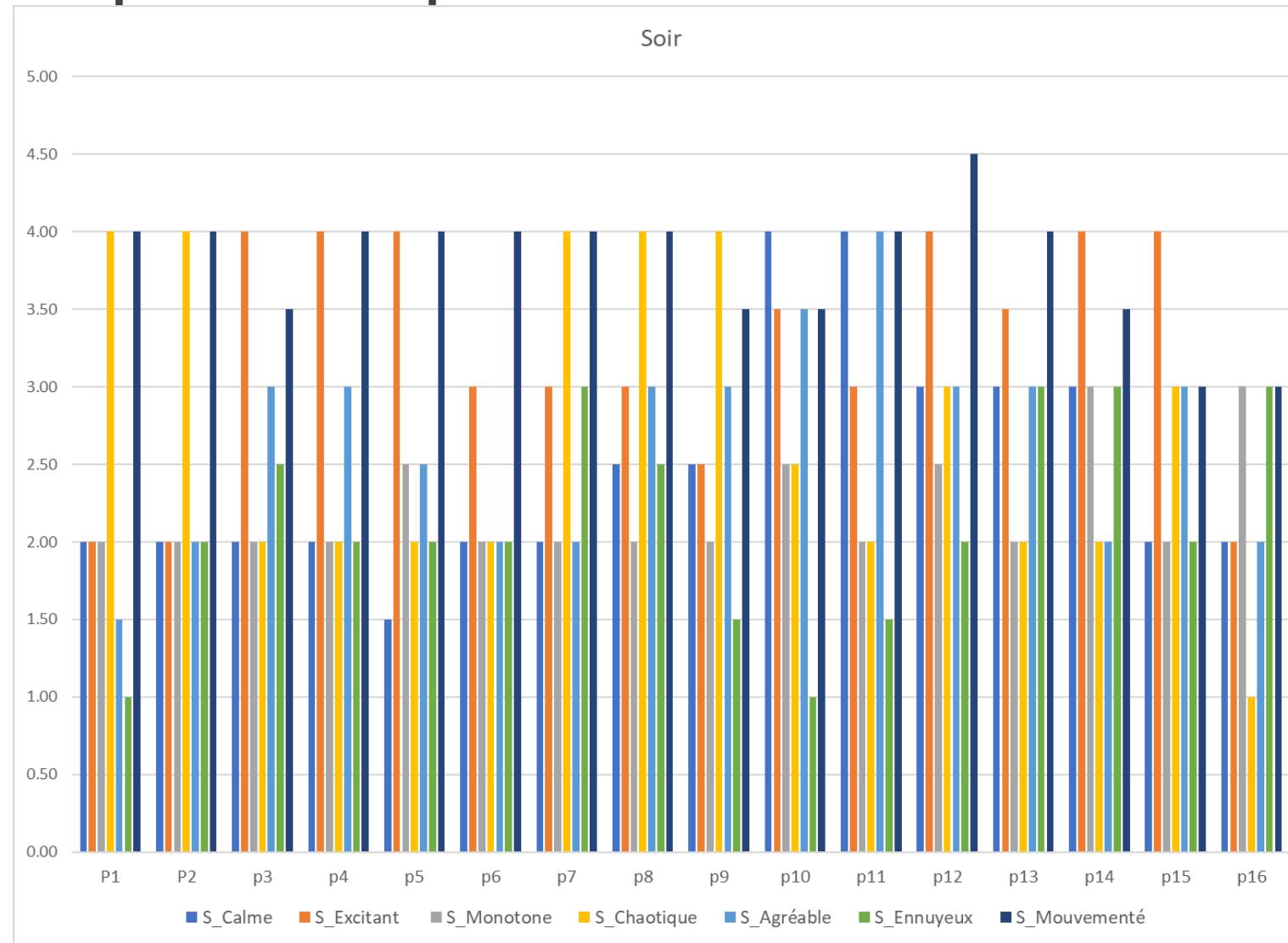


Milieu de la journée

7 attributs qualitatifs : [Normes (ISO 12913-2, 2017), (ISO 12913-3, 2019)]

Ennuyeux
Calmé
Monotone
Agréable
Chaotique
Excitant
Mouvementé

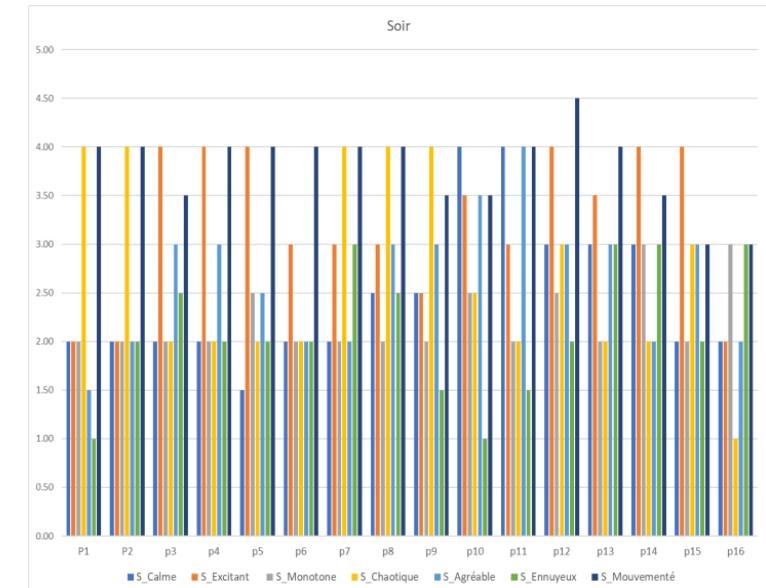
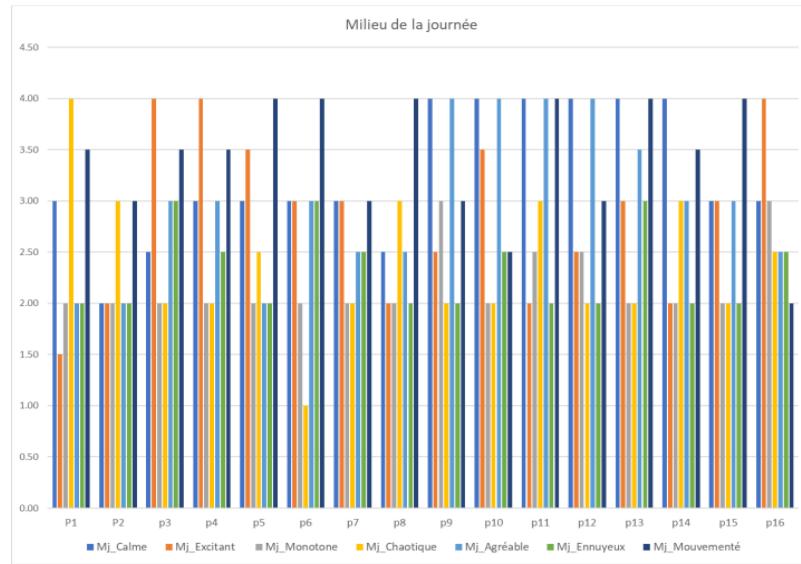
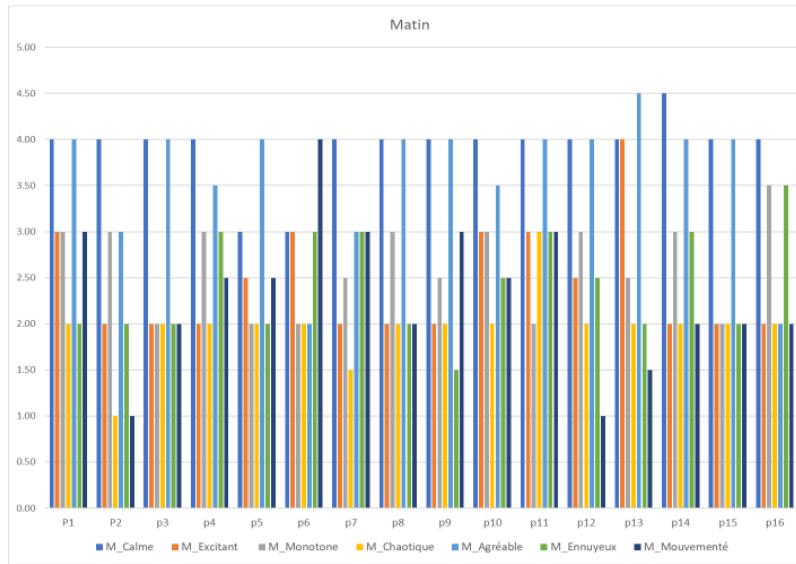
Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore



Soir

Ennuyeux
Calmé
Monotone
Agréable
Chaotique
Excitant
Mouvementé

Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore



Matin

Milieu de la journée

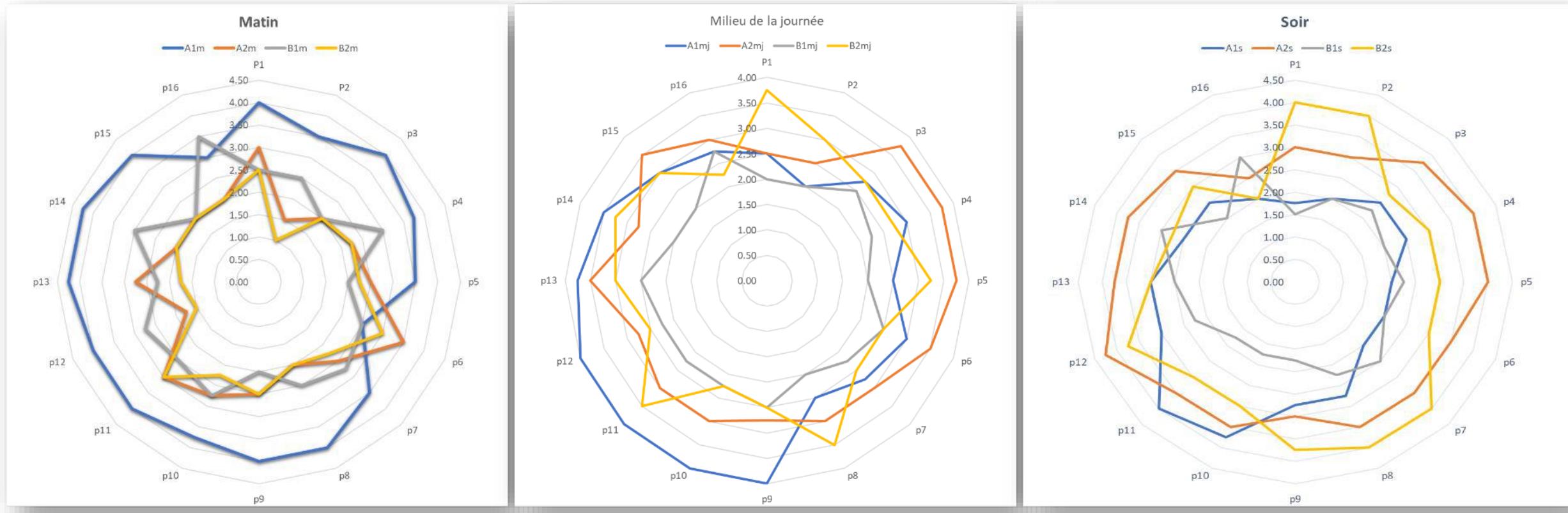
Soir

7 attributs qualitatifs : [Normes (ISO 12913-2, 2017), (ISO 12913-3, 2019)]

Ennuyeux
Calmé
Chaotique
Mouvementé

Monotone
Agréable
Excitant

Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore



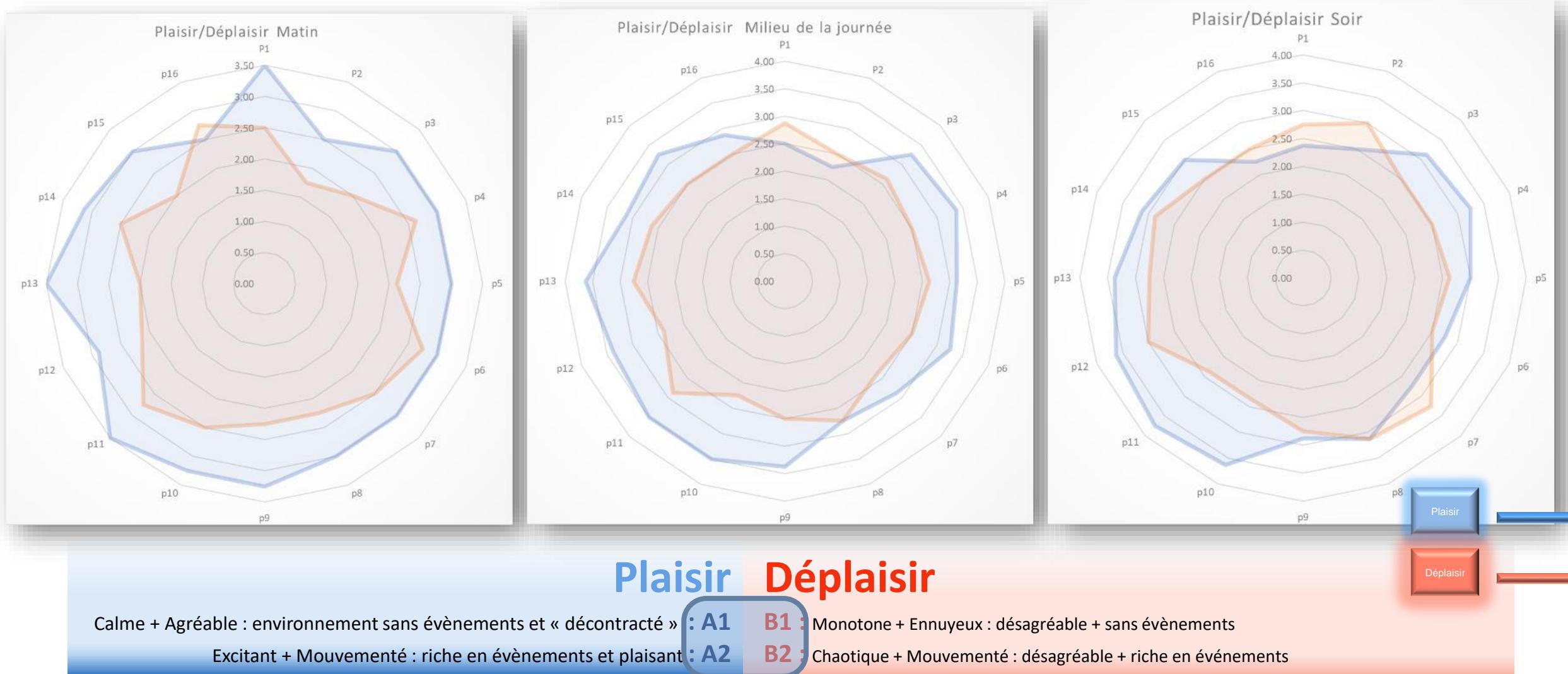
A : Plaisir

- A1 : Calme + Agréable : environnement sans évènements et « décontracté »
- A2 : Excitant + Mouvementé : riche en évènements et plaisant

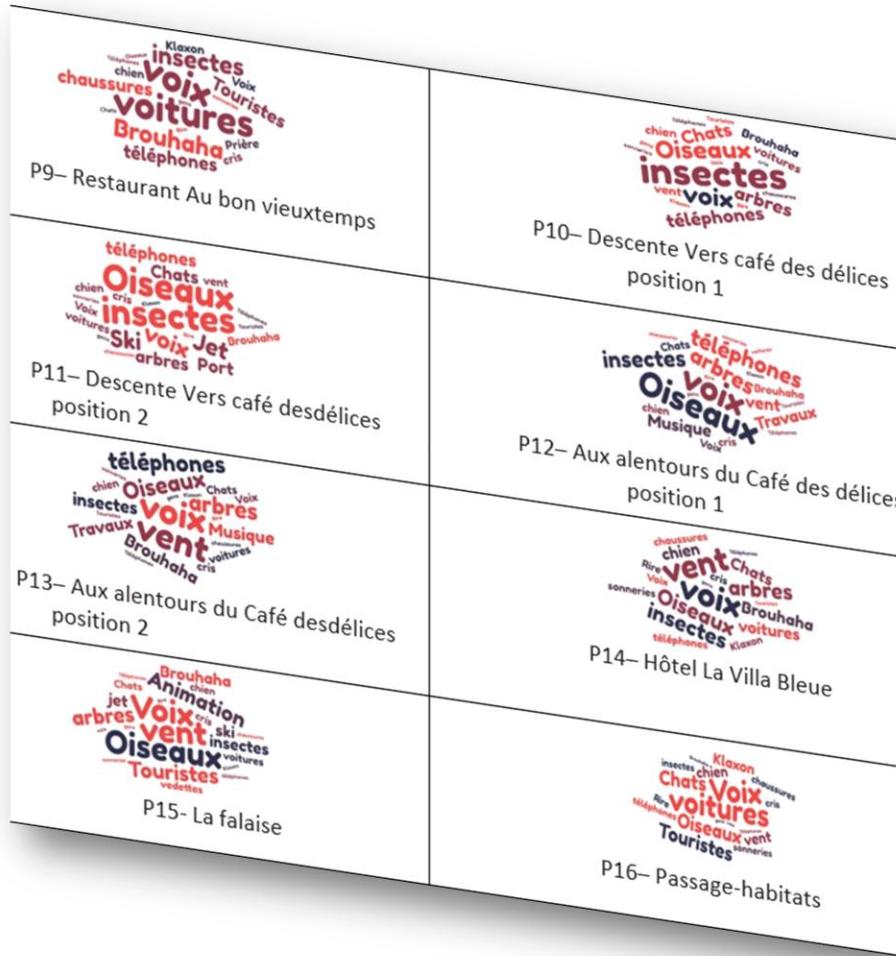
B : Déplaisir

- B1 : Monotone + Ennuyeux : désagréable + sans évènements
- B2 : Chaotique + Mouvementé : désagréable + riche en événements

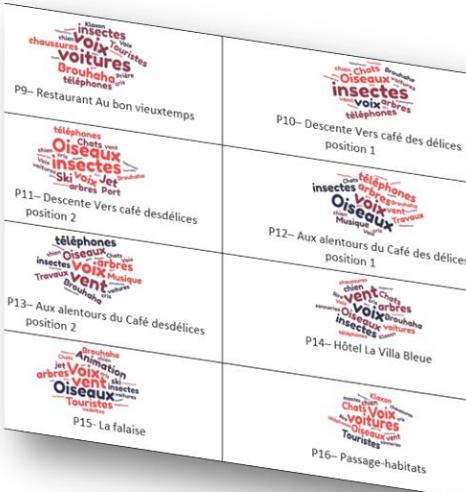
Réponses questionnaire / critères de la qualité sonore



Réponses questionnaire / Taxonomie du parcours



Réponses questionnaire / Taxonomie du parcours



Anthrophonique	Humain	Artificiel autonome	Bus, camion, voiture moto Haut-parleur mosquée: appelprière Téléphones portables sonneries Générateur de courant
Biophonique	Artificiel produit par l'homme	Faune	Valises (arrivée touriste) Fumage du narguilé Sifflet train Klaxon Bicyclette Appareillement municipalité Chiens Insectes Oiseaux
Géophonique	Nature		Vent Vent sur les arbres Écoulement d'eau (fontaine)

Du mesuré au perçu (similitudes et différences)

Point	Leq(dBA)			Loudness			Sharpness			Questionnaire		
	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir
P1- le jardin										A1	B2	B2
P2- la fontaine										A1	B2	B2
P3- la municipalité										A1	A2	A2
P4- Sortie du parking										A1	A2	A2
P5- Avant café sidi Amor										A1	A2	A2
P6- Café Sidi Amor										A2	A2	A2
P7- Apres café Sidi Amor – Café Chargui										A1	A2	B2
P8- Vendeurs de Bamabalouni										A1	B2	B2
P9- Restaurant Au bon vieux temps										A1	A1	B2
P10- Descente Vers café des délices position 1										A1	A1	A1
P11- Descente Vers café des délices position 2										A1	A1	A1
P12- Aux alentours du Café des délices position 1										A1	A1	A2
P13- Aux alentours du Café des délices position 2										A1	A1	A2
P14- Hôtel La Villa Bleue										A1	A1	A2
P15 – La falaise										A1	A2	A2
P16- passage - habitats										B1	A2	B1

Leq(dBA)/Loudness

Très calme

Calme

Moyennement Calme

Bruyant

extrainement bruyant

Sharpness

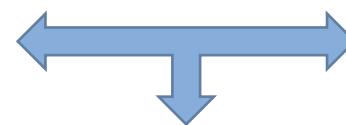
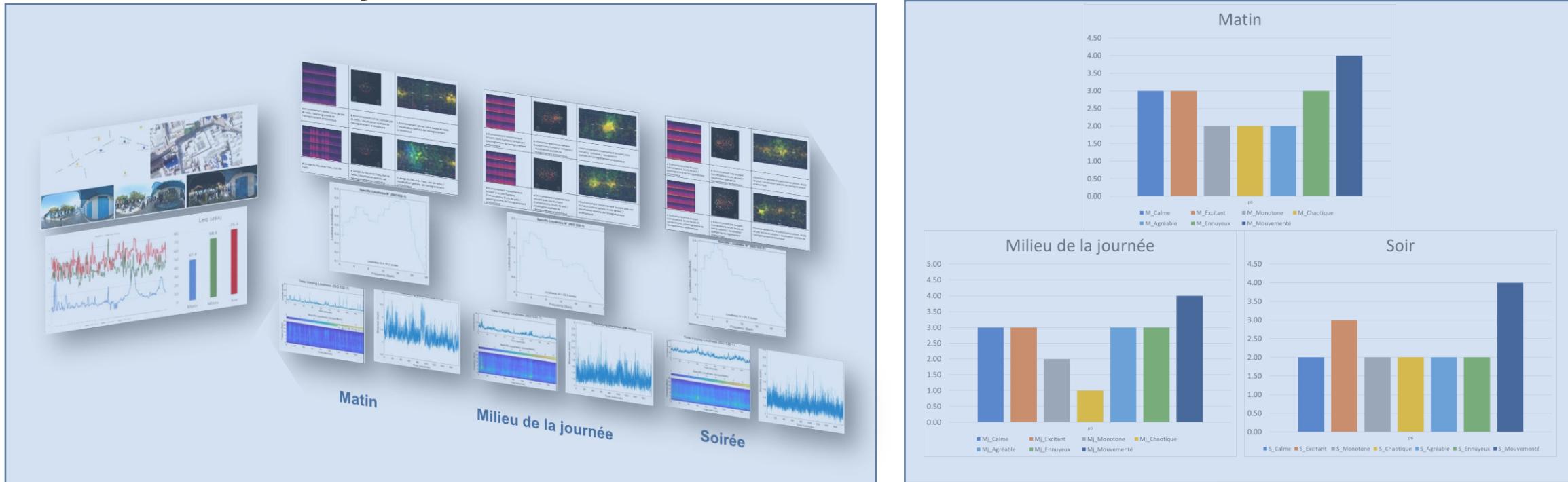
Environnement normal

moyennement aigu

environnement aigu

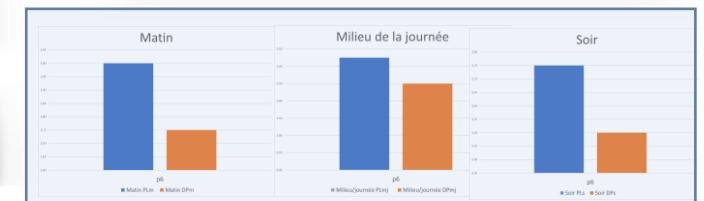
Plaisir	A1	Calme +agréable
	A2	Excitant + Mouvementé
Déplaisir	B1	Monotone+ Ennuyeux
	B2	Chaotique +Mouvementé

Du mesuré au perçu (similitudes et différences) Cas du point 6 – Café Sidi Amor



Plaisir	A1	Calme +agréable
	A2	Excitant + Mouvementé
Déplaisir	B1	Monotone+ Ennuyeux
	B2	Chaotique +Mouvementé

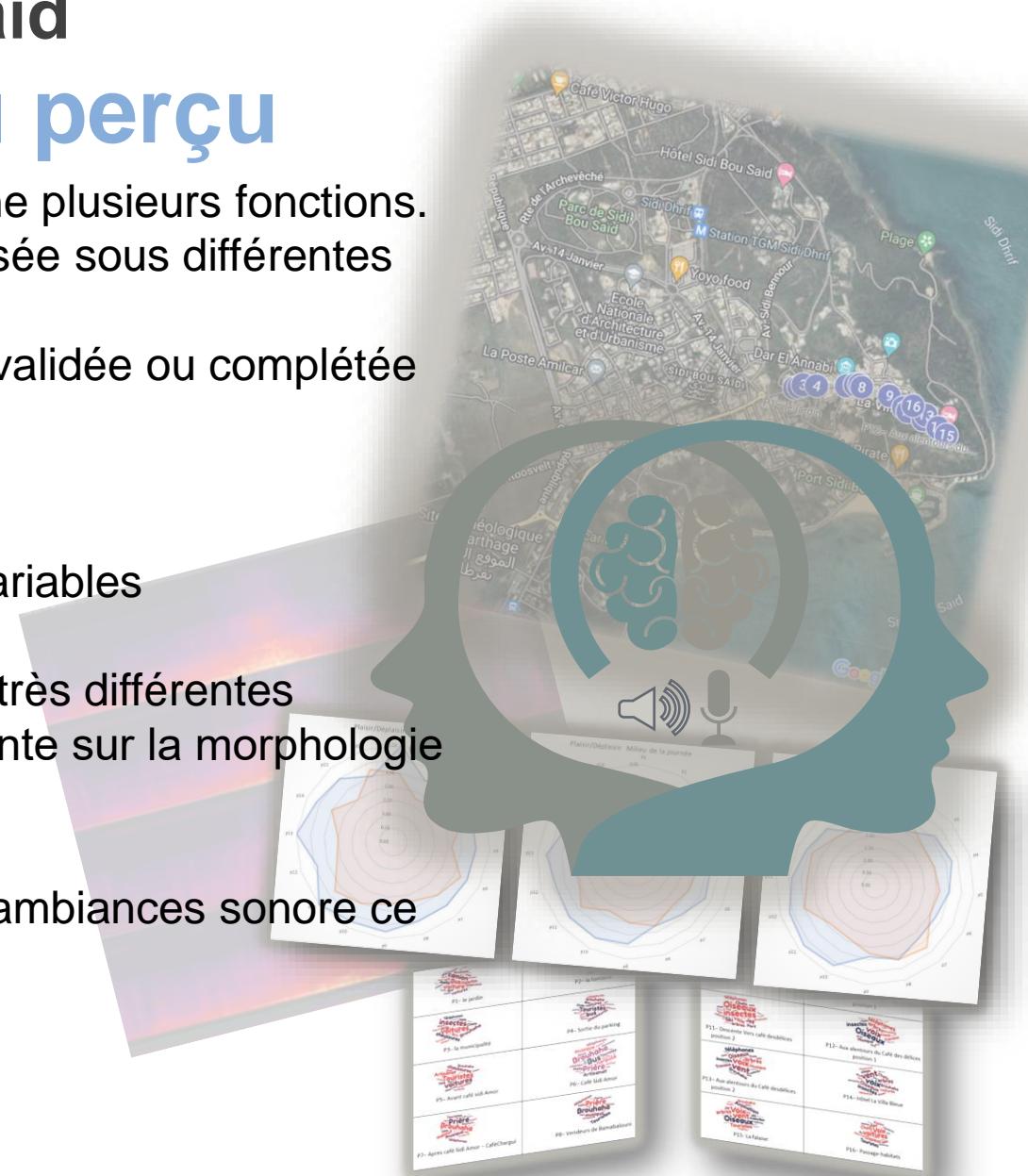
Point	Leq(dBA)			Loudness			Sharpness			Questionnaire		
	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir	Matin	Journée	Soir
P5– Avant café sidi Amor										A1	A2	A2
P6– Café Sidi Amor										A2	A2	A2
P7– Après café Sidi Amor – Café Chargui										A1	A2	B2



Sidi Bou Saïd

Du mesuré au perçu

- Sidi Bou Saïd était un modèle expérimental approprié il combine plusieurs fonctions.
- La morphologie sonore identifiée par notre démarche, et analysée sous différentes dimensions.
 - montre que la logique des perceptions acoustiques a été validée ou complétée par le perçu
 - grâce à la psychoacoustique
 - optimisée par le retour des questionnaires.
- Sidi Bou Saïd est riche en évènements sonore diversifiée et variables dans le temps et l'espace.
- Malgré le faible nombre de points les ambiances sonores sont très différentes
- Le temps, l'espace et la fonction du lieu jouent un rôle importante sur la morphologie sonore du lieu.
- Les mesurés ne sont pas toujours les mêmes que le perçu.
- Plusieurs outils différents on été utilisés pour appréhender les ambiances sonore ce qui montre leur complexité.



Conclusion

- Cette recherche propose une méthodologie multidimensionnelle basée sur des outils d'analyses complémentaires tridimensionnelles appuyée par la psychoacoustique et un protocole expérimental de qualification d'ambiances sonores
 - Il a été validé dans un contexte expérimental qui montre qu'à partir d'une gamme d'outils complémentaires, on est capable de qualifier un environnement sonore
 - En complément un questionnaire a été testé et expérimenté qui permet de mettre en valeur les différences entre ce qui a été mesuré et ce qui a été perçu par les humains.
 - La confrontation des mesures avec le questionnaire permet d'avoir une vision plus globale à la fois qualitative et quantitative de ce qu'est un environnement d'ambiance sonore
 - Les deux sont complémentaires et nécessaires pour avoir une vision globale à la fois quantitative et qualitative.
 - Cet ensemble devient un outil, potentiellement pertinent pour les aménagistes pour analyser, planifier des environnements urbains et de les rendre qualitativement plus agréable et plaisant.

Perspectives

- Extension du modèle à d'autres outils
(Zylia 6DoF VR/AR en mode réseaux, Insta360 Titan Ambisonic VR).
- Exploration de nouvelles techniques de traitement, visualisation de résultats en dynamique avec d'autres outils d'analyses statistiques.
- Identifier des typologies d'ambiances sonores voire des clusters qui permettraient de comparer des ambiances sonores de différents environnements urbains
- Approfondissement de la dimension géomatique pour mieux relier cette méthode et protocole à la géomatique pour avoir des interfaces dynamiques
 - Explorer entre autre la notion de cheminement géomatique
 - Relier tous ces outils avec une cartographie géomatique et aller vers des interfaces plus dynamiques et plus intuitives.
- Application de la démarche dans d'autres contextes urbains voire naturels



Merci pour votre
Attention