

Cart_ASUR



REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DE LA QUALITE DES AMBIANCES SONORES URBAINES: ACCEPTABILITE DES CARTES.

Septembre 2016

Opération de recherche coordonnée par : *l'Université de Cergy Pontoise (Laboratoire MRTE)*

Réalisée avec les partenaires suivants:
Université François Rabelais de Tours (Laboratoire CITERES)
Institut national de l'information géographique et forestière (Laboratoire COGIT)
Bruitparif

Et soutenue par *la Mairie de Paris*

Appel à projet de recherche : PREDIT 4 : Groupe Opérationnel n° 1
Bruit et nuisances sonores

N° de contrat : n° 12 17 C 0035

Coordination technique : *Emmanuel Thibier* – **Service Organisations Urbaines** – Direction Villes et Territoires Durables – ADEME Sophia Antipolis



RAPPORT FINAL

REMERCIEMENTS

Pilote de l'opération : Catherine LAVANDIER, laboratoire MRTE, Université de Cergy Pontoise, Collaboration avec Pauline DELAITRE, Pierre AUMOND, Maria BASILE, Akila NEDJAR-GUIR du Laboratoire MRTE, Mathias QUOY du laboratoire ETIS, et Julien LONGHI du laboratoire AGORA de l'Université de Cergy Pontoise.

Participation à l'opération: Laura ASCONE et Pierre JAMARD, stagiaires au laboratoire MRTE.

Partenaire BRUITPARIF : Responsable Fanny MIETLICKI, en collaboration avec Carlos RIBEIRO et Olivier GEORGET.

Partenaire Université François Rabelais de Tours : Responsable Kamal SERRHINI, laboratoire CITERES. Collaboration avec Gaétan PALKA.

Partenaire IGN : Responsable Catherine DOMINGUES, laboratoire COGIT, en collaboration avec Saul GOMEZ.

Partenaire Mairie de Paris : Responsable Kevin IBTATEN, Agence d'écologie urbaine, Direction des Espaces verts et de l'Environnement en collaboration avec Philippe MERCIER.

Sous-traitant Université de Bruxelles (VUB) : Responsable Wolfgang DE MEUTER, Software Languages Laboratory, Vrije Universiteit Brussel, en collaboration avec Ellie D'HONDT, Elisa GONZALEZ BOIX, Kennedy KAMBONA.

L'ensemble du consortium tient à remercier Madame Paola RICCIARDI et Mademoiselle Francesca TORCHIA de l'Université de Pavie pour l'étude similaire qu'elles ont menée à Milan. Ces études conjointes ont abouti à deux publications communes.

CITATION DE CE RAPPORT

Lavandier C., Delaitre P., Aumond P., Basile M., Nedjar-Guir A., Ascone L., Jamard P., Ribeiro C., Serrhini K., Palka G., Domingues C., Gomez S., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., Ibtaten K., Mercier P., 2016, Représentations cartographiques de la qualité des ambiances sonores urbaines: acceptabilité des cartes, Rapport final ADEME, 159 pages.

En français :

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

En anglais:

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	7
1. CHAPITRE 1 : Introduction.....	9
1.1. Objectifs.....	9
1.2. Tâche de coordination T0	10
1.3. Publications issues de la convention de recherche Cart_ASUR.....	11
1.3.1. Conférences dans des congrès nationaux et internationaux.....	11
1.3.2. Publications dans des revues à comité de lecture	11
2. CHAPITRE 2 : Recueil des données acoustiques et perceptives (T1)	12
2.1. Sélection des sites d'étude et mise en place des protocoles.....	12
2.1.1. Les périodes homogènes selon les types de site	12
2.1.2. La sélection des sites d'études.....	13
2.1.3. Les quatre protocoles retenus	16
2.2. Le choix et la calibration des téléphones.....	20
2.2.1. Le cahier des charges – Les marchés publics	20
2.2.2. La calibration des téléphones (VUB)	21
2.3. Le développement de l'application mobile (VUB).....	25
2.4. Mise en place du serveur et création d'une base de données	30
2.4.1. Le support technologique de la base de données	30
2.4.2. Le design et la structure	30
2.4.3. La sauvegarde	33
2.5. Présentation du site Internet Cart_ASUR	33
2.5.1. Partie publique.....	33
2.5.2. Partie utilisateur.....	34
2.5.3. Partie administrateur	35
2.5.4. Partie partenaire	36
2.6. La Campagne de mesures via l'application mobile (UCP).....	36
2.6.1. Les participants	36
2.6.2. Lancement de la campagne	37
2.6.3. Problèmes rencontrés	38
2.6.4. Retour d'expérience des participants	39
2.6.5. Bilan de la campagne de mesures.....	42

2.7. Stations de mesures fixes (Bruitparif)	43
2.7.1. Méthode	43
2.7.2. Points de mesures fixes	43
2.7.3. Les indicateurs	45
2.7.4. Comparaison des mesures avec le téléphone	47
2.7.5. Comparaison des mesures réalisées par les participants et P1	48
2.7.6. Comparaison des mesures réalisées par les participants et P2	49
2.7.7. Validation des indicateurs calculés	50
3. CHAPITRE 3 : Recueil des données géo référencées (T2)	52
3.1. Identification des données pertinentes dans les bases de données urbaines des collectivités (Mairie de Paris)	52
3.1.1. Données SIG : Outils de travail de la Ville de Paris.....	52
3.1.2. Diversité des données SIG	52
3.1.3. Thèmes récurrents et données spécifiques.....	54
3.2. Analyse cartographique.....	55
4. CHAPITRE 4 : Intégration des données dans des indicateurs perceptifs de qualité sonore (T3)...	56
4.1. Analyse des données perceptives	56
4.1.1. Méthodologie.....	56
4.1.2. Analyse préalable des données perceptives.....	58
4.1.3. Classification des données perceptives.....	60
4.1.4. Modèles perceptifs de la qualité sonore	68
4.2. Analyse des données acoustiques.....	76
4.2.1. Corrélation entre les données acoustiques et perceptives	76
4.2.2. Modèles acoustiques.....	77
4.2.3. Comparaison avec d'autres indicateurs acoustiques	79
4.3. Analyse des données cartographiques	80
4.3.1. Calcul de la densité de Kernel – Méthodologie	80
4.3.2. Densité de circulation.....	81
4.3.3. Densité des jardins	82
4.3.4. Densité des voix	84
4.3.5. Modélisation de l'intensité sonore perçue.....	85
4.3.6. Temps de circulation	87

4.3.7. Temps de présence des oiseaux	88
4.3.8. Temps de présence des voix	89
4.3.9. Modélisation de l'agrément sonore	90
4.4. Conclusion	92
5. CHAPITRE 5 : Elaboration des représentations cartographiques et analyses sémiologiques des premiers prototypes (T4 et T5)	95
5.1. Représentation du paysage sonore	95
5.2. Les caractéristiques de la symbologie proposée	95
5.3. Propositions de symbologie	96
5.4. Évaluation des premiers prototypes cartographiques	98
5.4.1. Structure générale du questionnaire	98
5.4.2. Les sujets tests	98
5.4.3. Perception des cartes globales	99
5.4.4. Évaluation de la représentation du contexte sonore des cartes de détail	102
5.4.5. Représentation de l'environnement sonore	107
5.4.6. Conclusion	109
5.5. Evaluation linguistique des premiers prototypes	110
5.5.1. Introduction	110
5.5.2. Constitution d'un corpus de descriptions d'ambiances sonores	111
5.5.3. Objectifs et méthodes d'analyse	115
5.5.4. De l'ambiance visuelle à l'ambiance sonore du lieu	116
5.5.5. L'expression de la subjectivité	122
5.5.6. Synthèse et conclusion	125
5.6. Proposition alternative	125
5.6.1. Cartographie de l'ensemble des données perceptives de l'enquête	125
5.6.2. Cartographie simplifiée des deux indicateurs : agrément et volume sonore	127
6. CHAPITRE 6 : Proposition finale des cartes	128
6.1. Proposition définitive des cartes prédictives de la qualité sonore urbaine	128
6.2. Evaluation par suivi oculaire	131
6.2.1. Protocole de l'expérimentation	131
6.2.2. Matériel	132
6.2.3. Cartes	132

6.2.4. Sujets ayant participé à l'expérimentation.....	132
6.2.5. Efficacité des cartes proposées.....	135
6.2.6. Stratégies de lecture des cartes par suivi des mouvements oculaires.....	138
6.3. Conclusion.....	144
7. CONCLUSION et RECOMMANDATIONS	145
8. BIBLIOGRAPHIE	146
Liste des figures	153
Liste des tableaux	157

Annexes joints à ce dossier :

Annexe 1 : Questionnaire au sujet du premier prototype de cartes

Annexe 2 : Questionnaire pour l'étude linguistique des représentations

Annexe 3 : Protocole de présentation des cartes pour suivi oculaire

Annexe 4 : Questionnaire au sujet des seconds prototypes de cartes

Résumé

L'objectif de cette opération de recherche a été d'élaborer un outil cartographique représentant la qualité du paysage sonore urbain. Grâce à une campagne participative d'usagers à l'aide d'un téléphone mobile, plus de 3400 données ont pu être recueillies en seulement 1 an. Ces données ont permis de proposer des modèles de régressions linéaires qui expliquent la qualité de l'environnement sonore.

Un premier modèle a pu être construit sur des variables perceptives que sont l'intensité sonore, le temps de circulation, le temps de présence des oiseaux et le temps de présence des voix. La corrélation entre les moyennes d'agrément réellement perçus et les agréments modélisés est de 0.94. Un second modèle a été construit sur deux indicateurs acoustiques LA50 et LA10-LA90. La corrélation entre les agréments réels moyens et modélisés est réduite à 0.77. Enfin un dernier modèle a pu être construit uniquement sur les données de journées à partir des densités de trafic, des densités de voix et des densités d'oiseaux. Ce dernier modèle, qui a l'énorme avantage d'être prédictif, permet d'obtenir une corrélation de 0,83 entre les agréments moyens et les agréments modélisés.

C'est sur ce dernier modèle que les cartes de qualité ont été proposées. Elles mettent en évidence la qualité de l'environnement sonore, tout en montrant les présences relatives des différentes sources sonores (le trafic, la présence humaine et les oiseaux) aux différentes échelles spatiales de la ville (échelle des grands axes routiers et échelle du quartier) ainsi qu'aux différentes échelles temporelles de celle-ci (différents moments de la journée). Ces cartes ont été évaluées par une analyse sémiologique et une analyse de suivi oculaire. Les évaluations ont montré que les cartes étaient appréciées des lecteurs pour leur simplicité et leur attractivité.

Abstract

The objective of this research project was to develop a cartographic tool representing the quality of the urban sound environment. Thanks to a participatory sensing campaign by means of a mobile phone, more than 3400 data were able to be collected in only 1 year. These data allowed to propose models of linear regressions which explain the quality of the sound environment.

A first model was built on perceptive variables that are the sound intensity, the time of traffic, the time of presence of birds and the time of presence of voices. The correlation between the averages of really perceived pleasantness and the modelled pleasantness is 0.94. A second model was built on two acoustic indicators LA50 and LA10-LA90. The correlation between the average of real and modelled pleasantness is reduced to 0.77. Finally a last model, based only on the day data, was built on the densities of traffic, densities of voices and the densities of birds. This last model, which has the enormous advantage to be predictive, allows to obtain a correlation of 0,83 between the average of perceived pleasantness and the modelled pleasantness.

It is on this last model that maps of sound quality were proposed. They highlight the quality of the sound environment, while showing the relative presences of the various sound sources (the traffic presence, the human presence and the bird presence) in the various spatial scales of the city (scale of the district, scale of the location) as well as in the various temporal scales (various moments of the day). These maps were assessed by a semiological analysis and an analysis of eye tracker. The evaluations showed that maps were appreciated by the readers for their simplicity and their attractiveness.

Chapitre 1 : Introduction

1.1. Objectifs

L'objectif de ce projet de recherche intitulé « Représentations cartographiques de la qualité des ambiances sonores urbaines : Acceptabilité des cartes » est d'élaborer un outil de nature cartographique représentant le paysage sonore urbain aux différentes échelles spatiales de la ville (échelle des grands axes routiers et échelle du quartier) ainsi qu'aux différentes échelles temporelles de celle-ci (échelle annuelle imposée par la directive et échelle d'usage : moments de la journée). Cet outil d'aide à la décision s'appuie sur des données acoustiques, perceptives et géographiques qui sont agrégées en un ou plusieurs indicateurs de qualité sonore. Dans ce projet, la qualité sonore est à prendre au sens de l'agrément/désagrément que peut procurer une ambiance sonore dans l'espace public urbain.

Le travail de recherche s'articule autour de trois axes (Figure 1). Le premier s'attache à proposer un ou des indicateurs de qualité sonore, construits à partir de données acoustiques et perceptives recueillies de façon très innovante par l'intermédiaire de téléphones portables mis à dispositions d'un corpus de citoyens, et à partir d'autres données géo référencées. Le second s'attache à construire un prototype de cartographie, outil de représentation visuelle de l'ambiance sonore urbaine, adapté aux différents publics à qui sont destinées les cartes. Enfin, le dernier axe de travail permettra d'évaluer le prototype via une analyse sémiologique et via une analyse du suivi oculaire des lecteurs.

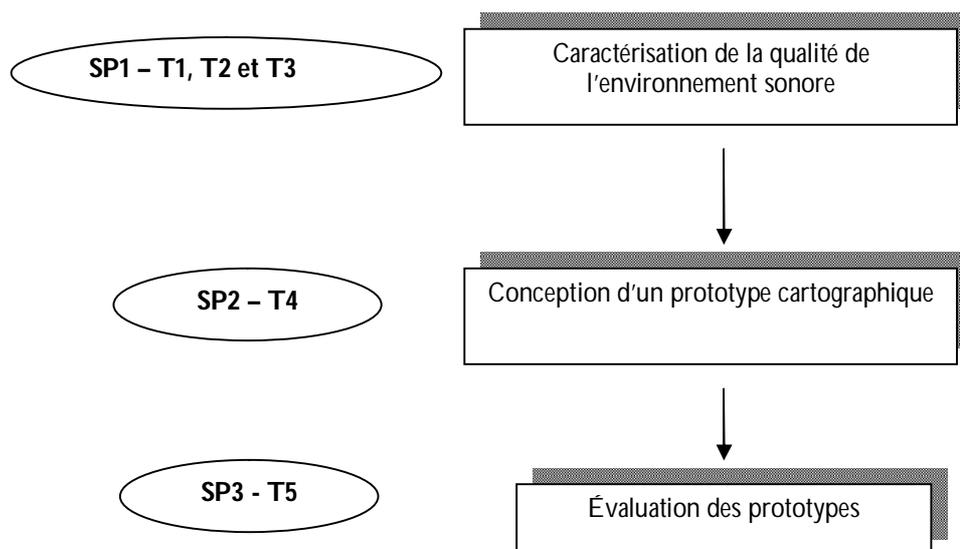


Figure 1: Schéma d'articulation des trois axes de recherche

Trois tâches sont réalisées dans le premier sous projet SP1: Le recueil des données acoustiques et perceptives (T1), le recueil des données géographiques (T2) et l'intégration de ces données dans un indicateur de qualité sonore (T3). La tâche 4 du SP2 consiste à élaborer les cartes. La tâche 5 effectuée dans le sous projet SP3 consiste à évaluer ces cartes du point de vue de la facilité de lecture par les usagers de la ville.

Ce rapport présente donc dans un seul document les synthèses des tâches effectuées par les différents partenaires

Ce rapport s'appuie donc sur les rendus et les livrables de tâches 1, 2 et 3 mis à disposition par les partenaires concernés.

1.3. Publications issues de la convention de recherche Cart_ASUR

1.3.1. Conférences dans des congrès nationaux et internationaux

Lavandier C., Delaitre P., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., "Urban sound quality assessment with mobile technology: The Cart_ASUR project", Acoustics2013, New Delhi, Inde, pp. 10-15, novembre 2013.

Delaitre P., Lavandier C., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., Basile M., Cazeaux L., Ibtaten K., "Evaluation de l'agrément sonore en milieu urbain à l'aide de téléphones mobiles", CD-ROM des actes du 12ème Congrès Français d'Acoustique, 6 pages, Poitiers, avril 2014.

Delaitre P., Lavandier C., Ribeiro C., Quoy M., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., "*Influence of loudness of noise events on perceived sound quality in urban context*", Conférence Invitée à Inter.noise 2014, Melbourne, Australie, novembre 16-19, 2014.

Ricciardi P., Torchia M. F., Delaitre P., Lavandier C., "Correlations between acoustic and perceptive data for sound quality in Paris and Milan", Actes du 22ème International Congress on Sound and Vibration CSV22, 8 pages, Florence, Italie, juillet 2015

Lavandier C., Delaitre P., Ribeiro C., "Global and local sound quality indicators for urban context based on perceptive and acoustic variables", Conférence Invitée, Actes du Congrès Euro Noise, pp. 1471-1476, Maastricht, Pays-Bas, 2015.

Gomez Saúl, Dominguès Catherine, Delaitre Pauline, Lavandier Catherine. "A Geographic Analysis of Urban Context for a New Representation of Soundscape". In proceedings of 27th International Cartographic Conference. Rio De Janeiro. 2015.

Lavandier C., Aumond P., Gomez S., Dominguès C, "Cartographie de l'agrément sonore de l'espace public urbain à partir de données géo-référencées", Congrès Français d'Acoustique, Le Mans, 2016.

Kamal Serrhini, Gaëtan Palka, Catherine Lavandier, Catherine Dominguès, Saúl Gomez, Dominique Andrieu, "Vers une cartographie efficace des ambiances sonores urbaines", Nice, Sageo' 2016.

1.3.2. Publications dans des revues à comité de lecture

Ricciardi P., Delaitre P., Lavandier C., Torchia F., Aumond P., "Sound quality indicators for urban places in Paris cross-validated by Milan data", Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 138 (4), pp. 2337–2348, October 2015.

Ascone Laura, Dominguès Catherine, Longhi Julien. "Perception de l'ambiance sonore d'un lieu selon sa représentation visuelle : une analyse de corpus". *Corela* [En ligne], 14-1 | 2016. URL : <http://corela.revues.org/4550> CORELA , 2016.

Gomez Saúl, Dominguès Catherine, Aumont Pierre, Lavandier Catherine, Palka Gaëtan, Serrhini Kamal. "Cartographic representation of soundscape: Proposals and assessment". *Citizen Empowered Mapping*, chapitre 12. à paraître.

2. Chapitre 2 : Recueil des données acoustiques et perceptives (T1)

La première tâche du projet Cart_ASUR consiste à recueillir le maximum de données acoustiques et perceptives afin de pouvoir par la suite construire un ou des modèles de prédiction de la qualité sonore.

2.1. Sélection des sites d'étude et mise en place des protocoles

Pour recueillir les données acoustiques et perceptives, 60 téléphones ont été distribués. Ils permettent de réaliser, chacun, une centaine de mesures. 51 points de mesures ont déjà été évalués pendant la période 'd'hiver' (d'octobre 2013 à mars 2014) et les mêmes 51 mesures ont été réalisées pendant la période 'd'été' (d'avril 2014 à septembre 2014). A la fin de l'étude, nous espérons 6000 mesures mais suite aux différents problèmes rencontrés (cf. §2.6.3) seules 3418 mesures complètes ont pu être analysées (1934 en hiver et 1484 en été).

2.1.1. Les périodes homogènes selon les types de site

Pour réaliser ces mesures, deux arrondissements de Paris ont été choisis : le 13^{ème} et le 14^{ème}. Ces arrondissements ont été choisis car ils offrent des types de lieux variés et bien différenciés où le panel des sources de bruit, que nous souhaitons cartographier, est bien représenté. Pour recueillir les données, des lieux types ont été sélectionnés : boulevards, rues piétonnes, places, marchés, parc, etc. Selon les types de lieux, plusieurs mesures sont réalisées avec des créneaux horaires différents (Tableau 1). Ces types de lieux et ces créneaux horaires de mesure ont été choisis en s'appuyant sur les travaux réalisés dans le cadre du projet QUASOART [Lavandier et al. 2011].

Type de lieu	Horaires de mesure	Jours	Nombre de mesures (par saison)
PARC	8H-18H	Lu-Ma-Je-Ve	2 mesures
	15H-18H (Hiver)	Samedi-Dimanche	
	15H-20H (Été)		
RUE COMMERCANTE	8H-13H ou 15H-19H	Ma-Me-Je-Ve	5 mesures
	Heure de fermeture	Ma-Me-Je-Ve	
	21H-23H	Ma-Me-Je-Ve	
	10H-13H ou 15H-19H	Samedi	
	21H-23H	Samedi	
MARCHE	Horaire du marché en semaine		2 mesures
	11H-13H	Dimanche	
RESTAURANT/BAR	8H-13H ou 15H-19H	Ma-Me-Je-Ve	6 mesures
	13H-15H	Ma-Me-Je-Ve	
	10H-13H ou 15H-19H	Samedi	
	13H-15H	Samedi	
	21H-23H	Ve-Sa	
	24H-2H	Ve-Sa	
ECOLE	9H-16H (pendant la classe)	Lu-Ma-Je-Ve	3 mesures
	9H-16H (pendant la récréation)	Lu-Ma-Je-Ve	
	18H-20H	Lu-Ma-Je-Ve	
RUE CIRCULEE	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	4 mesures
	21H-23H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	
	10H-18H	Samedi	
	21H-23H	Samedi	
BOULEVARD	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	5 mesures
	21H-23H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	
	10H-18H	Samedi	
	21H-23H	Samedi	
	24H-2H	Vendredi-Samedi	
CARREFOUR	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	4 mesures
	21H-23H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	
	10H-18H	Samedi	
	21H-23H	Samedi	
RUE CALME	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	2 mesures
	10H-18H	Samedi	
CIMETIERE	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	2 mesures
	10H-18H	Samedi	
ZONE DE TRANSITION	8H-18H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	2 mesures
	21H-23H	Lu-Ma-Me-Je-Ve	

Tableau 1: Les périodes homogènes selon les types de lieux

2.1.2. La sélection des sites d'études

Pour répartir les mesures de façon équitable entre les différents participants, le même nombre de lieux a été choisi dans le 13^e et le 14^e arrondissement. En tenant compte des différents créneaux de mesures et du nombre de mesures réalisables par chaque participant, 28 lieux ont donc été sélectionnés :

- 6 parcs de taille suffisamment importante pour que la mesure soit réalisée à au moins 25m du bord (zone de transition). Ces notions de zone de transition et de zone homogène sont extraites des travaux du projet QUASOART et seront développées dans la suite de ce rapport [Lavandier et al. 2011].

Parc Montsouris (14 ^e) ZC		Cité Internationale Universitaire (14 ^e)	
Parc de Choisy (13 ^e)		Parc Kellermann (13 ^e)	
Square René Legall (13 ^e)		Jardin de la rue de Chatillon (14 ^e)	

- 2 rues commerçantes piétonnes pour réduire l'impact de la circulation urbaine

Rue Daguerre (14 ^e)		Dalle des olympiades (13 ^e)	
---------------------------------	--	---	--

- 2 marchés ouverts en semaine et le weekend

Marché Edgar Quinet (14 ^e) Mercredi, Samedi et Dimanche	Marché Auguste-Blanqui (13 ^e) Mardi, Vendredi et Dimanche
--	--

- 2 rues de bars ou restaurants

Rue de la butte aux cailles (13 ^e)		Rue de la gaité (14 ^e)	
--	--	------------------------------------	--

- 2 écoles où la cour de récréation se trouve à proximité du point de mesure

<p>Ecole élémentaire 173 Rue du Château des Rentiers (13^e)</p>		<p>Ecole élémentaire Rue Boulard (14^e)</p>	
---	---	---	---

- 4 rues circulées à une voie en double sens de circulation avec le passage d'un bus

<p>Rue de la glacière (13^e)</p>		<p>Rue Froidevaux (14^e)</p>	
<p>Rue de Rungis (13^e)</p>		<p>Rue Patay (13^e)</p>	

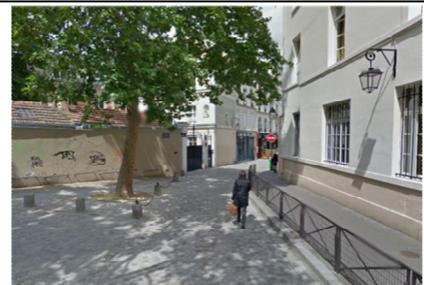
- 3 boulevards dont un avec la présence du métro aérien

<p>Boulevard Raspail (14^e)</p>		<p>Boulevard Saint- Jacques (14^e) (métro)</p>	
<p>Avenue d'Italie (13^e)</p>			

- 4 carrefours de différentes tailles

Place Denfert- Rochereau (14 ^e)		Place Jeanne d'Arc (13 ^e)	
Place Victor Et Hélène Basch (14 ^e)		Carrefour Tolbiac- Patay (13 ^e)	

- 2 rues calmes

Rue Vendrezanne (13 ^e)		Passage Barrault (13 ^e)	
--	--	---	---

- 1 cimetière

Rue Emile Richard (14 ^e)	
--------------------------------------	--

2.1.3. Les quatre protocoles retenus

Pour que les données soient statistiquement représentatives, chaque objectif (c'est-à-dire la mesure d'un lieu à un créneau horaire donné) doit être évalué une trentaine de fois afin que les moyennes soient interprétables si les données sont distribuées de façon gaussienne. Les 60 participants sont donc répartis en deux groupes sur les différents sites de mesures. Pour que le corpus de participants ne soit pas toujours le même sur chaque point, les participants ont été divisés en 4 groupes de 15 personnes selon 4 protocoles de mesures (Tableau 2).

Lieux		Créneaux horaires	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	
Parcs	Rue Châtillon	LU-MA-JE-VE 8H-18H	1	1			
		SA-DI 15H-18H (20H en été)	1	1			
	Montsouris	LU-MA-JE-VE 8H-18H	1	1			
		SA-DI 15H-18H (20H en été)	1	1			
	Cité universitaire	LU-MA-JE-VE 8H-18H		1		1	
		SA-DI 15H-18H (20H en été)		1		1	
	Kellermann	LU-MA-JE-VE 8H-18H		1		1	
		SA-DI 15H-18H (20H en été)		1		1	
	Choisy	LU-MA-JE-VE 8H-18H			1	1	
		SA-DI 15H-18H (20H en été)			1	1	
	René Le Gall	LU-MA-JE-VE 8H-18H			1	1	
		SA-DI 15H-18H (20H en été)			1	1	
	Rues commerçantes	Rue Daguerre	MA-ME-JE-VE 8H-13H ou 15H-19H	1	1		
			MA-ME-JE-VE Heure de fermeture ~20H	1	1		
MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1			
SA 10H-13H ou 15H-19H			1	1			
SA 21H-23H			1	1			
Dalle des olympiades		MA-ME-JE-VE 8H-13H ou 15H-19H			1	1	
		MA-ME-JE-VE Heure de fermeture ~20H			1	1	
		MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1	
		SA 10H-13H ou 15H-19H			1	1	
		SA 21H-23H			1	1	
Restaurants et bars	Gaité	MA-ME-JE-VE 8H-13H ou 15H-19H	1	1			
		MA-ME-JE-VE 13H-15H	1	1			
		SA 10H-13H ou 15H-19H	1	1			
		SA 13H-15H	1	1			
		VE-SA 21H-23H	1	1			
		VE-SA 24H-2H	1	1			
	Butte aux cailles	MA-ME-JE-VE 8H-13H ou 15H-19H			1	1	
		MA-ME-JE-VE 13H-15H			1	1	
		SA 10H-13H ou 15H-19H			1	1	
		SA 13H-15H			1	1	
		VE-SA 21H-23H			1	1	
		VE-SA 24H-2H			1	1	
Marchés	Marché Edgar Quinet	ME 11H-13H	1	1			
		SA-DI 11H-13H	1	1			
	Auguste Blanqui	MA-VE 11H-13H			1	1	
		DI 11H-13H			1	1	
Boulevards	Boulevard Raspail	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1			
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1			
		SA 10H-18H	1	1			
		SA 21H-23H	1	1			
		VE-SA 24H-2H	1	1			

	Boulevard Saint Jacques	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
		SA 10H-18H	1	1		
		SA 21H-23H	1	1		
	Avenue d'Italie	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
		SA 21H-23H			1	1
VE-SA 24H-2H				1	1	
Rues calmes	Rue Vendrezanne	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
	Passage Barrault	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
Carrefours	Denfert-Rochereau	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
		SA 10H-18H	1	1		
		SA 21H-23H	1	1		
	Place Basch	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
		SA 10H-18H	1	1		
		SA 21H-23H	1	1		
	Place Jeanne d'Arc	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
		SA 21H-23H			1	1
	Carrefour Tolbiac-Patay	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
		SA 21H-23H			1	1
Rues circulées	Rue Froidevaux	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
		SA 10H-18H	1	1		
		SA 21H-23H	1	1		
	Rue de Rungis	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1		1	
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1		1	
		SA 10H-18H	1		1	
		SA 21H-23H	1		1	
	Rue de la glacière	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
		SA 21H-23H			1	1
	Rue Patay	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
		SA 10H-18H			1	1
		SA 21H-23H			1	1

	Rue Emile Richard (cimetière)	LU-MA-JE-VE 8H-18H	1	1		
		SA-DI 10H-18H	1	1		
Ecoles	Rue château des rentiers	LU-MA-JE-VE 8H-11H et 13h30-16H Hors VS			1	1
		LU-MA-JE-VE 10H-10H20, 11H-11H15, 13H15- 13H30 15H-15H20 Hors VS			1	1
		LU-MA-JE-VE 18H-20H			1	1
	Rue Boulard	LU-MA-JE-VE 8H-11H40 et 13H30-16H Hors VS	1	1		
		LU-MA-JE-VE 9H50-10h10, 11H40-12H55, 13H05- 13H20, 14H50-15H10, Hors VS	1	1		
		LU-MA-JE-VE 18H-20H	1	1		
Zones de transition	Place Gilbert Perroy	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
	Montsouris-Sortie	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H	1	1		
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H	1	1		
	Place Paul Verlaine	LU-MA-ME-JE-VE 8H-18H			1	1
		LU-MA-ME-JE-VE 21H-23H			1	1
Nombre de mesures par personne			51	51	51	51

Tableau 2: Protocoles de mesures pour les 4 groupes à renouveler à chaque saison (période d'été et période d'hiver)

Les participants des groupes 1 (Figure 3) et 2 (Figure 4) réalisent essentiellement des mesures dans le 14e arrondissement alors que les participants des groupes 3 (Figure 5) et 4 (Figure 6) réalisent des mesures dans le 13e arrondissement. La répartition des sites de mesures a été effectuée de telles sortes que les points ne soient pas trop éloignés les uns des autres à l'intérieur d'un même groupe de mesure.

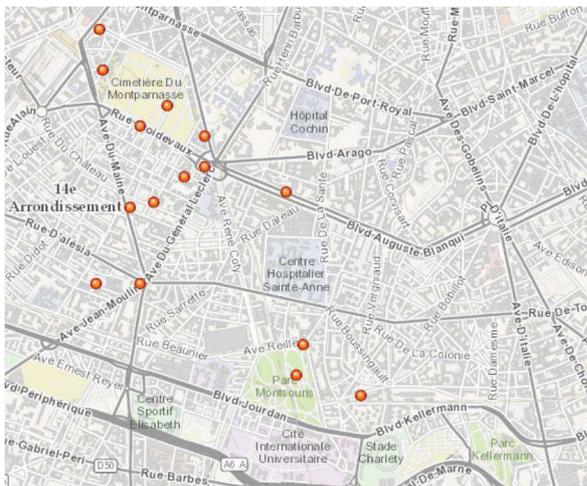


Figure 3 : Points de mesures pour le groupe n°1

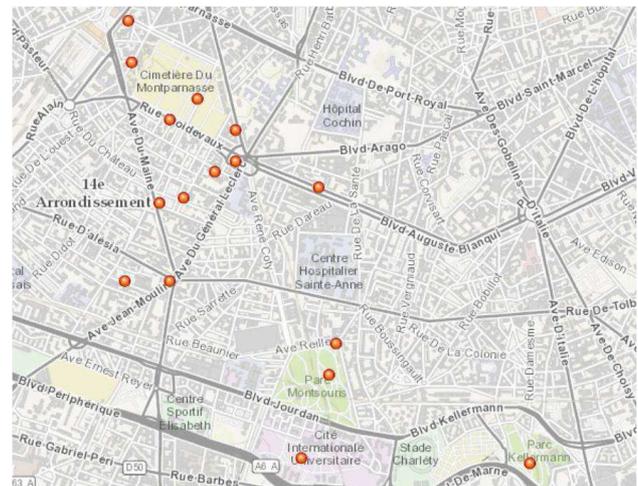


Figure 4 : Points de mesures pour le groupe n°2



Figure 5 : Points de mesures pour le groupe n°3

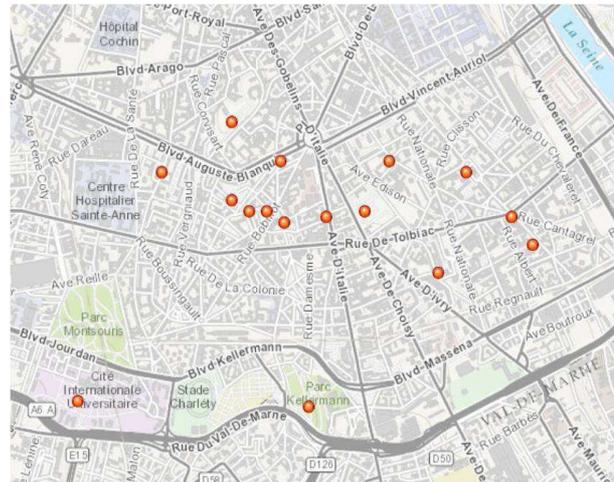


Figure 6 : Points de mesures pour le groupe n°4

Finalement, pour chaque personne 51 mesures sont réalisées par saison.

2.2. Le choix et la calibration des téléphones

2.2.1. Le cahier des charges – Les marchés publics

Le démarrage du projet a été retardé par la mise en place d'une procédure de passation de marché rendue obligatoire par l'agent comptable de l'université. Dans un tel marché, il est impossible d'imposer une marque de téléphone. Nous avons donc défini les caractéristiques du microphone nécessaires à nos mesures. Le marché a été lancé en octobre 2012 et trois opérateurs ont répondu en proposant des téléphones Samsung (SG S3) dont les microphones étaient inadaptés à notre projet. En effet, la dynamique de ces téléphones portables est adaptée aux ambiances sonores de faible niveau sonore, mais ceux-ci saturent dès 85 dB(A) (Figure 7). Cette limitation nous a obligés à demander un autre modèle plus adapté aux ambiances sonores extérieures, le HTC One X. Seul Bouygues a alors répondu à cette nouvelle demande, et le marché a été signé entre l'université de Cergy Pontoise et Bouygues le 5 février 2013.

C'est seulement après avoir choisi les téléphones portables que l'équipe de l'Université de Bruxelles a pu se mettre au développement de l'application, avec un retard de 6 mois par rapport au planning prévisionnel. Malgré leurs efforts, l'application n'a été opérationnelle qu'en septembre 2013, après avoir dû s'adapter au changement de codage du système GPS de Google et aux changements successifs de version du système Android du téléphone.

NoiseTube Calibration Test [27/11/2012]

Levels (dBa)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
Dries HTC One X	-	32.9	33.16	34.00	35.60	38.13	42.12	47.1	52.02	57.18	61.34	66.77	72.15	77.02	82.10	-
Andoni HTC One X	-	32.5	32.8	33.7	35.7	40.1	44.7	49.7	55.5	60.8	66.1	71.4	77.8	80.9	83.8	-
Kennedy SG S3	-	27.8	31.6	37.9	44.8	50.98	56.37	60.2	64.1	69.8	75.3	76.8	78.1	78.3	78.6	-

Figure 7 : Résultats des tests de microphones des téléphones HTC one X et Samsung Galaxy S3

2.2.2. La calibration des téléphones (VUB)

L'approche

L'étalonnage est effectué à partir d'une procédure comparative où les valeurs mesurées par l'appareil sont comparées avec celles mesurées par un dispositif de référence. Cette méthode permet la mise en évidence des erreurs systématiques qui peuvent être corrigées et ainsi augmenter sensiblement la précision de l'appareil. Dans le cadre du projet Cart_ASUR, l'objectif de la calibration est de comparer les mesures du niveau sonore obtenus avec les téléphones mobiles HTC one X et ceux obtenus à l'aide de l'appareil de référence et de corriger les erreurs systématiques trouvées. L'application Cart_ASUR est une extension de l'application NoiseTube, c'est pourquoi tous les tests de calibration ont été effectués avec NoiseTube mais peuvent s'appliquer sans aucun problème à Cart_ASUR.

Tout d'abord, il est important de noter que les mesures réalisées avec NoiseTube suivent dans la mesure du possible les normes européennes [ISO 1996-1][ISO 1996-2]. L'application NoiseTube permet notamment une mesure quasi-continue (une par seconde) du niveau de pression équivalent en dB(A) (L_{Aeq}). Les aspects normatifs concernant le vent, la hauteur de mesures et la vitesse des véhicules n'étant pas pertinents pour ce type d'étude, ils ne sont pas pris en compte. La norme précise également que les dispositifs de mesures (ici le téléphone portable) doivent être calibrés. C'est pourquoi, l'application NoiseTube permet d'introduire une calibration en fonction du modèle de téléphone utilisé pour les mesures.

L'approche de calibration pour les téléphones mobiles que nous suivons est le résultat d'une recherche approfondie sur le sujet dans des études précédentes [D'Hondt et al. 2013][Stevens 2012], desquelles ont résulté quelques principes :

- 1 – Une approche différente de l'étalonnage fréquence par fréquence est justifiée puisqu'en milieu urbain, la plage des niveaux sonores a un impact plus important sur les performances du téléphone que les fréquences.
- 2 – Comme les différents modèles de téléphone (même s'ils sont de la même marque) peuvent se comporter très différemment, les paramètres d'étalonnage doivent être calculés pour chaque modèle de téléphone.
- 3 – Les expériences montrent que l'étalonnage réalisé sur un modèle de téléphone peut être utilisé pour tous les téléphones de ce même modèle, même lorsque l'historique d'utilisation du téléphone diverge.

La procédure

Basée sur les principes précédents, la procédure de calibration est effectuée selon les étapes suivantes :

- 1 – Un bruit blanc est utilisé comme source sonore pour l'étalonnage. Le bruit blanc est généré dans un environnement insonorisé (si possible en chambre anéchoïque) de 35 à 105 dB(A) par pas de 5 dB(A) (ou à défauts, les niveaux minimum et maximum réalisables avec le dispositif expérimental).
- 2 – Chaque niveau est maintenu pendant au moins 30 secondes afin de permettre la stabilisation du niveau de bruit et le calcul de la moyenne.
- 3 – Lorsque cela est possible, plusieurs téléphones d'un même modèle peuvent être utilisés pour le calcul de la calibration. L'étalonnage utilisé ensuite correspond à la moyenne des résultats obtenus pour chaque téléphone.

Pour la calibration du projet Cart_ASUR, cinq téléphones HTC one X ont été comparés avec un sonomètre CEL-500 de classe 1, dans une chambre anéchoïque du laboratoire acoustique VUB de l'université de Bruxelles, le 4 avril 2013 (Figure 8).

Le bruit blanc utilisé a été généré par un générateur de bruit Brüel&Klær Type 1405 connecté à un amplificateur (Brüel&Klær Type 2706) et à un haut-parleur. NoiseTube fonctionne alors en continu sur les téléphones testés avec le taux d'échantillonnage le plus élevé possible (48kHz). Le protocole de calibration est alors le suivant : un son est émis pendant une minute, le niveau sonore de référence est lu directement sur le sonomètre, tandis que les téléphones HTC one X via l'application NoiseTube enregistrent et moyennent les niveaux sonores mesurés. A noter également que l'écart-type de ces moyennes donne une estimation de la précision des téléphones mobiles.

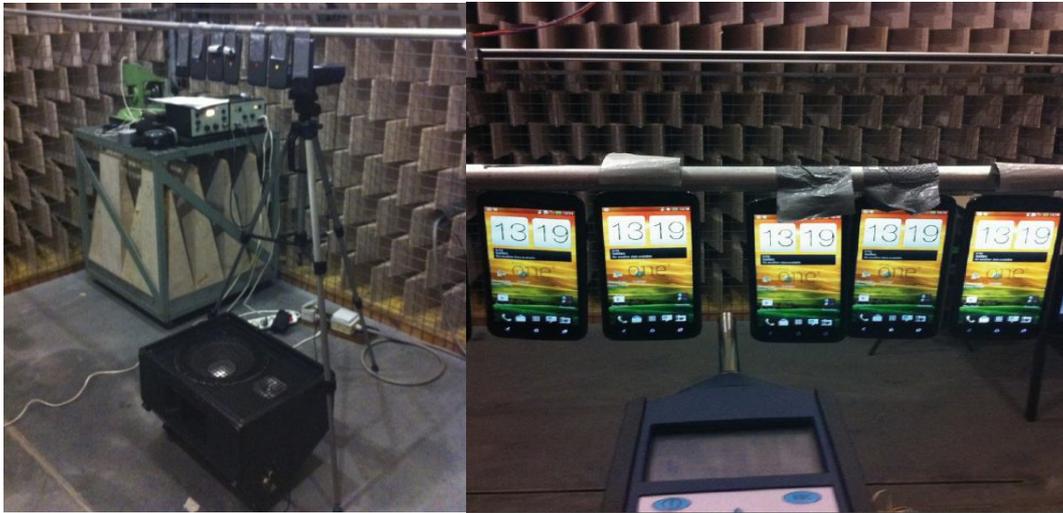


Figure 8 : Disposition expérimental utilisé pour la calibration des téléphones, HTC one X

Les résultats

Les résultats de la calibration peuvent être observés sur le Figure 9, ci-dessous. Dans un premier temps, nous remarquons alors clairement que les valeurs mesurées par les téléphones sont légèrement différentes des valeurs mesurées par le sonomètre (valeurs vertes). C'est cette différence qui va être corrigée par l'application NoiseTube comme une erreur systématique de l'enregistrement via un téléphone portable. Dans un second temps, nous remarquons que les cinq téléphones ont un comportement similaire au-dessus de 55 dB(A) mais non en dessous. Nous devrions donc nous attendre à une diminution de la précision en dessous de ce seuil. Ce n'est pas vraiment un problème pour Cart_ASUR car les mesures ont lieu en zone urbaine où le niveau descend rarement en dessous de 50 dB(A).

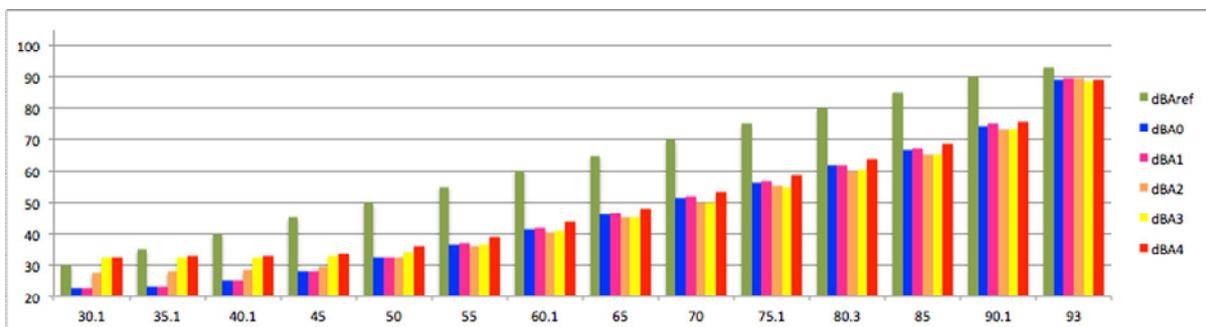


Figure 9 : Niveaux sonores mesurés par les téléphones pour chaque niveau de référence

L'erreur systématique moyenne trouvée pour les cinq téléphones, nous amène à introduire le correctif suivant pour les téléphones HTC one X dans le code de l'application NoiseTube :

```

<calibration deviceBrand="HTC" deviceModel="HTC One X" credibilityIndex="B">
  <correction input="27.53" output="30.1"/>
  <correction input="27.83" output="35.1"/>
  <correction input="28.76" output="40.1"/>
  <correction input="30.43" output="45"/>
  <correction input="33.36" output="50"/>
  <correction input="37.04" output="55"/>
  <correction input="41.67" output="60.1"/>
  <correction input="46.31" output="65"/>
  <correction input="51.26" output="70"/>
  <correction input="56.33" output="75.1"/>
  <correction input="61.74" output="80.3"/>
  <correction input="66.56" output="85"/>
  <correction input="74.47" output="90.1"/>
  <correction input="89.08" output="93"/>
</calibration>
  
```

Ce correctif fonctionne alors de la façon suivante : lorsqu'un niveau sonore est mesuré, l'application vérifie l'intervalle dans lequel il se situe, puis à l'aide d'une interpolation linéaire entre les deux bornes de l'intervalle, il calcule la correction à appliquer. Par exemple, pour un niveau sonore mesuré de 60 dB(A), une interpolation linéaire entre les valeurs 56,33 et 61,74 est réalisée pour trouver, au final, une valeur mesurée et corrigée par NoiseTube de 78,63 dB(A). Cette mesure sera ensuite arrondie à 78,6 dB(A) lors des interprétations des mesures.

La précision des mesures testée en laboratoire

Pour tester la précision des mesures avec les HTC one X calibrés une nouvelle campagne de mesures en laboratoire a eu lieu sur deux appareils le 26 Juin 2013, en utilisant la configuration décrite précédemment. Pour vérifier la correction de l'erreur systématique, les téléphones utilisés pour cette partie sont différents de ceux utilisés précédemment. Les résultats de cette expérimentation sont visibles sur la Figure 10, ci-dessous (lignes bleu et violette). Sur cette figure, on observe que les courbes sont très proches entre 55 et 90 dB(A), ce qui représente une bonne précision. En dessous de 55 dB(A), comme observé précédemment, la précision diminue considérablement, avec des valeurs pour le téléphone bleu de 10 dB(A) au-dessus des valeurs réelles.

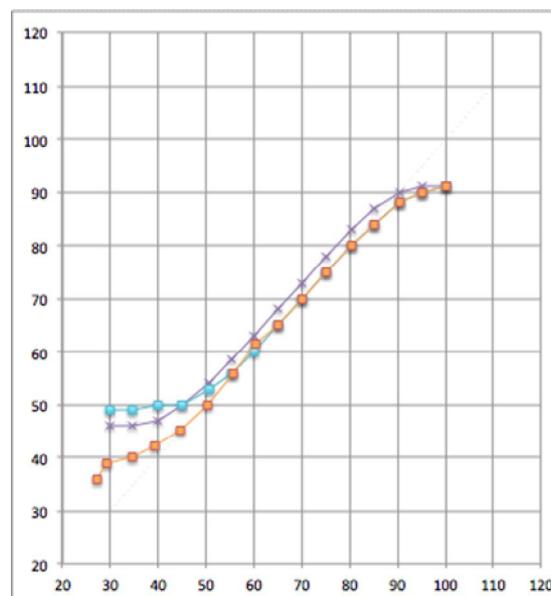


Figure 10 : Résultats des tests de précision sur les mesures : en bleu et violet, calibration avec deux nouveaux téléphones, en orange calibration optimisée en dessous de 55 dB(A).

Pour améliorer la précision en dessous de 55 dB(A), le facteur d'étalonnage a été amélioré en s'appuyant sur les deux hypothèses suivantes :

1 - Comme les téléphones ne font pas la différence entre 30 et 35 dB(A), nous prenons 35 dB(A) comme la plus petite valeur du facteur de calibration.

2 - Nous avons remarqué que sur les sept téléphones testés, quatre ont eu des comportements similaires, alors que les trois autres, positionnés à l'extrême gauche dans l'expérience de calibration se comportent différemment. Nous supposons donc que le comportement standard est celui des quatre téléphones centraux (utilisés dans les deux expériences de calibration précédentes). Par conséquent, les moyennes des valeurs d'étalonnage pour ces téléphones sont utilisées comme valeurs d'entrée dans le calcul du facteur d'étalonnage en dessous de 55 dB(A).

Les valeurs les plus faibles du facteur d'étalonnage pour les HTC one X ont donc été adaptées de la façon suivante :

```

<correction input="32" output="35"/>
<correction input="32.5" output="40"/>
<correction input="33.34" output="45"/>
<correction input="35.65" output="50"/>
<correction input="38.72" output="55"/>
  
```

Une fois le vecteur adapté, un autre test a été réalisé le 28 août 2013. Les résultats de ce test correspondent à la courbe orange sur la Figure 10, ci-dessus. Dans ce cas, nous constatons que la précision du HTC One X sur la mesure des niveaux sonores peut aller jusqu'à ± 5 dB(A) mais avec une précision de ± 1 dB(A) sur l'intervalle de 50 à 90 dB(A) qui nous intéresse en milieu urbain.

La précision des mesures dans le temps

Pour avoir une idée réelle de la précision des mesures réalisées avec les téléphones calibrés, nous avons comparé les niveaux mesurés avec ceux d'un sonomètre CEM-DT8852 de classe 2. Concrètement, nous avons mesuré les niveaux sonores en milieu urbain et rural, sur une durée respectivement de 20 et 15 minutes, la 28 août 2013. La Figure 11, ci-dessous, montre les niveaux sonores mesurés en milieu urbain. Sur cette figure, il apparaît immédiatement une bonne corrélation entre le téléphone portable et le sonomètre, même si on observe que la précision varie.

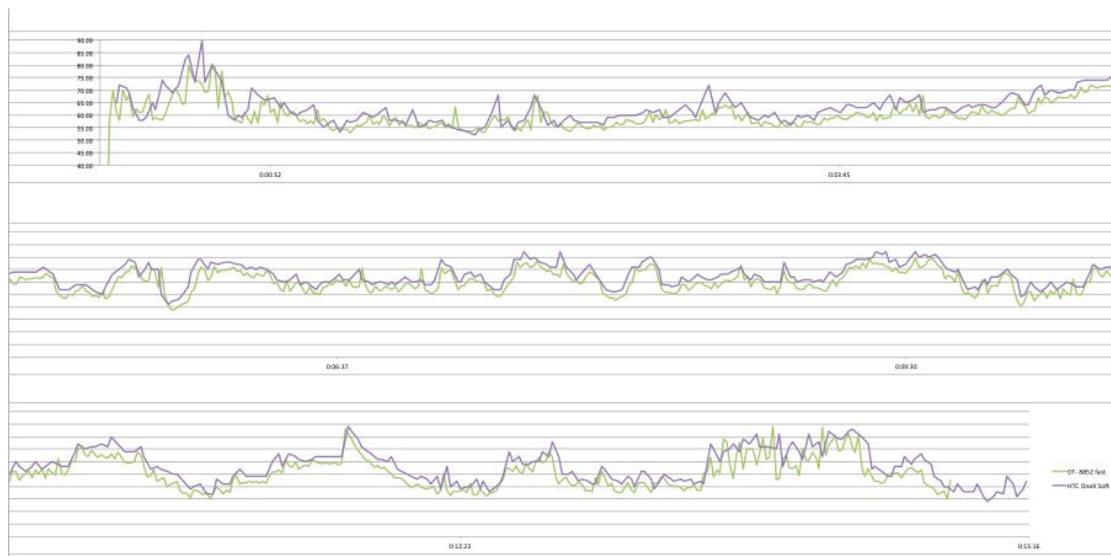


Figure 11 : Comparatif de mesures réalisées à l'aide du téléphone (violet) et d'un sonomètre (vert) en milieu urbain

Cependant, dans le cadre d'un projet participatif, une quantité importante de mesures est réalisée. Il est donc plus judicieux de raisonner sur l'ensemble des mesures, plutôt que de raisonner sur les mesures individuelles qui peuvent être sources d'erreurs. Aussi, comparer les moyennes pour l'ensemble de la période permet d'atteindre un niveau de précision plus important que d'inspecter les mesures une à une.

Pour le milieu urbain, nous avons constaté que le HTC One X calibré mesure un niveau sonore moyen de 70,19 dB(A), alors que le sonomètre CEM-DT8852 mesure la valeur de 73,44 dB(A). Pour les mesures en milieu rural, les valeurs obtenues sont respectivement de 48,12 dB(A) et 49,9 dB(A). Bien sûr, ces valeurs ont été obtenues sur deux cas particuliers qui ne nous permettent pas de tirer des conclusions générales. Cependant, ils indiquent que les téléphones HTC One X sont parfaitement capables d'estimer les niveaux sonores dans un contexte réel. Nous notons également que dans le cadre du projet Cart_ASUR, ces expérimentations seront complétées par d'autres tests comparatifs réalisés avec le matériel de Bruitparif (cf. §2.7.4).

2.3. Le développement de l'application mobile (VUB)

L'application développée pour Cart_ASUR est nommée « Cart_ASUR NoiseTube ». Elle est disponible gratuitement, en téléchargement sur « Play Store ». Après téléchargement, elle est accessible via le logo créé spécialement pour le projet Cart_ASUR (Figure 12). Le code source de cette application se trouve sur le site suivant :

https://gitlab.soft.vub.ac.be/CartASUR/CartASUR_APP

Il est accessible à toute personne qui voudrait développer une application similaire pour un autre projet. Cependant actuellement pour accéder à l'application un login et un mot de passe sont nécessaires (Figure 13). Cet identifiant et ce mot de passe permettent de télécharger le protocole de mesure correspondant à chaque participant.

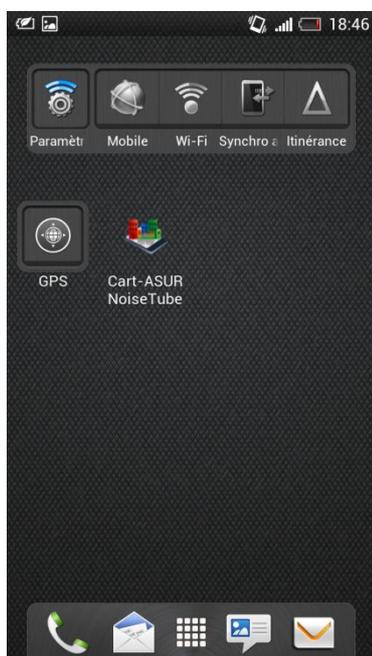


Figure 12: Téléchargement de l'application

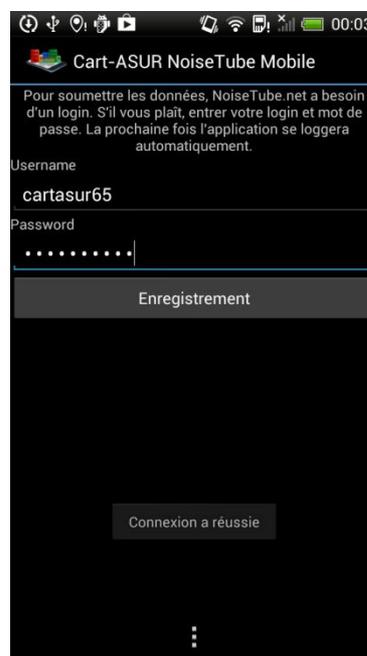


Figure 13: Login et mot de passe

Avant de lancer l'application Cart_ASUR, il est fortement conseillé d'activer le GPS et la 3G. Ces deux fonctions permettent :

- de télécharger les objectifs lors de la première connexion
- d'évaluer la position du participant pour autoriser et valider la mesure
- de sauvegarder directement la mesure sur le serveur après l'enregistrement

Lorsque la première connexion a réussi, la carte avec les objectifs de chaque participant est téléchargée (Figure 14). Pour aider les participants à se repérer, leur position est géo localisée en temps réel et visible à l'aide d'un pointeur bleu (Figure 15). La cible en haut à droite de l'application permet d'actualiser la géo localisation si celle-ci n'est pas exacte.

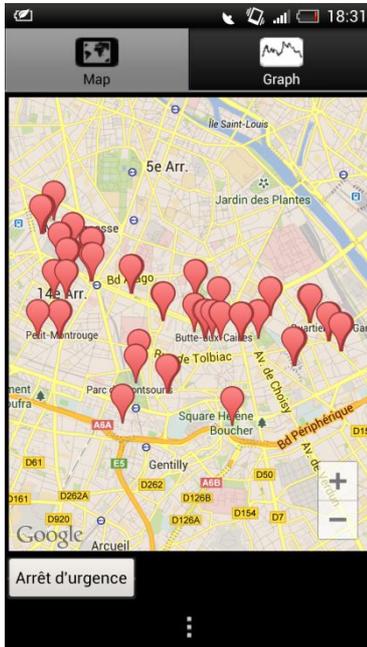


Figure 14: Carte générale

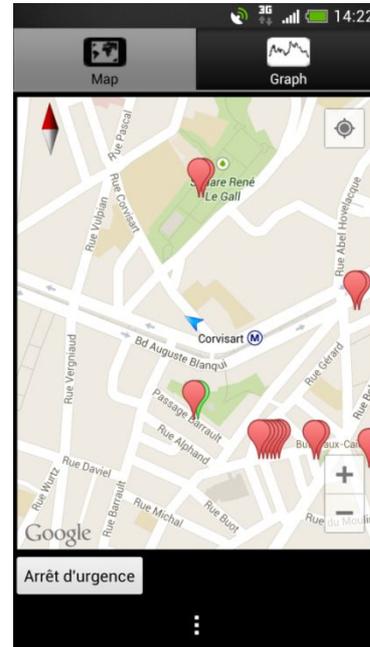


Figure 15: Localisation du participant

Les trois points, en bas de l'écran d'accueil, permettent d'accéder aux options de l'application (Figure 16). L'onglet "objectives" permet à l'utilisateur de visualiser la liste de l'ensemble des mesures qu'il doit effectuer (Figure 17). Lorsqu'une mesure a été réalisée celle-ci est automatiquement cochée. L'onglet "Télécharger mesures" permet quant à lui de vérifier que toutes les mesures sont bien téléchargées sur le serveur et le cas échéant de les télécharger (Figure 18).

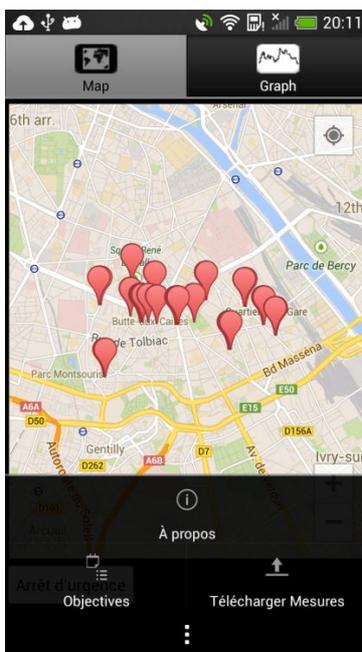


Figure 16: Points à évaluer



Figure 17: Liste des points

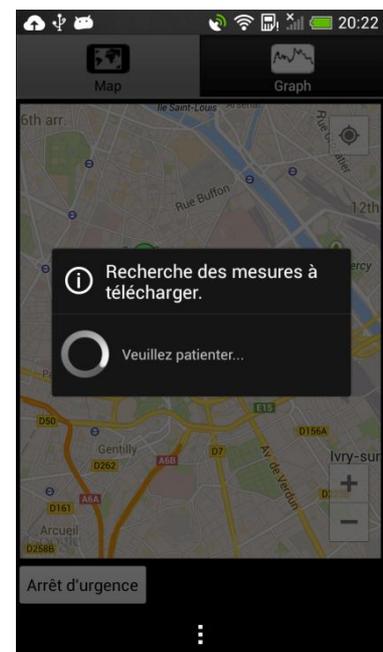


Figure 18: Téléchargement

Lorsque l'on revient sur la fenêtre avec la carte et que l'utilisateur clique sur un objectif rouge les conditions de mesure apparaissent (Figure 19). Si toutes les conditions sont satisfaites l'utilisateur peut commencer la mesure. Si l'une des conditions n'est pas satisfaite, un message d'alerte prévient l'utilisateur. Si l'utilisateur clique sur un objectif vert, l'application l'informe que cet objectif a déjà été réalisé (Figure 20).

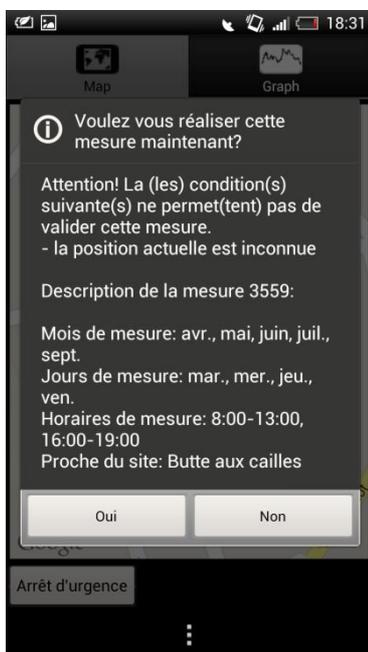


Figure 19: Conditions d'évaluation

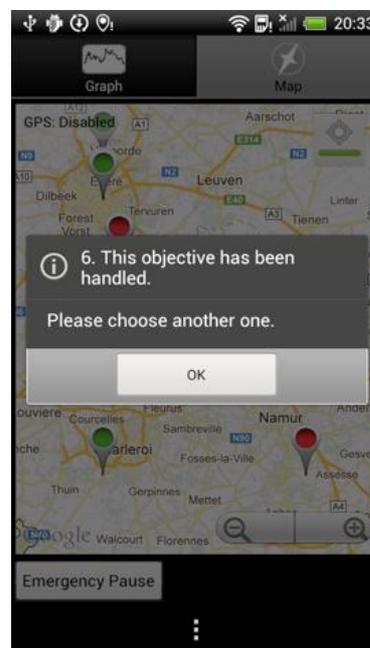


Figure 20: message de confirmation

Lorsque toutes les conditions sont satisfaites et que l'utilisateur choisit de réaliser la mesure, l'application passe sur l'écran de mesure et affiche la graphique montrant l'évolution du niveau sonore (Figure 21). En haut à gauche de la fenêtre, le temps de mesure est indiqué. Chaque mesure dure 10 minutes. La valeur des niveaux sonores n'est volontairement pas affichée pour ne pas influencer la perception de l'environnement sonore que peuvent avoir les participants. En cas de perturbation pendant la mesure, un bouton arrêt d'urgence est disponible (en bas, à gauche). Il permet d'arrêter et de reprendre la mesure en cas de besoin (appel, conversation avec un passant, etc.).

Après 10 minutes d'enregistrement, un écran informe le participant que la mesure est terminée (Figure 22). Le participant est alors invité à remplir le questionnaire.

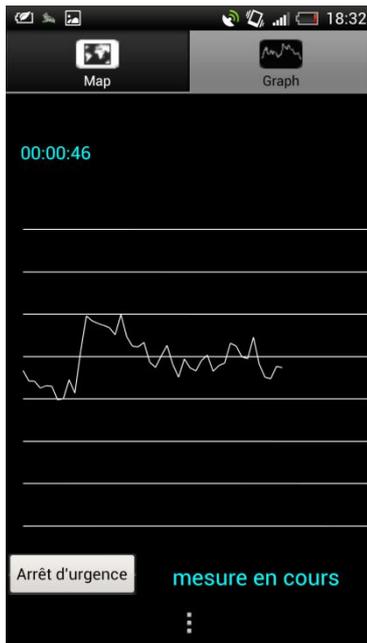


Figure 21: Evolution du niveau sonore

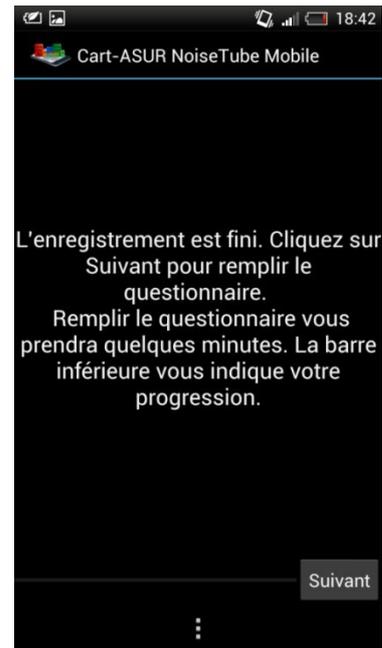


Figure 22: Questionnaire

Le questionnaire se compose de 6 thématiques. Ces thématiques ont été élaborées et testées dans le cadre du projet QUASOART [Lavandier et al. 2011].

La première thématique renseigne sur les conditions météorologiques. Des cases à cocher permettent à l'utilisateur d'indiquer le temps qu'il fait lors de la mesure (Figure 23). Les deuxième et troisième écrans s'intéressent à la perception globale de l'environnement. Les participants doivent déplacer les curseurs de droite à gauche selon une échelle sémantique discrète (Figure 24 et Figure 25).

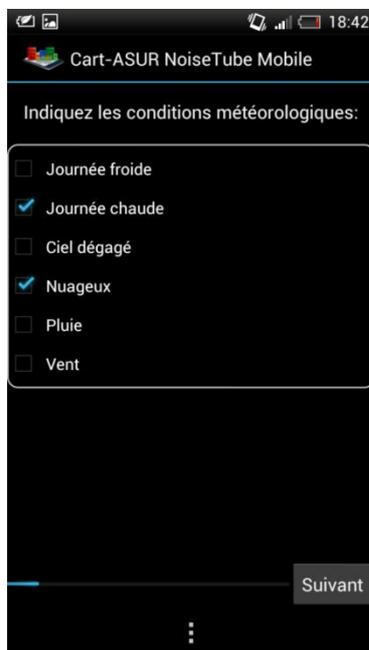


Figure 23: Conditions météo



Figure 24: Evaluation globale 1



Figure 25: Evaluation globale 2

La quatrième thématique concerne l'évaluation de l'intensité sonore des sources (Figure 26). 6 sources événementielles sont évaluées. Ces sources qui émergent au-dessus du bruit de fond, sont caractérisées par leur intensité sonore perçue. Pour les sources sonores noyées dans le bruit de fond, les participants sont interrogés sur leur temps de présence (Figure 27).

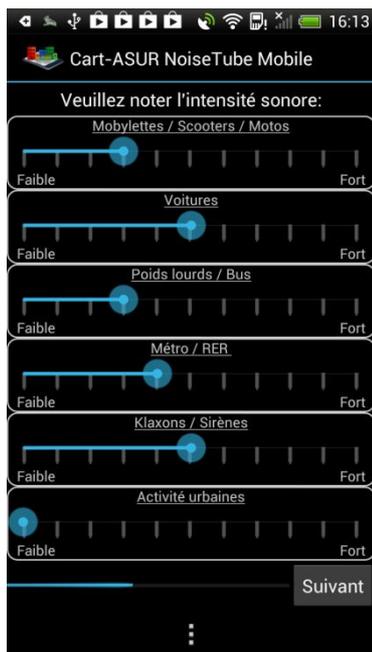


Figure 26: Intensités sonores

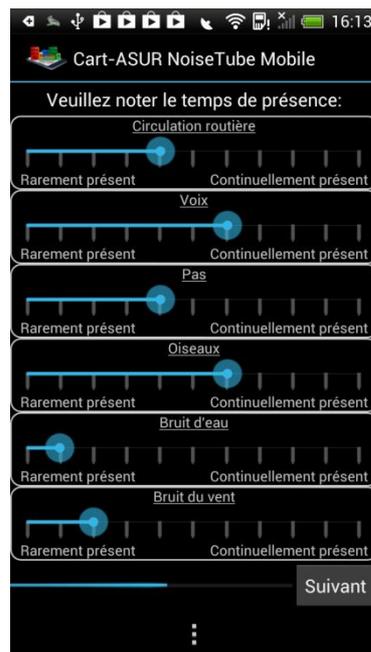


Figure 27: Temps de présence

A la fin, deux questions à réponse libre permettent à l'utilisateur de faire des remarques sur l'enregistrement sonore (Figure 28) et de signaler les problèmes techniques qu'ils auraient pu rencontrer lors de la mesure (Figure 29). Enfin pour terminer le questionnaire, le participant doit réaliser une ou plusieurs photos de son environnement (Figure 30). Cette question est volontairement vague pour laisser chaque utilisateur libre de choisir sa prise de vue.

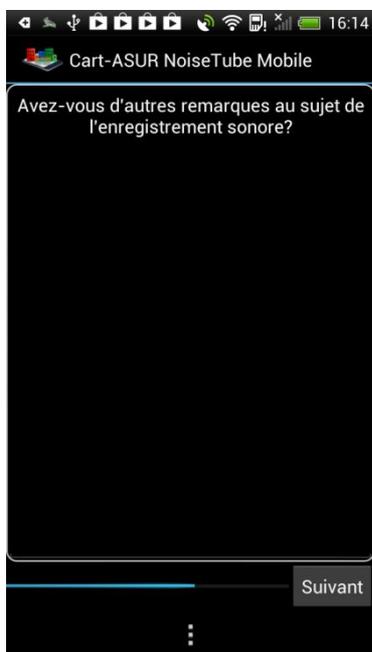


Figure 28: Notes

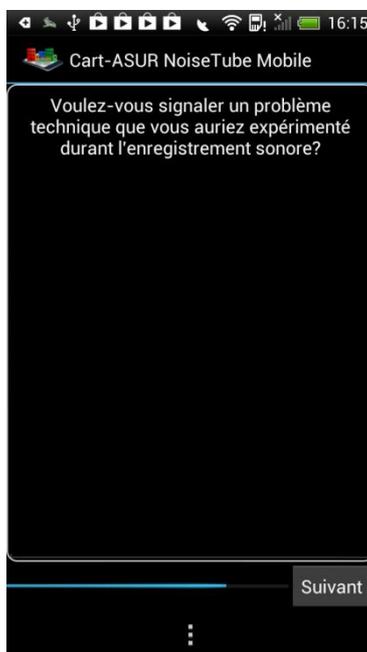


Figure 29: Problème



Figure 30: Photos

Lorsque le participant a répondu à l'ensemble des questions, un résumé des mesures est affiché, le temps que les données soient transférées au serveur (Figure 31). Généralement, cette opération prend une trentaine de secondes.

Lorsque la mesure est terminée, les informations sont envoyées sur le serveur Cart_ASUR et le point de mesure devient vert signifiant que la mesure a été réalisée sur l'application de l'utilisateur (Figure 32).



Figure 31: Résumé des mesures

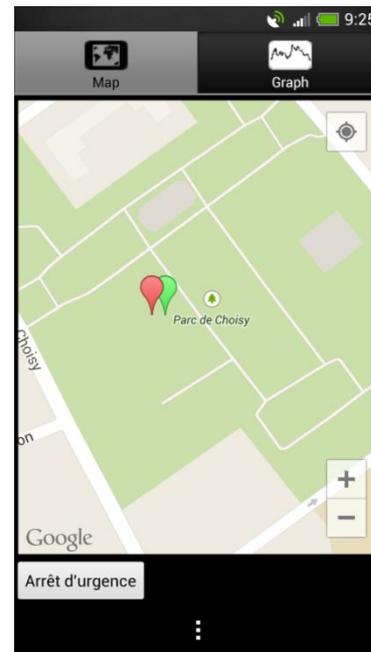


Figure 32 : Point vert réalisé

2.4. Mise en place du serveur et création d'une base de données

Les mesures ainsi récoltées sont ensuite stockées sur une base de données. Cette base de données se trouve sur le serveur de la VUB à Bruxelles mais une copie est également conservée sur le serveur de l'UCP à Cergy. La base de données Cart_ASUR contient l'ensemble des informations du projet. Elle sert à alimenter à la fois le site Internet et l'application mobile Cart_ASUR.

2.4.1. Le support technologique de la base de données

Les technologies actuellement utilisées par la base de données sont listées ci-dessous :

- Système d'exploitation du serveur : Linux Slackware v14
- Serveur de la base de données : PostgreSQL version 9.1 (Ceci est le programme du serveur de la base de données principal qui gère la conception de la base de données et les données).
- Extensions : PostGIS pour PostgreSQL version 2.1 (PostgreSQL ne gérant pas les données SIG, cette extension palie au manque en permettant de créer, stocker et manipuler les données SIG dans PostgreSQL).

2.4.2. Le design et la structure

Le design de la base de données a été réalisé durant la première phase du projet. La structure a été créée pour favoriser un accès rapide aux données.

Le schéma de la base de données Cart_ASUR est basé sur celui de NoiseTube avec un ajout des données spécifiques à Cart_ASUR. Le schéma de construction de la base de données est présenté sur la Figure 33, ci-dessous.

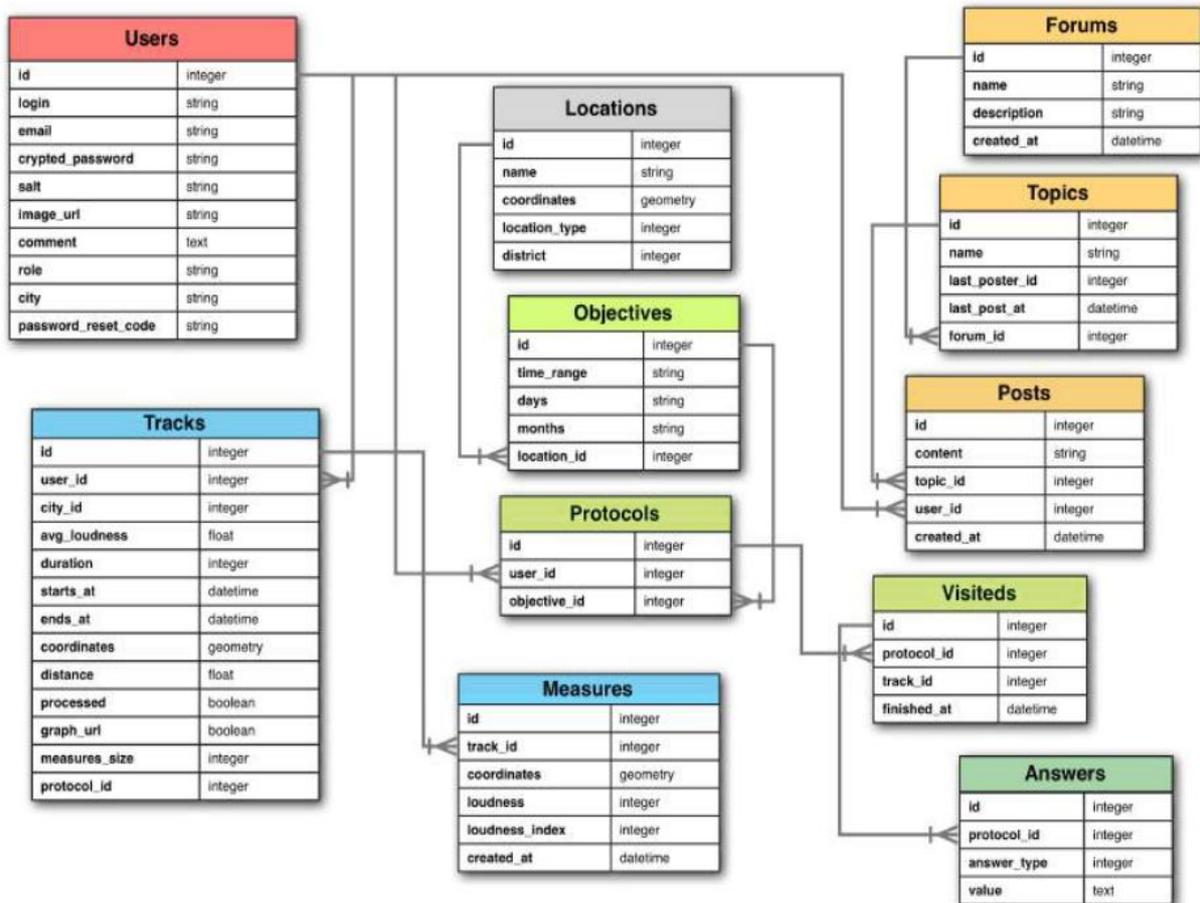


Figure 33 : Schéma de la structure de la base de données utilisée pour stocker les informations

Dans les sous-sections suivantes, une rapide description de chacune des tables du schéma est donnée ainsi que les liens qu'elles ont les unes avec les autres.

La table : "Users"

La table "users" stocke les informations liées au login utilisateur de Cart_ASUR. On trouve également dans cette table les informations d'accès au site web de l'administrateur et des partenaires. Le champ "id" de cette table permet d'identifier les utilisateurs et de les lier à d'autres tables comme par exemple "Protocols", "Tracks" ou "Posts".

La table : "Measures"

La table "Measures" stocke les mesures envoyées par l'application mobile après une session d'enregistrement. Une mesure comporte les données GPS de l'enregistrement ainsi que la valeur moyenne de l'intensité sonore. Chaque mesure est également reliée à une piste dans la table "Tracks".

La table : "Tracks"

La table "Tracks" est utilisée pour stocker l'ensemble des mesures de niveau sonore réalisé lors d'une session d'enregistrement. Pour le projet Cart_ASUR, une session d'enregistrement de chaque objectif dure 10 minutes.

La table : "Locations"

La table "Locations" stocke les différents lieux qui doivent être mesurés par chaque utilisateur en fonction des objectifs qui leur sont attribués. La table distingue les différents types de lieux, par exemple, les rues commerçantes ou les boulevards à l'aide du champ : "location_type".

La table : "Objectives"

La table "Objectives" contient les objectifs du projet. Un objectif comporte l'heure, le jour de la semaine et le mois auxquels l'enregistrement doit être réalisé. Un objectif contient également l'information sur le lieu de mesure.

La table : "Protocols"

La table "Protocols" est utilisée pour relier un utilisateur à l'objectif qui lui a été assigné. Cette table contient donc uniquement l'identifiant de l'utilisateur (user_id) et son objectif (objective_id).

La table : "Visiteds"

Chaque ligne de la table "visited" représente un protocole complété par un utilisateur. Cette table stocke la date à laquelle l'utilisateur a réalisé le protocole. Cette table conserve également le lien avec les photos prises par l'utilisateur à la fin de l'enregistrement.

La table : "Answers"

La table "Answers" stocke les réponses au questionnaire données lors des sessions de mesure. Ces réponses sont liés à la table "Protocols" via la table "Visiteds".

La table : "Forums", "Topics", "Posts"

Les tables assurent les différentes fonctions du forum du site internet Cart_ASUR. Chaque page du forum peut avoir plusieurs sujets et les utilisateurs peuvent envoyer plusieurs post sur chaque sujet. Les tables stockent l'ensemble des informations, par exemple, la table "Posts" conserve l'identifiant de chaque utilisateur (user_id) qui post quelque chose. Dans la table "Topics", le post le plus récent d'un utilisateur est stocké dans "last_poster_id_field".

Les autres tables

En plus des tables présentées ici et dans la Figure 33, d'autres tables sont utilisées pour stocker les informations du projet. Ces tables ne sont pas fondamentales dans la structure de la base de données. Elles ont donc été volontairement retirées du schéma pour le rendre plus claire. Parmi ces tables, il y a :

- "UserUploads" : qui stocke les documents chargés sur le site internet
- "VisitedImages" : qui stocke les images téléchargées à la fin de chaque session de mesure
- "Questions" : qui conserve l'enquête initiale et le texte du questionnaire de l'application mobile

Les fonctions

Il y a beaucoup de fonctions de PostgreSQL qui sont utilisées par l'extension SIG de PostGIS pour effectuer les calculs nécessaires au stockage des informations GPS dans les tables. Ces fonctions sont automatiquement ajoutées lors de l'installation de l'extension PostGIS.

2.4.3. La sauvegarde

Une sauvegarde de la base de données Cart_ASUR est effectuée chaque soir. Les fichiers de sauvegarde sont ensuite stockés dans un endroit spécifique du serveur Noisetube. Ces sauvegardes peuvent être consultées grâce à un identifiant approprié. De plus, l'administrateur du site internet peut télécharger la sauvegarde de la base via le site Cart_ASUR. Cette sauvegarde est également copiée automatiquement sur le serveur de l'UCP à Cergy.

2.5. Présentation du site Internet Cart_ASUR

Pour présenter le projet mais également pour faciliter la communication avec les participants et entre les partenaires, un site Internet a été mis en place. Ce site est disponible à l'adresse suivante :

<http://noisetube.net/cartasur/>

Il est également accessible par le site web de NoiseTube où un onglet « Cartasur users » a été ajouté. Le site Internet Cart_ASUR se compose de quatre parties :

- 1- Une partie publique qui présente le projet et les partenaires
- 2- Une partie utilisateur accessible avec un identifiant et un mot de passe qui permettent d'accéder au profil de l'utilisateur, à ses mesures, au forum et à une rubrique d'aide.
- 3 - Une partie administrateur qui permet de gérer les utilisateurs, les objectifs, les lieux, de voir les réponses et de récupérer les sauvegardes du serveur de la VUB.
- 4 – Une partie partenaire qui permet l'échange de documents entre les différents partenaires du projet.

2.5.1. Partie publique

La partie publique du site Internet Cart_ASUR présente les objectifs du projet et les partenaires impliqués dans l'étude (Figure 34). Dans cette partie du site, une aide est également accessible. Elle contient les guides d'utilisation de l'application et du téléphone, HTC one X.



Représentations Cartographiques de la qualité des Ambiances Sonores Urbaines

A propos Partenaires

Aide Connexion

Informations Générales

Ce projet de recherche financé par l'ADEME s'intéresse à la qualité de l'environnement sonore des milieux urbains. Son but est de développer un indicateur permettant d'évaluer l'agrément sonore urbain. Pour cela, ce projet associe des chercheurs et professionnels de compétences complémentaires, tel que des informaticiens, des géographes, des architectes, des acousticiens, des sociologues, des sémiologues, pour développer de nouveaux modes de représentation visuelle de l'environnement sonore. Il associe également les développements des technologies actuelles qui favorisent la citoyenneté participative, les recherches récentes sur les indicateurs de qualité sonore et les possibilités offertes par les systèmes SIG pour offrir des cartes sonores adaptées aux différents publics. La complémentarité des points de vue et des attentes de chacun des participants confère au projet une approche à la fois innovante, complète et adaptée à l'objet d'étude que sont les villes.

Motivation

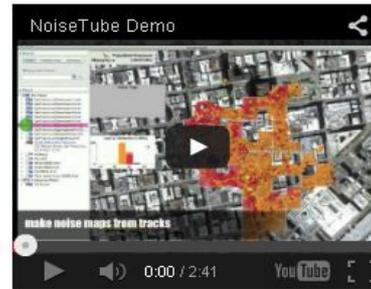
Sur un plan scientifique, les attendus sont doubles :

- caractériser le paysage sonore urbain à l'aide d'indicateurs synthétiques afin de le représenter sous forme cartographique ;
- montrer que cette nouvelle génération de carte traduit le passage d'une politique normative à une politique constitutive en matière de gestion des nuisances sonores.

Sur un plan opérationnel, les attendus sont également doubles :

- mettre à la disposition du public des informations permettant une meilleure appropriation de la problématique du bruit dans l'environnement ;
- améliorer la connaissance de l'environnement sonore et utiliser les résultats pour la mise en place de plans d'action (préventifs et curatifs).

Ce projet permettra donc de disposer de cartes sonores construites sur un module de calcul d'indicateurs interfacé avec les données acoustiques, perceptives et géo référencées et sur un module de visualisation des ambiances sonores facilement extensibles en fonction de la disponibilité des données et des progrès en analyse et représentation de la variable qualité sonore. De plus, la conception des modules au-dessus d'une plate-forme Open Source permettra une diffusion facile des propositions faites dans le cadre de ce projet.



2012-2014 - NoiseTube [Sony Computer Science Laboratory Paris](#) & the [VUB Bruisense group](#)
NoiseTube source code available under [GNU LGPL v2.1](#) license and hosted on [Source Code](#). Go back to NoiseTube [here](#).

Figure 34 : Capture d'écran de la page d'accueil du site Internet Cart_ASUR

2.5.2. Partie utilisateur

Pour accéder à la partie utilisateur, chaque participant doit utiliser son login et son mot de passe Cart_ASUR. La partie utilisateur permet à chaque personne d'avoir accès aux mesures qu'il a réalisé (Figure 35). Dans la partie "votre profil" le participant retrouve ces informations personnelles notamment, les réponses qu'il a fourni lors du questionnaire initial en début d'expérience (cf. §2.6.1). Un forum est également disponible sur le site pour permettre aux participants d'échanger entre eux ou avec l'administrateur.



Représentations Cartographiques de la qualité des Ambiances Sonores Urbaines

[À propos](#) [Vos mesures](#) [Votre profil](#) [Forums](#) [Partenaires](#)

[Aide](#) [Déconnexion](#)



cartasur1

Activité

Dernière activité: il y a
Nombre total de mesures: 33962

[Télécharger les données](#)

[Mon profil sémantique:](#)

Localisation:

Temps:

Exposition au bruit:

7 Exposition au bruit
journalière:

(Aucune image)

[Messages du forum:](#)

aucun sujet du forum

Chronologie: 56 enregistrements numériques de mon exposition à la pollution sonore

← Previous 1 2 3 4 5 6 Next →

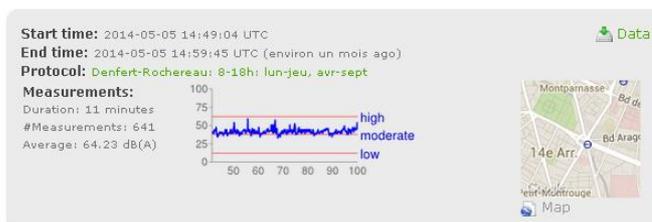
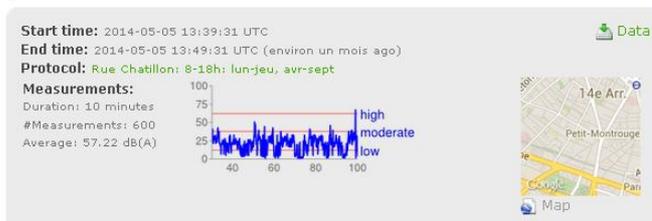


Figure 35 : Capture d'écran d'un profil utilisateur sur le site internet Cart_ASUR

2.5.3. Partie administrateur

La partie administrateur du site internet permet de gérer l'attribution des objectifs à chaque participant et de suivre en direct les mesures réalisées (Figure 36). Pour chaque participant, l'administrateur peut suivre les objectifs mesurés et avoir accès aux réponses données dans le questionnaire.



Représentations Cartographiques de la qualité des Ambiances Sonores Urbaines

[About](#) [Your Elog](#) [Your Profile](#) [Forums](#) [Intranet](#) [Documents](#) [Partners](#)

[Help](#) [Logout](#)

Intranet

User Protocols: cartasur8

This page shows the protocols for user cartasur8.

Filter user protocols: [Completed](#) | [Incomplete](#) | [All](#)

Time range(Hours)	Months	Days	Location	Started
8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	4,5,6,7,9	1,2,4,5	Rue Chabillon	no
15,16,17,18,19,20	4,5,6,7,9	6,7	Rue Chabillon	no
8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	4,5,6,7,9	1,2,4,5	Montsouris	yes (view)
15,16,17,18,19,20	4,5,6,7,9	6,7	Montsouris	yes (view)

Figure 36 : Capture d'écran de la page de suivi des mesures disponible pour chaque utilisateur (ici, Cartasur8)

Un rapport hebdomadaire informe également l'administrateur des mesures réalisées chaque semaine par chaque utilisateur (Figure 37). Ces informations permettent de suivre la bonne réalisation des mesures et de relancer les utilisateurs si besoin.

Noisetube - Cartasur Report for the Week June 9 12:00 am - June 15 11:59 pm

User	Protocols this week	Location
cartasur1	0	
cartasur3	0	
cartasur4	0	
cartasur5	0	
cartasur7	0	
cartasur8	0	
cartasur9	1	Marché Edgar Quinet 599 mesures
cartasur10	0	
cartasur11	0	
cartasur12	0	
cartasur13	0	
cartasur14	3	Boulevard Saint Jacques 598 mesures Boulevard Raspail 598 mesures Rue Emile Richard 600 mesures
cartasur15	0	
cartasur16	0	
cartasur18	0	
cartasur19	1	Boulevard Raspail 600 mesures
cartasur20	0	
cartasur21	0	
cartasur22	6	Rue Froidevaux 605 mesures Boulevard Raspail 629 mesures Gaité 615 mesures Rue Daguerre 617 mesures Place Basch 652 mesures Boulevard Saint Jacques 603 mesures
cartasur23	0	

Figure 37 : Capture d'écran du rapport hebdomadaire des mesures réalisées

2.5.4. Partie partenaire

Enfin, une partie partenaire a été créée afin de permettre l'échange de documents entre les partenaires. Chacun peut venir déposer ou consulter les documents via le site de Cart_ASUR.

2.6. La Campagne de mesures via l'application mobile (UCP)

Une fois l'aspect technique de la collecte de données via le téléphone portable terminé, la campagne de mesures a pu être lancée en septembre 2013. Ce lancement a été réalisé avec 6 mois de retard pour les raisons présentées au paragraphe 2.6.3.

2.6.1. Les participants

Pour cette campagne de mesures, 63 téléphones HTC one X ont été achetés avec des abonnements engagés sur une durée d'un an (60 téléphones pour les participants et 3 téléphones pour les responsables scientifiques afin de tester les évolutions et les problèmes de l'application). 60 participants ont donc été recrutés pour réaliser les mesures in-situ (57 ont participé jusqu'au bout de l'expérimentation). Les participants sélectionnés pour cette étude pour la grande majorité habitent ou travaillent dans les 13^e et 14^e arrondissements. Les participants ont été recrutés par connaissance grâce aux différents partenaires du projet et avec l'aide des réseaux de la SFA et de l'école Telecom Paristech située dans le 13^e arrondissement.

Pour connaître la composition du panel de l'étude, chaque participant a répondu en début d'étude à un questionnaire initial. La composition du panel du projet est présentée dans le Tableau 3.

Vous êtes ?										
Un homme					Une femme					
39					18					
Dans quelle tranche d'âge vous situez vous ?										
18-29 ans	30-39 ans			40-49 ans	50-59 ans	60-75 ans	Plus de 75 ans			
47	5			3	2	0	0			
Quel est votre type de logement ?										
Immeuble	HLM		Maison isolée		Maison au sein d'une zone pavillonnaire					
47	2		1		7					
Possédez-vous un balcon, une terrasse ou un jardin ?										
Oui					Non					
24					33					
Avez-vous une pièce qui vous permet de vous reposer hors du bruit?										
Oui					Non					
31					26					
Depuis combien de temps habitez-vous votre logement?										
1-2 ans		2-5 ans			5-10 ans		> 10 ans			
35		11			5		6			
A quelle catégorie socioprofessionnelle appartenez-vous ?										
Etudiants	Employés	Ouvriers	Cadres, professions intellectuelles supérieures		Professions intermédiaires		Sans réponse			
37	2	1	15		1		1			
Quelle est votre situation familiale ?										
Personne seule		Couple sans enfant			Couple avec enfant(s)		Sans réponse			
31		16			9		1			
Comment évalueriez-vous votre sensibilité au bruit ?										
Pas du tout sensible		Peu sensible	Sensible		Très sensible		Sans réponse			
0		20	27		9		1			
Comment évalueriez-vous votre qualité de vie ?										
Très mauvaise		Mauvaise	Ni bonne, ni mauvaise		Bonne	Très bonne	Sans réponse			
0		0	16		38	2	1			
Dans quel pays avez-vous grandi ?										
France, Belg, Lux		Europe N	Europe E	Amérique S	Afrique Nord (Maghreb)	Afrique Noire	Asie	Sans réponse		
41		1	2	4	1	1	6	1		
Dans quel pays vos parents ont-ils grandi ?										
France, Belg, Lux		Europe N	Europe E	Europe S	Amérique S	Afrique Nord (Maghreb)	Afrique Noire	Asie	Autre	Sans réponse
32		1	3	2	4	4	1	7	2	1

Tableau 3 : Répartition des réponses au questionnaire initial du panel des participants au projet Cart_ASUR

2.6.2. Lancement de la campagne

La distribution des téléphones (remis en main propre) s'est également déroulée à l'école Telecom Paristech (Figure 38). Pour des raisons techniques et d'organisation, cette distribution s'est déroulée en deux parties. Une première partie en juin 2013 où 40 téléphones ont été remis. Puis une deuxième partie en octobre 2013 où les 20 derniers téléphones ont été remis. Lors de la remise des téléphones, un contrat a été établi entre l'université qui s'engageait à payer un abonnement d'un an et à mettre à disposition un téléphone pour les mesures et le participant qui en contre partie s'engageait à réaliser 102 mesures sur une durée de 12 mois.



Figure 38 : Remise des téléphones aux participants à l'école Telecom Paristech en Juin 2013

Le 2 septembre 2013, une réunion de lancement de la campagne de mesures a été organisée avec l'ensemble des participants. Lors de cette réunion, l'application et son fonctionnement ont été présentés. Des conseils pour la réalisation des mesures ont également été donnés.

Le 6 octobre 2014, une réunion de fin de projet a été organisée dans les locaux de la Maison des actions durables de la ville de Paris. Une restitution de l'avancement de la recherche a donc été faite devant une vingtaine de participants.

2.6.3. Problèmes rencontrés

L'approche collaborative utilisée dans le projet via l'utilisation d'une soixantaine de téléphones portables pour collecter les données acoustiques et perceptives a demandé une importante gestion et un suivi quasi permanent des participants et du matériel mis à disposition pour les mesures. Il faut reconnaître que ce temps de gestion n'avait pas été anticipé lors de la réponse à l'appel à projet.

Les différents problèmes rencontrés principalement lors du recueil des données acoustiques et perceptives ont été de nature différente :

- Malgré le contrat signé, certains participants n'ont pas tenu leurs engagements et ont abandonné le projet en cours de route. Ils ont cependant tous rendu le téléphone ce qui nous a permis de recruter de nouvelles personnes pour continuer les enregistrements. Au final 57 personnes ont bon gré, mal gré joué le jeu de l'expérimentation jusqu'au bout.
- La campagne de mesures a également été perturbée par de nombreux problèmes sur les téléphones : écrans cassés, problèmes de carte mère, batteries, pertes, vols Sur les soixante téléphones initiaux, une vingtaine d'échange a été réalisée avec l'aide du Service Après-Vente de Bouygues Telecom ce qui représente plus de 100 échanges téléphoniques avec le service après-vente et environ 300 échanges de mails. La difficulté ici a été de s'assurer que le remplacement des téléphones défectueux correspondait bien au même modèle HTC One X tout au long de l'expérimentation, alors que ce modèle était en fin de série.
- Les différentes mises à jour de Google Maps ou d'Android ont également perturbé le bon déroulement de la campagne de mesures car elles ont nécessité des ajustements dans le développement informatique de l'application et des mises à jour de la part de chaque utilisateur. Cependant à partir de décembre 2013 et jusqu'à la fin de l'expérimentation en mars 2014, les versions des différents logiciels ont été relativement stables.
- Certaines mesures ont été invalidées car les données du GPS ne correspondaient pas à celles du point de mesures ou n'avaient pas été enregistrés.

2.6.4. Retour d'expérience des participants

Pour connaître le ressenti des participants vis-à-vis du projet, un questionnaire de retour d'expérience leur a été soumis. Ce questionnaire a deux objectifs principaux :

- Comprendre les freins et les motivations des usagers du portable dans la participation à l'évaluation de leur environnement.
- Evaluer les contraintes des dispositifs techniques du téléphone portable dans les relevés des mesures afin de mieux comprendre les résultats et les marges d'erreur engendrées par ces contraintes.

L'objectif in fine de ce questionnaire est de voir comment la coproduction de données environnementales avec les citoyens peut transformer radicalement la connaissance des environnements urbains, avec en perspective la possibilité d'imaginer l'impact de ces coproductions dans l'accélération des changements de comportements et le développement de nouvelles relations entre les acteurs publics urbains, les autorités locales et les citoyens.

Méthodologie du questionnaire

Le questionnaire a été envoyé par mail en mai 2014 aux 57 personnes participant au projet. 41 personnes ont répondu au questionnaire. Même si ce résultat n'est pas maximal, il nous permet d'avoir un retour suffisamment significatif sur les modes d'appropriation des téléphones portables ainsi que sur les contraintes qui se sont présentées lors des relevés.

Profil des usagers

Le recrutement des utilisateurs pour le relevé des mesures s'est effectué de manière aléatoire selon les réseaux de relations des responsables et membres du projet. Aucun souhait d'une quelconque représentativité du panel n'a été évoqué, les objectifs étant autres, et particulièrement focalisés sur la mesure elle-même et non sur le sujet usager. Compte-tenu du fait que ce panel n'est pas complètement maîtrisé, les résultats ne donnent pas, par conséquent, d'informations particulièrement pertinentes sur la relation entre l'âge des utilisateurs, leur catégorie socio-professionnelle et leur utilisation du téléphone portable dans le relevé de ces mesures précisément.

Nous pouvons néanmoins indiquer à titre d'information le profil général des personnes qui ont répondu à l'enquête de satisfaction. Environ 50 % des usagers appartiennent à la catégorie des 18-25 ans (23 sur 41) et sont principalement des étudiants. Les 26-35 représentent 11 personnes sur 41, à savoir 1/4 des personnes, 4 ont entre 36-45 et 3 entre 46-55.

Les étudiants représentent la majorité du panel (24 sur 41) puisque les autres usagers ne sont que 17 à avoir une profession qui est essentiellement représentée par le statut de cadre. 2 seulement sont des techniciens. On peut noter que 24 étudiants sur 37 ont répondu à l'enquête (65%), alors que 17 non étudiants sur 20 y ont répondu (85%). Cela démontre que globalement les étudiants ont été moins investis dans cette expérimentation que les autres participants.

Ce questionnaire se compose de 26 questions et d'un commentaire libre. La Figure 39 donne un exemple d'aperçu du retour des participants.

Leur lien avec l'environnement, et particulièrement l'environnement sonore

Un des intérêts du questionnaire est de comprendre les motivations qui conduisent à la participation pour ce type d'étude. En effet, peut-on considérer que les intérêts pré-existants pour leur environnement physique ainsi que leurs préoccupations pour l'environnement d'un point de vue général pouvaient être une des portes d'entrée pour leur participation à la mesure de leur environnement ?

Nous nous apercevons que les préoccupations environnementales n'étaient pas un critère prédominant chez ces personnes. Si la majorité se dit concernée par les questions environnementales,

très peu participe à des réseaux actifs associatifs (ou autres) sur ces thématiques (5 sur 41) ou bien travaillent ou étudient dans le domaine de l'environnement d'un point de vue général (5 sur 41). Ce qui correspond à 1/4 du panel ayant des motivations liées à l'environnement et qui pourraient expliquer en partie l'adhésion à cette recherche.

Aussi, dans cette même catégorie de réponses, l'intérêt pour l'environnement peut être expliqué par la possession préexistante d'applications sur leur téléphone portable liés à l'environnement : seulement 6 sur 41 possédaient des applications de mesure de l'environnement, comme un sonomètre par exemple ou encore RTE-éCO2mix sur la consultation d'informations sur la consommation et la production d'électricité.

Si cette motivation n'est pas liée principalement aux intérêts pour l'environnement d'une manière générale, et encore moins à l'environnement sonore, elle s'explique par le fait que la proposition de participation à ce projet de recherche était récompensée par l'offre d'un téléphone portable et d'un abonnement à un opérateur. Les réponses au questionnaire sont très claires à ce sujet : la majorité des personnes du panel explique leur intérêt pour l'étude par l'opportunité d'obtention d'un téléphone et d'un abonnement.

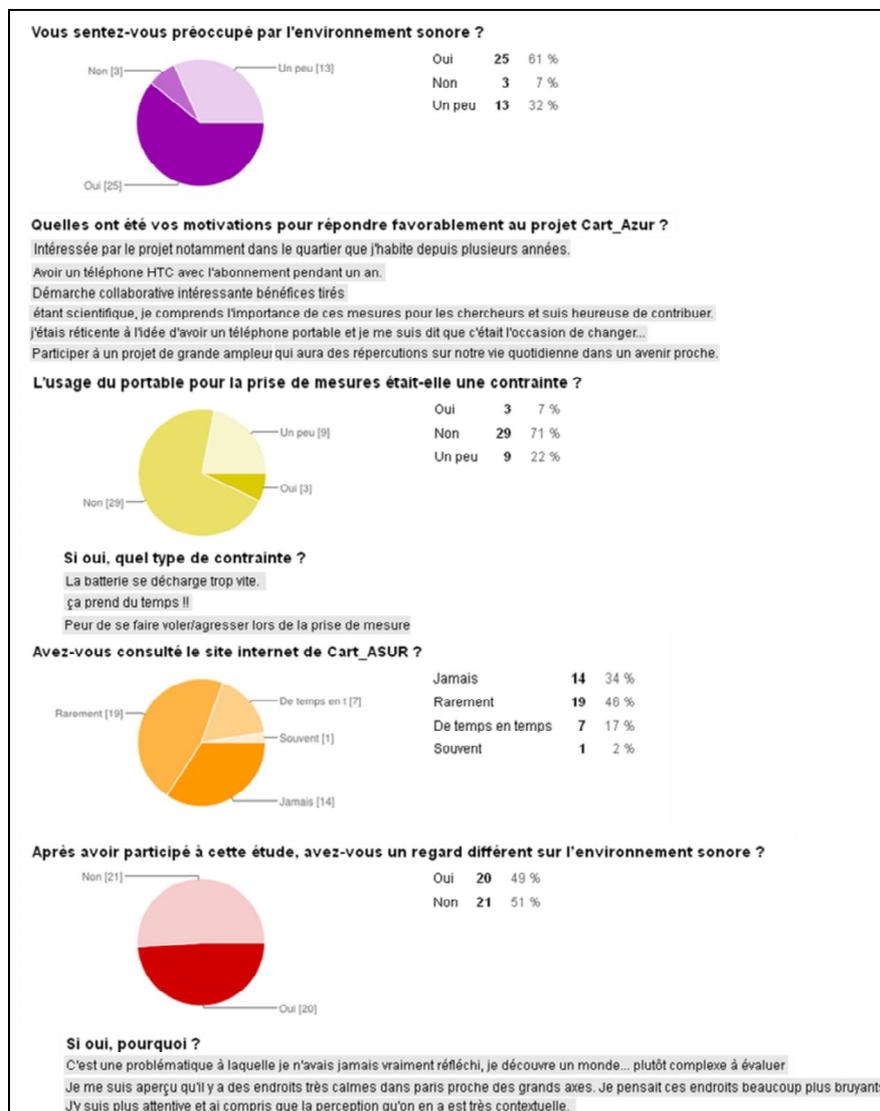


Figure 39 : Extrait des réponses du questionnaire sur l'expérience des participants au projet Cart_ASUR

Contraintes liées au dispositif technique

Cette partie répond à la fois à des interrogations de nature technique liées à la précision des relevés ainsi qu'aux freins et contraintes qui se sont imposées aux personnes du panel. Elle répond aussi aux interrogations en sciences de l'information et de la communication sur le lien entre dispositif technique et participation citoyenne : en effet, peut-on considérer que les dispositifs techniques (ici le téléphone portable et son interface d'utilisation) pourraient faciliter et induire un comportement d'intérêt pour les mesures ? Quelle est en quelque sorte la place du dispositif technique dans l'adhésion et l'appropriation du téléphone portable dans le relevé des données ? En quoi le type de dispositif technique est-il déterminant dans la coproduction de données environnementales par les citoyens ?

- Un des premiers points importants à retenir est que l'usage du portable n'est aucunement une contrainte pour l'utilisateur (seulement 3 sur 41 ont répondu « oui » à la question « l'usage du portable était-elle une contrainte ? » et 7 ont répondu « un peu ». La facilité d'usage d'un portable, utilisé régulièrement au quotidien pour toutes les personnes interrogées (téléphone, consultation des mails, applications, navigation internet...), peut permettre un accès assez rapide à des relevés de données. Nous pouvons considérer que le téléphone est un des meilleurs outils techniques pour ce type de mission.

- D'autre part, les sondés ont estimé pour une très grande majorité que l'application a été simple à comprendre. L'interface n'a pas posé de problème particulier de compréhension (39 personnes sur 41)

- En revanche, plus de la moitié des sondés a rencontré des difficultés dans l'utilisation de cette application pour le relevé des données (24 sur 41).

→ La difficulté principale résidait dans le fait que l'application plantait ou s'arrêtait lorsque l'utilisateur souhaitait prendre la mesure : l'application ne démarrait pas ou s'arrêtait en milieu de processus ou encore prenait un certain temps à démarrer.

→ la deuxième difficulté reposait sur la localisation GPS pour repérer l'endroit de la mesure car le GPS n'était pas réactif pour mentionner le lieu sur le portable.

Le libellé d'autres questions pouvait poser des problèmes pour certaines personnes et particulièrement celle de l'enveloppe sonore. A la question « Il semble que la question sur l'enveloppement sonore n'était pas facile à comprendre. Comment y avez-vous répondu ? », les personnes du panel ont répondu de manière très différente et que nous pouvons regrouper en plusieurs catégories :

→ incompréhension de la question et par conséquent, les usagers y ont répondu de manière aléatoire

→ enveloppant est synonyme de fort, désagréable et dérangent

→ enveloppant est synonyme de source non déterminée, d'un bruit continu, constant venant de toute part

→ à l'inverse, enveloppant est considéré pour certains comme « bulle sonore », possibilité de s'extraire du bruit fort de la ville.

D'autres questions de l'application ont engendré des difficultés de compréhension, et deux en particulier :

- celle sur la notion de familiarité de l'environnement, car pour les internautes tous les environnements sont familiers même si l'endroit de la mesure n'est pas un lieu connu de l'utilisateur, les bruits sont tout aussi familiers.

- celle sur les activités urbaines : difficulté à saisir les types d'activités urbaines : activités propres à la ville, bruits de travaux, animation de quartier... ?

Au regard des difficultés techniques posées par l'utilisation de cette application, les personnes du panel ont proposé, en dehors des problèmes de bugs de l'application et de localisation par le GPS, des pistes d'amélioration de l'interface en fonction des usages qui en ont été faits :

- afficher uniquement les mesures réalisables et qui restent à faire au moment d'ouvrir l'application en fonction du jour et de l'heure (remarque la plus récurrente parmi les réponses). Signaler éventuellement ces mesures par une alarme lorsque la personne passe au point.
- permettre la possibilité de revenir en arrière une fois la validation de la réponse, en cas d'oubli d'une action, comme la prise de photo par exemple
- une fois la mesure validée, supprimer la bulle au lieu du changement de couleur
- diminuer le nombre de valeurs sur le curseur lors de la réponse à certaines questions.
- affiner plus précisément les points sur la carte car plusieurs marqueurs sur un même point de mesure.
- nécessité de faire une vidéo explicative
- diminuer les temps des questions et du mesurage : revoir l'ordre de sorte à ce qu'on puisse répondre aux questions en même temps que prendre la mesure.
- indiquer les numéros de rue sur la carte afin de se repérer plus facilement au niveau des points de mesure.

Consultation du site internet

Le site internet conçu dans le cadre de ce projet et recensant tous les documents relatifs à cette recherche ainsi que les mesures prises par les usagers du portable est très peu consulté. Seules 7 personnes sur 41 affirment le voir de temps en temps et une seule le fait souvent. Les raisons de cette consultation reposent essentiellement sur le souhait de voir les mesures qui ont été effectuées par l'utilisateur lui-même.

Le peu d'intérêt pour ce support de communication nous interroge sur le public cible de ce site. La prise de mesures ne s'accompagne pas réellement d'un intérêt pour les résultats du projet dans sa globalité ainsi que sur les enjeux de cette recherche.

Néanmoins, et pour finir sur une note optimiste, pour la moitié des personnes interrogées (20 sur 41), le projet a changé leur regard sur l'environnement sonore : être plus attentif aux bruits environnants et à pouvoir les décrypter, comprendre la complexité d'une évaluation d'une source sonore, être plus conscient de la richesse d'une ambiance sonore, plus sensibilisé à l'environnement sonore, l'autre moitié en revanche n'a pas modifié son regard sur cette thématique.

2.6.5. Bilan de la campagne de mesures

Sur les 6 000 points de mesures attendus au départ, la campagne de mesures a permis de rassembler 3418 mesures perceptives et acoustiques sur une durée d'un an.

Les mesures manquantes sont dues à plusieurs facteurs :

- 1- Environ 150 mesures ont été invalidées par le système suite à des erreurs de GPS
- 2- Des problèmes de transfert de données ont eu lieu entre les téléphones et le serveur à certains moments pour lesquels il est difficile d'évaluer le nombre de mesures perdues
- 3- Des participants malgré les différentes relances n'ont pas rempli leur contrat de manière satisfaisante (3 ont abandonné, 5 d'entre eux ont réalisé moins de 5% des mesures demandées et 15 moins de 50%).

Malgré ces aléas liés à l'utilisation des téléphones, le nombre de mesures récoltées n'aurait pas pu être aussi important en utilisant des méthodes plus classiques de type enquêtes sur le terrain. Il est important de rappeler qu'il est bien rare d'avoir, pour plus de 3000 situations urbaines différentes, une évaluation perceptive synchronisée avec une mesure acoustique. De plus, avec un suivi très assidu des participants et de leurs mesures, les données retenues sont très pertinentes et permettront de construire des modèles de qualité sonore très robustes.

2.7. Stations de mesures fixes (Bruitparif)

Dans le cadre de l'étude, il était nécessaire de comparer les mesures acoustiques in situ délivrées par les téléphones portables à des mesures réalisées par des stations de mesures exploitées couramment pour la documentation globale du bruit dans l'environnement. Dans le cadre du projet Cart_ASUR, une station de mesure autonome en énergie est dédiée à cette tâche. Il s'agit d'une station de mesure solaire LadyBird® développée par la société Azimut Monitoring.

Cette solution présente l'avantage de pouvoir être facilement et rapidement déployée sur un candélabre situé au sein d'un site d'enquête Cart_ASUR. En outre, les démarches administratives associées à l'autorisation d'implantation de la station sur le candélabre sont facilitées puisqu'elles sont adressées à la Mairie de Paris, partenaire du projet.

2.7.1. Méthode

La station de mesure est fixée successivement sur deux réverbères publics après autorisation de la ville de Paris à une hauteur d'environ 4 mètres par rapport au sol. Les niveaux sonores L_{Aeq1s} sont enregistrés en continu sur une période respective d'environ six mois pour les deux sites étudiés.

Nous avons besoin de comparer les résultats des mesures in situ délivrées par les téléphones portables et la station fixe sur deux lieux présentant des ambiances sonores différentes. Si la zone d'enquête du projet Cart_ASUR regorge de sites aux ambiances sonores très variées nous devons cependant faire face à certaines contraintes ; tout particulièrement la nécessité de disposer au sein de la zone d'enquête d'un candélabre au pied d'un banc public, banc public sur lequel s'installent les enquêteurs pour réaliser les mesures acoustiques au moyen de leur téléphone portable. Cette configuration permet de minimiser la distance entre les microphones de mesure du téléphone portable et de la station fixe, ce qui justifie la comparaison des données produites par les deux moyens de mesure.

2.7.2. Points de mesures fixes

Suite à l'étude de l'ensemble des sites enquêtés, deux sites de mesures ont été sélectionné en concertation avec Bruitparif, la ville de Paris et l'Université de Cergy-Pontoise. Les deux sites retenus se trouvent dans le 14^{ème} arrondissement de Paris : boulevard Raspail et place Gibert Perroy. Ces deux points de mesures correspondent à des ambiances sonores a priori différentes.

1- Le premier point de mesure se situe en bordure du boulevard Raspail. Cet axe très emprunté se compose de quatre voies de circulation dont deux dédiées aux bus. Deux contre-allées destinées au stationnement sont situées de chaque côté du boulevard. Des immeubles de 8 étages environ encadrent le boulevard et confèrent au site une configuration de rue en U (configuration particulièrement réverbérant en milieu urbain). Ce site est principalement dominé par le bruit du trafic routier.

2 - Le second point de mesure se situe au sein de la place Gibert Perroy et correspond à une ambiance typique de square urbain. Le square est encadré par 3 voies de circulation routière, l'avenue du Maine, axe très circulé, et deux voies de desserte locale moins empruntées, la rue Mouton-Duvernet et la rue Castagnou. Le bruit routier est moins prédominant que sur le premier site, du fait d'un espace plus ouvert et d'un éloignement plus important des voies de circulation routière. La présence d'un manège et de nombreux bancs publics ajoute à ce site à une ambiance sonore associée à l'activité humaine (conversations, jeux d'enfants, etc.). Ce site est caractérisé par des événements acoustiques associés à l'activité humaine et par un bruit de fond dû au trafic routier.

Nom	Ambiance sonore	Adresse	Numéro du candélabre
P1	Boulevard	274 Boulevard Raspail	XIV-3644
P2	Square / rue circulée	Place Gibert Perroy	XIV-6560

Tableau 4 : Liste des 2 points de mesures fixes

Le Tableau 4 regroupe pour chacun des points de mesures fixe la dénomination utilisée, l'adresse, le numéro d'identification du réverbère sur lequel la station de mesure a été fixée ainsi que la ou les ambiances sonores correspondantes (a priori). Un plan avec la localisation exacte de chaque point de mesure et une photographie sont également donnés, de la Figure 40 à la Figure 45.



Figure 40 : Point fixe P1 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.



Figure 41 : Point fixe P1 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.



Figure 42 : Point fixe P1 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.



Figure 43 : Point fixe P1 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.



Figure 44 : Point fixe P2 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.

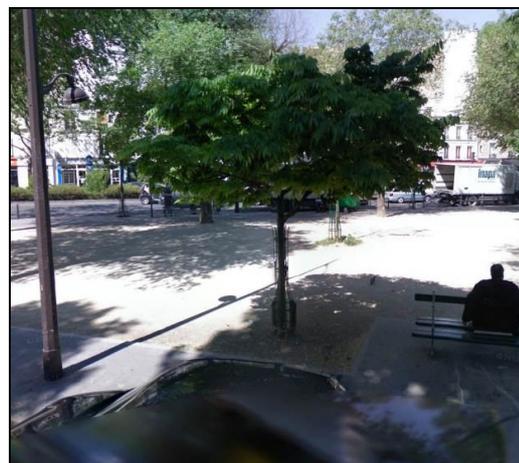


Figure 45 : Point fixe P2 dans le 14^{ème} arrondissement de Paris.

2.7.3. Les indicateurs

A partir du niveau de pression acoustique $L_{Aeq,1s}$, plusieurs indicateurs acoustiques peuvent être calculés. Ces indicateurs constituent des descripteurs acoustiques des environnements sonores étudiés. Deux types d'indicateurs vont être calculés : d'une part des indicateurs énergétiques associés à un calcul d'une dose de bruit, et d'autre part des indicateurs événementiels associés au nombre d'événements émergeant significativement d'un certain niveau fixé pendant une période d'analyse. A partir des enregistrements, 25 indicateurs vont être calculés sur les périodes de 10 minutes correspondant aux mesures réalisées avec les téléphones portables.

Indicateurs énergétiques

En préambule de ce paragraphe, rappelons brièvement la définition du L_{Aeq} . Le L_{Aeq} ou niveau sonore équivalent pondéré A sur la durée d'analyse est le niveau de pression acoustique continu exprimé en décibels, déterminé pour un intervalle de temps Δt qui commence à t_1 et fini à t_2 :

$$L_{Aeq,\Delta t} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

Avec $p_A(t)$ la pression acoustique instantanée et P_0 la pression acoustique de référence (20 μ Pa).

A partir de la mesure sur une période de temps T , outre le niveau de pression acoustique continu équivalent, il est également possible de calculer des indices statistiques, en particulier les niveaux fractiles. Ces niveaux notés L_{AN} représentent le niveau sonore dépassé $N\%$ du temps par rapport à la durée de la mesure T . Ils permettent suivant les valeurs de N de caractériser le niveau de bruit de fond d'un site, le caractère continu ou discontinu des niveaux sonores mesurés ou bien encore leur amplitude ou dynamique. Les indices fractiles les plus couramment utilisés sont : L_{A5} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} et L_{A95} .

Très souvent le L_{A10} est utilisé pour caractériser les niveaux élevés alors que le L_{A90} permet d'estimer le bruit de fond. Par ailleurs, il s'avère que le L_{A50} et L_{A95} se révèlent parfois plus judicieux que le L_{Aeq} ou L_{A90} pour caractériser des ambiances calmes.

Parmi les indicateurs statistiques, la différence $L_{A10} - L_{A90}$ et l'écart type σ des $L_{Aeq,1s}$ caractérisent l'amplitude des niveaux $L_{Aeq,1s}$ pendant la période de temps T . Diverses études proposent des indicateurs calculés à partir de ces indices, comme $L_{A5} - L_{A95}$, $L_{A10} - L_{A90}$ ou encore le TNI pour Traffic Noise Index défini tel que : $TNI = 4 (L_{A10} - L_{A90}) + L_{A90} - 30$ [Griffiths 1968].

L'indicateur adimensionnel issu des travaux de Bruitparif et Acoucité dans le cadre du projet européen Harmonica (<http://www.harmonica-project.eu/>) a également été produit [Ribeiro et al. 2013], [Mietliki et al. 2015]. Cet indicateur prend en compte conjointement les composantes énergétique et événementielle du bruit.

L'ensemble des indicateurs énergétiques calculés dans le cadre de cette étude à partir des données $L_{Aeq,1s}$ est synthétisé dans le Tableau 5. Ces indicateurs sont calculés pour une durée d'analyse T égale à 10 minutes pour l'ensemble des données enregistrées.

Indicateurs événementiels

Il existe également des indicateurs permettant de prendre en compte les événements. Ainsi, le $NNE_{L > L_\alpha}$ qui est le nombre d'événements dépassant un seuil L_α a été calculé pour différents valeurs de L_α . Afin de pouvoir comparer les différentes durées de mesures acoustiques (1h, 30min, 20min, ...) ce nombre d'événements a toujours été ramené sur une durée de 5 minutes. Autrement dit, quel que soit la durée de mesure acoustique, le nombre d'événements correspond au nombre moyen d'événements sur une durée de 5 minutes. On définit également le "Mask Index" $MI_{L > L_\alpha}$ [Beaumont 2005] [Can

2008] qui est le temps durant lequel les niveaux $L_{Aeq,1s}$ dépassent la valeur seuil L_α . Il s'exprime en seconde ou en pourcentage de temps.

Indicateur	Définition
$L_{Aeq,T}$	Niveau sonore équivalent pondéré A $L_{Aeq,T}$ calculé sur une période T, en seconde, à partir du $L_{Aeq,1s}$ $L_{Aeq,\Delta t} = 10 \log \left(\sum_{t=1}^T 10^{\frac{L_{Aeq,1s}(t)}{10}} \right)$
L_{Amax}	Niveau $L_{Aeq,1s}$ maximum relevé pendant la période d'analyse T
L_{Amin}	Niveau $L_{Aeq,1s}$ minimum relevé pendant la période d'analyse T
L_{A5}	Niveau sonore dépassé 5% du temps par rapport à la durée d'analyse T
L_{A10}	Niveau sonore dépassé 10% du temps par rapport à la durée d'analyse T
L_{A50}	Niveau sonore dépassé 50% du temps par rapport à la durée d'analyse T
L_{A90}	Niveau sonore dépassé 90% du temps par rapport à la durée d'analyse T
L_{A95}	Niveau sonore dépassé 95% du temps par rapport à la durée d'analyse T
σ	Ecart type calculé sur une période T, en secondes, à partir du $L_{Aeq,1s}$, où N est le nombre de valeurs $L_{Aeq,1s}$ $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (L_{Aeq,1s} - \bar{L}_{Aeq,1s})^2}$ $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (L_{Aeq,1s} - \bar{L}_{Aeq,1s})^2}$ $\bar{L}_{Aeq,1s} = \frac{1}{N} \sum_1^N L_{Aeq,1s}$ $\bar{L}_{Aeq,1s} = \frac{1}{N} \sum_1^N L_{Aeq,1s}$ <p style="text-align: right;">avec</p>
$L_{A10} - L_{A90}$	Différence entre les niveaux L_{A10} et L_{A90} caractérisant la dynamique des niveaux sonores observés pendant la période T
TNI	Traffic Noise Index, noté $TNI = 4 (LA10-LA90) + LA90 - 30$
Harmonica	$Harmonica = 0,2 * (LA95eq - 30) + 0,25 * (Laeq - LA95eq)$

Tableau 5 : Liste des indicateurs énergétiques calculés dans le cadre du projet Cart_ASUR

Le seuil fixé pour L_α dépend des événements à caractériser. L_α peut également dépendre du $L_{Aeq,T}$ tel que : $L_{Aeq,T} + 10$ dB(A) ou $L_{Aeq,T} + 15$ dB(A). De ce fait pour notre étude nous fixons les différentes valeurs de L_α : 70 dB(A), 75 dB(A), 80 dB(A), L_{A10} , $L_{Aeq,T} + 10$ dB(A) et $L_{Aeq,T} + 15$ dB(A).

Indicateur	Définition
$NNE_{L > L_\alpha}$	Nombre d'événements dépassant un seuil L_α pendant la période T avec L_α : 70 dB(A), 75 dB(A), 80 dB(A), L_{A10} , $L_{Aeq,T} + 10$ dB(A), $L_{Aeq,T} + 15$ dB(A)
$MI_{L > L_\alpha}$	«Mask Index», noté $MI_{L > L_\alpha}$: temps ou pourcentage de temps durant lequel le $L_{Aeq,1s}$ dépasse L_α pendant la période T.

Tableau 6 : Liste des indicateurs événementiels calculés dans le cadre de l'étude.

L'ensemble des indicateurs événementiels calculés dans le cadre de cette étude à partir des niveaux $L_{Aeq,1s}$ est synthétisé dans le Tableau 6. Ces indicateurs sont calculés pour une durée d'analyse T égale à 10 minutes pour l'ensemble des données enregistrées.

Enfin un dernier indicateur a été testé (Tableau 7) : l'indicateur de soudaineté qui permet de caractériser les fortes variations du signal [Leclercq, 2008] et qui pourrait avoir une influence sur la perception du rythme du flux du trafic routier.

Indicateur	Définition
$\partial L_{x\%}$	<p>La moyenne des valeurs absolues maximales du ∂L_{Aeq} présents sur x% du temps total de la période d'évaluation.</p> <p>avec $\partial L_{Aeq} = L_{Aeq}(k) - L_{Aeq}(k-1)$</p>
$\partial L_{x\%, \min}$	<p>La valeur minimum des valeurs absolues maximales du ∂L_{Aeq} présents sur x% du temps total de la période d'évaluation.</p> <p>avec $\partial L_{Aeq} = L_{Aeq}(k) - L_{Aeq}(k-1)$</p>

Tableau 7 : Liste des indicateurs de soudaineté calculé dans le cadre de l'étude.

2.7.4. Comparaison des mesures avec le téléphone

Pour valider une nouvelle fois les mesures réalisées avec les téléphones, une campagne de mesures comparatives a été réalisée entre les mesures des stations fixes, d'un sonomètre (RION NL52 classe 1) et un téléphone portable (HTC one X), le 9 avril 2014. Les mesures réalisées pour les deux sites sont présentées sur les figures ci-dessous (boulevard Raspail, Figure 46 et place Gilbert Perroy, Figure 47).

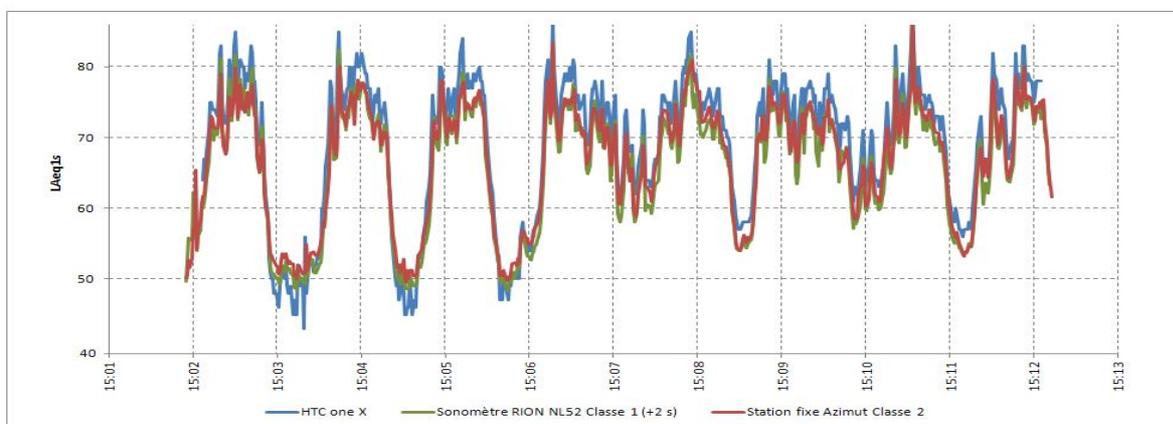


Figure 46 : Comparatif des mesures réalisées boulevard Raspail

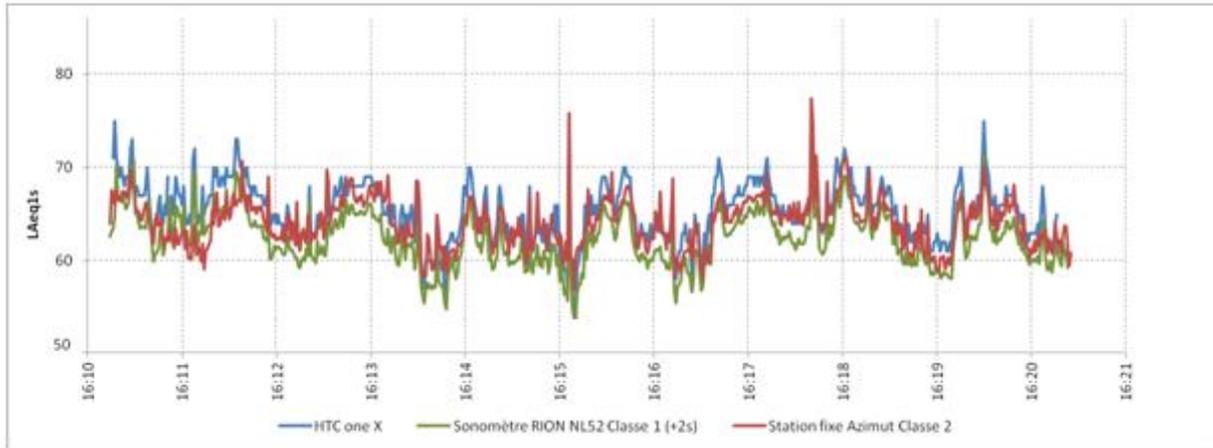


Figure 47 : Comparatif des mesures réalisées place Gilbert Perroy

Sur les deux figures précédentes, on observe une bonne synchronisation entre les trois systèmes de mesures. Les coefficients de corrélation entre les différentes mesures réalisées sont toujours supérieurs à 0,8. Pour le boulevard Raspail, le téléphone a tendance à avoir une amplitude de mesure légèrement plus importante que le sonomètre et la station de mesure. Pour la place Gilbert Perroy, on observe une légère surestimation des niveaux mesurés par le téléphone par rapport à la station fixe qui elle aussi surestime légèrement les mesures du sonomètre.

2.7.5. Comparaison des mesures réalisées par les participants et P1

Lors de la période des mesures d'hiver, la station fixe était donc placée sur le boulevard Raspail (P1). Une trentaine de participants se sont rendus sur le site à différents moments pour réaliser les mesures sous la station fixe. Au total, 37 mesures ont été réalisées et comparées avec les enregistrements de la station fixe. Parmi ces mesures, 29 mesures correspondent parfaitement, comme par exemple sur la Figure 48 et 8 mesures ne correspondent pas du tout comme illustré sur la Figure 49.

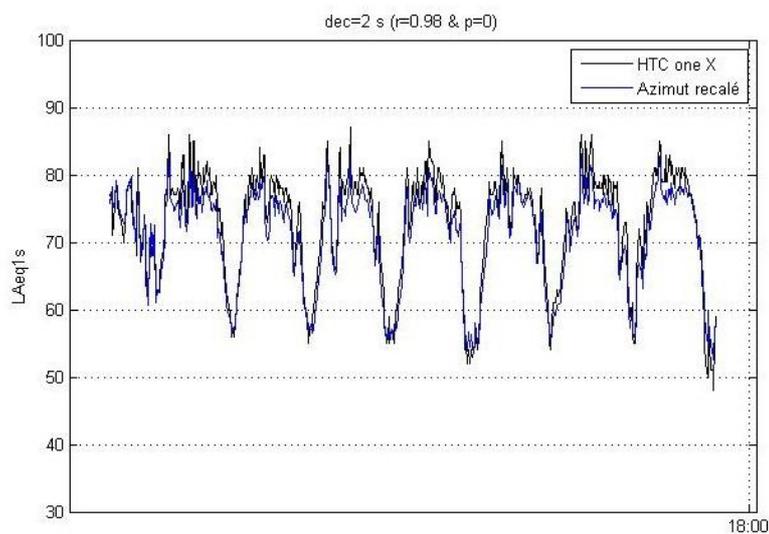


Figure 48 : Comparaison entre station fixe et téléphone: Réalisée le 24 janvier 2014 à 17h49

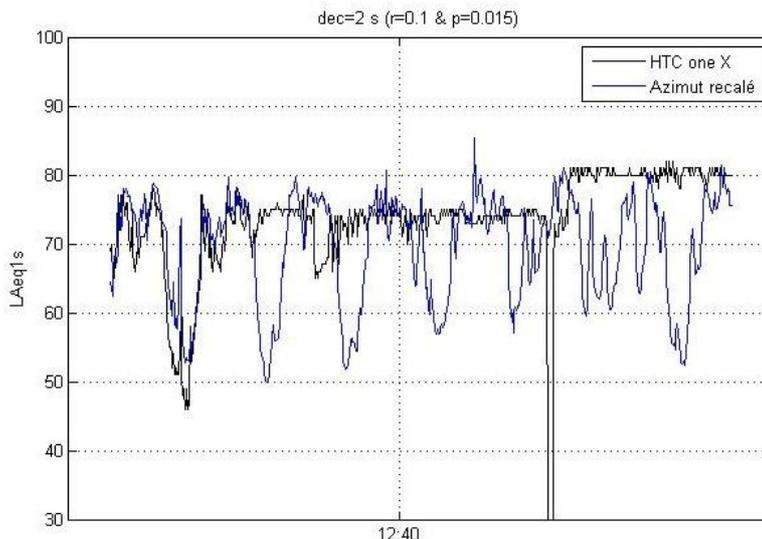


Figure 49 : Comparaison entre station fixe et téléphone: Réalisée le 11 décembre 2013 à 12h35

Sur la Figure 49, on remarque une différence importante entre la mesure du téléphone et la station fixe qui peut s'expliquer par différentes hypothèses :

- 1- Une défaillance du téléphone
- 2- Un participant qui parlait pendant la mesure

Lorsque la mesure descend en dessous de 30 dB(A) :

- 3- Le bouton arrêt d'urgence a été activé ou manuellement ou suite à un appel téléphonique
- 4- Le participant a masqué le micro du téléphone

Lorsque ce type de mesure a été constaté, les participants ont été contactés afin de leur demander de porter plus d'attention aux mesures lors de leur réalisation. Néanmoins, dans l'ensemble des mesures, celles-ci restent relativement marginales et ne devraient pas perturber la suite des analyses.

2.7.6. Comparaison des mesures réalisées par les participants et P2

Lors de la période des mesures d'été, la station fixe était placée sur la place Gilbert Perroy (P2). Une trentaine de participants se sont rendus sur le site à différents moments pour réaliser les mesures sous la station fixe. Au total, 31 mesures ont été réalisées et comparées avec les enregistrements de la station fixe. Parmi ces mesures, 14 mesures correspondent à peu près (corrélations > 0,5), comme par exemple sur la Figure 50 lors d'une mesure en soirée. Ceci s'explique par le fait que l'ambiance sonore est dominée par le flux du trafic routier, seul présent à cette heure-là. Or 17 mesures des téléphones sont décalées en niveau comme illustré sur la Figure 51. Ces mesures montrent que les voix dominantes sont bien enregistrées par les téléphones mobiles, alors qu'elles n'arrivent pas à masquer le bruit du trafic routier sur la station fixe, beaucoup plus éloignée des passants.

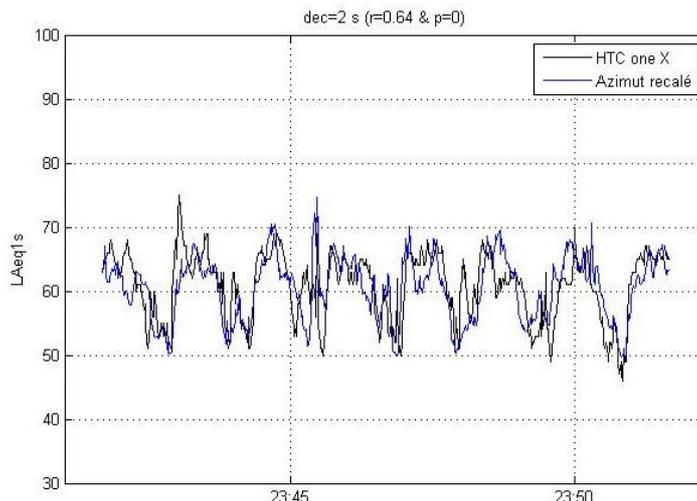


Figure 50 : Comparaison entre station fixe et téléphone: Réalisée le 10 avril 2014 à 22h41

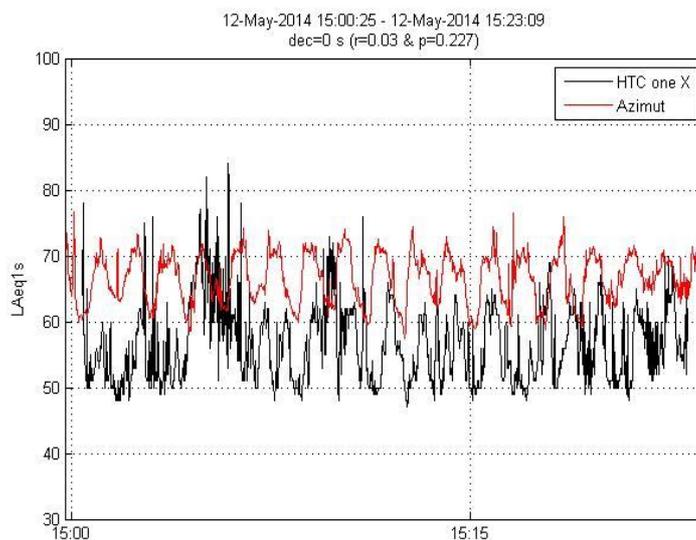


Figure 51 : Comparaison entre la station fixe et une mesure de téléphone: Réalisée le 12 mai 2014 à 15h00

2.7.7. Validation des indicateurs calculés

Pour évaluer les effets que peuvent avoir les différences de mesures entre les téléphones et les stations fixes, les indicateurs acoustiques ont été calculés et comparés. Dans un premier temps, un calcul de corrélation a été réalisé (Tableau 8).

Il est tout d'abord intéressant de remarquer que les valeurs de L_{Aeq} ne sont pas corrélées. Ceci peut s'expliquer par la sensibilité accrue des téléphones à mesurer des pics d'événements dus aux vibrations du téléphone lorsqu'il est manipulé. La moyenne des niveaux représentée par le L_{Aeq} peut donc être non corrélée à cette moyenne mesurée par une station fixe. Les indicateurs L_{A50} , L_{A90} , L_{A95} , L_{min} , L_{A10} - L_{A90} , l'écart type et le nombre d'événements qui dépassent 70 dB(A) sont significativement corrélés sur les deux sites, ce qui montre la robustesse de ces indicateurs.

Corr. Téléphone-Station		Bld Raspail (29pts)	Gilbert Perroy (30pts)	Corr. Téléphone-Station		Bvd Raspail (29pts)	Gilbert Perroy (30pts)
LAeq	Corrélation	0,3653	0,1916	NNEL > 80	Corrélation	0,1977	-0,0786
	p-value	0,0513	0,3105		p-value	0,3039	0,6797
Lmax	Corrélation	0,3936	-0,2379	NNEL > LA10	Corrélation	0,1164	0,266
	p-value	0,0346	0,2056		p-value	0,5475	0,1554
L5	Corrélation	0,1965	0,0643	NNEL LAeq,T+10 dB >	Corrélation	0,1379	-0,308
	p-value	0,3069	0,7358		p-value	0,4755	0,0978
L10	Corrélation	0,1774	0,2219	NNEL LAeq,T+15 dB >	Corrélation	-0,07	-0,1413
	p-value	0,3571	0,2386		p-value	0,7182	0,4563
L50	Corrélation	0,6994	0,4088	MIL > 70	Corrélation	0,6377	0,097
	p-value	0	0,0249		p-value	0,0002	0,61
L90	Corrélation	0,5633	0,6625	MIL > 75	Corrélation	0,3542	-0,1323
	p-value	0,0015	0,0001		p-value	0,0594	0,4858
L95	Corrélation	0,5242	0,694	MIL > 80	Corrélation	0,2382	-0,0914
	p-value	0,0035	0		p-value	0,2133	0,6311
Lmin	Corrélation	0,5783	0,7404	MIL > LA10	Corrélation	0,0569	0,2268
	p-value	0,001	0		p-value	0,7692	0,2281
Ecart type	Corrélation	0,5755	0,6841	MIL > LAeq,T+10 dB	Corrélation	0,174	-0,2101
	p-value	0,0011	0		p-value	0,3666	0,2652
LA10 - LA90	Corrélation	0,6383	0,7714	MIL > LAeq,T+15 dB	Corrélation	-0,07	-0,1214
	p-value	0,0002	0		p-value	0,7182	0,5229
TNI	Corrélation	0,5539	0,5765	$\partial L_{10\%}$	Corrélation	-0,0512	-0,0613
	p-value	0,0018	0,0009		p-value	0,7921	0,7477
NNEL 70 >	Corrélation	0,8034	0,4018	$\partial L_{10\%, \min}$	Corrélation	0,0391	0,0178
	p-value	0	0,0278		p-value	0,8406	0,9255
NNEL 75 >	Corrélation	0,2888	-0,1405	Harmonica index	Corrélation	0,3298	0,0302
	p-value	0,1286	0,4589		p-value	0,0806	0,874

Tableau 8 : Corrélations entre les indicateurs calculés à partir des données des téléphones et des stations fixes (en rouge les p-value inférieures à 0,05 précisant ainsi que les corrélations sont significatives)

Indicateurs	Delta moyen (Téléphone-Station)	
	Bvd Rapsail	Place Gilbert Perroy
LAeq	1,7	4,2
LA50	1,1	3,1
LA90	0,7	2,3
LA10-LA90	0,9	1,5
Ecart-type	0,5	0,8
NNEL > 70 dB(A)	9,3	30,5

Tableau 9 : Différences entre les indicateurs mesurés par les téléphones et les stations fixes

Les valeurs de ces indicateurs corrélés sont ensuite comparées pour vérifier l'existence ou non d'un décalage (Tableau 9). Pour les L50, L90, L10-L90 et les écarts-types, les différences entre les mesures des téléphones et les stations fixes sont au maximum de 3 dB(A) pour la place (et de l'ordre de 1dB(A) sur le boulevard). Pour le LAeq de la place Gilbert Perroy, la différence est un peu plus importante et de l'ordre de 4 dB(A). Pour le nombre d'événements, l'erreur sur le boulevard Raspail

n'est qu'en moyenne de 9 par contre l'erreur augmente assez sensiblement sur la place Gilbert Perroy pour atteindre en moyenne une valeur de 30. Le téléphone enregistre donc en moyenne 30 évènements de plus que la station fixe. Ceci peut s'expliquer par la valeur moyenne du niveau sonore LAeq mesurée par les téléphones qui est de 68,4 dB(A) pour la place, valeur beaucoup plus proche du seuil des 70 dB(A) comparée à la mesure du niveau équivalent effectuée par l'autre station fixe égale à 65,3 dB(A).

3. Chapitre 3 : Recueil des données géo référencées (T2)

L'objectif de cette partie de la recherche est de capitaliser les ressources disponibles sur le territoire, de manière complémentaire au recueil de données acoustiques et perceptives via les téléphones portables. Dans les deux cas, il s'agit de faire face à la difficulté de produire de nouvelles bases de données spécifiques aux différentes questions auxquelles les territoires sont confrontés, d'autant plus que la mise à jour régulière de ces bases est souvent laborieuse. En revanche, les collectivités territoriales disposent de plus en plus de données qui peuvent être corrélées aux questions de qualité sonore, notamment parce que les composantes de l'espace urbain (espace public, équipements...) et les activités qui y sont rattachées peuvent être observées comme de potentielles sources sonores. Les cartographies utilisées par les collectivités locales pour la planification (et notamment les cartes thématiques contenues dans les diagnostics de documents tels que les PLU, PLH, PDU) et la gestion urbaine (gestions des réseaux, des espaces verts...) contiennent de nombreuses indications dans ce sens.

3.1. Identification des données pertinentes dans les bases de données urbaines des collectivités (Mairie de Paris)

La première tâche consiste donc à passer en revue les données urbaines disponibles et à réfléchir aux liens possibles avec la qualité sonore.

3.1.1. Données SIG : Outils de travail de la Ville de Paris

La Ville de Paris et plus particulièrement la DEVE (Direction de Espaces Verts et de l'Environnement) partenaire du projet, ont été des interlocuteurs essentiels pour ce travail. Les données provenant de différents services et de différentes sources (APUR, DEVE, DU, DVD, IGN et Open Data) ont été mises à disposition pour le projet. Cet ensemble représente une base de plus de 100 jeux de données sans compter celles disponibles sur l'Open Data (difficilement quantifiable).

La première étape de ce travail a donc consisté à prendre en main ces jeux de données, à comprendre leur signification, leur structure et leur construction (Tableau 10).

3.1.2. Diversité des données SIG

L'élaboration de politiques urbaines et de documents d'aménagement et d'urbanisme nécessitent une connaissance fine du territoire, qui va jusqu'à la parcelle pour les documents d'urbanisme règlementaires et opérationnels. Les collectivités n'étant pas seulement responsables de la planification, mais aussi de la gestion de leur territoire, les SIG sont de plus en plus répandus pour disposer d'une information complète et géo-localisée. Puisqu'il s'agit d'outils conçus de manière volontaire, chaque collectivité organise ses données selon sa propre logique. En fonction de son organisation, il n'est pas rare que différents services se dotent de SIG de manière autonome, et cela d'autant plus dans les grandes villes et métropoles comme Paris.

Le parti pris initial met alors le projet face à une situation particulière : les données recueillies ont été créées et sont mises à jour pour des fins différentes de celles du projet Cart_ASUR. On n'y trouve pas directement réponse aux questions posées dans cette recherche. Il ne s'agit pas de « tordre » les données, mais plutôt d'y chercher des indices pour compléter, confirmer (ou invalider, d'ailleurs) les

pistes résultant des données directes (les données acoustiques et perceptives). Cette diversité de données peut donc poser des problèmes de compatibilité ou de comparabilité des données à plusieurs niveaux.

Nom de la couche SIG	Données disponibles						
JARDIN_L1	surface aquatique	surface horticole	surface minérale			surface totale	
DEVE_EV_L1	accès (station de métro)	nb aire de jeux	nb de jeux	nb d'arbres	nb de banc	nb candélabre	
	nb de poubelle	nb de monument		nb de kiosque		nb d'entrée	
	surface aquatique	surface bâtie	surface horticole		surface minérale	surface totale	
DPJEV_arbres_L1	Genre (platane, orme, magnolia ...)	nom de la voie	circonférence		hauteur parfois renseignée (m)		
DVD_arbre_1_L1	Information sur l'emplacement des arbres						
ZONE_VEGETATION (IGN)	Informations sur les surfaces de houppiers d'arbres						
Aires_jeux_point_L1	usage (balançoires, bac à sable, jeu de boule, ping pong ...)						
Aires_jeux_surface_L1	type de jeux (terrain de foot, jeux des petits, table de ping pong, table échec, mouette sur ressort, ...)						
Jardinier_L1	Décoration, Jardinier, Mail, Jardinière, ...					Surface	
ZH_L1 (zone humide)	peu d'information voir PLAN_EAU_L1 de l'APUR même si il n'y a pas tous les points d'eau de la ZH_L1						
SURFACE_EAU (IGN)	Nature (Bassin ou surface d'eau)		régime (permanent/intermittent)			Z moyen	
DVD_Eclairage_L1	Aucune autre info en dehors de l'emplacement des candélabres !						
DVD_signalisation_L1	BRS (balise routière lumineuse sur socle en béton) PFE (poteau à feux) POF (potelet à feux)						
DPVMIXT01_L1	Semble correspondre aux zones piétonnes						
ROUTE (IGN)	Nature (sentier, bretelle, route à 1 chaussée ...)	Nom de la voie	largeur	nombre de voie (1, 2 ...)	sens (double, direct, inverse ...)		
CADNAA_2012	Importance	Niveau d'émission de la voie DEN	Trafic moyen horaire DEN	% PL jour et soir	vitesse moyenne VL, PL en DEN	pente de la route	
	Type circulation (stabilisée, accélérée)		largeur voie	sens de circulation		nombre de voie	
LIGNE_OROGRAPHIQUE (IGN)	Nature (levée, talus, mur de soutènement, ...)				Z min	Z max	
APS_APUR	Nom équipement		Faune des bassins	Fréquentation	Eau		Arbre
	% bio		%min	surface végétale	surface Eau	surface bâtie	surface Bio

Tableau 10 : Exemple de description des données SIG disponibles utilisées pour Cart_ASUR

Par exemple, en fonction du service de création des données, le système de projection utilisé n'est pas toujours le même (Tableau 11). La seconde étape de traitement des données SIG a donc consisté à re-projeter l'ensemble des données dans un même référentiel (Lambert_93) afin de pouvoir les superposer, les comparer et si besoin les soustraire ou les additionner.

Source	Système de projection
APUR	Lambert_93
DEVE	Lambert_1
DVD	Lambert_1
IGN	Lambert_93
OpenData	Lambert_93

Tableau 11 : Systèmes de coordonnées géographiques utilisés en fonction de la source des données

Mais au-delà du problème de projection, lors de la création des SIG les différents services ne vont pas forcément renseigner les mêmes zones. Par exemple, pour les données de végétation trois fichiers peuvent être utilisés : un SIG venant de la Direction de la Voirie et des Déplacements (DVD_Arbres), un SIG de la Direction des espaces verts (DEVE_EV) et un SIG de l'IGN (ZONE_VEGETATION). Ces trois fichiers en fonction du service ne vont pas renseigner les mêmes zones du projet (Figure 52). Le fichier du service de la voirie va renseigner les arbres le long des axes routiers (mais non dans les parcs), alors que le service des espaces verts va renseigner les surfaces horticoles dans les parcs pour assurer l'entretien, etc. L'utilisation de données existantes hors du cadre prévu à l'origine doit donc être faite avec précaution et demande une bonne connaissance du SIG utilisé.

L'ensemble des données SIG disponibles sont traitées sous logiciel de SIG : Mapinfo, Arcgis ou Qgis. La Figure 52 montre une visualisation de certaines des données disponibles.



Figure 52 : Visualisation de quelques données disponibles pour le projet (arbres, feux de signalisation, chemins piétons, axes routiers, bassin, école ; la croix rouge correspond à un point de mesure Cart_ASUR)

3.1.3. Thèmes récurrents et données spécifiques

Le projet Cart_ASUR ayant comme terrain d'expérimentation deux arrondissements parisiens, les données récoltées ont été triées en fonction de leur pertinence par rapport aux questions de qualité sonore et en tenant compte de la spécificité du terrain. Cela dit, la visée comparative est aussi présente et, dans les critères de choix, il a été aussi pris en compte la récurrence de certaines thématiques.

En effet, même si chaque collectivité choisit la manière de collecter et organiser les données (posant donc des problèmes de compatibilité et comparabilité), certaines données sont récurrentes : éléments urbains liés à la circulation (flux, feux, mobilier urbain, revêtement de sol...), aux espaces verts (selon leur étendue et distribution : allées d'arbres, parcs, parterres fleuris...), activités et commerces, etc. Comment alors effectuer une sélection sur ces données ? Pour répondre à cette question, une analyse cartographique doit être menée.

3.2. Analyse cartographique

Les données cartographiques nous donnent plusieurs informations, une localisation précise des éléments (coordonnées X, Y) et une caractérisation de ces éléments plus ou moins développée (Tableau 10). Selon le type de données, une information surfacique ou ponctuelle est disponible. La principale question qui se pose alors, est de savoir comment croiser des données géo référencées avec des points de mesures ponctuels, l'objectif étant d'arriver à voir un lien de corrélation entre les relevés effectués avec les téléphones et les données cartographiques.

Les mesures sont toutes effectuées de manière ponctuelle ce qui rend impossible en l'état le croisement avec les données SIG. Ces données SIG doivent donc être ramenées à des données ponctuelles (voir le § 4.3). Nous nous sommes aussi inspirées des travaux réalisés dans le cadre du projet QUASOART où des zones homogènes et de transitions ont été définies [Lavandier et al. 2011]. Une zone homogène peut donc se caractériser comme une zone où l'ambiance sonore est homogène par la présence de sources typées : des oiseaux dans un parc, des véhicules sur une route, des voix et des pas dans une rue piétonne ou commerçante, etc. Une zone de transition quant à elle se définit comme une zone où différents types de sources peuvent être entendues. Les travaux réalisés dans le projet QUASOART ont également montré que la zone de transition s'étend sur 50 m (25m de part et d'autre de la limite) [Lavandier et al. 2011]. Par exemple autour d'un parc, une bande de 25 m constitue une zone de transition par rapport à l'intérieur du parc où l'ambiance sonore est jugée homogène (Figure 53).

Dans le projet Cart_ASUR, l'hypothèse a donc été faite qu'une ambiance sonore évaluée en un point reste la même à l'intérieur de la zone homogène. Les données perceptives et acoustiques recueillies sont donc valables à l'intérieur de cette zone.

La Figure 53 illustre un exemple de zone homogène (zone à l'intérieur de la ligne rouge) et de zone de transition (zone hachurée). Le point de mesure est représenté sur cette figure par une croix rouge.



Figure 53 : Zone homogène (à l'intérieur de la ligne rouge) et de transition (zone hachurée) pour le parc de Choisy. La croix rouge représente l'endroit du point de mesure Cart_ASUR

Comme nous venons de le voir, l'ambiance sonore à l'intérieur de la zone définie est homogène. Cependant les sources constitutives de cette ambiance sonore ne sont pas forcément toutes situées dans cette zone. C'est pourquoi lorsque l'on s'intéresse aux sources qui composent la zone homogène il faut parfois voir plus loin que la surface définie. Pour cela, nous nous sommes basés dans un premier temps sur le champ visuel en formulant l'hypothèse qu'un son ne pouvait être masqué qu'à partir du moment il y a avait un bâtiment qui le cachait (Figure 54).

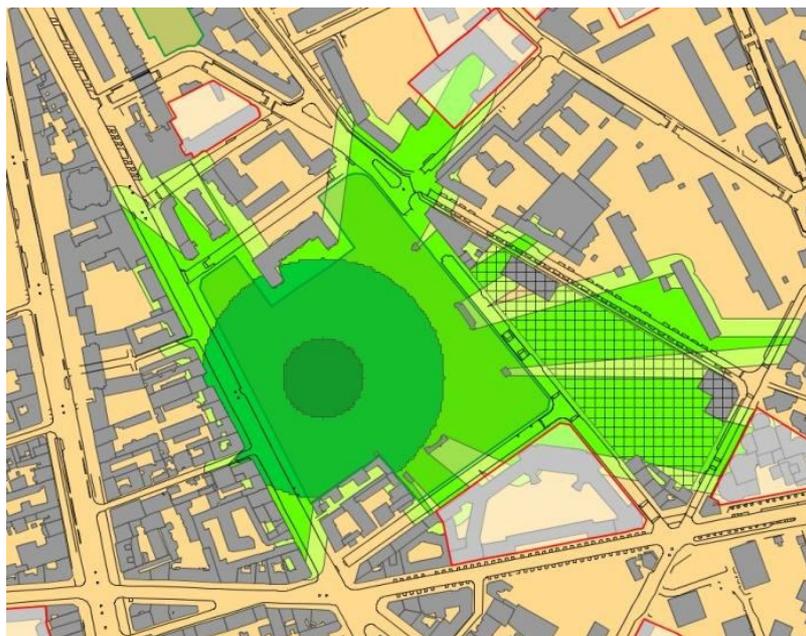


Figure 54 : Champ visuel pour la mesure dans le parc de Choisy

Travailler sur le champ visuel permet donc la prise en compte de sources sonores qui constituent l'ambiance homogène de la zone, qui se trouvent en ligne directe de la source mais qui se trouvent en dehors de cette même zone. Or ce calcul, si intéressant qu'il soit, est compliqué à mettre en oeuvre dans l'idée d'un calcul automatique sur les données géo référencées. Nous verrons dans la suite que nous avons simplifié le rayon de recherche des sources à un cercle uniquement (voir § 4.3.1)

Après le recueil de l'ensemble des données : perceptives, acoustiques et cartographiques, le chapitre suivant est consacré à l'analyse de ces données et à leur agrégation en un ou plusieurs indicateurs de qualité sonore.

4. CHAPITRE 4 : Intégration des données dans des indicateurs perceptifs de qualité sonore (T3)

La tâche 3 du projet Cart_ASUR correspond à l'intégration des données perceptives et acoustiques dans un indicateur perceptif de l'agrément sonore. Ce travail a été réalisé par l'équipe de l'Université de Cergy Pontoise, avec un regard critique de tous les autres partenaires. L'objectif de cette partie du travail est donc de proposer un ou plusieurs modèles capables de prévoir la qualité sonore d'un lieu.

4.1. Analyse des données perceptives

L'analyse des données peut être conduite de deux manières : (1) de manière globale avec l'ensemble des données pour obtenir un modèle global de l'agrément sonore (2) classes par classes après une classification préalable des données pour obtenir des modèles d'agrément sonore adaptés aux différents types de lieux considérés. Néanmoins, quelque soient les données utilisés pour construire le modèle (global ou par classe), la méthode de construction des modèles reste la même.

4.1.1. Méthodologie

Pour regrouper les lieux qui se ressemblent et comprendre quelles sont leur similitude, une classification conjointe est réalisée. Cette classification est basée sur la carte auto-organisatrice de Kohonen suivie par une classification de Ward.

Carte de Kohonen

Historiquement les méthodes de calcul basées sur des modèles de réseaux de neurones sont issues de travaux en psychologie et neurophysiologie. Aujourd'hui, les applications des réseaux de neurones se retrouvent dans de nombreux domaines, notamment dans la robotique pour tout ce qui est "reconnaissance de formes", mais ils sont également utilisés comme modèle de prédiction.

Dans les années 70 Teuvo Kohonen a développé un réseau de neurone qui permet de faire de la classification. Il s'agit d'une classification non supervisée avec apprentissage compétitif [Kohonen 1988]. C'est à dire que contrairement aux autres types d'apprentissages, un seul neurone répond à chaque étape de l'apprentissage. Au final, la carte de Kohonen permet de répartir les données dans différentes classes qui conservent la même topologie que l'espace des données. Une fois ces classes déterminées, nous pouvons segmenter les différentes zones de l'environnement sonore mesuré. La Figure 55 est une représentation schématique d'un réseau de Kohonen et de la carte qui y est associée. [Parizeau 2004]

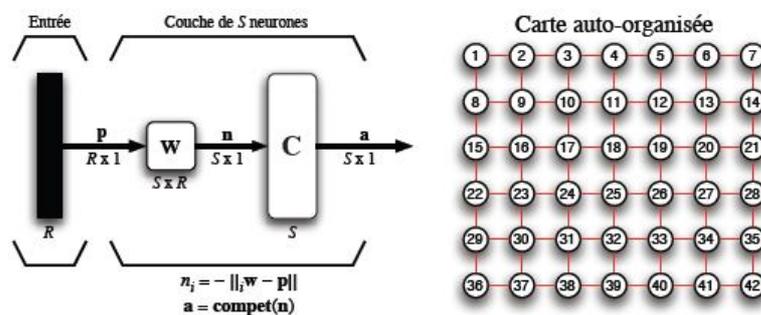


Figure 55 : Réseau de Kohonen avec carte rectangulaire de $6 \times 7 = 42$ neurones

Pour réaliser une carte de Kohonen, il est nécessaire de définir :

- Une mesure de distance entre les objets et les neurones. Dans notre cas, il s'agit de la distance euclidienne
- Un nombre de neurones. Aucune règle n'existe quant au nombre de neurones à choisir, mais une solution consiste à utiliser la formule heuristique $M=(N)^{1/2}$ où M est le nombre à retenir et N est le nombre d'objets [Vesanto 1999]
- Une topologie de la carte : carte hexagonale dans le cadre de cette étude.

De façon explicite, on considère un certain nombre d'individus décrits par p variables. Chaque neurone de la carte est un vecteur de poids w de dimension p. On présente un individu en entrée du réseau et on cherche le neurone le plus proche par un calcul de distance. Les poids du neurone gagnant sont alors mis à jour de même que ceux de ses voisins dans une moindre mesure. Le nombre de voisins étant défini au départ. Puis on présente le second individu, etc.... Au final, après organisation de la carte, les données d'entrée sont représentées par un nombre réduit de représentants, les neurones, dont le nombre est fixé au début dans l'algorithme. [Nakache 2005]

Classification de Ward

Lorsque la carte de Kohonen a été calculée, il est possible de regrouper les neurones en un nombre de classes plus restreint en utilisant une classification ascendante hiérarchique suivant la méthode de Ward. Bien sûr, la classification de Ward pourrait être réalisée directement sur les données de départ. Cependant travailler sur la carte de Kohonen présente ici deux avantages :

1- Réduction du nombre de données d'entrée, dans notre cas 3400 mesures, qui rend parfois la classification de Ward illisible et par conséquent difficilement interprétable.

2- Mise en évidence des variables qui permettent d'expliquer le regroupement des valeurs dans les différentes classes.

Régressions linéaires

A partir des données de chaque classe ou à partir de l'ensemble des données, il est maintenant possible de construire différents modèles de régression pour calculer l'agrément sonore. La construction de chaque modèle se déroule en plusieurs étapes :

1- La première étape consiste à vérifier l'indépendance des variables perceptives les unes par rapport aux autres. Pour cela, un calcul de corrélation est réalisé entre les variables à l'aide du logiciel Statgraphics. Lorsque deux ou plusieurs variables se révèlent corrélées, une seule variable est choisie et gardée pour le modèle de prédiction. Selon le nombre de données analysées, les critères de corrélations entre deux variables sont adaptés. Pour un nombre de données inférieur à 100, deux variables sont jugées corrélées à partir du moment où leur coefficient de corrélation est significatif avec une valeur de $p < 0,05$. Lorsque les mêmes règles sont appliquées à un nombre important de données (≥ 100) une corrélation entre deux variables est très rapidement significative ($p\text{-value} < 0,05$) même si le coefficient de corrélation reste faible. C'est pourquoi dans ce cas, les conditions de sélection des variables corrélées peuvent être plus restrictives. Dans le cadre de ce projet, il a été décidé que deux variables seraient corrélées si le coefficient de corrélation supérieur à 0,5 (la valeur de p inférieure à 0,001).

2- Après avoir sélectionné les variables indépendantes (ou non corrélées), la deuxième étape de la construction du modèle consiste à rechercher la meilleure régression linéaire permettant de prédire l'agrément sonore perçu. Rappelons qu'une régression linéaire permet le calcul d'une variable dite dépendante à l'aide d'une relation regroupant plusieurs variables indépendantes [Saporta 1990]. L'un des présupposés de la régression est que la ou les variables indépendantes ont une influence sur la variable dépendante mais non l'inverse. Pour choisir la meilleure régression linéaire, plusieurs régressions linéaires sont calculées avec différentes combinaisons de variables à l'aide du logiciel Statgraphics. La régression choisie comme la meilleure est celle qui a la plus grande valeur du coefficient R^2 ajusté.

Le R^2 ajusté est un coefficient construit sur la base du coefficient R^2 qui mesure la qualité de l'ajustement des estimations de l'équation de régression linéaire. Le coefficient R^2 correspond au pourcentage de la variance expliquée par le modèle par rapport à la variance totale. Par conséquent un bon modèle de régression doit avoir un coefficient R^2 élevé. Cependant le coefficient R^2 augmente mécaniquement avec l'ajout de nouvelles variables dans le modèle. Pour éviter ce problème, il est alors préférable de travailler avec la valeur du coefficient R^2 ajusté.

$$R^2_{aj} = \frac{(n - 1) \cdot R^2 - (p - 1)}{n - p}$$

Avec n : le nombre de données
 p : le nombre de variables explicatives
 R^2 : le coefficient de détermination

Le meilleur modèle est celui pour lequel la valeur de R^2 ajusté est la plus élevée. La validité du modèle est ensuite vérifiée en calculant le coefficient de corrélation entre les valeurs perceptives de l'agrément sonore et les valeurs calculées par le modèle.

4.1.2. Analyse préalable des données perceptives

Pour réduire la dispersion des réponses du à la perception individuelle, la classification des différentes mesures sera conduite par objectifs et non par personnes. Les valeurs individuelles vont donc moyennées pour chaque objectif. Pour voir si une analyse sur les moyennes est envisageable, une analyse de la dispersion des réponses des participants pour chaque question et chaque objectif est nécessaire.

Dispersion des réponses des participants

Pour les variables perceptives globales (l'intensité sonore, l'animation, l'enveloppement, l'agrément sonore, l'agrément visuel et la familiarité) et pour les variables liées aux temps de présence (La circulation, les voix, les pas, les oiseaux, l'eau et le vent), les réponses sont réparties de façon gaussienne (Figure 56). Une étude sur les valeurs moyennes a donc un sens et peut être envisagée.

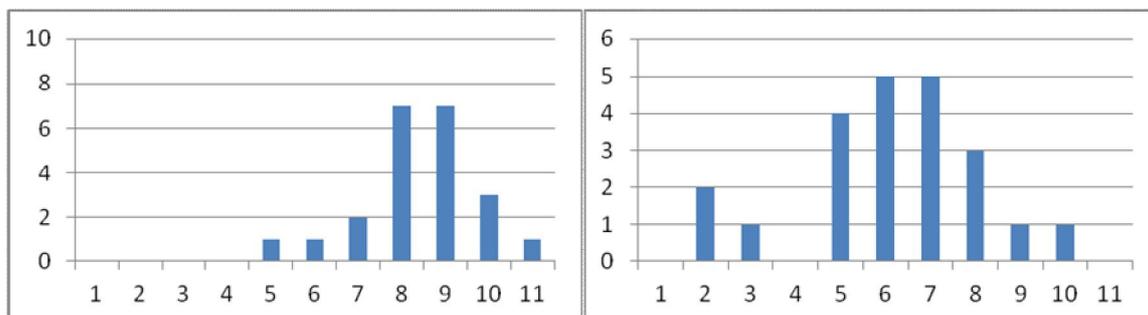


Figure 56 : Exemple de répartition des réponses des participants. A gauche, l'évaluation de l'agrément visuel pour l'objectif n° 124. A droite, le temps de présence des bruits de pas pour l'objectif n°120.

En revanche, pour les variables émergentes (l'intensité des deux-roues, des véhicules légers, des poids lourds/bus, du métro, des klaxons et des activités urbaines) la répartition des réponses n'est pas toujours Gaussienne (Figure 57). Cela traduit le fait que ces éléments sonores dépendent beaucoup de l'instant de la mesure même lorsque celle-ci est réalisée sur 10 minutes. Pour ces questions, un travail sur les moyennes n'a donc aucun sens. Les analyses seront donc réalisées sur les valeurs médianes. Cependant, en observant la répartition des réponses, nous avons remarqué que pour certaines questions, la dispersion des réponses était importante. Pour tenir compte de cette dispersion, en plus des valeurs médianes, nous avons calculé la différence interquartile ($Q3 - Q1$) pour chaque question.

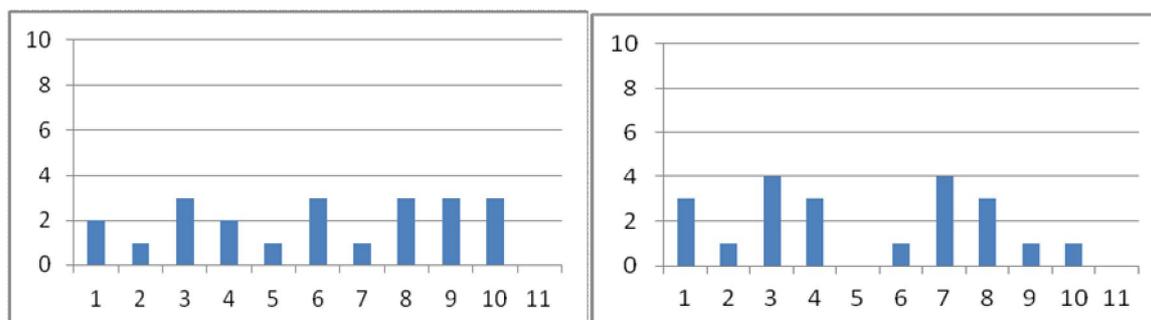


Figure 57 : Exemple de répartition des réponses des participants. A gauche, l'intensité sonore des deux-roues pour l'objectif n°113. A droite, l'intensité sonore des poids lourds et des bus pour l'objectif n°110.

Une étude basée sur les valeurs médianes et des différences interquartiles de chaque objectif a donc été réalisée. Cette analyse double le nombre de variables perceptives en considérant à la fois les médianes et les différences interquartiles.

Codage des objectifs

Pour faciliter l'interprétation de la classification dans la suite des analyses, les différents objectifs ont tous été codés de la façon suivante (Tableau 12):

1 ^{ère} lettre du type de lieux -	3 ^{ème} lettres du nom du lieu -	créneau horaire de la mesure -	saison
A – Avenue, boulevard I – Intersection R – Rue circulée P – Parcs C – Commerces ect,	KEL – Kellerman CHO – Choisy ARC – Jeanne d’Arc DEN – Denfert Rochereau ITA – Avenue d’Italie etc.	SS – Semaine soirée SJ- Semaine Journée WKS – WeeK end Soirée SC – Semaine pdt l’école SF – Semaine à la Fermeture etc.	W - Hiver (Octobre-Mars) S – Été (Avril-Septembre).

Tableau 12 : Codage des différents objectifs pour l'analyse des cartes de Kohonen

Par exemple, le code A-RAS-WKJ-S correspond à la mesure réalisée sur le boulevard Raspail le weekend en journée en été.

4.1.3. Classification des données perceptives

Nombre de classe à considérer

En observant le dendrogramme et l'indice SPRSQ issus de la classification de Ward, on observe l'existence de cinq ou sept classes distinctes (Figure 58).

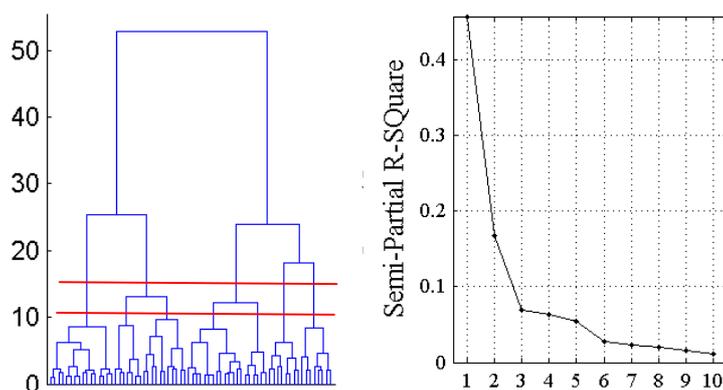


Figure 58 : Dendrogramme et indice SPRSQ de la classification de Kohonen effectuée sur les médianes et les écarts interquartiles de chaque objectif

Lors d'une étude préliminaire conduite sur les données d'hiver, la division en 6 classes s'est montrée la plus adaptée. C'est pourquoi pour retrouver au moins ces six classes, nous avons décidé de travailler sur 7 classes.

Résultats de la classification

Le réseau de Kohonen utilisé pour la classification se compose de 70 neurones et a été divisé par Ward en 7 classes (Figure 59). Les classes obtenues sont très proches de celles obtenues dans l'étude préliminaire sur les mesures d'hiver. C'est pourquoi pour garder une cohérence dans la numérotation des classes, nous avons choisi de définir 6 classes avec une classe 4 maintenant séparée en 4A et 4B.

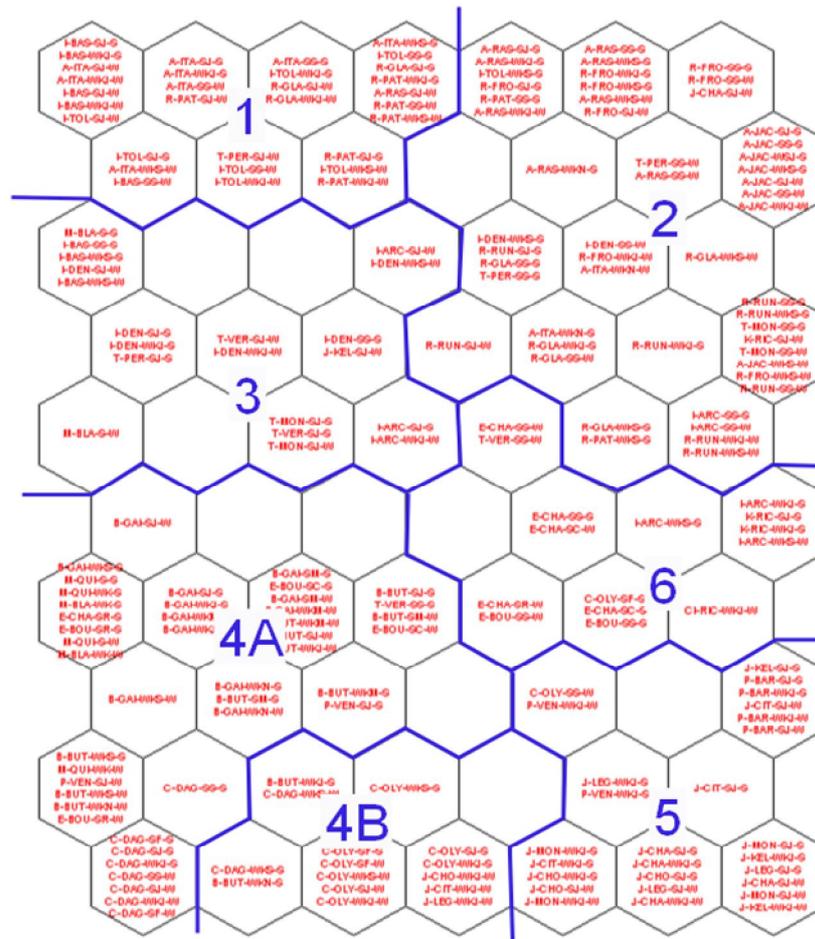


Figure 59 : Répartition des objectifs sur la carte de Kohonen (division en 7 classes)

En observant la composition des différentes classes, on remarque que :

- La classe 1 se compose de boulevards et intersections en période de journée
- La classe 2 se compose de rues en période de journée et boulevards ou intersections en période de soirée et nuit
- La classe 3 se compose d'espaces "atypiques" comme les zones de transitions, le square de la place Denfert-Rochereau...
- La classe 4A se compose des rues commerçantes, des rues de bars et de restaurants.
- La classe 4B se compose également des rues commerçantes, des rues de bars et de restaurants mais ces lieux sont plus éloignés des axes de circulation.
- La classe 5 se compose des parcs, jardins et de quelques passages
- La classe 6 est plus difficile à caractériser, elle se compose également d'endroits "atypiques" comme le cimetière, les écoles pendant la classe, la place Jeanna d'Arc...

La répartition en 7 classes sépare de manière intéressante les différentes typologies urbaines comme par exemple les parcs et les rues "animées" (rue de commerces, restaurants ou bars).

Influence des variables perceptives sur la création des 7 classes

Le réseau de Kohonen a été construit à partir des valeurs médianes et des écarts interquartiles des variables de chaque objectif ce qui représente 36 variables. En effet chacune des 18 variables a été séparée en deux. Par exemple, la variable « silencieux /bruyant » a été séparé en « silencieux/bruyant M » (médian) et « silencieux/bruyant (q3-q1) » (différence interquartile). Les variables présentées sur

la Figure 60 correspondent aux valeurs médianes. Les écarts interquartiles sont eux présentés sur la Figure 62.

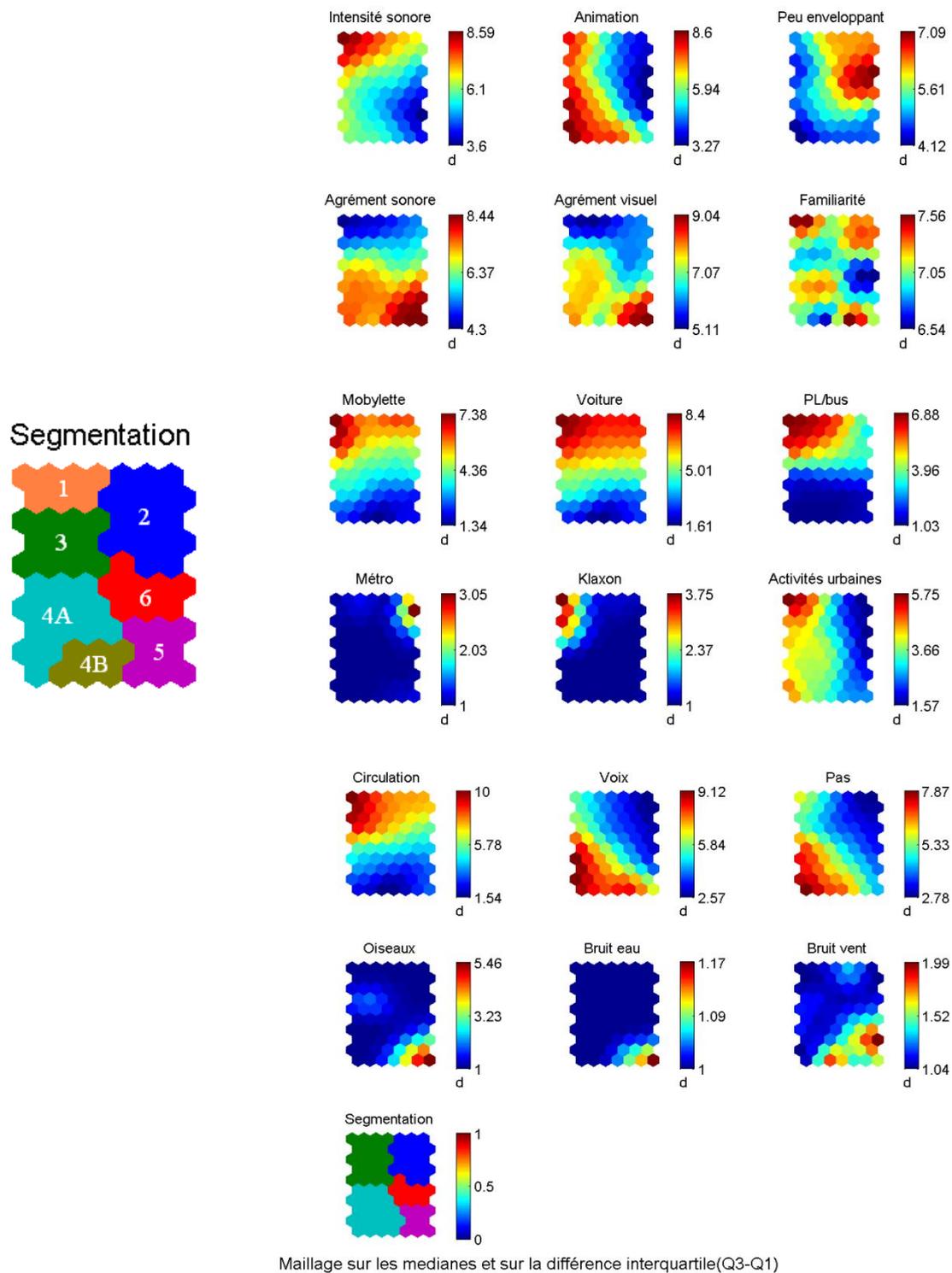


Figure 60 : Répartition des valeurs des médianes des variables perceptives sur la carte de Kohonen, la segmentation (à gauche) représente la classification en 7 groupes sur la carte de Kohonen

Globalement lorsque l'on observe la variable de l'agrément sonore, on remarque que la classe la plus désagréable du point de vue sonore est la classe 1 qui regroupe les boulevards et intersections la

journée, alors que la classe la plus agréable du point de vue sonore est la classe 5 qui regroupe les parcs. L'évaluation globale de l'agrément sonore peut aussi être observée sur la Figure 61 qui représente la moyenne, la médiane et les quartiles de l'agrément sonore pour chacune des classes.

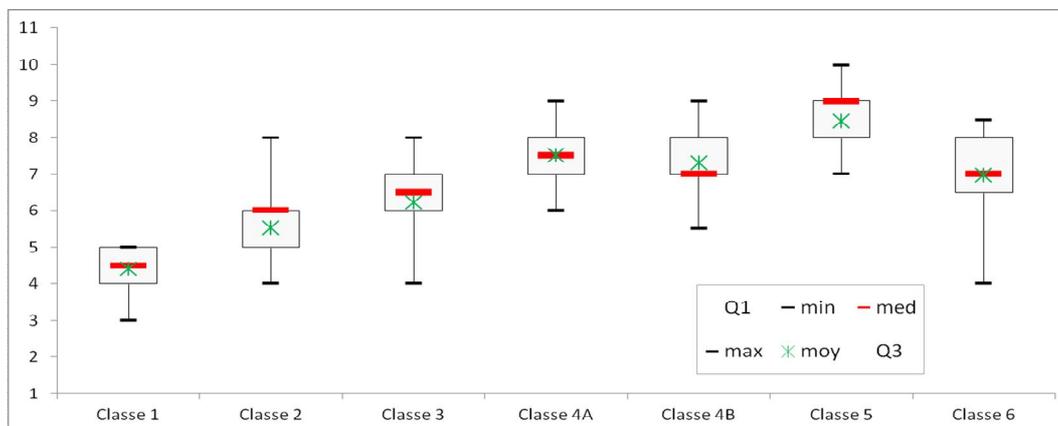


Figure 61 : Répartition des valeurs d'agrément sonore sur les différentes classes

En observant toujours l'agrément sonore sur la Figure 60, on remarque qu'il est fortement corrélé avec l'agrément visuel. Cette forte corrélation signifie que des lieux visuellement agréables sont également agréables d'un point de vue sonore. Or cela n'est pas forcément vrai. Les environnements visuel et acoustique ne sont pas toujours corrélés. Ceci est un biais de notre expérience où beaucoup d'espaces verts ont une ambiance sonore agréable et beaucoup de boulevards, une ambiance sonore désagréable. Cependant ce n'est pas toujours le cas comme par exemple lors de la mesure réalisée dans le square de la place Denfert-Rochereau où le visuel peut être jugé plutôt agréable alors que l'environnement sonore peut être désagréable parce que nous sommes dans un square sur un énorme carrefour. Malheureusement dans notre corpus d'étude ces points sont trop rares pour qu'ils émergent de l'analyse.

Deux autres remarques apparaissent également sur la Figure 60 :

1- La variable d'enveloppement qui semblait difficile à interpréter, peut être expliquée sur cette figure. En effet, on observe que selon la classe, l'enveloppement est jugé de manière positive ou négative et que cela dépend des sources présentes. Pour les classes 1 et 3 où le trafic est relativement présent, l'enveloppement des sources est associé à un environnement sonore désagréable alors que pour les classes 4A, 4B et 5 où la présence humaine et les oiseaux sont les principales sources, l'enveloppement des sources est associé à un environnement sonore agréable.

2- La familiarité n'a que très peu de variabilité de 6,5 à 7,5 et les valeurs sont très dispersées. Seule la classe 6 se différencie des autres comme la classe la moins familière de toute.

La Figure 62, ci-dessous, représente maintenant les valeurs des différences interquartiles pour les questions d'émergence des sources de chaque objectif. En effet, c'est essentiellement sur ces questions que la différence interquartile est intéressante car comme nous l'avons vu précédemment c'est sur ces questions que la répartition des réponses n'est pas Gaussienne. Pour les autres variables, la médiane observée n'est pas très loin de la valeur moyenne que nous aurions pu calculer. Pour rappel, plus la différence interquartile est importante, plus les réponses données par les participants sont dispersées.

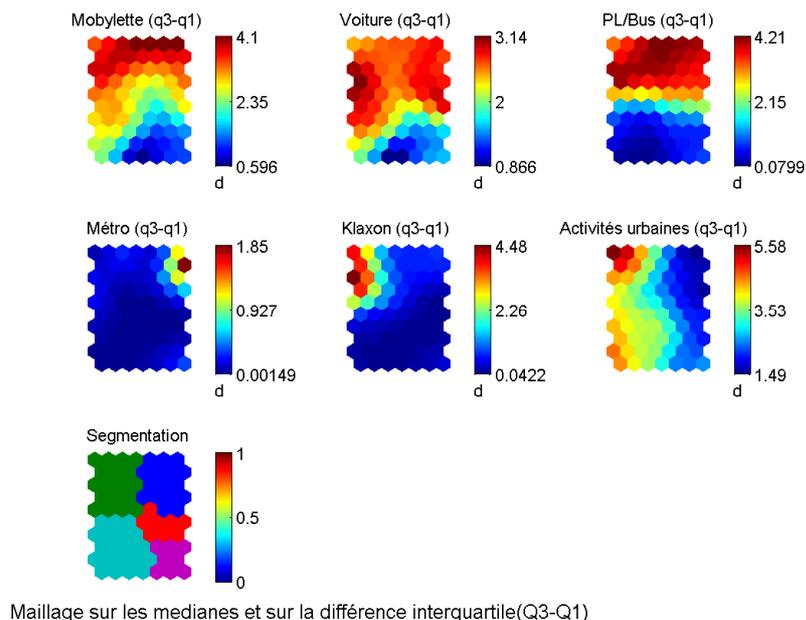


Figure 62 : Répartition des valeurs des écarts interquartiles des variables d'émergence sur la carte de Kohonen

L'analyse de la formation de chaque classe par les différentes variables perceptives est résumée dans le Tableau 13 ci-dessous.

	Caractéristiques perceptives
Classe 1	L'intensité sonore est forte. Les émergences des deux-roues, véhicules légers et poids lourds sont fortes. La circulation est continuellement présente.
Classe 2	Les émergences de véhicules légers sont fortes. Il y a de fortes variations dans les émergences des deux-roues et des poids lourds.
Classe 3	Toutes les sources sont présentes.
Classe 4A	Les pas et les voix sont continuellement présents. Il y a quelques variations des émergences des deux-roues et des poids lourds.
Classe 4B	Les pas et les voix sont fortement présents. Il n'y a aucune source liée au trafic routier.
Classe 5	Les oiseaux sont continuellement présents. il y a un peu de pas et de voix.
Classe 6	Très peu de sources sonores sont présentes.

Tableau 13 : Caractéristiques perceptives des différentes classes

En analysant la répartition des objectifs sur 7 classes et en travaillant sur des niveaux médians pour diminuer la variabilité individuelle, on arrive facilement à dégager des typologies de lieux. Pour chacune de ces typologies, un modèle perceptif de l'agrément sonore va maintenant pouvoir être construit.

Influence des éléments d'urbanisme sur la compréhension de la classe 6 en particulier

Au-delà de la réflexion sur les données disponibles en vue de la codification, il a semblé utile d'étudier les points de mesure par rapport à une logique territoriale et d'aménagement. En effet, en s'appuyant sur la littérature sur la perception de la forme urbaine, dont Kevin Lynch [Lynch, 1999] compte parmi les fondateurs, des éléments d'observation peuvent apporter des éclairages indirects pour compléter à la fois les données perceptives renseignés par les usagers des téléphones portables et les données déductibles des couches SIG des services municipaux. Ainsi, les référentiels utilisés par les

organismes de planification et d'aménagement d'Ile-de-France [Bordes-Pages 1995] et les études de typo-morphologie (tissu urbain et ses évolutions historiques, espaces publics, voirie [Mangin 1999], gabarits et proportions entre largeur des voies et hauteur de bâti) peuvent apporter des éclairages intéressants sur l'interprétation des données produites dans le cadre de cette recherche, même s'ils ne se prêtent pas à une intégration directe et systématique dans les indicateurs.

En particulier, nous avons recherché les éléments de forme architecturale et urbaine qui ne sont pas renseignés dans les couches de SIG et qui peuvent influencer la perception. Dans l'idée de mieux comprendre la formation des classes qui ne s'expliquent pas forcément par la dimension sonore, certaines pistes sont explorées :

- la prise en compte de la perception dynamique des espaces, notamment en présence de pentes, d'éléments de cadrage de la vue (perspectives et focus sur des éléments remarquables) ;
- les proportions entre la hauteur des bâtiments et la largeur des voies ;
- les alignements au sol mais aussi la continuité des hauteurs de bâtiments (« skyline » plus ou moins régulier), ainsi que celle donnée par les matériaux... ou, à l'inverse, l'hétérogénéité, l'absence de continuité et d'alignement
- les délimitations et effets de seuil ou de cheminement plus ou moins marqués : barrières, murets, alignements de végétaux, kiosques et bacs à fleurs¹ ;
- le mobilier urbain, en particulier pour ce qui peut jouer sur les horaires et les saisons (lampadaires, bancs, fontaines...), mais aussi boîtes aux lettres, poubelles d'immeuble et de rue, panneaux signalétiques et publicitaires...

Les époques de construction et les styles apportent des éléments de lecture, notamment en termes de contrastes entre zones homogènes, à la fois en termes d'architecture et de qualité sonore. Par exemple, les typologies identifiées dans les documents d'urbanisme (quartiers Haussmanniens, cités et villas, opérations marquées par le mouvement moderne...) peuvent créer des effets différents par rapport au cheminement du regard en profondeur et en hauteur (front construit continu ou permettant la perception de différents plans). Ainsi, les documents d'urbanisme contiennent divers éléments de lecture de l'espace.

D'une part, les documents de planification s'appuient toujours sur des éléments de diagnostic, d'autant plus précis et détaillés qu'on passe de la stratégie urbaine générale (SDRIF, SCoT...) à l'action sur le foncier à l'échelle de la parcelle (POS/PLU). D'autre part, la dimension réglementaire nécessite d'explicitier les éléments de forme architecturale et urbaine qui peuvent se révéler utiles dans la logique de qualité de cadre de vie dans laquelle s'inscrit le projet Cart_ASUR.

La Ville de Paris est particulièrement documentée dans ce sens, à la fois en termes d'outils réglementaires et grâce aux travaux de l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), qui « a pour missions de documenter, analyser et développer des stratégies prospectives concernant les évolutions urbaines et sociétales »².

La Ville de Paris a une tradition de règlements d'urbanisme et de gestion du foncier très détaillés afin de préserver le cadre harmonieux qui fait la réputation de la capitale, en articulant préservation et renouvellement. Ainsi, le dernier PLU (approuvé en 2015) contient de nombreux éléments dans son rapport de présentation et dans ses orientations d'Ainsi, le dernier PLU (approuvé en 2015) contient de nombreux éléments dans son rapport de présentation, dans ses orientations d'aménagement et dans son règlement qui permettent d'enrichir la compréhension des sites étudiés dans le cadre de Cart_ASUR :

- une attention pour le cadre de vie et l'environnement quotidien, l'espace public comme composante majeure du paysage de Paris, la réflexion sur les densités et leur traitement qualitatif ;
- les « fuseaux de protection du site de Paris » prennent en compte la topographie et les vues (par cônes visuels) ;

¹ L'exemple de la dalle des Olympiades est à la fois atypique et riche en éléments de mobiliers urbains aux proportions et à la disposition inhabituelle, notamment par contraste avec le gabarit typique du Paris Haussmannien

² Présentation de l'APUR dans son site internet : <http://www.apur.org/apur>

- la réglementation par les « gabarit-enveloppe » des bâtiments relie les caractéristiques de la voirie aux rez-de-chaussée et à l'ensemble du bâti (vélum) ;
- la protection du patrimoine à l'échelle de l'immeuble ou urbaine, les secteurs de maisons et de villas ;
- des orientations spécifiques dans certains secteurs de développement, et notamment les ZAC Château des Rentiers, Alésia-Montsouris et Paul Bourget (près du Parc Kellermann), ainsi que les secteurs GPRU Olympiades et Maine-Montparnasse.

De plus, les études préalables au précédent PLU³ restent d'actualité pour l'analyse générale des quartiers, pour les notions mobilisées ainsi que pour la démarche des enquêtes thématiques. L'APUR s'est aussi intéressé à la perception (essentiellement visuelle) des espaces, en confrontant analyse d'experts et enquêtes auprès des habitants⁴.

Dans le cadre de cette recherche, la classification des sites étudiés à l'aide de la carte de Kohonen permet, dans la plupart des cas, de relier assez aisément les caractéristiques principales des lieux au niveau de la configuration des espaces urbains, de leur fréquentation et de la qualité sonore. La classe 6 fait exception car elle ne semble émerger que par son caractère surprenant, atypique, y compris dans son manque d'animation. Il a donc paru intéressant de puiser dans l'analyse urbanistique pour chercher des éléments supplémentaires d'explication.

Si l'absence d'animation est frappante pour les « objectifs » regroupés dans cette classe, on peut en supposer que l'attention se porte d'autant plus sur le cadre urbain, et que les personnes qui ont réalisé les mesures avec les téléphones portables ont été frappées par quelques caractères atypiques. Parmi les explications possibles, on peut observer que ces lieux ont en commun des délimitations peu ordinaires, ce qui permet au regard de « s'échapper », sans obstacle « en dur », par un front bâti compact :

- L'alignement classique du bâti ne constitue un front que sur un seul côté de la rue. En particulier, les barrières et les murets le long des écoles, sont assez bas ou perméables visuellement, les bâtiments scolaires sont en retrait de l'alignement de la rue, ce qui contraste avec la rive opposée de la rue, avec un bâti continu et relativement haut ;
- Dans le cas du cimetière (rue Emile Richard), les murets sont compacts et « en dur », mais ils sont moins hauts que le serait un bâtiment et on perçoit l'espace dégagé au-delà. On peut penser que les rangées d'arbres de chaque côté de la rue contribuent, dans ce cas, à sortir du cadre purement urbain, minéral et dense ;
- Dans la place Paul Verlaine, la pente, les arbres, les barrières et plus globalement le mobilier urbain marquent plus fortement l'espace et ses limites que les bâtiments ;
- La Place Jeanne d'Arc est démesurée en termes de voirie et dans les proportions entre largeur et hauteur : elle doit sembler particulièrement disproportionnée quand il n'y a pas de circulation (la classe 6 regroupe les « objectifs » en week-end) ;
- Sur la dalle des Olympiades, les grands bacs à plantes et les kiosques des commerces constituent des éléments intermédiaires entre des bâtiments de grande hauteur et le menu mobilier urbain. Ils délimitent malgré tout un cheminement, une sorte de rue, mais aux fronts et aux proportions tout à fait atypiques pour Paris.

Ce ne sont que des pistes de réflexions qui pourraient contribuer à affiner ou confirmer la classification dans l'éventualité d'un approfondissement ou de la transposition dans un autre territoire.

³Notamment l'étude « Paris et ses quartiers, état des lieux. Eléments pour un diagnostic urbain » réalisée par l'APUR en octobre 2001 est disponible par arrondissement sur le site <http://www.apur.org/etude/paris-quartiers-lieux-elements-un-diagnostic-urbain-vingt-arrondissements> (consulté jusqu'en juin 2016 pour la finalisation du présent rapport)

⁴ APUR, *Densités vécues et formes urbaines. Etude de quatre quartiers parisiens*, 2003, 141 p. (disponible sur le site <http://www.apur.org/etude/densites-vecues-formes-urbaines-etude-quatre-quartiers-parisiens>). Un des quartiers est centré sur la Place Jeanne d'Arc, qui est également un point de mesure dans le cadre de Cart_ASUR

Influence de la saison sur la réponse des participants

Dans un premier temps, nous pouvons observer que les mesures d'hiver et d'été sont toutes mélangées sur la carte de Kohonen, ce qui signifie qu'il n'y a pas de perception particulière d'un certain type de lieux en fonction de la saison. Cependant pour vérifier cette hypothèse plus finement, les objectifs ont été comparés deux à deux à partir des classes de la carte de Kohonen. Pour cela, nous avons vérifié pour chaque objectif si les mesures d'hiver et d'été se trouvaient dans la même classe ou non.

Parmi les 102 objectifs étudiés, seuls 21 objectifs se sont révélés être dans deux classes différentes. Ces objectifs sont présentés dans le Tableau 14, ci-dessous.

Objectifs	Classe été	Classe hiver	Objectifs	Classe été	Classe hiver
A-RAS-SJ	2	1	J-CHO-WKJ	5	4B
B-BUT-WKJ	4B	4A	J-CIT-WKJ	5	4B
B-BUT-WKN	4B	4A	J-KEL-SJ	5	3
C-OLY-SF	6	4B	J-LEG-WKJ	5	4B
C-OLY-SS	5	4B	K-RIC-SJ	6	2
E-CHA-SR	6	4A	R-GLA-WKJ	2	1
I-ARC-WKJ	6	3	R-PAT-SS	2	1
I-BAS-SS	3	1	R-PAT-WKS	2	1
I-DEN-SS	3	2	T-PER-SJ	3	1
I-DEN-WKS	3	2	T-VER-SS	6	4A
I-TOL-WKS	2	1			

Tableau 14 : Les objectifs qui changent de classe entre la période d'hiver et d'été

Dans ce tableau, on remarque pour certains lieux un passage de la classe 4B, en hiver vers la classe 5, en été. Ce changement de classe s'explique très certainement par la présence plus forte des oiseaux en été pour ces lieux. D'autres changements s'expliquent aussi par la présence des voix plus fréquente en été (classe 4A vers classe 4B ou classes 1 et 2 vers classe 3)

On remarque également que les objectifs ont tendance à être perçus plus désagréables en hiver qu'en été. Les objectifs ont tendance à passer dans des classes systématiquement plus désagréables en hiver (par exemple de la classe 2 à 1 ou de la classe 4 à 5). Pour vérifier que cela n'est pas dû à une différence de niveau sonore, une comparaison est réalisée à partir des mesures moyennes de ces objectifs (Tableau 15).

Objectifs	Eté		Hiver	
	L _{Aeq} (dB(A))	L ₅₀ (dB(A))	L _{Aeq} (dB(A))	L ₅₀ (dB(A))
I-BAS-SS	75	72	74	72
I-TOL-WKS	68,5	65	70	67
A-RAS-SJ	75	72	76	73,5
R-GLA-WKJ	71	66	70	65
R-PAT-SS	71,5	65	70,5	63
R-PAT-WKS	68	62	69,5	64
T-VER-SJ	67	63	64	61

Tableau 15 : Comparaison des indicateurs moyens sur les périodes d'été et d'hiver

La différence physique entre les niveaux d'été et d'hiver n'explique pas les différences d'agrément sonore. Pour la zone de transition de la place Verlaine, le niveau est même plus fort en été qu'en hiver. Il semble que pour ces quelques lieux, la saison d'été a rendu plus agréable la qualité de l'environnement sonore.

4.1.4. Modèles perceptifs de la qualité sonore

Pour chaque situation, quatre modèles ont été construits. Le premier modèle ne prend en compte que la variable d'intensité sonore (P1). Ce modèle sert de référence pour évaluer le gain de prévision du modèle lorsqu'on ajoute d'autres variables perceptives.

Le second modèle (P2) prend en compte l'ensemble des variables perceptives à l'exception de l'agrément visuel et la familiarité qui ne peuvent pas être évalués comme des éléments de l'environnement sonore.

Le troisième modèle est une amélioration du second modèle. Il est appelé P2*. Ce modèle prend en compte l'agrément visuel et la familiarité du lieu en utilisant un système de bonus-malus en fonction des réponses des participants :

- Pour l'agrément visuel : -0,5 lorsque l'évaluation est comprise entre [1,4], 0 entre [5,7] et +0,5 entre [8,11] ;
- Pour la familiarité : -0,5 lorsque l'évaluation est comprise entre [1,6] et +0,5 entre [7,11].

Ces valeurs d'ajustement dérivent des études sur l'influence de la vision sur l'audition dans des conditions de laboratoire bien maîtrisées. Une étude en particulier réalisée par Stéphanie Viollon [Viollon 2002] montre que l'influence de la vision sur l'évaluation de l'agrément sonore dans des situations urbaines se situe autour de 10%. Ainsi puisque l'échelle d'évaluation varie entre 1 et 11, cette influence peut être au maximum de 1 et doit donc être limitée à des variations de $\pm 0,5$. La définition des plages provient quant à elle de la répartition des médianes des variables observée sur la Figure 60.

Enfin, le dernier modèle (P3) prend en compte l'ensemble des variables perceptives indépendantes.

Le modèle global

Avant la construction de chaque modèle, un calcul de corrélation est réalisé afin de sélectionner pour le modèle, les variables non corrélées (Tableau 16).

Corrélations	
Agrément visuel	-
Intensité sonore	-
Temps de présence des voix	Animation (0,65**) Pas (0,57**)
Peu enveloppant	-
Temps de présence de la circulation	Emergence des 2R (0,57**) Emergence des VL (0,68**) Emergence des PL (0,54**)
Emergence du métro	-
Emergence des klaxons	-
Emergence des activités urbaines	-
Temps de présence des oiseaux	-
Temps de présence de l'eau	-
Temps de présence du vent	-

Tableau 16 : Corrélations des variables perceptives sur l'ensemble des mesures

Différents modèles sont calculés pour le modèle global (Tableau 17). Pour vérifier si les variables du modèle sont toutes significatives, un test de Student est réalisé. Si la valeur de probabilité obtenue au test est inférieure à 0,05, la variable est statistiquement significative au niveau de confiance 95%.

P1	Agrément sonore = 9,07 - 0,44 * Intensité sonore ($R^2_{aj}=0,19$ & Corr.=0,44)
P2	Agrément sonore = 8,11 - 0,38 * Intensité sonore - 0,14 * Temps de présence de la circulation + 0,20 * Temps de présence des voix + 0,15 * Temps de présence des oiseaux ($R^2_{aj}=0,34$ & Corr. = 0,58)
P2*	Agrément sonore = 8,11 - 0,38 * Intensité sonore - 0,14 * Temps de présence de la circulation + 0,20 * Temps de présence des voix + 0,15 * Temps de présence des oiseaux + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) (Corr.=0,65)
P3	Agrément sonore = 4,48 - 0,27 * Intensité sonore + 0,12 * Temps de présence des voix + 0,52 * Agrément visuel - 0,12 * Temps de présence de la circulation ($R^2_{aj}=0,52$ & Corr.=0,72)

Tableau 17 : Modèles construits à partir de l'ensemble des réponses (Modèle global)

En observant les différents modèles, on remarque que le meilleur modèle est le modèle P3, obtenu avec l'ensemble des variables perceptives.

Les modèles par classes

Le modèle P3 (intégrant toutes les variables perceptives) est calculé dans un premier temps pour toutes les classes (Tableau 18).

Classe 1	Agrément sonore = 3,72 + 0,46 * Agrément visuel - 0,32 * Intensité sonore + 0,19 * Animation + 0,11 * Peu enveloppant - 0,11 * Temps de présence de la circulation ($R^2_{aj}=0,43$ & Corr.=0,66)
Classe 2	Agrément sonore = 2,93 - 0,34 * Intensité sonore + 0,10 * Animation + 0,13 * Peu enveloppant + 0,42 * Agrément visuel + 0,13 * Familiarité ($R^2_{aj}=0,35$ & Corr.=0,60)
Classe 3	Agrément sonore = 5,20 - 0,43 * Intensité sonore + 0,13 * Temps de présence des voix + 0,42 * Agrément visuel ($R^2_{aj}=0,42$ & Corr.=0,65) <small>idem avec les pas</small>
Classe 4A	Agrément sonore = 2,59 - 0,18 * Intensité sonore + 0,10 * Temps de présence des voix + 0,54 * Agrément visuel + 0,13 * Familiarité ($R^2_{aj}=0,34$ & Corr.=0,59)
Classe 4B	Agrément sonore = 3,70 + 0,49 * Agrément visuel - 0,22 * Intensité sonore + 0,20 * Temps de présence des voix ($R^2_{aj}=0,47$ & Corr.=0,69)
Classe 5	Agrément sonore = 3,80 + 0,55 * Agrément visuel + 0,10 * Familiarité - 0,22 * Intensité sonore - 0,17 * Intensité des véhicules légers + 0,08 * Temps de présence des voix ($R^2_{aj}=0,47$ & Corr.=0,69)
Classe 6	Agrément sonore = 3,37 - 0,23 * Intensité sonore + 0,46 * Agrément visuel + 0,18 * Familiarité + 0,15 * Temps de présence des oiseaux ($R^2_{aj}=0,30$ & Corr.=0,56)

Tableau 18 : Modèles perceptifs construit avec l'ensemble des variables pour toutes les classes (P3)

Les corrélations obtenues sur les modèles précédents sont un peu moins élevées que celle obtenue sur le modèle global qui était de 0,72. Ceci est tout à fait logique, puisqu'il y a moins de variabilité entre les données dans une même classe qu'entre les données sur toutes les classes.

En observant les modèles obtenus sur les 7 classes on remarque également la part importante prise par l'agrément visuel dans l'ensemble des modèles. La présence aussi forte de l'agrément visuel semble masquer les effets des autres variables. Seul le modèle obtenu pour la classe 3 présente un poids identique entre les coefficients de l'intensité sonore et de l'agrément visuel. C'est observation est assez intéressante car rappelons ici que cette classe 3 regroupe les lieux dits « atypiques » où le visuel et le sonore ne sont pas forcément corrélés.

Cependant, pour essayer de quantifier l'impact de l'agrément visuel sur les modèles, cette variable a été supprimée de l'analyse. Comme précédemment, la variable de familiarité est également retirée des modèles (Tableau 19).

Classe 1	Agrément sonore = 6,58 + 0,08 * Temps de présence des Pas - 0,42 * Intensité sonore + 0,29 * Animation + 0,09 * Peu enveloppant - 0,19 * Temps de présence de la circulation (R ² aj=0,24 & Corr.=0,50)
Classe 2	Agrément sonore = 7,16 - 0,41 * Intensité sonore + 0,15 * Animation + 0,06 * Peu enveloppant - 0,07 * Intensité des klaxons (R ² aj=0,16 & Corr.=0,40)
Classe 3	Agrément sonore = 9,01 - 0,56 * Intensité sonore + 0,15 * Temps de présence des voix (R ² aj=0,30 & Corr.=0,55)
Classe 4A	Agrément sonore = 7,93 - 0,31 * Intensité sonore - 0,11 * Intensité des poids-lourd + 0,18 * Temps de présence des voix (R ² aj=0,11 & Corr.=0,33)
Classe 4B	Agrément sonore = 7,16 - 0,31 * Intensité sonore + 0,26 * Temps de présence des voix (R ² aj=0,10 & Corr.=0,33)
Classe 5	Agrément sonore = 8,74 - 0,32 * Intensité sonore - 0,24 * Intensité des véhicules légers + 0,16 * Temps de présence des voix + 0,12 * Temps de présence des oiseaux (R ² aj=0,20 & Corr.=0,45)
Classe 6	Agrément sonore = 8,09 - 0,26 * Intensité sonore (R ² aj=0,05 & Corr.=0,22)

Tableau 19 : Modèles perceptifs sans l'agrément visuel et la familiarité pour toutes les classes (P2)

Supprimer l'agrément visuel de la construction des modèles permet à d'autres variables d'être prises en compte. La variable « intensité sonore » devient alors la variable dont le coefficient est le plus important.

Les modèles ainsi obtenus ont un coefficient de corrélation avec l'agrément perçu plus faible que ceux obtenus avec le modèle P3.

Comme pour le modèle global, le système de malus bonus pour les variables d'agrément visuel et de familiarité est testé sur l'ensemble des classes. Les modèles P2* seront présentés dans le Tableau 20.

Classe 1	Agrément sonore = 6,58 + 0,08 * Temps de présence des Pas - 0,42 * Intensité sonore + 0,29 * Animation + 0,09 * Peu enveloppant - 0,19 * Temps de présence de la circulation + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) (Corr.=0,58)
Classe 2	Agrément sonore = 7,16 - 0,41 * Intensité sonore + 0,15 * Animation + 0,06 * Peu enveloppant - 0,07 * Intensité des klaxons + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) + FAMILIARITE (-0,5 si [1,6] et +0,5 si [7,11]) (Corr.=0,51)
Classe 3	Agrément sonore = 9,01 - 0,56 * Intensité sonore + 0,15 * Temps de présence des voix + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) (Corr.=0,60)
Classe 4A	Agrément sonore = 7,93 - 0,31 * Intensité sonore - 0,11 * Intensité des poids-lourd + 0,18 * Temps de présence des voix + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) + FAMILIARITE (-0,5 si [1,6] et +0,5 si [7,11]) (Corr.=0,46)
Classe 4B	Agrément sonore = 7,16 - 0,31 * Intensité sonore + 0,26 * Temps de présence des voix + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,9]) (Corr.=0,54)
Classe 5	Agrément sonore = 8,74 - 0,32 * Intensité sonore - 0,24 * Intensité des véhicules légers + 0,16 * Temps de présence des voix + 0,12 * Temps de présence des oiseaux + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,11]) + FAMILIARITE (-0,5 si [1,6] et +5 [7,11]) (Corr.=0,57)
Classe 6	Agrément sonore = 8,09 - 0,26 * Intensité sonore + AGREMENT VISUEL (-0,5 si [1,4], 0 si [5,7] et +0,5 si [8,11]) + FAMILIARITE (-0,5 si [1,6], et +0,5 si [7,11]) (Corr.=0,43)

Tableau 20 : Meilleurs modèles perceptifs pour chaque classe

Une nouvelle fois les modèles P2* apparaissent comme un bon compromis entre les modèles P3 et P2.

En observant l'ensemble des modèles obtenus, plusieurs spécificités peuvent être notées. Tout d'abord, on remarque que l'intensité sonore est présente partout. En étudiant les corrélations entre les variables, on observe qu'elle est souvent corrélée avec l'animation, l'intensité sonore des véhicules

légers, le temps de présence de la circulation et le temps de présence des voix. Mais, comme le coefficient de corrélation entre l'intensité sonore et l'agrément sonore est toujours le plus élevé par rapport aux autres variables corrélées, celui-ci est conservé dans le modèle. En regardant classe par classe les variables corrélées, on remarque que selon la classe l'intensité sonore n'est pas corrélée aux mêmes variables (Tableau 21).

Classe	Animation	Émergence des voitures	Tps de présence de la circulation	Tps de présence des voix
Classe 1	0.48**	0.54**	0.47**	0.19**
Classe 2	0.39**	0.60**	0.53**	0.08
Classe 3	0.46**	0.61**	0.40**	0.25**
Classe 4A	0.53**	0.15**	0.24**	0.50**
Classe 4B	0.56**	0.01	0.05	0.46**
Classe 5	0.54**	0.27**	0.23**	0.41**
Classe 6	0.56**	0.35**	0.34**	0.36**

Tableau 21 : Coefficients de corrélations entre l'intensité sonore et certaines variables perceptives pour chacune des classes

La variable d'intensité n'a donc pas la même signification en fonction des modèles de classes. Pour les classes correspondantes aux mesures dans les rues, boulevards et intersections, l'intensité sonore est corrélée avec l'intensité sonore des véhicules légers (classes 1, 2 et 3). Pour les classes correspondant aux parcs, rues commerçantes, etc., la présence humaine est importante. L'intensité sonore est corrélée avec l'animation et le temps de présence des voix (classes 4A, 4B et 5). Pour la classe 6 enfin, on observe une corrélation de l'intensité sonore avec l'animation même si cette classe regroupe des lieux où il ne se passe pas grand-chose d'un point de vue sonore.

En observant l'ensemble de ces modèles et en les comparant avec le modèle global, on remarque que les émergences dues à la circulation prennent de l'importance pour les classes 2, 4A et 5. Ces classes représentent des lieux où la circulation n'est pas aussi continue que dans la classe 1, provoquant des émergences au moment des passages de véhicules. En effet, dans une même classe où les niveaux sonores varient peu, le passage isolé d'un véhicule prend beaucoup d'importance. Les variables d'émergences sont donc dans ces cas-là préférées à la variable du temps de circulation, surtout dans la classe 5 qui correspond aux parcs. Bien sûr, cela n'est pas le cas lorsque le lieu est complètement isolé de la circulation comme par exemple pour les lieux de la classe 4B.

Nous remarquons aussi que les variables "Animation" et "Peu enveloppant" sont significatives dans les modèles des classes 1 et 2 c'est-à-dire dans les boulevards et les rues. Nous avons vu que pour ces lieux l'enveloppement correspond à l'omniprésence des véhicules, et c'est pourquoi, si l'ambiance sonore est peu enveloppante, alors elle est plus agréable. Dans ces lieux, l'animation a un impact positif sur l'agrément sonore. Pour ces lieux où les voix des passants ne s'entendent pas forcément (puisque le niveau sonore est assez élevé) mais qui sont néanmoins caractérisés par un nombre souvent important de passants, la variable "Animation" est préférée à la variable "Temps de présence des voix".

Les modèles par classes nous ont permis de mieux comprendre les variables qui influencent la perception de la qualité sonore en fonction du type de lieux. Cependant d'un point de vue prédictif, adapter le modèle en fonction du type de lieu rajoute de la complexité au sujet, puisqu'il va falloir connaître la classe avant d'appliquer le modèle adapté. Pour l'étude cartographique, un choix va donc être nécessaire. Doit-on travailler sur un modèle global applicable à tous les lieux même si celui-ci n'est pas le plus adapté ? Doit-on travailler sur des modèles adaptés à chaque type de lieux en prenant le risque qu'un nouveau lieu ne soit pas classé au bon endroit ? Pour répondre à cette question, nous avons choisi d'étudier l'erreur moyenne des différents modèles afin de choisir le modèle qui propose la plus petite erreur possible en termes d'agrément sonore.

Choix du meilleur modèle en vue de son utilisation pour la représentation cartographique

Pour aider à répondre à ces questions et faire le choix qui semble le plus judicieux, un calcul de l'erreur a été réalisé. La formule suivante a été appliquée à l'ensemble des modèles :

$$\text{Erreur RMS} = \sqrt{\frac{\sum_n (\text{Agrément Perçu} - \text{Modèle})^2}{n}}$$

Avec n : le nombre de données considérées

a- Meilleur modèle global

On peut ainsi dans un premier temps comparer la qualité des erreurs pour les modèles globaux présentés au paragraphe précédent :

	P1	P2	P2*	P3
Corrélation r	0,43	0,58	0,65	0,72
RMSE	2,14	1,94	1,82	1,64

Tableau 22 : Corrélations entre agrément individuel et agrément prédit par les différents modèles globaux, et moyenne des erreurs individuelles pour chaque modèle.

Il est logique que l'erreur moyenne diminue lorsque l'on améliore le modèle. On remarque que l'agrément sonore prédit par le modèle individuel fait une erreur moyenne entre 1,5 et 2 points sur une échelle allant de 1 à 11. Du point de vue de la représentation cartographique à destination des individus, il ne faut donc pas chercher à être trop précis, afin que chaque individu se retrouve dans la représentation de l'agrément sonore probable qu'il ressentirait en un lieu.

Puisque l'on se place d'un point de vue prédictif, il est intéressant de regarder les modèles appliqués, non pas aux données individuelles, mais aux données perceptives moyennes. Les corrélations et les erreurs sont présentées dans le Tableau 23 :

	P1	P2	P2*	P3
Corrélation r	0,84	0,94	0,96	0,97
RMSE	1,05	0,67	0,56	0,46

Tableau 23 : Corrélations entre agrément moyen et agrément prédit par les différents modèles globaux, et moyenne des erreurs pour chaque modèle.

Du point de vue de la représentation cartographique destinée aux urbanistes et décideurs qui eux se baseront sur des perceptions moyennes de l'agrément sonore, une précision d'un point sur l'échelle des agréments est tout à fait envisageable. Il est possible d'illustrer ces valeurs sur les figures suivantes :

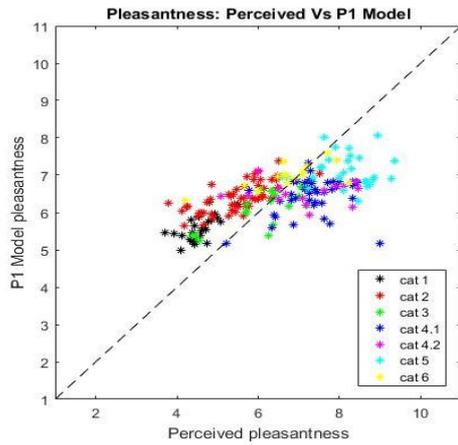


Figure 63 : Relation entre l'agrément perçu moyen et l'agrément modélisé par P1

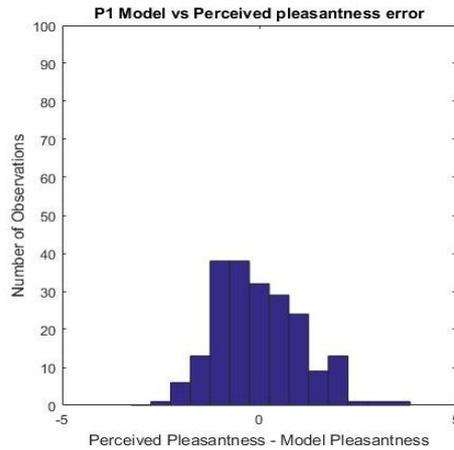


Figure 64 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour P1

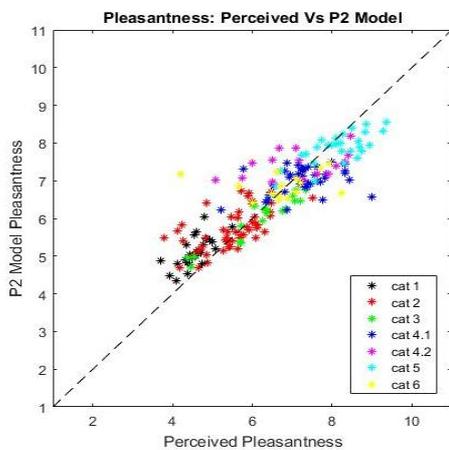


Figure 65 : Relation entre l'agrément perçu moyen et l'agrément modélisé par P2

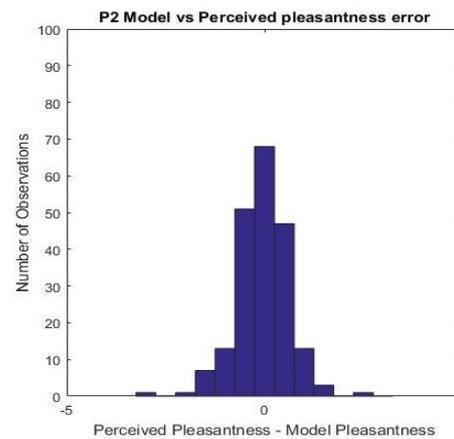


Figure 66 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour P2

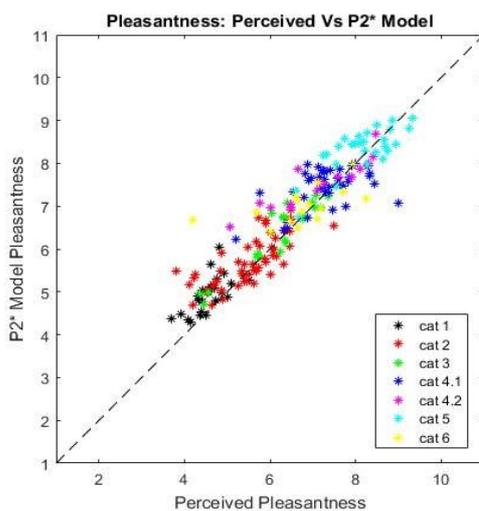


Figure 67 : Relation entre l'agrément moyen perçu et l'agrément modélisé par P2*

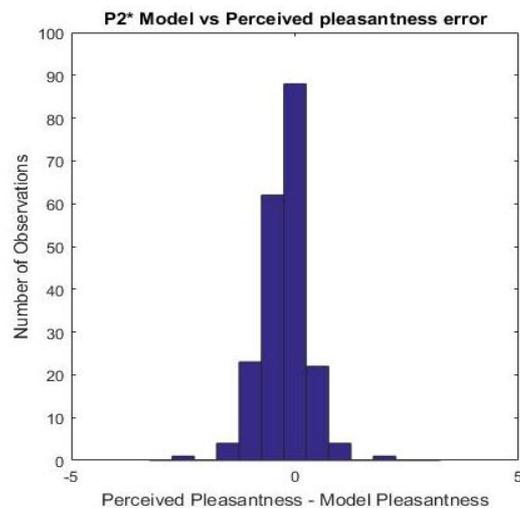


Figure 68 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour P2*

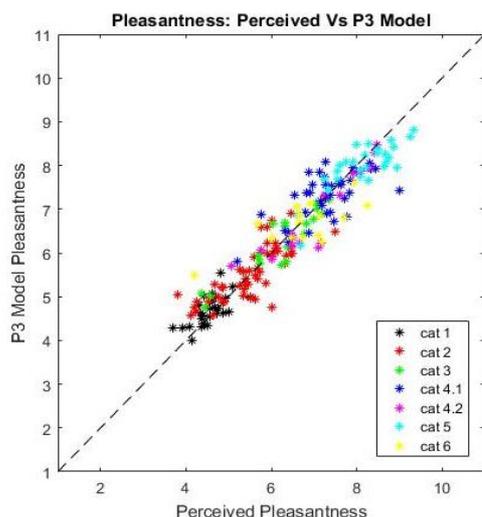


Figure 69 : Relation entre l'agrément moyen perçu et l'agrément modélisé par P3

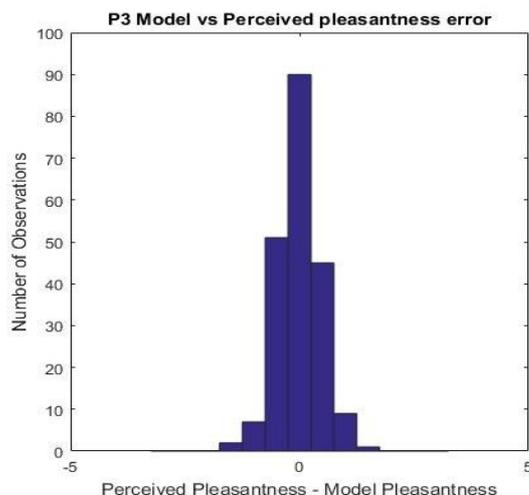


Figure 70 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour P3

Nous remarquons que la corrélation avec les régressions P2* et P3 sont très bonnes lorsque l'on utilise les données moyennes, et cela en utilisant un modèle global qui s'applique à toutes les situations urbaines.

b- Utilisation des modèles locaux

Les mêmes raisonnements peuvent se faire sur les modèles locaux dédiés aux différentes classes. Les modèles dédiés aux classes peuvent ainsi être cumulés afin de comparer le modèle global à l'association des modèles dédiés.

	P1	P2	P2*	P3
Corrélation r	0,57	0,62	0,65	0,74
RMSE	1,96	1,87	1,82	1,61

Tableau 24 : Corrélations entre agrément individuel et agrément prédit par l'association des différents modèles locaux, et moyenne des erreurs individuelles pour chaque modèle.

Si l'on compare le Tableau 22 au Tableau 24 on voit immédiatement que l'effort consenti pour améliorer la prédiction de l'agrément dans les différentes classes ne se traduit pas ou très peu sur la moyenne des erreurs commises sur l'ensemble des individus et des lieux.

Si l'on s'intéresse maintenant aux erreurs moyennes engendrées sur les modèles calculés à partir des moyennes des données perceptives sur chaque lieu, on remarque que le gain en corrélation et le gain en erreur est tout à fait limité :

	P1	P2	P2*	P3
Corrélation r	0,94	0,95	0,95	0,97
RMSE	0,65	0,58	0,64	0,45

Tableau 25 : Corrélations entre agrément moyen et agrément prédit par l'association des différents modèles locaux, et moyenne des erreurs pour chaque modèle.

Il semble que cette erreur ne soit pas tout à fait identique pour toutes les classes. En effet, pour la classe 1 l'erreur est plus faible que pour les autres classes (les points noirs sont globalement très bien situés sur la diagonale de la Figure 73. Cette classe correspond aux grandes artères, et sa corrélation sur les données moyennes est la meilleure.

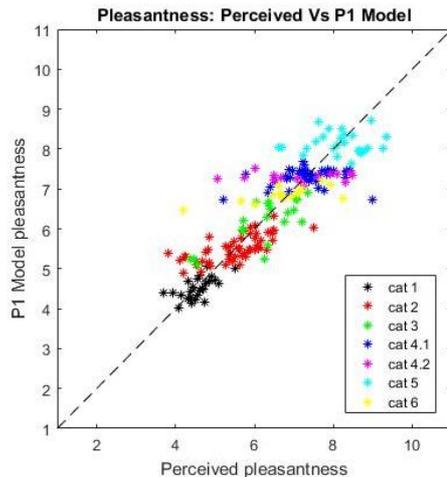


Figure 71 : Relation entre l'agrément perçu moyen et l'agrément modélisé pour la superposition des modèles P1 sur chaque classe.

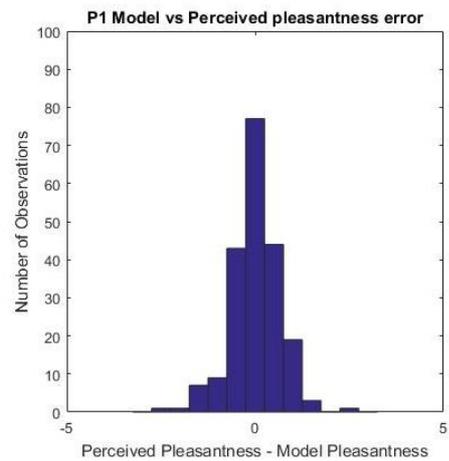


Figure 72 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour la superposition des modèles P1 sur chaque classe.

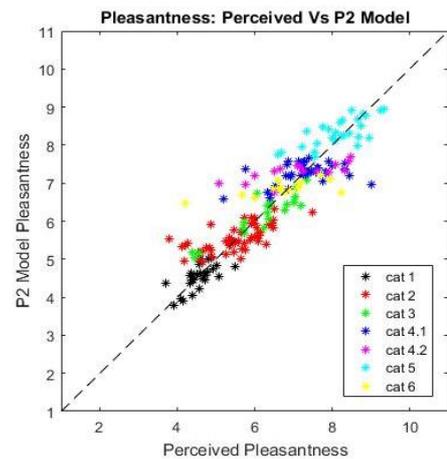


Figure 73 : Relation entre l'agrément perçu moyen et l'agrément modélisé pour la superposition des modèles P2 sur chaque classe.

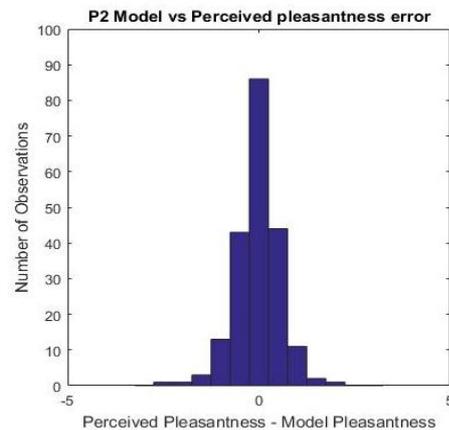


Figure 74: Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour la superposition des modèles P2 sur chaque classe.

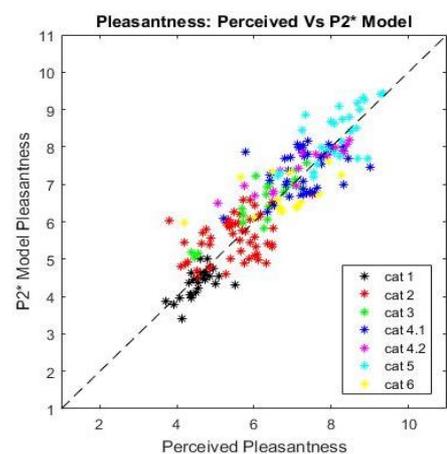


Figure 75 : Relation entre l'agrément moyen perçu et l'agrément modélisé pour la superposition des modèles P2* sur chaque classe.

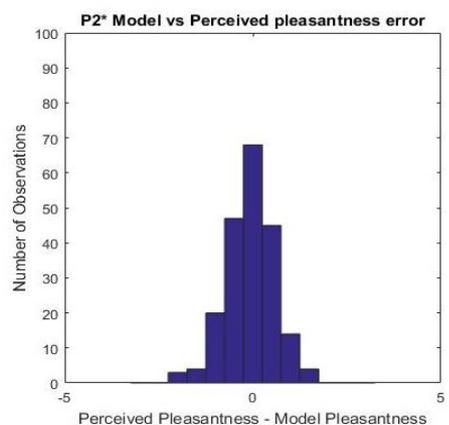


Figure 76: Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour la superposition des modèles P2* sur chaque classe.

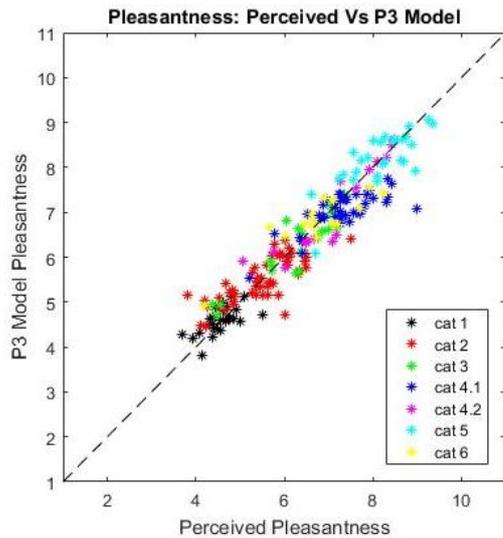


Figure 77 : Relation entre l'agrément moyen perçu et l'agrément modélisé pour la succession des modèles P3 sur les classes.

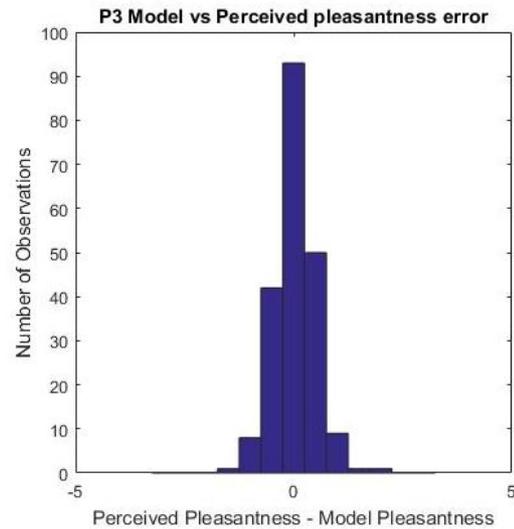


Figure 78 : Erreur moyenne entre l'agrément perçu et le modèle pour la succession des modèles P3 sur les classes.

Si l'on compare les tableaux Tableau 23 et Tableau 25, on s'aperçoit que le gain réalisé sur les erreurs est encore très limité et il est même parfois dégradé pour le modèle P2* comparé à l'utilisation du modèle simple global.

c- Conclusion

Ce travail permet d'être le plus efficace possible dans le choix des modèles sur lesquels s'appuyer dans notre travail cartographique futur. Il semble évident que le modèle global apporte suffisamment de précision tout en simplifiant énormément l'analyse urbanistique et fonctionnelle de la ville, puisqu'il ne nécessite pas de connaître a priori les classes de lieux. Quant aux modèles P2 ou P2*, il est nécessaire de poursuivre notre étude sur l'influence de la vision du lieu sur la perception sonore. Nous verrons au paragraphe 5.5, sur l'évaluation des cartes proposées aux lecteurs, que la présentation de l'image du lieu via une photographie détourne le lecteur de la qualité sonore du lieu et l'oriente sur les conditions climatiques du moment. C'est pour cela que nous avons décidé de travailler dans la suite avec le modèle P2 global. Celui-ci permet d'avoir une très bonne corrélation ($r=0,94$ Tableau 23) entre les moyennes des agréments sonores perçus et les moyennes des variables perceptives indépendantes.

4.2. Analyse des données acoustiques

4.2.1. Corrélation entre les données acoustiques et perceptives

Pour établir un lien entre la perception et les indicateurs acoustiques, un calcul de corrélation est réalisé entre les différentes variables. Le Tableau 26 ci-dessous présente les plus fortes corrélations obtenues pour chaque variable perceptive. Ces corrélations sont calculées sur les données individuels mais aussi sur les médians de chaque objectif. Travailler sur les médianes réduit la variabilité et augmente les corrélations ce qui dans certains cas permet de révéler des corrélations et donc des liens entre variables qui n'étaient pas notables sur les individus.

Variables perceptives	Indicateurs acoustiques individuels	Indicateurs acoustiques médians
Intensité sonore	LAeq (0,49) L10 (0,49) L50 (0,58) L90 (0,52) MIL > 70 (0,54)	LAeq (0,76) L10 (0,72) L50 (0,82) L90 (0,71) NNEl > 70 (0,75) MIL > 70 (0,77)
Animation	L90 (0,44) Lmin (0,44) Ecart type (-0,46) LA10 - LA90 (-0,45)	L90 (0,62) Lmin (0,70) Ecart type (-0,72) LA10 - LA90 (-0,71)
Peu enveloppant		LA10 - LA90 (0,60)
Agrément sonore	LAeq (-0,43) L5 (-0,41) L10 (-0,44) L50 (-0,41) MIL > 70 (-0,43)	LAeq (-0,79) L5 (-0,77) L10 (-0,78) L50 (-0,68) NNEl > 70 (-0,72) NNEl > 75 (-0,75) MIL > 70 (-0,76) MIL > 75 (-0,73)
Intensité des deux roues		LAeq (0,70) L10 (0,70) NNEl > 75 (0,69) MIL > 70 (0,69)
Intensité des véhicules légers	LAeq (0,44) L5 (0,44) L10 (0,46) MIL > 70 (0,45)	LAeq (0,72) L5 (0,73) L10 (0,74) NNEl > 75 (0,70) MIL > 70 (0,70)
Intensité des poids-lourd		LAeq (0,60) MIL > 70 (0,61)
Intensité des klaxons		MIL > 70 (0,52)
Temps de présence de la circulation	L50 (0,43) MIL > 70 (0,42)	LAeq (0,63) L50 (0,62) MIL > 70 (0,66)
Temps de présence des voix		Ecart-type (-0,61) LA10 - LA90 (-0,61)
Temps de présence des pas		Ecart-type (-0,51) LA10 - LA90 (-0,51)
Temps de présence des oiseaux		L5 (-0,55) L10 (-0,53)

Tableau 26 : Corrélations entre les variables perceptives et certains indicateurs acoustiques

Les valeurs de corrélation obtenues dans le tableau précédent ne sont pas très différentes d'un indicateur acoustique à l'autre. Peu d'indicateurs se détachent donc avec une corrélation bien plus forte que les autres.

En observant les variables une à une nous pouvons noter que l'intensité sonore perçue est corrélée de façon significative à l'indicateur L50. Cette corrélation dépasse la valeur obtenue avec le LAeq. Il semble que les indicateurs à notre disposition ne sont pas suffisants pour bien caractériser de façon directe les variables perceptives qui ont une influence sur la perception de la qualité sonore. Il faudra probablement avoir recours aux indicateurs spectraux pour pouvoir améliorer la relation entre données acoustique et données perceptives.

4.2.2. Modèles acoustiques

La première étape avant la construction des modèles acoustiques est de sélectionner les indicateurs indépendants. Pour cela, un calcul de corrélation est réalisé entre les indicateurs (Tableau 27).

	LAeq	L5	L10	L50	L90	Ecart type	LA10 - LA90	NNEL > 70	NNEL > 75	MIL > 70
LAeq		0,9633	0,9595	0,8225	0,6061	0,0067	0,0185	0,7759	0,8005	0,8227
		0	0	0	0	0,6962	0,2789	0	0	0
L5	0,9633		0,9791	0,7671	0,5056	0,1325	0,1565	0,7509	0,7804	0,7747
	0		0	0	0	0	0	0	0	0
L10	0,9595	0,9791		0,8405	0,576	0,052	0,0872	0,7716	0,7891	0,8071
	0	0		0	0	0,0023	0	0	0	0
L50	0,8225	0,7671	0,8405		0,8585	-0,4146	-0,383	0,7098	0,6738	0,7762
	0	0	0		0	0	0	0	0	0
L90	0,6061	0,5056	0,576	0,8585		-0,7714	-0,7641	0,5523	0,4848	0,6189
	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Ecart type	0,0067	0,1325	0,052	-0,4146	-0,7714		0,9811	-0,0841	0,0179	-0,1386
	0,6962	0	0,0023	0	0		0	0	0,2947	0
LA10 - LA90	0,0185	0,1565	0,0872	-0,383	-0,7641	0,9811		-0,0641	0,032	-0,1173
	0,2789	0	0	0	0	0		0,0002	0,0617	0
NNEL > 70	0,7759	0,7509	0,7716	0,7098	0,5523	-0,0841	-0,0641		0,7972	0,8434
	0	0	0	0	0	0	0,0002		0	0
NNEL > 75	0,8005	0,7804	0,7891	0,6738	0,4848	0,0179	0,032	0,7972		0,8861
	0	0	0	0	0	0,2947	0,0617	0		0
MIL > 70	0,8227	0,7747	0,8071	0,7762	0,6189	-0,1386	-0,1173	0,8434	0,8861	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 27 : Corrélations entre les indicateurs acoustiques (sur fond rouge, les corrélations significatives)

Dans le tableau précédent, de nombreux indicateurs acoustiques apparaissent corrélés et deux groupes sont observés : celui des niveaux et celui des écarts-types.

Précédemment nous avons vu que le LAeq était l'indicateur le plus corrélé à l'agrément sonore et que le LA50 était l'indicateur la plus corrélé à l'intensité sonore. Nous avons donc décidé de partir de ces deux indicateurs pour construire les modèles.

Les modèles obtenus sont présentés dans le Tableau 28. Les modèles qui ne comportent qu'une seule variable sont appelés A1 avec (1) lorsque celui-ci est construit avec le LA50 et (2) lorsqu'il est construits avec le LAeq. Pour les deuxièmes modèles (A2) toutes les variables indépendantes ont été prises en compte.

A1(1)	Agrément sonore = $14,30 - 0,13 * LA50$ ($R^2_{aj}=0,17$ & Corr.=0,41)
A2(1)	Agrément sonore = $16,92 - 0,15 * LA50 - 0,06 * LA10-LA90$ ($R^2_{aj}=0,21$ & Corr.=0,45)
A1(2)	Agrément sonore = $19,07 - 0,19 * LAeq$ ($R^2_{aj}=0,19$ & Corr.=0,44)
A2(2)	Pas de meilleur modèle

Tableau 28 : Modèles construits à partir de l'ensemble des mesures (Modèle Global)

En observant les coefficients de corrélation, on remarque que le meilleur modèle est le modèle A2(1) c'est-à-dire celui construit avec le LA50 et qui prend en compte la variable LA10-LA90 qui comme nous l'avons vu précédemment dans notre cas est associée au temps de présence des voix. Si l'on applique ce modèle aux valeurs médianes, on obtient une corrélation de 0.77 entre l'agrément réel et l'agrément modélisé ($R^2=0,60$).

Un travail similaire a été mené sur chacune des classes définies précédemment. Malheureusement, les modèles obtenus ne se sont pas révélés très bons (corrélation comprise entre 0,1 et 0,37 pour le meilleur).

4.2.3. Comparaison avec d'autres indicateurs acoustiques

Le modèle global obtenu à partir des indicateurs acoustiques (A2(1)) est comparé avec d'autres modèles présents dans la littérature :

- 1- L'indicateur Harmonica : $HI=0,2*(LA95eq-30)+0,25*(LAeq-LA95eq)$ [Mietlicki et al 2015]
- 2- L'indicateur TNI (Turbulent Noise Index) : $TNI=LA90+4(LA10-LA90)-30$ [Griffiths 1968]
- 3- L'indicateur LNP (Noise Pollution Level) : $LNP=LAeq + 2,56 \times \text{Ecart-type}$ [Robinson 1971]

Les corrélations obtenues entre ces quatre modèles et l'agrément sonore sont présentées dans le Tableau 29, ci-dessous.

	Agrément sonore	MODELE	Harmonica	LNP	TNI
Agrément sonore		0,4542 (3418)	0,4040 (3418)	-0,2661 (3418)	-0,1309 (3418)
		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MODELE	0,4542 (3418)		0,8277 (3418)	-0,5258 (3418)	-0,2626 (3418)
	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000
Harmonica	0,4040 (3418)	0,8277 (3418)		-0,8441 (3418)	-0,5684 (3418)
	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
LNP	-0,2661 (3418)	-0,5258 (3418)	-0,8441 (3418)		0,9046 (3418)
	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
TNI	-0,1309 (3418)	-0,2626 (3418)	-0,5684 (3418)	0,9046 (3418)	
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	

Tableau 29 : Corrélation entre l'agrément perçu et différents modèles de prévision

Le modèle acoustique issu de cette recherche est donc assez décevant puisqu'il ne permet pas de faire beaucoup mieux que les indicateurs existants. Il s'appuie sur deux variables acoustiques que sont le LA50 et le LA10-LA90.

Il est intéressant de comparer un peu plus profondément notre indicateur avec celui proposé dans le cadre du projet Harmonica [Mietlicki et al 2015] sur la gêne due au bruit des transports. Celui-ci est un indicateur de gêne noté sur une échelle de 0 (pas gênant) à 10 (très gênant). Nous transformons donc notre indicateur de qualité sonore en gêne sonore en effectuant l'opération suivante :

Gêne = - Qualité +11. Notre indicateur devient donc :

$$\text{Gêne} = -8.08 + 0.19 * LA50 + 0.06 * LA10 - 0.06 * LA90.$$

Cet indicateur ressemble donc énormément à l'indicateur HI = $-6 + 0,25*(LAeq) - 0,05 * LA95$.

Malheureusement, il n'explique que 21% de la variance des réponses des participants à la question de l'agrément sonore. Nous devrions améliorer cette variance en prenant en compte les notions spectrales du bruit ambiant. Ceci est possible en développant des capteurs plus performants que les microphones des téléphones, ou bien en travaillant sur la réponse en fréquence des téléphones dont les applications sont actuellement plus développées dans le spectre de la voix que dans le spectre large des ambiances sonores urbaines [Can et al. 2015].

4.3. Analyse des données cartographiques

Nous venons de voir au paragraphe 4.1 qu'un indicateur, construit à partir de plus de 3400 points de mesures perceptives (recueillies grâce à l'utilisation de téléphones portables) a été proposé sur une échelle allant de 1 (désagréable) à 11 (agréable):

$$\text{Agrément sonore} = 8.11 - 0.38 * (\text{intensité sonore globale}) + 0.20 * (\text{temps de présence des voix}) + 0.15 * (\text{temps de présence des oiseaux}) - 0.14 * (\text{temps de présence de la circulation})$$

(équation 1, voir Tableau 17).

Cet indicateur permet d'expliquer 34% de la variance individuelle des participants à l'expérimentation (corrélation de 0,58 entre l'agrément réel individuel et l'agrément prédit par le modèle). Cette corrélation atteint une valeur de 0,89 si l'on prend les valeurs moyennes de l'agrément sonore pour chaque situation urbaine évaluée, que l'on compare aux valeurs issues du modèle proposé, construit sur les moyennes des variables perceptives influentes. Il est donc intéressant d'essayer de prédire cette qualité sonore afin de la représenter via des cartes de qualité sonore et de les mettre à disposition des citoyens.

L'intensité sonore perçue dépend de la situation urbaine que l'on évalue. Le long des rues et de boulevards, cette intensité sonore correspond au niveau sonore dû au trafic routier, tandis que dans les rues commerçantes ou les jardins, cette intensité sonore est due à l'animation du lieu. Cette intensité perçue correspond ainsi à la présence humaine (voix ou pas) [Lavandier et al. 2015]. S'il est aujourd'hui aisé de prédire le niveau sonore dû au trafic routier via des modèles d'émission et de propagation (calcul du Lday, Levening ou Lnight), la propagation des voix n'est pour l'instant pas encore introduite dans les modèles de prédiction des niveaux sonore. De plus l'utilisation de ces modèles est très coûteuse en temps de calcul.

Aussi, il a été décidé de tester des modèles de prédiction de cet indicateur de qualité directement à travers des données géo-référencées déjà intégrées dans les Systèmes d'Information Géographique de la majorité des métropoles françaises. Pour cela, les variables perceptives influentes recueillies au cours de deux projets d'études (Cart_ASUR et GRAFIC) en 89 situations urbaines (dans les 13ème et 14ème arrondissements de Paris) sont comparées individuellement à des variables géo-référencées. L'ajout des données recueillies au cours du projet GRAFIC a permis d'augmenter le nombre de lieux différents étudiés. Des modèles de prédiction de ces variables (y compris l'agrément sonore) sont ensuite proposés. Enfin la prédiction de l'intensité sonore via le modèle issu de données géo-référencées est comparée à la prédiction de cette intensité via le modèle classique de propagation.

4.3.1. Calcul de la densité de Kernel – Méthodologie

Le but de cette partie du projet est de proposer en tout point de la ville une valeur de l'agrément sonore. Cette valeur dépend de quatre variables perceptives que sont (1) l'intensité sonore perçue (2) le temps de présence de la circulation (3) le temps de présence des voix et (4) le temps de présence des oiseaux, qu'il va falloir prédire aussi en tout point de la carte. Ces variables peuvent être estimées grâce à l'utilisation de diverses couches géographiques intégrées dans les SIG des villes, et en particuliers celles de la ville de Paris. Or les données géographiques sont souvent des données vectorielles ponctuelles ou linéaires. Pour pouvoir anticiper les valeurs des variables en tous points de la ville, il faut transformer ces données vectorielles en données sur chaque pixel de la carte (ou raster). Pour ce faire, et dans la suite de ce travail, l'outil "densité de noyau" sera utilisé [Silverman 1986]. L'idée ici est de distribuer l'influence d'une donnée ponctuelle (par exemple le nombre de véhicule par heure un point d'une rue) sur une zone alentour dont la valeur va décroître en fonction de la distance. La distribution de l'influence suit en général une loi Gaussienne [Di Salvo et al. 2005]. La valeur s'annule au-delà de la fenêtre de lissage (ou rayon de recherche R). Des valeurs élevées au niveau de ce dernier paramètre produisent un raster de densité plutôt lissé tandis que des valeurs plus faibles produisent un raster de densité plus détaillé. Cependant, l'augmentation du rayon modifiera un peu les valeurs de densité. Ces valeurs de densité sont donc à prendre comme des valeurs relatives, elles

n'ont pas de signification propre dans notre recherche. La Figure 79-a montre un exemple de création de carte de densité pour un noyau (ou élément urbain) pour une valeur de 10 et un rayon de recherche de 3 pixels.

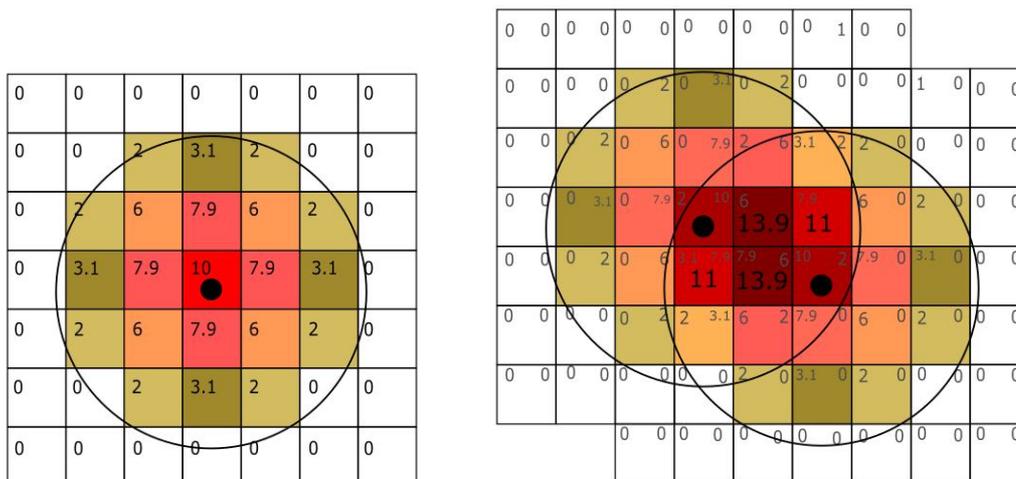


Figure 79: Répartition de la valeur ponctuelle centrale sur une surface continue (a) pour une seule valeur ponctuelle 10 (b) pour deux points de valeur 10 dont les surfaces respectives se superposent.

La Figure 79-b présente le cas où deux noyaux d'importance 10 sont combinés. Il existe alors une zone commune à l'intersection des rayons de recherche. Les valeurs des pixels contenus dans cette zone s'ajoutent. Cet outil est particulièrement intéressant pour notre étude car il permet de transformer une information ponctuelle en une information continue pour toute une zone. Il sera ainsi possible d'appliquer les modèles de prédiction des variables perceptives (y compris l'agrément sonore) à chaque pixel de la zone étudiée. Dans notre étude, nous nous limitons à deux arrondissements de Paris avec une taille de pixel limitée à 5m x 5m.



Figure 80 : Représentation du calcul des densités à partir de points (ici des activités commerciales)

4.3.2. Densité de circulation

L'idée ici est d'abord de transformer les données de trafic utilisées pour les cartographies classiques (nombre de véhicules par heure au cours de la journée) en données ponctuelles (voir Figure 81). Le processus s'appuie sur la création de points sur les lignes en définissant une équidistance constante entre chaque point. Comme on l'a vu précédemment, la distance entre les noyaux aura une influence sur le résultat final, ainsi que la valeur du point bien sûr. La valeur des points a été choisie comme le nombre de véhicules par heure sur le tronçon. L'équidistance ainsi que le rayon ont été optimisés en calculant la corrélation entre la moyenne des temps de circulation perçus pour les 89 points évalués et la densité de circulation.

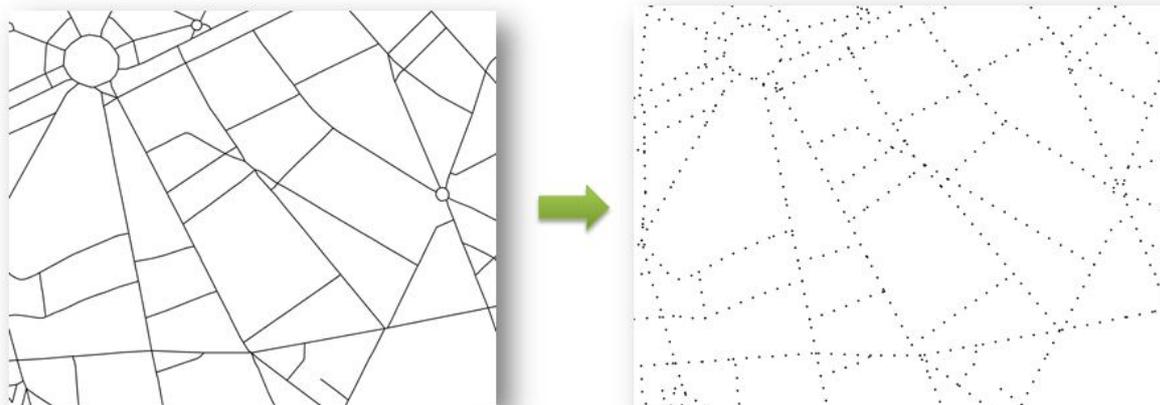


Figure 81: Transformation des flux de trafic en données ponctuelles avant calcul de la densité de trafic.

Nous avons envisagé dans un premier temps de prendre la zone d'horizon acoustique pour délimiter les points à prendre dans le calcul de la densité, mais ce calcul est difficile à mettre en place de façon automatisée dans les logiciels de géomatique utilisés, aussi nous avons simplifié l'étude en utilisant des rayons de recherche simples. Plusieurs équidistances ont été testées (de 10 à 50m) et plusieurs rayons ont été testés (de 50 à 200m).

Cd 50_100	Cd 35_100	Cd 25_100	Cd 15_100	Cd 10_100
0,754	0,794	0,790	0,800	0,792

Tableau 30: Corrélations entre temps de circulation perçu et densités de trafic. La nomenclature des cartes de densité (Cd) est la suivante : Cd (équidistance entre points)_(rayon de recherche).

Une équidistance trop grande réduit la corrélation entre la circulation perçue et la densité de trafic. On teste donc maintenant des rayons d'influence plus petits allant jusqu'à 50m.

Cd 25_75	Cd 15_75	Cd 10_75	Cd 25_50	Cd 15_50	Cd 10_50
0,813	0,827	0,838	0,775	0,796	0,800

Tableau 31: Corrélations entre temps de circulation perçu et densités de trafic.

Le Tableau 31 confirme que les meilleures corrélations se trouvent pour de petites équidistances et qu'un rayon de 75m semble optimiser la corrélation. Ainsi un dernier calcul est exécuté sur une équidistance de 10m et divers rayons de recherche. Le Tableau 32 montre qu'une carte de densité Cd 10_75 permet de bien prédire le temps de circulation perçu en 89 points de la ville.

Cd 10_200	Cd 10_100	Cd 10_75	Cd 10_50	Cd 10_25
0.611	0,792	0,838	0,800	0,556

Tableau 32: Corrélations entre temps de circulation perçu et densités de trafic.

On peut remarquer que cette distance de 75m est un bon compromis pour prendre en compte la distance de propagation du bruit de trafic tout en ne prenant pas en compte le phénomène de masquage qui arrive forcément lorsque le bruit rencontre un bâtiment, souvent au-delà de ces 75m par rapport à la position de la source.

4.3.3. Densité des jardins

La carte de densité des jardins a été créée pour traduire en tout point de la carte la présence plus ou moins grande des oiseaux (variable D_jardins). En effet, si l'on regarde dans quels lieux cette présence a été jugée importante, on trouve en grande majorité les parcs et les jardins. De plus ces

oiseaux sont mieux perçus au centre du jardin comparé à une situation à sa périphérie. Les données de la couche "jardins" de la base de données bdTOPO de l'IGN ont été utilisées. Il s'agit d'une couche vectorielle polygonale. Une transformation particulière est donc proposée pour montrer que la densité est faible sur le pourtour mais forte à l'intérieur du jardin, avec une certaine stabilité au centre du jardin, comme nous l'avons déjà évoqué sur l'homogénéité des zones (Figure 53).

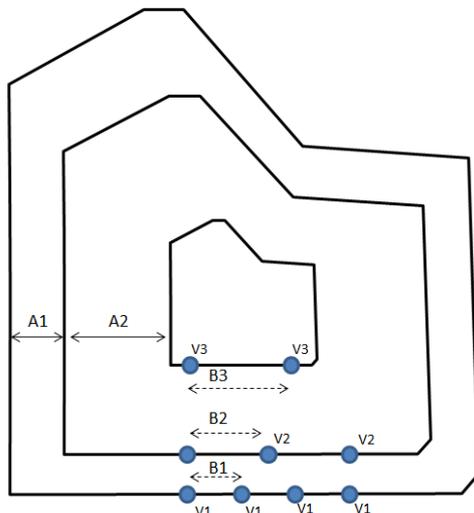


Figure 82: Construction des valeurs ponctuelles des jardins, à partir du contour des jardins

La Figure 82 montre trois paramètres qui varient selon que l'on progresse vers l'intérieur du jardin :

- Les distances des tampons successifs (A1, A2, etc.). Elles sont de plus en plus grandes à mesure qu'on progresse vers l'intérieur du jardin.
- L'équidistance entre les pointes sur les lignes des tampons (B1, B2, etc.). Elle est de plus en plus longue à mesure que l'on progresse vers l'intérieur du jardin.
- La valeur de chaque noyau en fonction de sa position dans le jardin (V1, V2, etc.). Elle est de plus en plus grande à mesure qu'on progresse vers l'intérieur du jardin.

De la même manière que pour la densité de trafic, l'optimisation des paramètres de densité de jardin s'opère en corrélant ces densités avec la présence perçue des oiseaux sur les 89 points des mesures perceptives. Le rayon de recherche est limité à 50m cette fois-ci réduisant un peu l'impact spatial du jardin vis-à-vis de la perception sonore, comparé au rayon de recherche de 75m utilisé pour la circulation.

Après avoir testé plusieurs valeurs, les valeurs utilisées qui offrent la meilleure corrélation ($r=0,76$) avec les variables perceptives sont:

Anneaux concentriques (A1, A2...) *	0m**	10m	30m	60m
Equidistance (B1, B2...)	15m	20m	25m	30m
Valeur (V1, V2...)	2	5	10	20

Tableau 33: Paramètres de construction des points pour le calcul de la densité de jardin (* distance de tampon, ** bord du jardin).

Les valeurs de la carte de densité de jardin vont de 0 (toute zone au-delà des 50 mètres de rayon de recherche par rapport aux bords des jardins) à 52 (à l'intérieur du parc de Choisy).

4.3.4. Densité des voix

Cette carte est créée à partir de plusieurs sources d'information, en cherchant toutes les activités urbaines qui pourraient amener des voix dans l'espace urbain. Cinq éléments ont été pris en compte :

- Les commerces d'alimentation (boulangeries, poissonnerie, etc.), (Base bdCOM 2001 – APUR)
- Les bars, cafés et restaurants, (Base bdCOM 2001 – APUR)
- Les écoles et les zones de sport, (Base bdTOPO – IGN)
- Les marchés (données linéaires construites à la main à partir des données du site Internet de la mairie de Paris).
- Les aires de jeux, (Base bdTOPO – IGN)

Commerces d'alimentation et bars, cafés et restaurants :

Ces données sont ponctuelles. Aucune transformation n'est donc nécessaire, mais la localisation se fait à partir des géocodes basés sur l'adresse officielle du commerce. Cependant, cette adresse ne correspond pas toujours à la localisation de l'entrée du commerce. Cela pose des problèmes pour les centres commerciaux où la même adresse est utilisée pour tous les commerces qu'ils hébergent. Ces cas engendrent des cartes de densité à valeurs très élevées ponctuelles en des endroits qui ne correspondent pas forcément avec l'accès principal. Pour éviter ce problème de façon à automatiser le processus, un outil de « nettoyage » a été employé pour laisser seulement 1 point sur ces lieux d'accumulation de commerces.

Ecoles et zones de sport :

L'information sur les écoles provient de deux couches: la surface des écoles et les surfaces des bâtiments. Il n'y a aucune information sur la localisation des sorties des écoles (idem pour les espaces sportifs), mais il est possible de localiser la zone de récréation (ou la zone sportive) où les voix sont présentes. Pour localiser la zone de récréation, on peut directement enlever de la surface des écoles tous les bâtiments. On considère que dans les bâtiments le niveau de voix est calme car les élèves suivent leurs cours. Puis, sur cette surface libre, on crée un tampon intérieur d'une distance de 4 mètres, précisant ainsi qu'une surface inférieure à 16 mètres carrés (4m x 4m) n'est pas susceptible d'être lieu de récréation.

Finalement, sur les bords de ces surfaces intérieures on crée des points avec une équidistance de 10 mètres (Figure 83).

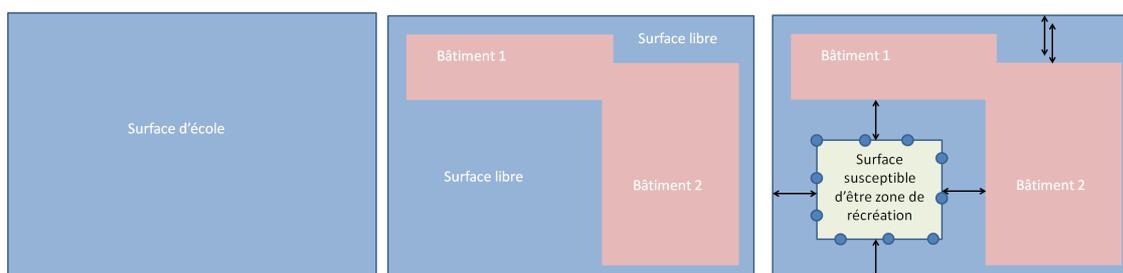


Figure 83: Construction des points sources pour la présence des voix d'enfants dans les écoles au moment de la récréation.

A la différence des zones de jardin, on n'insère pas de noyaux à l'intérieur de la zone de récréation car les citoyens ne peuvent pas traverser cette zone et ne peuvent entendre le bruit des voix que depuis une position extérieure lorsqu'ils sont dans l'espace public.

Les marchés

La couche de marchés a été numérisée pour ce projet à partir de l'information donnée par la mairie de Paris. Cette information détaille les marchés existants pour chaque arrondissement. La numérisation se fait d'abord sous forme linéaire puis ponctuelle. L'équidistance entre les points est de 10 mètres.

Cette opération n'est pas automatisée, car aucune couche géoréférencée n'est disponible, elle a donc été faite manuellement.

Les aires de jeux :

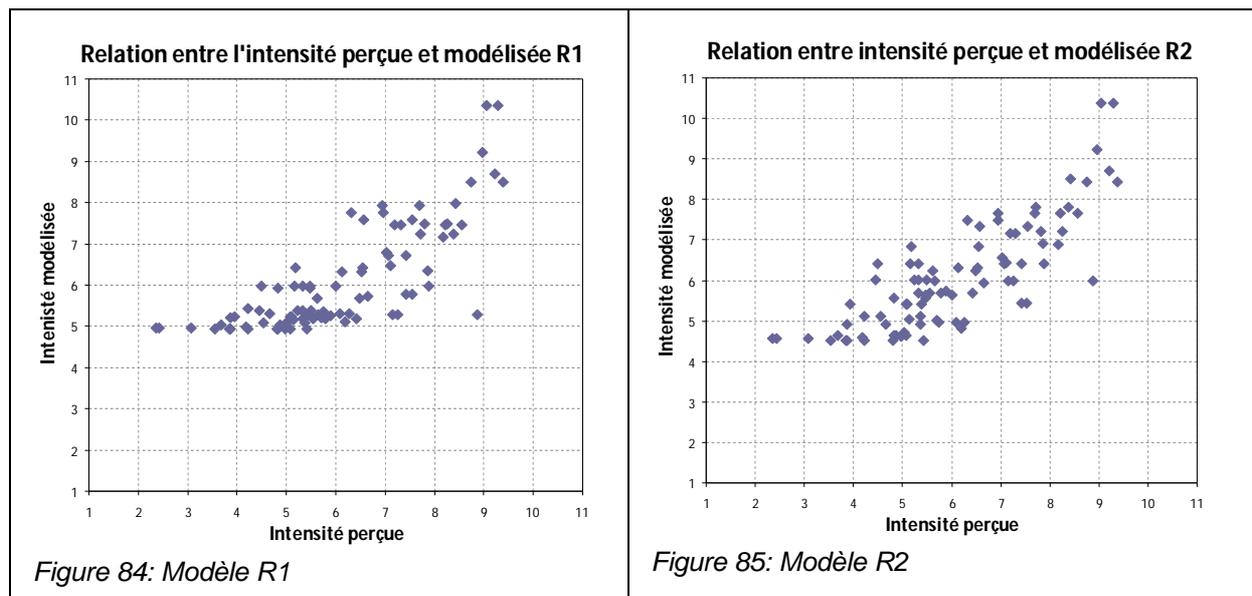
La couche « aires_jeux » de la bdTOPO de l'IGN est une couche vectorielle ponctuelle. Aucune transformation n'est nécessaire pour intégrer cette donnée dans le calcul de la densité de ces aires.

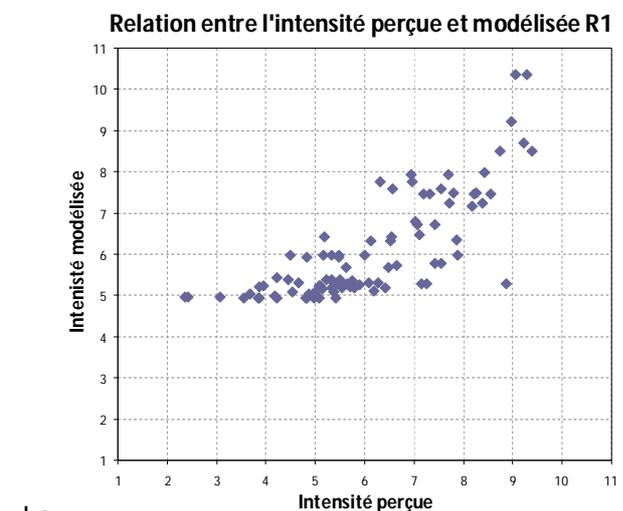
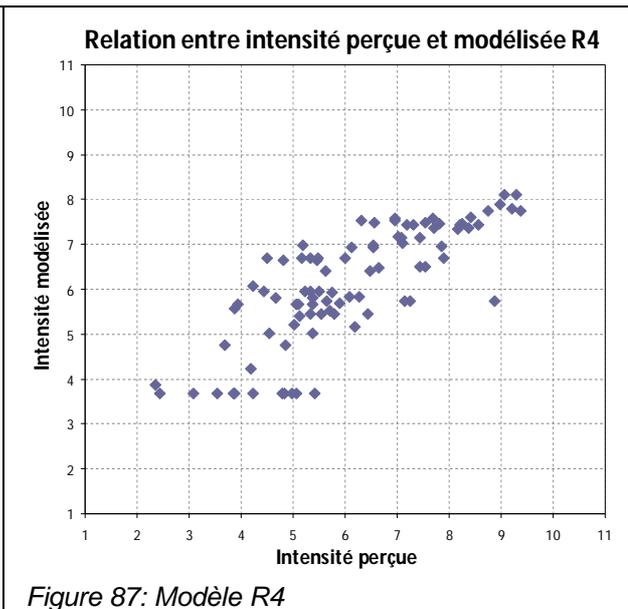
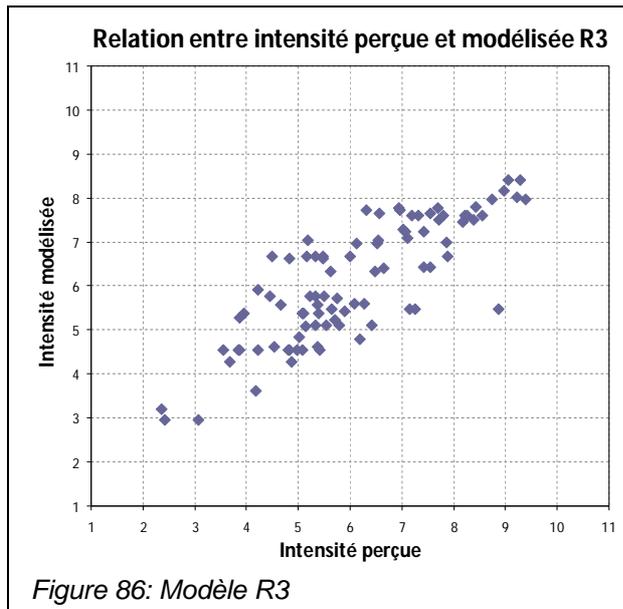
Construction de la densité des voix (variable D_Voix)

Une fois que tous les éléments urbains susceptibles d'être sources de bruit sont transformés en géométrie ponctuelle, ils sont inclus dans une même couche pour créer une seule carte de densité de voix. La valeur de chaque point est arbitrairement fixée à 10. Le rayon de recherche est de 50 mètres. Les valeurs de cette carte de densité de voix vont de 0 à 147 pour les zones de marchés proches des commerces et des écoles.

4.3.5. Modélisation de l'intensité sonore perçue

Plusieurs régressions ont été testées pour prédire le caractère silencieux ou bruyant de l'espace public urbain (Tableau 5). La régression construite simplement sur la densité de trafic R1 permet d'expliquer 60% de la variance de l'intensité perçue. Or l'intensité sonore est due au trafic dans les zones circulées mais est due à la présence humaine dans les zones commerçantes ou les jardins [Lavandier et al, 2015]. Ainsi, si l'on rajoute la variable D_Voix (régression R2), elle est significative ($p < 0.01$) et l'on améliore la variance expliquée par le modèle ($R^2 = 0.66$).





La Figure 84 met en évidence le caractère logarithmique de la perception de l'intensité sonore vis-à-vis du flux de trafic. Une nouvelle régression a donc été envisagée entre l'intensité perçue et le logarithme de la densité de trafic. Cette transformation pose problème sur 9 lieux de l'espace urbain évalué. En effet, 3 points évalués dans le parc de Choisy ont une densité de trafic comprise entre 2 et 5, et 6 points ont une densité de trafic nulle, ce qui veut dire que les routes sont à plus de 75m du point évalué (1 point dans le parc Montsouris, 2 points dans le jardin de la cité universitaire, et 2 points dans le parc Kellermann). Pour ces 9 points, le logarithme de la densité a été remplacé (1) soit par la plus petite valeur des densités des petits parcs, c'est-à-dire 2 (Cd_{10_75} corrigé = 100 pour la régression R4), (2) soit par la moyenne des densités dans les petits parcs, c'est-à-dire 2,7 (Cd_{10_75} corrigé = 297 pour la régression R3). Le Tableau 34 montre que la régression R4 est légèrement moins performante que la régression R3, mais la régression R4 semble plus logique et surtout se base sur une variable de densité plus facile à automatiser dans le cadre d'une étude cartographique. Bien que R3 offre de meilleurs résultats, la régression R4 sera aussi envisagée pour prédire l'intensité perçue par rapport à la variable de densité de trafic. Ici, l'ajout d'aucune variable de densité (D_Voix ou D_Jardins) n'améliore la régression car aucune n'est significative.

$$\text{Intensité sonore} = -0,31 + 1,96 * \log(Cd_{10_75} \text{ corrigé } 2) \quad (\text{équation 2})$$

	Intensité perçue	R ²	RMSE	Corrélation entre perçu et modélisé
Régression 1	Cd_10_75	0,60	1,02	0.78

Régression 2	Cd_10_75 + D_Voix	0.66	0.94	0.82
Régression 3	log Cd corrigé 2.7	0.66	0.94	0.82
Régression 4	log Cd corrigé 2	0.62	1.00	0.79
Régression 5	Lday	0.56	1.08	0.75

Tableau 34: Corrélations entre intensité sonore perçue et les différents modèles de régressions linéaires

Il est intéressant ici de comparer ces modèles R3 ou R4 au modèle que le Lday offre aujourd'hui aux collectivités locales pour prédire le niveau sonore en ville. La régression correspondante R5 explique alors 56% de la variance, au prix d'un temps de calcul important.

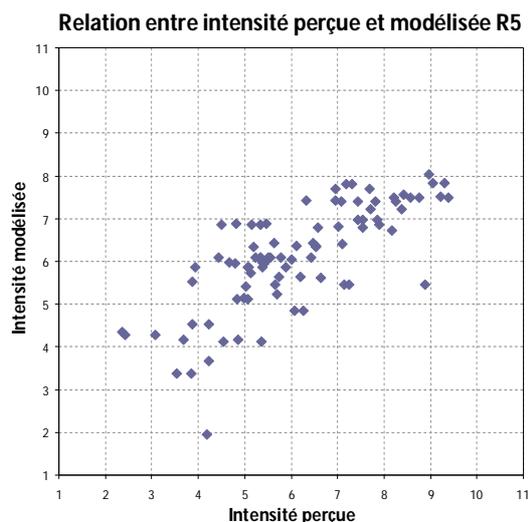


Figure 88: Relation entre l'intensité sonore perçue et modélisée par la régression construite sur les valeurs de Lday

$$\text{Intensité sonore modélisée} = - 6,94 + 0,21 * \text{Lday} \quad (\text{équation 3})$$

La Figure 88 montre la dispersion des points pour les petites valeurs de circulation, là où l'intensité est faible. Mais il faut remarquer que même dans les grandes valeurs de circulation, là où le Lday est a priori très performant, la dispersion des points reste grande comparée aux autres modèles, montrant ainsi qu'un calcul à partir des données géo-référencées peut permettre très rapidement de prédire cette intensité sonore dans l'espace public urbain, avec autant de pertinence perceptive, si ce n'est plus, que le calcul du Lday.

4.3.6. Temps de circulation

Le temps de circulation est dans son concept proche de la densité de trafic. Il est donc naturel de chercher un lien entre cette variable perceptive et la densité de trafic Cd_10_75. C'est d'ailleurs cette variable qui a permis l'optimisation de la densité de Kernel (voir § 4.3.2).

$$\text{Tps_Circulation} = 3,93 + 0,00043 * \text{Cd_10_75} \quad (\text{équation 4})$$

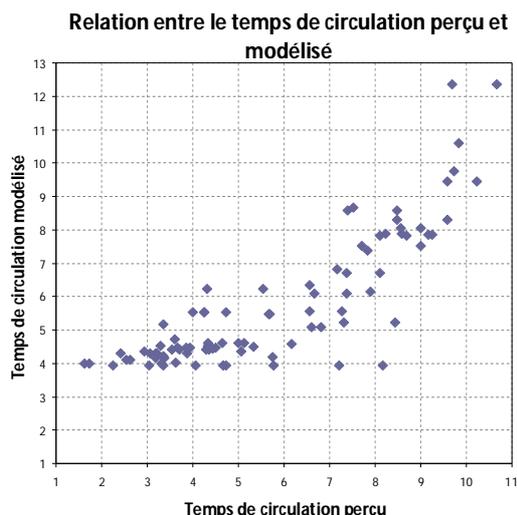


Figure 89: Relation entre temps de circulation perçu et la densité de trafic

Les valeurs de Cd_10_75 varient entre 0 pour les grands parcs et jardins sans aucun trafic dans un rayon de 75m et 19 500 pour la place Victor Basch dans le 14ème arrondissement. On retrouve sur la Figure 89 l'écrasement des valeurs modélisées à partir des faibles densités, et l'on note que le modèle surévalue la notion de temps de circulation.

Or le modèle linéaire de densité de trafic explique 70% de la variance, avec une erreur moyenne de 1,28 par rapport au temps de circulation réellement perçu. Si l'on essaie de modéliser ce temps par le logarithme de la densité de trafic, le modèle n'explique plus que 53% de la variance, avec un écart moyen de 1,62, ce qui est donc beaucoup moins bon que le modèle linéaire.

De la même manière qu'au paragraphe précédent, on peut essayer de trouver une relation entre le temps de circulation et le Lday. Ce modèle permet d'expliquer 60% de la variance seulement, avec une erreur moyenne de 1,47. Nous voyons que le Lday est un peu mieux corrélé au temps de circulation ($r=0,75$) qu'à l'intensité sonore perçue ($r=0,73$). Ceci n'est pas étonnant puisque le Lday n'intègre pas les bruits dus à la présence humaine dans les rues commerçantes ni dans les parcs.

4.3.7. Temps de présence des oiseaux

La meilleure régression qui permet de prédire le temps de présence des oiseaux avec des données géoréférencées significatives ($p < 0,05$) est la suivante:

$$Tp_Oiseaux = 5,28 + 0,07 * D_Jardins - 0,92 * \log(Cd_10_75 \text{ corrigé } 2) - 0,01 * D_Voix \quad (\text{équation } 5)$$

Cette régression permet d'expliquer 68% de la variance avec une erreur moyenne de 1,02.

Les trois variables sont globalement indépendantes ($r < 0,5$)

	Cd_10_75	log(Cd_10_75 corrigé 2)	D_Jardins	D_Voix
Cd_10_75	1,00	0,83	-0,24	-0,17
log(Cd_10_75 corrigé 2)	0,83	1,00	-0,46	0,09
D_Jardins	-0,24	-0,46	1,00	-0,41
D_Voix	-0,17	0,09	-0,41	1,00

Tableau 35: Corrélations entre variables. Les corrélations sont significativement différentes de 0 pour des valeurs supérieures à 0,21.

Dans l'équation 5, les variables indépendantes montrent que les oiseaux sont principalement présents dans les jardins avec des densités de jardin allant de 20 sur les bords du jardin à 40 au centre des jardins (et 0 bien sûr lorsqu' aucun jardin ne se situe dans un rayon de 50m). Ces oiseaux ne peuvent être entendus que lorsque la densité de trafic est faible ainsi que la densité de voix caractérisant la présence humaine dans le lieu. On peut remarquer sur la Figure 90 que le temps de présence des oiseaux est très faible ($Tp_Oiseaux < 4$ pour 83% des lieux évalués) sauf pour les quelques situations particulières qui ont été évaluées dans les jardins parisiens.

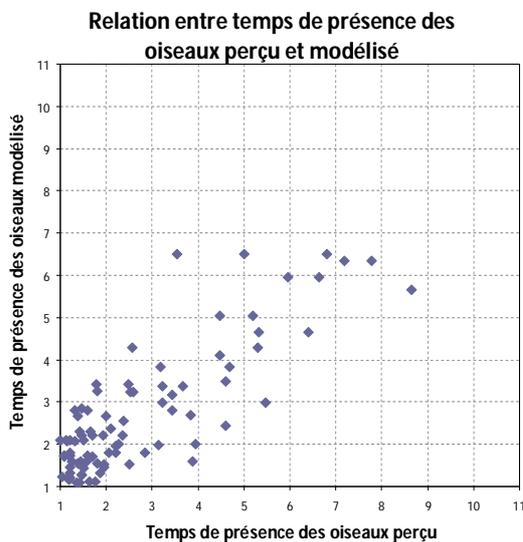


Figure 90: Relation entre le temps de présence des oiseaux perçu et modélisé par l'équation 5.

4.3.8. Temps de présence des voix

Le temps de présence des voix peut être modélisé par la régression suivante:

$$Tp_Voix = 4,3 + 0,05 * D_Voix + 0,04 * D_Jardins \quad (\text{équation 6})$$

Les voix ne sont pas seulement présentes autour des commerces, restaurants, bars et écoles (cf. § 4.3.4), mais sont aussi présentes dans les jardins. Malheureusement, cette régression ne permet d'expliquer que 31% de la variance, avec une erreur moyenne de 1,5 sur une échelle allant de 1 à 11. On peut remarquer sur la Figure 91 que le modèle compresse les évaluations des voix entre des valeurs variant de 4 à 8, alors que la variation des valeurs perçues est plus large (entre 2 et 10). Il y a donc des améliorations possibles sur la prédiction des voix, en pondérant peut-être les différentes couches géoréférencées qui ont permis de construire la variable de densité des voix, en rajoutant des éléments tels que les sorties de métro, ou en jouant sur tous les paramètres qui permettent de calculer les densités.

Relation entre temps de présence des voix perçu et modélisé

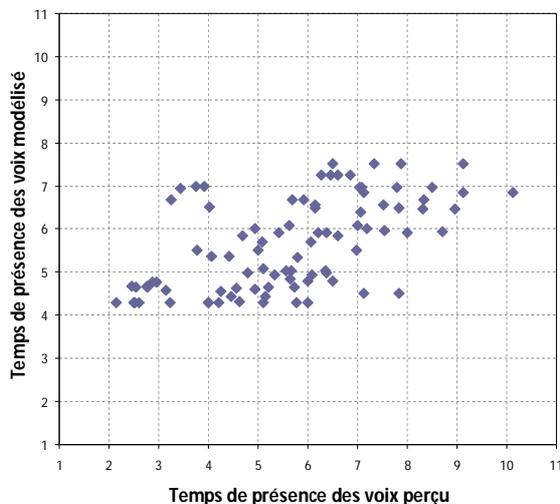


Figure 91: Relation entre le temps de présence des voix perçu et le temps modélisé par l'équation 6.

4.3.9. Modélisation de l'agrément sonore

A partir des variables perceptives

Nous avons vu que l'agrément pouvait être prédit à partir de 4 variables perceptives indépendantes. Cette équation a été établie à partir de plus de 3400 mesures perceptives individuelles dans le projet Cart_ASUR sur un grand nombre de lieux et de moments particuliers (jours, soirée, nuit, week-end, etc.), mais dans la journée et en semaine, et en ajoutant les points évalués dans le projet GRAFIC, seuls 89 points ont pu être croisés avec les données géoréférencées. Sur ces 89 points, la variable "Circulation" est corrélée à la variable "Intensité" sonore. Une de ces deux variables doit donc être sortie de notre modèle afin de trouver la variance optimale du modèle perceptif de référence. Nous avons choisi de sélectionner la variable "Intensité" car elle est mieux corrélée à l'agrément que l'intensité sonore. L'équation 7 donne la régression perceptive sur les 89 lieux que nous essayons d'approcher avec les variables géoréférencées.

$$\text{Agrément sonore} = 8,80 - 0,75 * (\text{Intensité sonore}) + 0,32 * (\text{temps de présence des voix}) + 0,18 * (\text{temps de présence des oiseaux}) \quad (\text{équation 7})$$

Cette régression linéaire explique 88% de la variance (corrélation r de 0,94 entre l'agrément prédit et l'agrément réellement perçu) avec un écart moyen à la valeur réelle de l'agrément de 0,51 (sur une échelle variant de 1 à 11).

	Agrément	Intensité	Circulation	Voix	Oiseaux
Agrément	1	-0,85	-0,81	0,25	0,63
Intensité	-0,85	1	0,77	0,13	-0,57
Circulation	-0,81	0,77	1	-0,26	-0,36
Voix	0,25	0,13	-0,26	1	-0,07
Oiseaux	0,63	-0,57	-0,36	-0,07	1

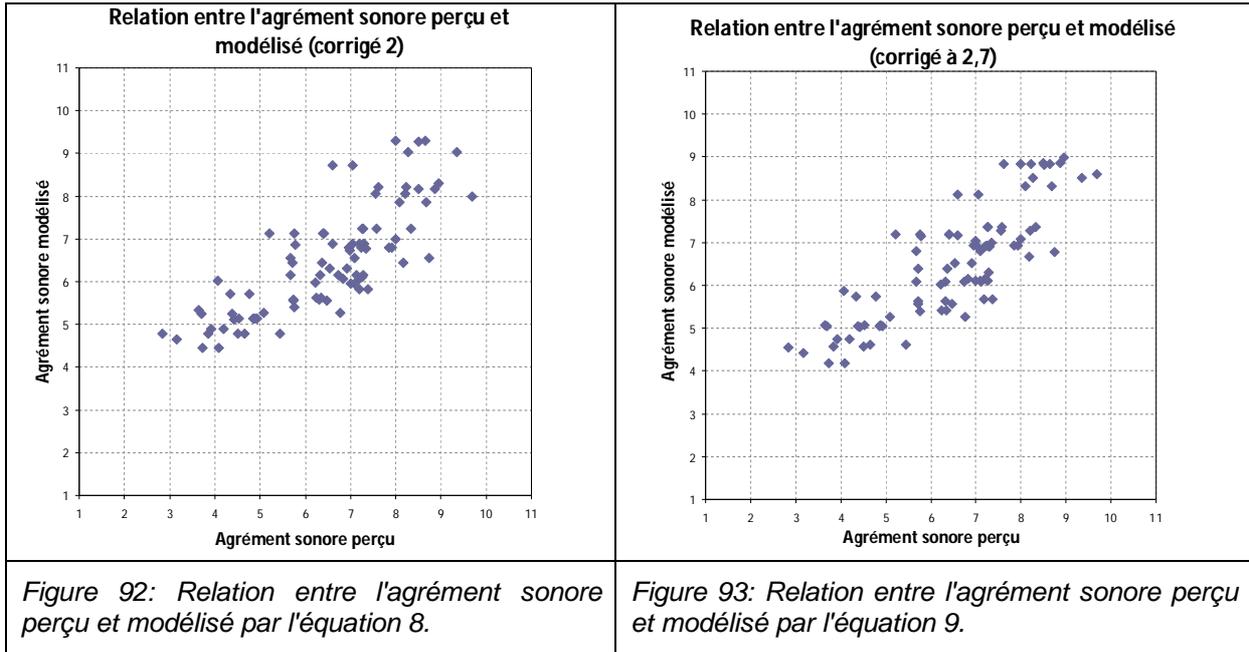
Tableau 36: Corrélations entre variables perceptives

A partir des variables de densité

A partir de toutes les variables de densités que nous avons à notre disposition, nous pouvons construire une régression linéaire construite sur les variables indépendantes et significatives ($p < 0,05$):

$$\text{Agrément} = 11,3 - 1,62 * \log (\text{Cd}_{10_{75}} \text{ corrigé } 2) + 0,02 * D_{\text{jardins}} + 0,01 * D_{\text{Voix}} \quad (\text{équation } 8)$$

Cette régression explique 62% de la variance de l'agrément sonore, avec une erreur moyenne de 0,89, et une corrélation entre l'agrément perçu et l'agrément modélisé de 0,79, ce qui est bien en accord avec la régression perceptive vue au paragraphe précédent. On peut observer que ce modèle a tendance à surestimer l'agrément sonore perçu pour de petites valeurs d'agrément, c'est-à-dire le long des boulevards.



Si l'on prend la correction du logarithme de la densité pour les valeurs faibles à 2,7, on obtient une meilleure prédiction de l'agrément sonore, avec une variance expliquée de 68%, et une erreur moyenne de 0,87 (corrélation entre le perçu et le modèle de 0,83).

$$\text{Agrément} = 12,7 - 2,00 * \log (\text{Cd}_{10_{75}} \text{ corrigé } 2,7) + 0,03 * D_{\text{jardins}} + 0,01 * D_{\text{Voix}} \quad (\text{équation } 9)$$

Nous remarquons qu'une décision un peu arbitraire de la correction du logarithme pour les petites valeurs de densité de trafic (pour les agréments sonores élevés) a une influence sur la variance expliquée par le modèle.

A partir du Lday

Il est tentant de tester le croisement de l'agrément sonore avec le Lday, bien que ce lien soit a priori discutable. La régression qui lie l'agrément au Lday explique 65% de la variance avec une erreur moyenne de 0,92. Cela correspond donc à une corrélation de 0,80 entre les deux variables.

$$\text{Agrément} = 19,9 - 0,22 * L_{\text{day}} \quad (\text{équation } 10)$$

Sur la Figure 94, on remarque que le modèle construit sur le Lday a tendance à surestimer l'agrément sonore dans les extrêmes de l'échelle c'est-à-dire pour les boulevards et pour les zones calmes.

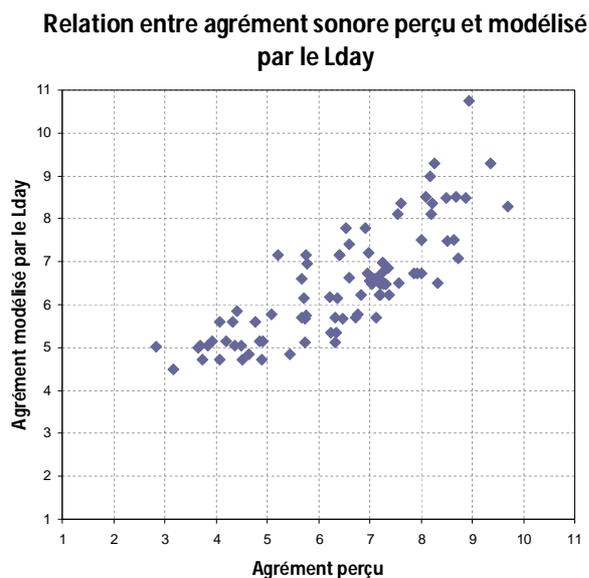


Figure 94: Lien entre agrément sonore perçu et modélisé par l'équation 10.

4.4. Conclusion

Grâce aux données perceptives, nous avons pu mettre en évidence que le meilleur modèle global prend en compte des variables acoustiques et non acoustiques. La familiarité d'un lieu ainsi que son agrément visuel est impossible à anticiper d'un point de vue prédictif. Ainsi, il a été décidé de ne pas tenir compte de ces facteurs dans le cadre d'un travail sur la représentation cartographique de la qualité sonore. Dans ce cadre, le meilleur modèle est le suivant :

Agrément sonore = $8.11 - 0.38 * (\text{intensité sonore globale}) + 0.20 * (\text{temps de présence des voix}) + 0.15 * (\text{temps de présence des oiseaux}) - 0.14 * (\text{temps de présence de la circulation})$

Ce modèle ne peut en aucun cas servir de prédiction de la qualité, puisqu'il nécessite le recueil de variables perceptives.

Le meilleur modèle construit sur les données acoustiques est le suivant :

Agrément sonore = $16,92 - 0,15 * LA50 - 0,06 * (LA10-LA90)$

Ce modèle est décevant du point de vue prédictif, puisqu'il n'explique de 21% de la variance des réponses individuelles d'agrément sonore. Il montre que les données acoustiques uniquement construites sur l'évolution temporelle du niveau sonore mesuré en dB(A) ne permettent pas de caractériser suffisamment les ambiances sonores urbaines perçues. Il est indispensable, dans la suite des travaux sur la caractérisation acoustique des ambiances sonores urbaines, de prendre en compte les informations spectrales du signal sonore, afin de prendre en compte la diversité des sources sonores qui composent le paysage. Ce modèle ne peut donc pas en l'état actuel des connaissances servir de modèle de prédiction de la qualité sonore urbaine.

Enfin, grâce aux données géoréférencées, il est possible de prévoir l'agrément sonore d'une situation urbaine sans être obligé de faire des calculs longs de propagation des sources sonores. Le modèle retenu est le suivant :

Agrément = $11,3 - 1,62 * \log (\text{Cd}_{10_75} \text{ corrigé } 2) + 0,02 * D_{\text{jardins}} + 0,01 * D_{\text{Voix}}$ (équation 8)

Ce modèle est construit sur les densités des sources sonores, issues des couches géoréférencées de la ville de Paris. Il semble qu'il soit adaptable à toutes les villes qui possèdent ce genre d'informations.

Dans ce paragraphe sont présentées les cartes issues des études cartographiques réalisées au cours des tâches 4 et 5 de ce projet. Le cheminement qui a amené à cette représentation définitive est présentée au chapitre 5 suivant.

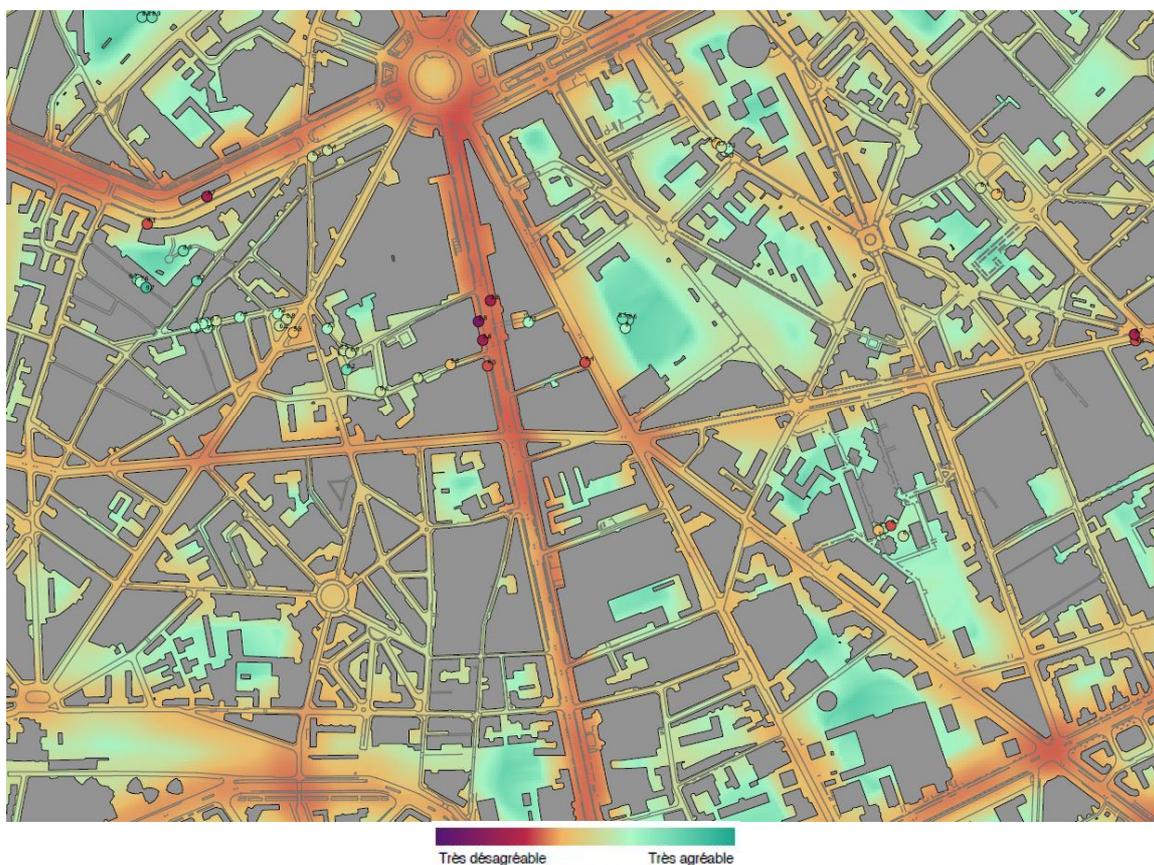
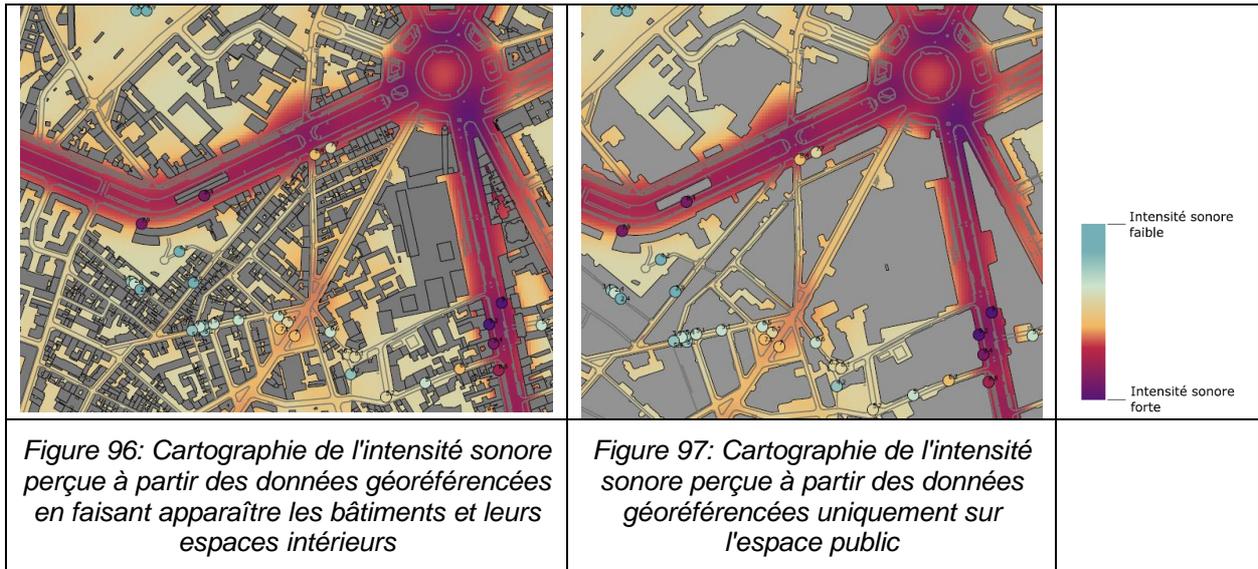


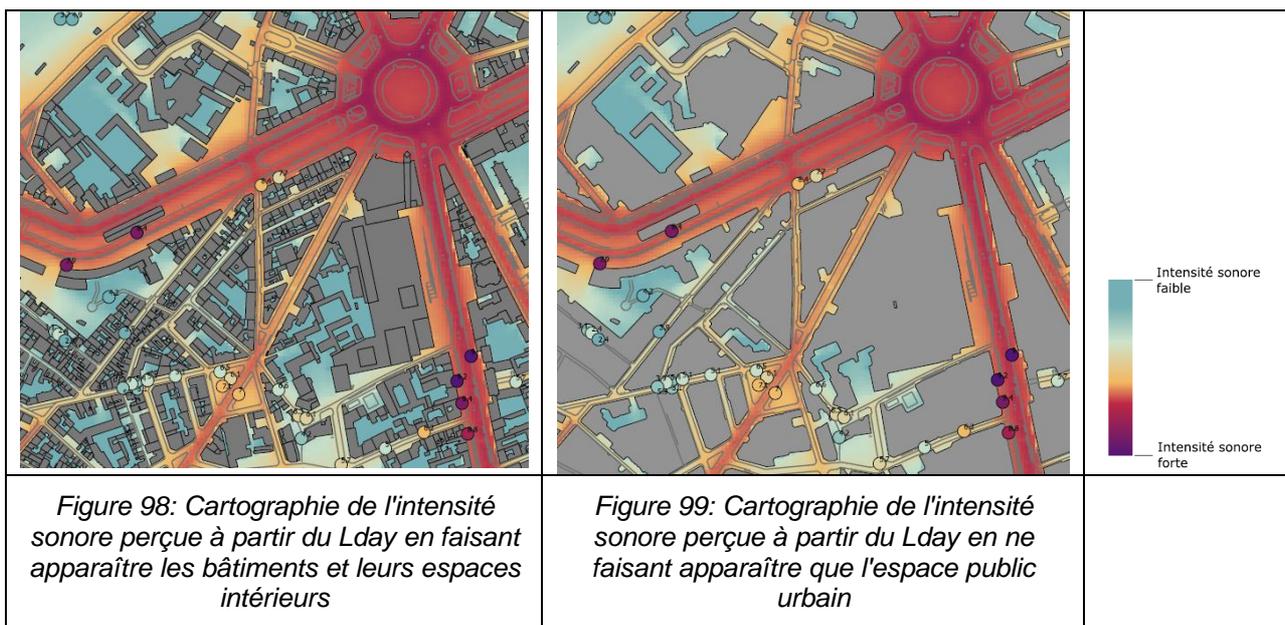
Figure 95: Cartographie de l'agrément sonore modélisé à partir de l'équation 8.

Il est donc possible de proposer des cartes d'agrément sonore, en tout point de la zone urbaine (Figure 95), et même de prédire l'importance des variables perceptives qui ont permis de construire cet agrément. Il faut cependant bien préciser que la qualité sonore modélisée n'est valable que dans l'espace public urbain et non dans l'espace privé, puisque le modèle géoréférencé ne prend pas en compte les phénomènes de masquage par les bâtiments.

Ainsi les cartes prédites par les données géoréférencées ne doivent pas faire apparaître les cours intérieures des bâtiments. On applique alors un tampon de 3m autour de chaque bâtiment pour fermer les très petits espaces puis on supprime la visualisation de ces espaces fermés. Sur les Figure 96 et Figure 97, les points représentent les valeurs d'intensité sonore réellement perçues. L'échelle de couleurs est construite à partir des travaux de Beate Weninger [Weninger, 2015]. On peut noter que les intensités faibles sont sur estimées par le modèle retenu



Les cartes d'intensité sonore modélisées par le niveau L_{day} (équation 3) sont plus proches de l'intensité sonore réellement perçue pour les zones masquées par les bâtiments, alors qu'elles sous estiment l'intensité sonore le long des boulevards. Encore une fois, l'élimination de l'espace intérieur privé permet de mieux focaliser la lecture de la carte sur l'espace public uniquement.



Dans cette partie de notre projet, nous avons pu montrer qu'il est possible d'anticiper l'agrément sonore en tous les lieux d'une ville à partir des données géo-référencées déjà disponibles dans les grandes agglomérations. Cette prédiction est optimisée pour la perception sonore dans l'espace public uniquement.

Il est donc possible de mettre à disposition des riverains des cartes d'agrément sonore, ainsi que des cartes de présence du trafic, des oiseaux et des voix. Ces cartes seront plus proches de leur ressenti et permettront au lecteur de mieux se représenter l'ambiance sonore dans les lieux.

Ce travail pourrait être poursuivi pour optimiser les modèles (valeurs des points et valeurs de rayons) et en particulier le modèle de prédiction des voix, car celui-ci est le moins performant. Il pourrait aussi être prolongé pour produire des cartes adaptées aux périodes de soirée, et pourquoi pas de nuit, mais il

faudrait alors beaucoup plus de lieux évalués à ces périodes, la base de donnée des valeurs perceptives ne nous permet pas d'aller plus loin dans les modèles construits à partir des données géo référencées.

Ces cartes ont été construites à partir des travaux effectués dans le cadre des tâches d'élaboration des cartes (T4), et des tâches d'évaluation des cartes (T5). Le chapitre suivant présente donc le travail cartographique qui a été effectué dans le cadre du projet Cart_ASUR.

5. CHAPITRE 5 : Elaboration des représentations cartographiques et analyses sémiologiques des premiers prototypes (T4 et T5)

La tâche 4 du projet Cart_ASUR s'intéresse à la représentation cartographique de la qualité sonore. Cette partie s'interroge sur les manières de visualiser la qualité sonore avec un message clair mis en valeur par un fond topographique qui permet de géo référencer le message. Dans ce chapitre la représentation des données recueillies se traduira par un premier prototype de cartes (IGN). Celles-ci seront évaluées par un panel de lecteurs (Université de Tours).

5.1. Représentation du paysage sonore

L'analyse des données acoustiques et perceptives issues de l'enquête montre que l'agrément sonore dépend de l'environnement au point de mesure. En conséquence, un des objectifs de la représentation est de fournir au lecteur de la carte la possibilité de comprendre et d'imaginer l'environnement sonore aux points de mesure (en représentant les données perceptives : agrément et intensité sonores, présence de trafic, voix et oiseaux), et de l'interpréter selon des critères personnels. En effet, l'agrément sonore et l'intensité sonore sont le plus souvent corrélés, mais pas systématiquement. Les citoyens, qui ont acquis une expérience des paysages sonores, peuvent avoir des difficultés à distinguer ces deux indicateurs. Par exemple, il n'est pas évident pour certains qu'un lieu puisse être à la fois bruyant et agréable, ou très calme et très désagréable. En conséquence, les cartes doivent représenter les indicateurs mais aussi les éléments qui interviennent dans la constitution du paysage sonore. Afin de simplifier la comparaison entre indicateurs, il a été décidé que les deux indicateurs soient représentés sur le même symbole, le risque étant que le symbole devienne compliqué. Ainsi, plusieurs représentations cartographiques ont été proposées pour représenter l'agrément et le volume sonores aux points mesurés pendant l'enquête, et pour montrer les éléments urbains qui évoquent les items qui jouent un rôle dans les formules de prédiction.

5.2. Les caractéristiques de la symbologie proposée

Les symboles cartographiques doivent montrer les deux indicateurs, agrément et volume sonores. La symbolisation doit aussi permettre d'imaginer le trafic, la présence de voix et d'oiseaux. Dans les représentations cartographiques proposées, les indicateurs sont représentés par des symboles et les items intervenant dans les formules de prédiction doivent être déduits du fond de carte. Les indicateurs variant selon le moment de la journée, les symboles cartographiques doivent rendre visibles ces variations. Cependant, la variable temporelle n'est pas représentée par une variable visuelle, mais combinée avec les indicateurs, ce qui peut rendre plus le message de la carte plus difficile à lire. L'agrément sonore est une variable perceptive ordinale. Dans l'enquête, il peut varier entre 1 (*désagréable*) et 11 (*très agréable*). Afin de simplifier, la représentation, les onze valeurs ont été regroupées en quatre catégories : *désagréable*, *plutôt désagréable*, *plutôt agréable*, et *agréable*, éliminant ainsi l'appréciation neutre. Le volume sonore est aussi une variable perceptive ordinale, qui est évaluée sur une échelle qui varie de 1 (*faible*) à 11 (*fort*). Comme pour l'agrément sonore, les onze classes ont été regroupées en quatre catégories ; *calme*, *plutôt calme*, *bruyant*, et *très bruyant*. Pour cartographier à la fois l'agrément et le volume sonores, il serait possible de proposer une carte bivariée. La difficulté réside dans la construction de la légende. Dans ce cas, ce serait une boîte rectangulaire de quatre cases de côté, soit seize ($4 * 4$) petites boîtes, dont chacune représente une combinaison unique d'agrément sonore et de volume sonore. Comme le montrent Jeong et Gluck [Jeong et al. 2002], "*those maps are extremely difficult to understand because the users need to refer to the arbitrary legend all the time*". Leonowicz [Leonowicz 2006] confirme ces conclusions par une

enquête et conclut que *"one-variable choropleth maps are more effective while reading the spatial distribution, and well designed two-variable choropleth maps are more effective in reading the spatial relationship"*. Dans l'enquête concernant les variables perceptives, il n'y a pas de relation spatiale entre agrément sonore et volume sonore, l'un des objectifs du projet Cart_ASUR étant justement d'aider à les différencier. Pour toutes ces raisons, l'idée d'utiliser une légende bivariée a été, dans un premier temps, abandonnée.

Une autre solution cartographique consiste à représenter simultanément les deux indicateurs. Cette solution repose sur la construction d'un symbole cartographique qui met en œuvre deux variables graphiques [Bertin 1983]. Dans notre cas, la variable visuelle couleur (définie par une teinte, une luminosité et une saturation) a été choisie pour représenter l'agrément et la variable visuelle quantité, plus précisément le nombre de barres, pour le volume. Alberts et Rubio Alvarez [Alberts et al. 2012] ont étudié l'utilisation des couleurs préconisées par la directive européenne. Kornfeld [Kornfeld et al. 2011] ont élaboré une première base de recommandations pour la représentation du bruit et Weninger [Weninger 2013] a conclu que *"to decide on a specific range of colours, the specific case of application has to be analysed with regard to the user group, the user tasks, and the map makers' aim"*. Elle a proposé une nouvelle échelle de couleurs mieux adaptée à la représentation du bruit. Nos propositions cartographiques ont tenu compte de ces recommandations. L'objectif étant de faciliter la lecture des usagers, le nombre de niveaux a été réduit et les couleurs ont été choisies de manière à ce que leurs contrastes soient importants. Le ColorBrewer [Brewer et al. 2003] propose plusieurs gammes de couleurs divergentes appropriées dont l'une a été choisie pour élaborer les symboles.

Afin de montrer les variations des indicateurs selon le moment de la journée, les symboles ont été divisés selon le nombre de périodes qu'ils montrent. Le nombre et la durée des périodes sont précisés dans la définition du L_{den} . Dans le cas le plus complexe, le symbole est divisé en trois parties pour montrer les trois périodes de la journée, c'est-à-dire la journée (de 8h à 18h), la soirée (de 18h à 21h) et la nuit (de 21h à 8h). La taille de chaque partie du symbole peut être, ou non, proportionnelle à la durée de la période correspondante. Le fond de carte a été constitué à partir des objets urbains extraits des SIG de la ville. Différentes propositions cartographiques ont été élaborées pour représenter des éléments corrélés aux variables intervenant dans les formules de prédiction (par exemple, la végétation pour suggérer la présence d'oiseaux) et pour les traduire en des symboles ponctuels afin de faciliter l'interprétation des données aux points d'enquête.

5.3. Propositions de symbologie

Quatre propositions de symbologie ont été construites (Figure 100, Figure 101, **Figure 104**, **Figure 105**) pour représenter les deux indicateurs d'agrément sonore et de volume sonore. Ces propositions diffèrent selon l'information cartographiée par les symboles (agrément sonore et/ou volume sonore) et leurs formes. Les symboles qui correspondent aux légendes sont présentés sur les Figure 102, Figure 103, Figure 106 et Figure 107. Ils ont tous la même taille (la variable visuelle taille n'est pas significative pour représenter les indicateurs).

Les légendes 1 et 2 (Figure 100 et Figure 101) montrent seulement l'agrément sonore. Une seule variable visuelle est utilisée pour représenter les différents niveaux d'agrément, plus précisément les variations de couleurs (une couleur correspondant à un triplé de teinte, saturation et luminosité). Comparé au symbole 1, le symbole 2 distingue deux périodes : la journée et la soirée. Pour ce dernier symbole, la légende précise que la partie supérieure correspond à la journée et la partie inférieure à la soirée (sur ce symbole, la taille qui correspond à la période n'est pas proportionnelle à la durée de la période). Le symbole de la Figure 102 représente un paysage sonore qualifié de désagréable, alors que celui de la Figure 106 représente un paysage sonore désagréable pendant la journée et plutôt désagréable durant la nuit.



Figure 100 : Légende 1.

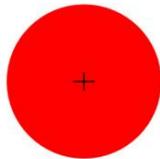


Figure 102 : Exemple de symbole de la légende 1.



Figure 101 : Légende 2.

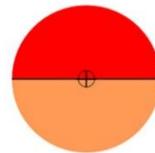


Figure 103 : Exemple de symbole de la légende 2.

Les propositions correspondant aux légendes 3 (Figure 104) et 4 (Figure 105) sont les plus complexes. Ces légendes cartographient à la fois l'agrément et le volume sonores. Les symboles combinent deux variables visuelles : la couleur (une couleur étant là-aussi représentée par un triplé (couleur, saturation, luminosité)) pour représenter l'agrément et le nombre de bandes pour montrer le volume.

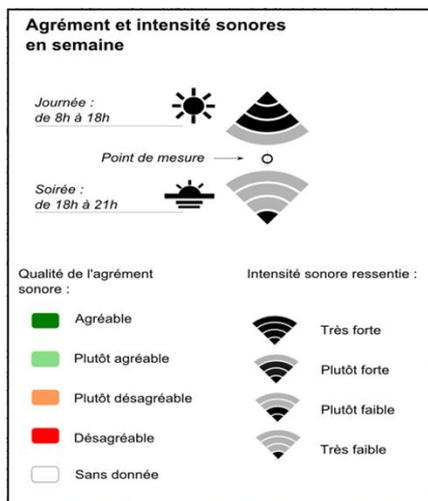


Figure 104: Légende 3.

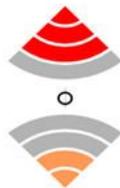


Figure 106 : Exemple de symbole de la légende 3.

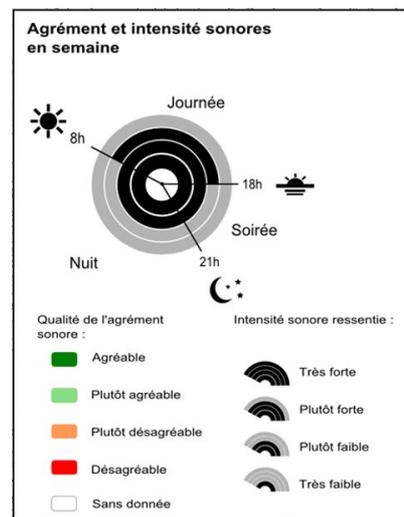


Figure 105 : Légende 4.

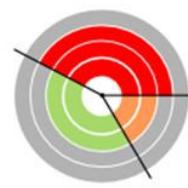


Figure 107 : Exemple de symbole de la légende 4.

légende 3.

légende 4.

Les symboles distinguent plusieurs périodes. La proposition 3 montre deux périodes (journée et soirée) et peut être interprétée de manière similaire à la proposition 2 (moitié supérieure du symbole pour la journée, partie inférieure pour la soirée). La proposition 4 montre trois périodes : journée, soirée, nuit. Dans ce dernier cas, le symbole est divisé en trois parties et la taille de chaque partie correspond avec le nombre d'heures de la période représentée. Dans l'exemple de la légende 3 (**Figure 104**), le symbole montre que le paysage sonore est *désagréable* et *bruyant* dans la journée, *plutôt désagréable* et *plutôt calme* durant la nuit. L'exemple de la légende 4 (**Figure 105**) montre un symbole indiquant que c'est *désagréable* et *bruyant* dans la journée, *plutôt désagréable* et *plutôt calme* dans la soirée, et *plutôt agréable* et *plutôt calme* la nuit.

5.4. Évaluation des premiers prototypes cartographiques

Le but précis de cette partie réside dans l'évaluation des prototypes cartographiques représentant l'intensité et/ou l'agrément sonore par des sujet tests par l'intermédiaire d'un questionnaire. Ce questionnaire est présenté dans son intégralité en Annexe 1.

5.4.1. Structure générale du questionnaire

D'une longueur de vingt-cinq pages, le questionnaire est articulé autour de deux thématiques complémentaires :

- l'évaluation de la perception des prototypes cartographiques en termes de propriétés globales (complexité, aspect esthétique, utilité) de la carte et de compréhension des symboles représentant l'agrément et/ou l'intensité sonores (disques pleins, demi-disques, cônes et cadrans).
- la comparaison du contexte sonore en termes de représentativité de huit icônes (feux tricolores, jeux, commerces, etc.) vis-à-vis de sept sources de bruit (circulation routière, oiseaux, deux-roues, bruits de pas, voitures, voix, poids-lourds/ bus).

Au début de l'enquête le contexte est précisé à chaque participant avec des définitions simples (bruit, agrément sonore) : « Le bruit se définit comme un son constituant une gêne pour l'homme, pouvant même nuire à son état de santé (irritabilité, fatigue, stress, insomnie...). En revanche, l'agrément sonore c'est la qualité de l'environnement sonore (tous les sons) entourant l'individu. Ces sons sont ceux perçus par un individu, en un point, dans une zone appelée zone d'horizon acoustique. Cette zone est limitée par les éléments de la ville que l'on considère comme des obstacles principaux tels que les bâtiments. Elle est inscrite dans un cercle de 300 m. »

Ensuite, un test préliminaire de la qualité de la perception visuelle des couleurs (cécité chromatique) du participant est réalisé. Le test utilisé est extrait de celui d'Ishihara [Ishihara, 2010]. Tous les volontaires percevaient convenablement les couleurs.

À la fin de l'enquête, le participant est amené à préciser à la fois quelques éléments de son état civil et le positionnement de la thématique traitée par rapport à son activité et sa fréquence d'utilisation de la carte en général.

5.4.2. Les sujets tests

Les sujets tests retenus sont tous des volontaires tourangeaux qui n'ont pas participé à la phase expérimentale de relevés de terrain avec les téléphones mobiles.

Le Tableau 37 montre la répartition des 57 sujets, tous tourangeaux.

Catégories socio-professionnelles	Effectifs (site de Tours)	Panel initial de Cart_Asur (Paris)
Artisans, commerçants, chef d'entreprises	2 (3%)	0
Cadres, professions intellectuelles supérieures	13 (23%)	15 (26%)
Professions intermédiaires	10 (17%)	1 (2%)
Employés	6 (10%)	2 (3%)
Étudiants	25 (44%)	37 (65%)
Autres	1 (2%)	2 (3%)
Total	57	57

Tableau 37: Différentes catégories socio-professionnelles des participants

En comparaison avec les sujets de l'enquête initiale de recueil des données perceptives réalisées au début du projet Cart_Asur, le Tableau 37 montre une meilleure répartition des 57 sujets tourangeaux par catégories socio-professionnelles.

5.4.3. Perception des cartes globales

Rappelons qu'une carte globale offre une vue d'ensemble de plusieurs lieux de mesures (Figure 108). Elle représente une zone urbaine de 740 m x 525 m.

Les quatre symboles de base ci-dessous (Tableau 38) et déjà présentées au paragraphe 5.3 ont servi à l'élaboration de 4 cartes d'agrément et/ou d'intensité sonores qui ont été évaluées par des volontaires en termes de compréhension et de propriétés globales.

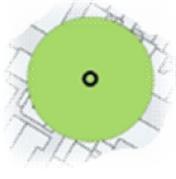
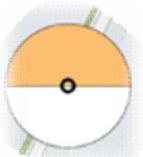
Modèle 1 :	Modèle 2 :	Modèle 3 :	Modèle 4 :
			
Disque plein	Demi-disques	Cônes	Cadrons
Niveau de l'agrément sonore pendant la journée : 1 information et 1 période	Niveau de l'agrément sonore pendant la journée et la soirée : 1 information et 2 périodes	Agrément et intensité sonores pendant la journée et la soirée : 2 informations et 2 périodes	Agrément et intensité sonores pendant la journée, la soirée et la nuit : 2 informations et 3 périodes

Tableau 38 : Les quatre modèles de symboles

Compréhension des symboles

La compréhension revient à se servir des éléments de la légende et du titre pour répondre à 2 questions sur le niveau de l'agrément sonore en 5 lieux localisés (point 1 à 5) pour les deux modèles de disques pleins et des demi-disques (Figure 108).

À titre d'exemple, pour le modèle de disques pleins (Figure 108 (a)) les 2 questions posées sont :

1. Questions concernant la compréhension de la carte

a. En quel(s) point(s) l'environnement sonore est-il le plus agréable (agrément sonore) ?

Point 1 Point 2 Point 3 Point 4 Point 5 Ne sais pas Pas sur la carte

b. En quel(s) point(s) le bruit est-il le plus fort (intensité sonore)?

Point 1 Point 2 Point 3 Point 4 Point 5 Ne sais pas Pas sur la carte

Les réponses attendues aux questions ci-dessus sont : *Point 5* pour la question a. et *pas sur la carte* pour b. En effet, sur la Figure 108 (a), représentant l'agrément sonore en semaine pendant la journée, l'environnement sonore est le plus agréable au *point 5* (disque plein en vert). En revanche, comme il ne s'agit pas d'une carte d'intensité sonore, la réponse à la question b. qui porte sur le bruit le plus fort est : *pas sur la carte*.

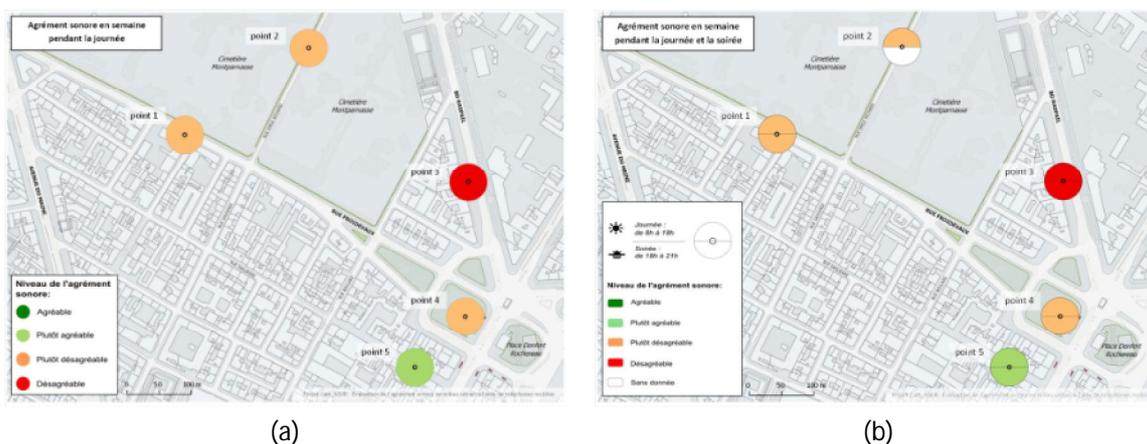


Figure 108: Représentation de l'agrément sonore en semaine, pendant la journée avec le modèle de disques pleins (a), pendant la journée et la soirée avec le modèle des demi-disques (b)

Pour l'ensemble des 57 sujets, on constate un pourcentage d'erreurs très important sur la compréhension des deux premiers modèles : pour le modèle de disques pleins, 74% de mauvaises réponses et 75% pour le modèle des demi-disques, notamment sur la seconde question qui traite de l'intensité sonore, qui est très largement confondue avec le désagrément. Ainsi, ces 2 premiers modèles ne sont pas satisfaisants.

La même démarche a été appliquée aux deux derniers modèles des cônes et des cadrans (Figure 109) avec respectivement quatre questions spécifiques sur l'agrément ou l'intensité sonores puisque ces symboles représentent chacun deux informations (agrément et intensité) à deux (pour le modèle des cônes) ou trois (pour le modèle des cadrans) périodes de la journée.

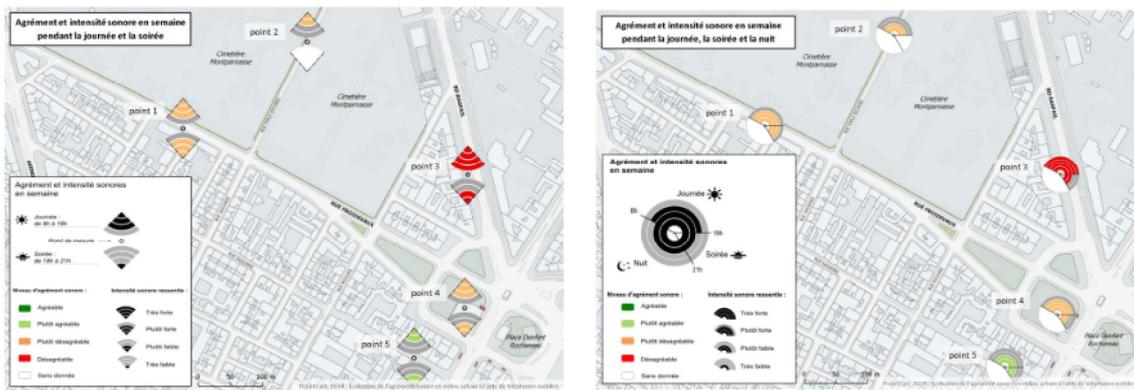


Figure 109 : Représentation de l'agrément et de l'intensité sonores en semaine, à gauche : modèle des cônes ; à droite : le modèle des cadrans

Le pourcentage de bonnes réponses est beaucoup plus important avec 39 % de bonnes réponses pour le modèle des cônes et 68 % pour celui des cadrans (contre respectivement 26% et 25% pour les disques pleins et les demi-disques). L'amélioration progressive des bonnes réponses depuis le modèle de disques pleins jusqu'à celui des cadrans, peut s'expliquer en partie par un phénomène d'apprentissage par habitude [Cordier et al. 2010]. En effet, si les modèles disques pleins et demi-disques ont fait l'objet de deux questions sur la compréhension du message, en revanche les deux modèles suivants (cônes et cadrans) ont fait l'objet de quatre questions spécifiques et différentes les unes des autres nécessitant une certaine vigilance.

De plus, d'une manière complémentaire aux questions sur la compréhension des différents symboles, les sujets sont amenés à se prononcer sur leurs préférences en répondant à la question suivante : « parmi les 4 symboles suivants –disque plein, demi disques...–, lequel préférez-vous ? ». 52% des participants déclarent préférer le modèle des cadrans (28% pour les cônes, 16% pour les demi-disques et seulement 4% pour les disques pleins).

En comparaison avec les trois autres symboles, celui des cadrans est le plus complexe en termes de densité d'informations car il représente à la fois deux données (intensité et agrément sonores) et trois périodes (journée, soirée et nuit). Malgré cette complexité, ce symbole obtient le meilleur score sur la compréhension globale du message cartographique (68%) et est préféré par plus de la moitié des sujets (52%). Ce résultat peut-être expliqué par le fait que ce symbole est le seul qui permette d'apprécier d'une manière localisée l'environnement sonore (agrément et intensité) à trois moments différenciés (journée, soirée et nuit) où des activités spécifiques (travail, déplacement, étude, sommeil) nécessitent un certain confort acoustique.

Hegarty et ses collègues [Hegarty et al. 2009] montrent que, dans le cas des cartes de climat, les représentations réalistes et en 3D sont généralement préférées à la fois par les novices et les spécialistes. Pourtant, ces représentations sont moins efficaces notamment quant à la compréhension du contenu du message en comparaison avec une représentation plus simple (principe de la cartographie). Dans cette enquête, les sujets préfèrent aussi le symbole le plus complexe, celui des cadrans.

Propriétés globales : complexité, utilité et attractivité des symboles

Il s'agit d'évaluer les trois critères de complexité, d'attractivité et d'utilité de chacun des quatre modèles cartographiques. Pour chaque critère, le volontaire dispose d'une échelle horizontale et continue de cinq nuances de gris, qui facilite l'appréciation du critère.

Les moyennes des trois critères par modèle cartographique et pour les 57 sujets montrent que (i) le coefficient de variation de la complexité est de 43% alors qu'il est seulement de 4% et 7% pour l'attractivité et l'utilité. (ii) L'attractivité est presque similaire pour les quatre modèles et (iii) l'utilité est légèrement plus élevée par rapport à l'attractivité (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

	Valeur moyenne par critère et symbole		
	Complexité	Attractivité	Utilité
Disques pleins	1,23	2,91	3,18
Demi-disques	1,81	2,84	3,23
Cônes	3,19	2,96	3,51
Cadrons	3,33	3,14	3,65
Moyenne	2,39	2,96	3,39
Écart-type	1,04	0,13	0,23
Coefficient de variation	43%	4%	7%

Tableau 39: Différentes catégories socio-professionnelles des participants

Par ailleurs, la matrice de corrélations (Bravais-Pearson) des critères 2 à 2 montre que :

Pour les trois symboles, ce sont les variables d'attractivité et d'utilité qui possèdent les liens les plus forts. À titre d'exemple, le coefficient de corrélation linéaire R de 0,729 indique une assez forte liaison entre attractivité et utilité pour le modèle des cadrons (Figure 110). Le coefficient de détermination R^2 correspondant atteint 53%.

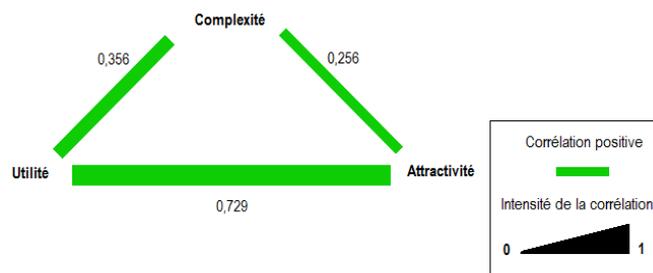


Figure 110: Graphe des corrélations des critères deux à deux, cas du symbole des cadrons

La complexité semble entretenir statistiquement un lien faible (0,356) voire très faible (0,256) avec l'utilité et l'attractivité respectivement (Figure 110).

Enfin, quand on passe du modèle des cadrons à celui des disques pleins, on enregistre une diminution relative du coefficient de corrélation de la complexité avec les deux autres critères. On passe ainsi d'un R, certes initialement faible, de 0,256 pour le symbole des cadrons (deux informations et trois périodes) à un R encore plus faible de 0,03 pour le symbole de disques pleins (une information et une période). Ainsi, plus le symbole utilisé est simple, moins complexe semble être le prototype cartographique (densité d'informations). Ainsi, les trois critères étudiés peuvent donc être répartis en deux sous-groupes homogènes : la complexité d'une part, l'utilité et l'attractivité d'autre part [Serrhini et al. 2010].

5.4.4. Évaluation de la représentation du contexte sonore des cartes de détail

Représentativité des icônes pour différentes sources de bruit

La carte doit représenter l'environnement sonore le long d'un boulevard ou d'une place urbaine. Différentes représentations ont été construites. Cette partie de l'enquête s'intéresse à l'évaluation de la représentativité de huit icônes pour un ensemble de sept sources sonores (Figure 111).

Sur une échelle allant de 0 (symbole non représentatif) à 5 (symbole parfaitement représentatif), le sujet doit évaluer la représentativité des huit icônes (feux tricolores, balançoire, commerce, laverie, métro, bar-restaurant, théâtre, arrêt de bus) vis-à-vis de sept sources différentes de bruit urbains (circulation routière, oiseaux, deux-roues, bruits de pas, voitures, voix, poids-lourds / bus).

Ainsi, par icône, pour les sept sources de bruit et par individu, on obtient une note moyenne. Ensuite on calcule une note moyenne pour l'ensemble des sujets : moyenne des 57 moyennes (individus) par icône et pour sept sources de bruit. Cette dernière caractérise la représentativité globale de l'environnement sonore (Figure 112).

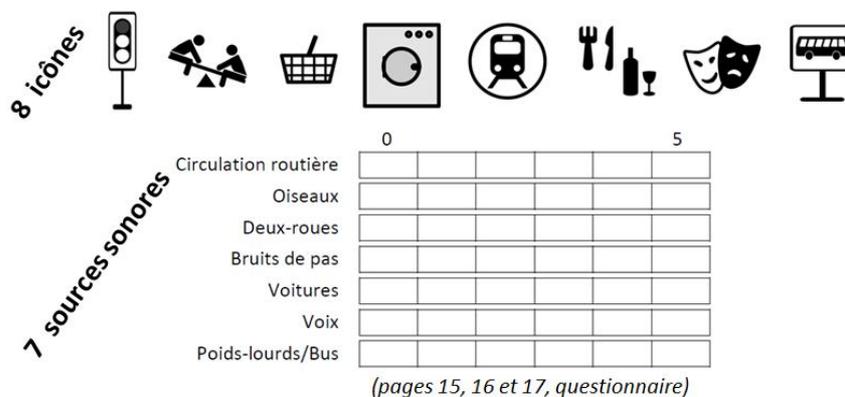


Figure 111: Question permettant d'évaluer la représentativité de huit icônes vis-à-vis de sept sources de bruit (environnement sonore)

D'une manière qualitative, la Figure 112 montre que les icônes les plus représentatives pour les 57 enquêtés sont :

- Feux tricolores (moyenne 2,46 / 5) : obtient généralement des notes très élevées pour des sources de bruit en rapport avec le transport terrestre (circulation routière, voitures et poids lourds / bus) ;
 - et arrêt de bus (moyenne 2,17 / 5) : circulation routière, voitures et poids lourds / bus.
- À l'opposé, les icônes laverie, masques, commerce... sont très peu représentatives des sept sources de bruit proposées (moyenne 0,61 / 5 ; 1,09 / 5... Figure 112).

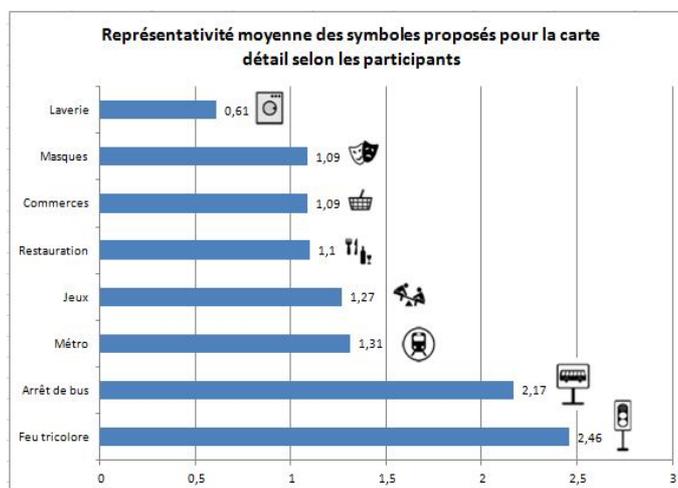


Figure 112: Comparaison de la représentativité

Le précédent résultat est confirmé par le test statistique non paramétrique de Kruskal-Wallis/Friedman qui permet la comparaison de plusieurs moyennes (paramètre de position) observées d'échantillons dépendants (ici un seul échantillon de 57 sujets > 30) avec un risque d'erreur de 5% (Tableau 4).

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
Laverie	57	116,000	2,035	A
Restauration	57	209,500	3,675	B
Commerces	57	215,000	3,772	B
Masques	57	215,500	3,781	B
Jeux	57	241,000	4,228	B
Métro	57	248,000	4,351	B
Arrêt bus	57	397,000	6,965	C
Feux	57	410,000	7,193	C

Tableau 40: Test non paramétrique de Kruskal-Wallis/Friedman

Le test statistique (Tableau 40) construit ainsi 3 classes d'icônes plus ou moins représentatives des sept sources de bruit :

- Classe A : l'icône laverie seule (la moins représentative) ;
- Classe B : regroupe restauration, commerces, masques, jeux et métro (représentativité intermédiaire) ;
- Classe C : regroupe les deux icônes feux tricolores et arrêt de bus.

Après avoir analysé la représentativité globale (moyenne de moyennes) des icônes vis-à-vis simultanément de sept sources de bruit, on s'attachera ensuite à analyser d'une manière *plus fine* la représentativité de chaque icône (huit) par sources (sept) de bruit et pour l'ensemble des sujets (matrice de la Figure 113 ci-dessous) à l'aide d'une carte de chaleur.

La carte de chaleur de la Figure 113 représente le score obtenu pour chaque couple d'icône et de source de bruit pour les 57 sujets.

Représentativité des icônes par source de bruit

Rappelons que le participant doit évaluer la représentativité d'une icône vis-à-vis d'une source de bruit sur une échelle allant de 0 (symbole non représentatif) à 5 (symbole parfaitement représentatif). Ainsi, la réponse ou note moyenne neutre (voir Figure 111) est comprise entre 2 et 3 (le symbole n'est ni « non représentatif » ni « parfaitement représentatif »). Dans un contexte cartographique, une note inférieure à 2,5 suggère donc pour l'ensemble des participants que l'icône considérée représente mal le bruit associé.

Comme le montre le cercle en tirets de la Figure 113, les icônes feux tricolores et arrêt de bus obtiennent les notes les plus élevées ($\geq 3,72$ et $\leq 4,63$) pour les trois sources de bruit en rapport avec le transport routier (circulation, poids lourds / bus et voitures). Cependant, le couple arrêt de bus–voiture enregistre une note faible ($2,21 < 2,5$). Peu représentative de la voiture, l'icône arrêt de bus est surtout associée aux deux autres sources de bruit, poids lourds / bus ($4,63$) et circulation ($3,72$).

Ces deux icônes, feux tricolores et arrêt de bus, sont donc particulièrement intéressantes pour une communication cartographique plus efficace sur un environnement sonore urbain dominé par des sources de bruit des transports routiers.

Les icônes jeux, bar / restaurant, masques et commerces représentent des bruits de voix (Figure 113, rectangle tirets) et dans une moindre mesure des bruits de pas (Figure 113, rectangle pointillé). L'icône jeux réalise le score le plus élevé à la fois pour le bruit de voix ($3,32$) et celui des oiseaux ($1,86$). Même si ce dernier score est inférieur à 2,5 suggérant une faible association entre l'icône jeux et le bruit oiseaux, néanmoins cette association reste la plus forte en comparaison avec les scores obtenus par les autres icônes avec ce bruit.

Ainsi, l'ensemble de ces icônes doit être utilisé adéquatement en fonction des principales sources de bruit urbaines présentes pour une meilleure représentation de l'environnement sonore spécifique à chaque lieu de mesures (carte de détail).

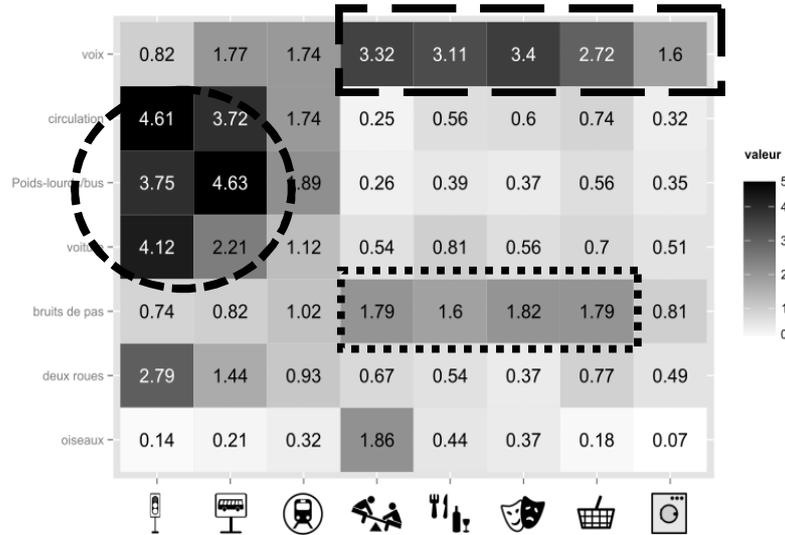


Figure 113: Carte de chaleur des notes moyennes obtenues (56) par couples d'icônes (huit) et de sources de bruit (sept) et pour tous les sujets (57)

Comparaison du contexte sonores des cartes de détails

Pour six espaces urbains (six cartes) des 13^e et 14^e arrondissements parisiens, les 57 sujets ont été amenés à évaluer, sur une échelle de un (rarement présent) à dix (toujours présent), le niveau de présence de trois sources de bruits : oiseaux, voix et circulation. Ces derniers correspondent aux 3 groupes de bruits identifiés précédemment. L'objectif ici est d'une part, de confirmer ou d'infirmer les précédents résultats et, d'autre part, d'opérer une montée en généralité en passant de sept à trois sources de bruits.

2. Pour chacune des 6 cartes ci-après, placez une croix pour indiquer la perception de chaque type de bruit par rapport au point de mesure 



	Rarement présent					toujours présent
Circulation	<input type="checkbox"/>					
Oiseaux	<input type="checkbox"/>					
Voix	<input type="checkbox"/>					

Figure 114: Perception du niveau de présence de trois sources de bruits à différents lieux urbains parisiens. Cas d'un parc urbain (parc de Choisy - 13^e arrondissement de Paris)

De la même manière que pour le parc urbain de la Figure 114, l'ensemble des six sites sont testés (voir le questionnaire en Annexe 1) :



Carte 1 : Parc Carte 2 : Lac Carte 3 : Rond-Point 1 Carte 4 : Rond-Point 2 Carte 5 : Rue 1 Carte 6 : Rue 2

Comme pour l'analyse de la représentativité des icônes, deux analyses complémentaires seront réalisées : une analyse des moyennes des trois sources de bruit par site et pour les 57 participants (diagramme en bâtons) plus une analyse en carte de chaleur.

a- Analyse de la perception du niveau de présence des sources de bruits par site urbain

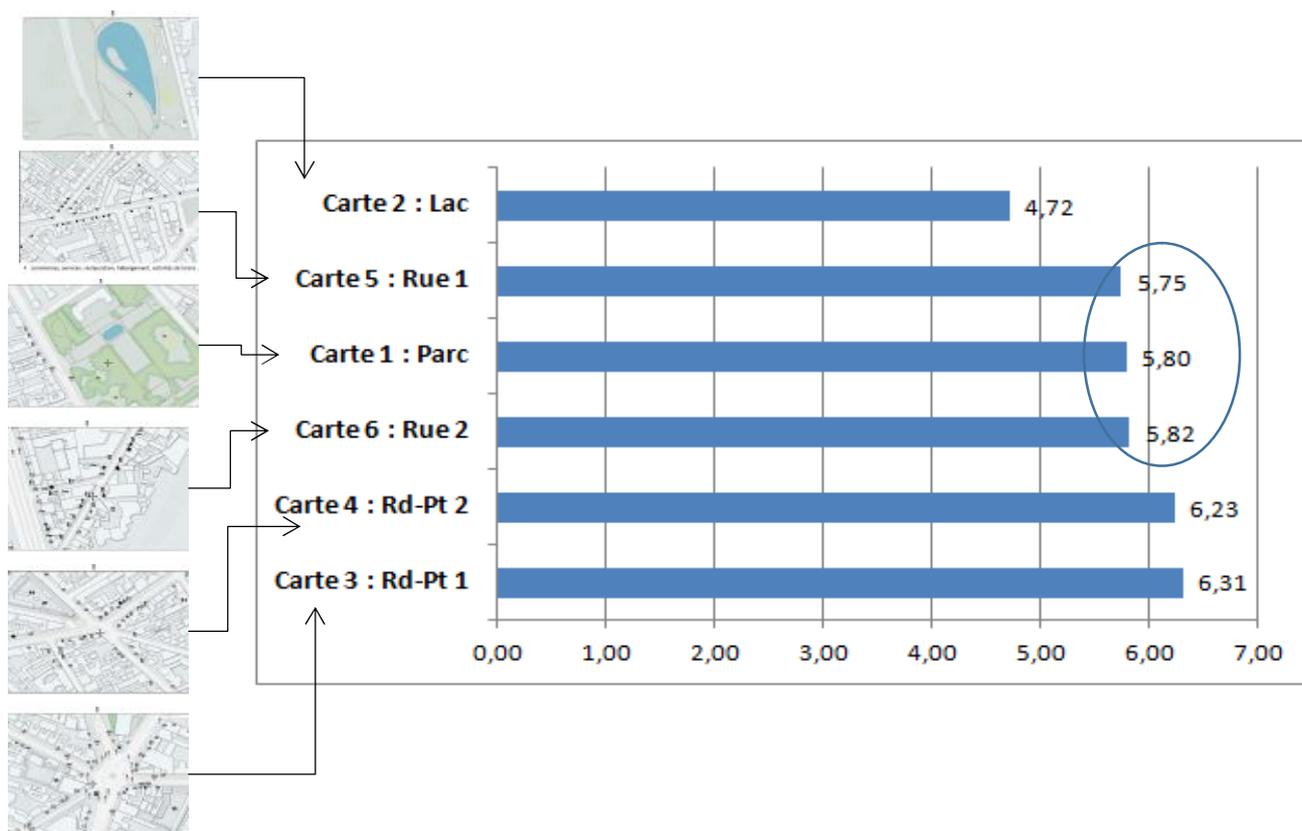


Figure 115: Comparaison des niveaux de bruits des six sites vis-à-vis des trois sources de bruit

D'une manière globale, le graphique en bâtons ci-dessus montre une certaine hiérarchisation des sites urbains selon la perception des participants du niveau de présence des trois sources de bruits considérées :

- Les sites les plus bruyants : cartes 3 et 4 centrées sur deux ronds-points importants avec des notes de 6,32/10 et 6,23/10 ;
- Le site le plus calme : carte 2 du lac, note 4,72 / 10 ;

- Et enfin des sites intermédiaires : cartes 6, 1 et 5 correspondant respectivement à rue 2, parc et rue 1, avec des notes de 5,82/10 ; 5,80/10 et 5,75/10.

b- Analyse de la perception du niveau de présence de chaque source de bruit par site urbain

La Figure 114 montre que la réponse neutre pour chaque couple de source de bruit et site urbain (carte) est égale à cinq (la bruit n'est ni rarement présent ni toujours présent). Ainsi, une note moyenne supérieure à cinq suggère pour l'ensemble des participants un niveau de présence élevé d'un bruit donné pour le site considéré.

La **Figure 116** ci-dessous montre deux principaux groupes de sites urbains. En effet, si la source de bruit oiseaux domine (moyenne élevée : rectangle orange) dans les deux sites parc et lac (cartes 1 et 2) en revanche, les sites rond-point 1, rond-point 2, rue 1 et rue 2 enregistrent des moyennes fortes pour le bruit de circulation (entre 7,53 et 9,75 : rectangle rouge) et dans une moindre mesure pour celui de voix (entre 6,91 et 7,81 : rectangle bleu).



Figure 116: Notes moyennes obtenues par cartes (six sites urbains) et sources de bruits (trois) et pour les 57 participants

L'ensemble des résultats des deux précédentes analyses montrent en définitif la nette distinction entre 2 catégories d'espaces urbains : (1) les lieux de quiétude tels que les parcs et lacs urbains où dominent les bruits d'oiseaux et (2) des lieux plus bruyants de déplacements et de vie collective tels que les rues et boulevards urbains. Au sein de cette dernière catégorie, les précédentes analyses apportent une nuance entre (2.1) d'un côté les sites où dominent les bruits de voix (rue 1 et rue 2) en raison de la présence de nombreux commerces et services urbains. Et (2.1) de l'autre côté les lieux urbains (rond-point 1 et rond-point 2) où domine le bruit de circulation du fait d'une configuration urbaine marquée par de nombreux axes routiers convergents. Comment peut-on alors mieux représenter sur une carte l'importance d'une source de bruit d'un site donné ?

5.4.5. Représentation de l'environnement sonore

Pour cette dernière partie du questionnaire et après avoir analysé le contenu d'une carte, on s'intéresse désormais à deux éléments d'habillage d'une carte d'agrément sonore : le mode de variation des icônes (feux tricolores, commerces, etc.) et les constituants de la légende.

Sur les sites urbains où domine le bruit de circulation, faut-il mieux une variation de la taille ou du nombre de l'icône feux tricolores d'une manière proportionnelle à l'intensité sonore des véhicules ou au temps de présence du trafic pour représenter plus efficacement l'environnement sonore correspondant (Figure 117) ?

Modes de variation des icônes

Les réponses à la question de la Figure 117 montrent que 61% (35 sujets sur 57) des participants préfèrent la variation de la taille des icônes⁵. On peut émettre comme explications à la fois une meilleure lisibilité et une plus grande esthétique de la représentation obtenue. Ce choix rejoint les conclusions de l'analyse des propriétés globales (Figure 110) où les critères d'attractivité et d'utilité évoluent assez fortement dans le même sens ($R = 0,729$).

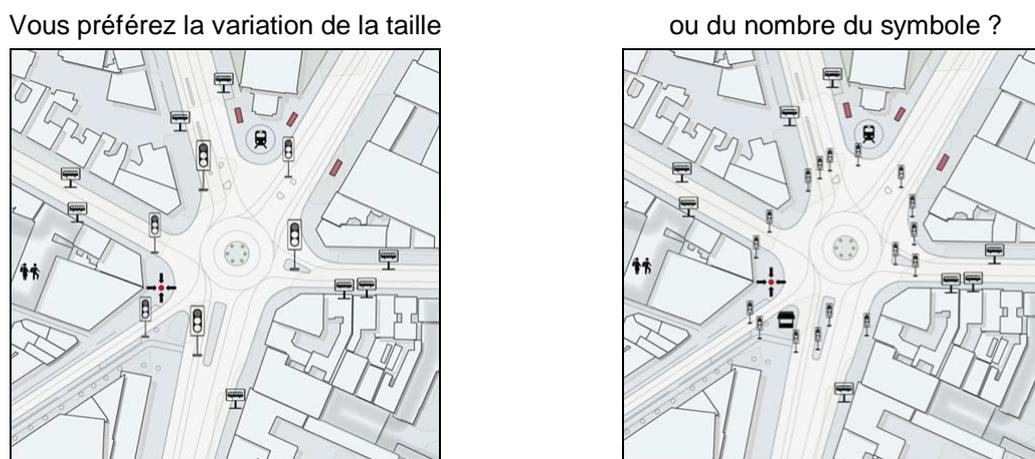


Figure 117: Variation de la taille ou de la densité de l'icône feux tricolores

Arrière-plan de l'environnement sonore d'une carte

L'ultime étape du questionnaire porte sur la légende. Cette dernière est composée de trois cartouches complémentaires à celui de l'agrément sonore : temps de présence des principaux bruits mesurés (circulation, voix, oiseaux) évalué pour chaque période de la journée sur une échelle allant de rarement présent à continuellement présent ; la zone d'horizon acoustique et enfin une photographie du lieu de mesures.

Sur une échelle allant de très désagréable à très agréable, le cartouche de l'agrément sonore est indispensable pour comprendre le message d'une carte de détail. L'utilité du cartouche d'agrément sonore n'est pas évaluée ici, puisque les choix de symboles (disques pleins, demi-disques, etc.) par les participants ont été traités précédemment.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre deux principaux résultats :

- d'une part, les participants sont partagés sur l'intérêt d'une photographie du site dans la légende. En effet, la photographie est essentielle pour 37% de participants, utile pour seulement 28% et inutile pour 35% de sujets. Sachant que tous les participants sont des sujets tourangeaux ne connaissant généralement pas les lieux de mesures (13^e et 14^e arrondissements de Paris), ce résultat peut paraître surprenant. Ce relatif désintérêt pour la photographie peut-être expliqué par la non représentativité de celle-ci en raison du caractère changeant du paysage urbain selon les saisons.
- d'autre part, 49% de participants considèrent comme utile le cartouche du temps de présence. Cette dernière proportion s'élève à 60% pour le cartouche d'horizon acoustique. Les deux

⁵ Un test t unilatéral de comparaison (>) de moyennes ou proportions : $t(\text{moy } 61\% > \text{moy } 39\% \text{ et } n = 57) = 1,673$; $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ montre qu'il y a bien une différence entre les deux proportions.

premiers cartouches complémentaires de la légende apportent des informations substantielles sur l'environnement sonore du site considéré. En effet, le premier cartouche renseigne sur le temps de présence des principales sources de bruit (circulation, voix, oiseaux, etc.) pour les trois périodes de la journée (journée et soirée en semaine, récréation scolaire car un établissement scolaire est situé à proximité du parc de Choisy), pendant que le deuxième cartouche renseigne sur la zone de perception du bruit appelée horizon acoustique (aire de 300 m maximum centrée sur le lieu de mesures et limitée par des obstacles tels que les bâtiments).

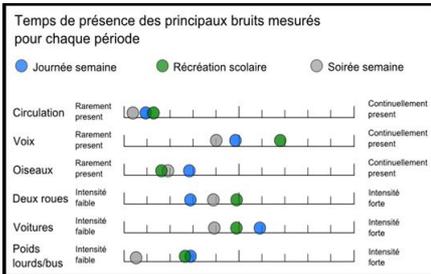
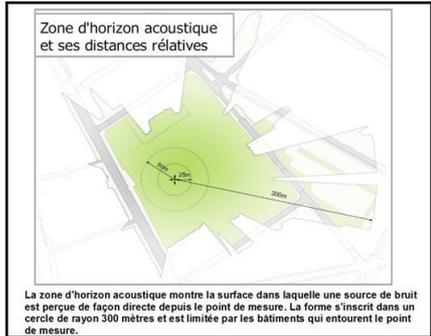
Utilité des cartouches complémentaires	Essentiel	Utile	Inutile
 <p>Temps de présence des principaux bruits mesurés pour chaque période</p> <p>● Journée semaine ● Récréation scolaire ● Soirée semaine</p> <p>Circulation Rarement présent Continuellement présent</p> <p>Voix Rarement présent Continuellement présent</p> <p>Oiseaux Rarement présent Continuellement présent</p> <p>Deux roues Intensité faible Intensité forte</p> <p>Voitures Intensité faible Intensité forte</p> <p>Poids lourds/bus Intensité faible Intensité forte</p>	35%	49%	16%
 <p>Zone d'horizon acoustique et ses distances relatives</p> <p>La zone d'horizon acoustique montre la surface dans laquelle une source de bruit est perçue de façon directe depuis le point de mesure. La forme s'inscrit dans un cercle de rayon 300 mètres et est limitée par les bâtiments qui entourent le point de mesure.</p>	14%	60%	26%
 <p>Troisième cartouche : photographie du site</p>	37%	28%	35%

Tableau 41: Utilité des constituants de la carte d'agrément sonore

5.4.6. Conclusion

Ce projet montre qu'il est possible de représenter l'ambiance sonore, dans une démarche circulaire (destinataire – concepteur – destinataire). Les résultats permettent de proposer les recommandations suivantes : une cartographie qui privilégiera l'utilité et l'attractivité à la complexité ; une préférence pour le symbole le plus exhaustif (cadrans) ; un choix d'icônes en adéquation avec les sources du bruit en milieu urbain (feux tricolores, arrêt de bus) ; enfin, les sujets préfèrent la variation de la taille de ces icônes avec une légende apportant des informations complémentaires caractérisant mieux l'agrément sonore en milieu urbain (sans un choix net pour ou contre la photographie du site).

Il ressort une nécessaire simplicité de la cartographie de l'environnement sonore en distinguant clairement les notions d'agrément et d'intensité sonores.

En termes de bruit, les groupements des icônes suggèrent trois types d'espaces urbains (Tableau 42) :

- les lieux de quiétude tels que les parcs et jardins urbains où dominent les bruits de voix et d'oiseaux ;
- les lieux de vie collective tels que les restaurants et les commerces où dominent les bruits de voix et de pas synonymes de présence humaine ;
- et enfin les lieux où prédominent les infrastructures de déplacements (réseau de transport routier).

	icônes	Sources de bruits
Groupe 1 :	Jeux	Voix et oiseaux
Groupe 2 :	Restaurants, commerces, masques, laveries	Voix et bruits de pas
Groupe 3 :	arrêt de bus, métro et feux tricolores	Poids lourds / bus, voiture, deux roues, circulation

Tableau 42: Catégories d'espaces urbains

Un travail sur la représentation de ces trois types de lieu devrait permettre aux lecteurs de bien comprendre la composition sonore des situations urbaines. Un travail aussi est nécessaire pour comprendre si les informations contenues dans les fonds de carte permettent de comprendre les ambiances sonores urbaines. C'est l'objet du paragraphe suivant sur l'interprétation linguistique d'enquêtes auprès de citoyens parisiens.

5.5. Evaluation linguistique des premiers prototypes

Dans les différentes propositions cartographiques précédentes, le mode de représentation utilisé pour visualiser les données d'enquête est la carte. D'autres modes de représentation auraient pu être proposés. L'objectif de l'étude linguistique est d'évaluer, grâce à une enquête à questions ouvertes, l'intérêt de différents supports de représentation, en l'occurrence la carte, la photographie et l'orthophotographie. L'enquête est présentée en Annexe 2.

5.5.1. Introduction

La manière dont notre environnement influence nos productions verbales a été sujet de nombreuses études [Sapir, 1929] ; [Whorf, 1956] ; [Wierzbicka, 1997], ce qui conduit Vandeloise [Vandeloise 1991] à affirmer que « [le monde] est toujours représenté par un locuteur qui le perçoit et qui le vit. Ce que la langue reflète n'est donc pas le monde mais l'expérience » (p. 36). En sémantique, différents travaux ont abordé les relations entre le langage, la langue, le discours, et la perception, que ce soit dans une approche cognitive [Dubois, 1991] ; ([Cance et Dubois, 2015] pour une synthèse récente) ou gestaltiste et phénoménologique [Cadiot et Visetti, 2001].

Le travail présenté ici s'inscrit dans le contexte de la représentation visuelle des ambiances sonores urbaines. A travers une analyse statistique textuelle, il vise à examiner le discours employé pour décrire l'ambiance sonore d'un lieu, et en particulier les éléments visuels sur lesquels repose la description de cette ambiance sonore, ainsi que l'expression de la subjectivité du locuteur dans la description des qualités sonores et des sentiments associés.

Différentes représentations visuelles sont proposées qui varient selon le support de la représentation, notre objectif est de vérifier si les éléments qui permettent au lecteur de se représenter l'ambiance sonore d'un lieu ainsi que l'expression de la subjectivité varient en fonction du support utilisé, et donc de la manière dont le lieu examiné est représenté ; en d'autres termes, cette recherche a pour objectif de vérifier si la subjectivité langagière⁶ reflète la subjectivité de la perception (dans notre cas, la perception de l'ambiance sonore d'un lieu). Il s'agit donc de tenir compte des marques linguistiques

⁶ Benveniste (1966) définit la subjectivité langagière la « capacité du locuteur à se poser comme sujet » (p. 259).

faisant référence au locuteur, au référent et à la situation d'énonciation en analysant la subjectivité du locuteur (voir [Bakhtine-Volochinov, 1977]⁷) et la manière dont il met en scène d'autres voix ou discours, en fonction notamment de contraintes situationnelles, discursives, ou pragmatiques. Dans notre étude, l'impact de l'organisation sociale sur le langage est principalement retrouvé dans l'emploi des pronoms (personnels ou indéfinis) et de certains verbes comme, par exemple, « j'imagine » vs « on voit ». Plus précisément, en employant « on voit », le locuteur présuppose que sa représentation de l'ambiance sonore d'un lieu soit partagée par le reste du groupe social dont il fait partie.

Cette étude s'appuie sur un corpus d'enquête ; dans une première partie nous présenterons la constitution de ce corpus décrivant des ambiances sonores urbaines ; ensuite nous analyserons le lien qui s'établit entre l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore d'un lieu, à travers la prise en compte par le locuteur des éléments urbains. La mise en place de ce lien dépend du locuteur, l'expression de la subjectivité du locuteur sera étudiée dans la troisième partie. Une synthèse des caractéristiques des différents supports visuels sera présentée dans la dernière partie.

5.5.2. Constitution d'un corpus de descriptions d'ambiances sonores

Contexte de l'étude

L'étude a pu établir des formules de prédiction du volume sonore, puis de l'agrément sonore à partir des bruits de voix et de pas, de la présence d'oiseaux et du volume sonore généré par le trafic. Ces données n'étant ni disponibles ni prédictibles directement à ce stade de l'étude, l'objectif est de construire des représentations visuelles qui permettent d'évoquer la présence humaine, la présence d'oiseaux et la circulation. Pour cela, différentes représentations cartographiques du volume et de l'agrément sonore ont été définies et évaluées grâce, dans un premier temps, à une enquête quantitative. Afin de préciser ces résultats, une enquête qualitative a ensuite été organisée avec pour objectifs de tester d'autres représentations que cartographiques, en l'occurrence, orthophotographique⁸ et photographique. Il s'agit de comparer la capacité des différents types de représentation à montrer ou suggérer les éléments sur lesquels est fondé l'agrément sonore d'un lieu, ainsi que la manière dont ces éléments sont perçus et compris par le lecteur.

Mise en place de l'enquête qualitative

Une enquête qualitative à questions ouvertes a été mise en place. Les participants devaient répondre oralement à des questions concernant les ambiances visuelle et sonore qu'ils imaginaient en regardant différentes représentations (qui seront appelées dorénavant *supports*) du quartier du Parc de Choisy et de l'avenue d'Italie, situés dans le 13^e arrondissement à Paris. Les données à représenter concernaient trois points de mesure.

Quatre supports étaient proposés :

- une carte (carte) dont le symbole, expliqué dans la légende (*Figure 118*), montrait à la fois l'agrément et l'intensité sonores selon le moment de la journée⁹ (*Figure 119*) ;

⁷ Nous rappelons que pour Bakhtine « les formes du signe sont conditionnées autant par l'organisation sociale desdits individus que par les conditions dans lesquelles l'interaction à lieu » et que, par conséquent, « [u]ne modification de ces formes entraîne une modification du signe » (Bakhtine-Volochinov, 1977 : 41). En ce qui concerne l'organisation sociale, il ajoute que « chaque acte de création individuel, chaque acte d'énonciation, est unique est non réitérable, mais dans chaque énonciation on trouve des éléments identiques à ceux d'autres énonciation au sein d'un groupe de locuteurs donnés » (p. 80).

⁸ Une orthophotographie est une image aérienne rectifiée. La rectification consistait à corriger les déformations systématiques dues à la projection centrale, au relief et à l'axe de prise de vue qui n'est pas toujours parfaitement vertical. Chaque point de l'orthophotographie est ainsi superposable à celui qui lui correspond sur une carte plane. Une orthophotographie semble donc être prise à la verticale de tous les points qu'elle figure, ces points étant situés sur un terrain parfaitement plat.

⁹ La légende a été construite à partir des résultats issus des mesures prises au début du projet CartASUR.

- l'orthophotographie (ortho) donnait aux participants une image aérienne et rectifiée du point de mesure et de ses alentours ;
- la sélection de photographies (photos) capturaient l'image des trois points de mesure en différents moments de la journée ;
- enfin, le dernier support étudié était une carte sans symbole où l'emplacement de la légende avait été remplacé par une photo de chacun des trois points de mesure (planche). Dans la suite de cet article, les termes carte, ortho, photo(s) et planche désigneront à la fois l'objet et le support d'enquête.

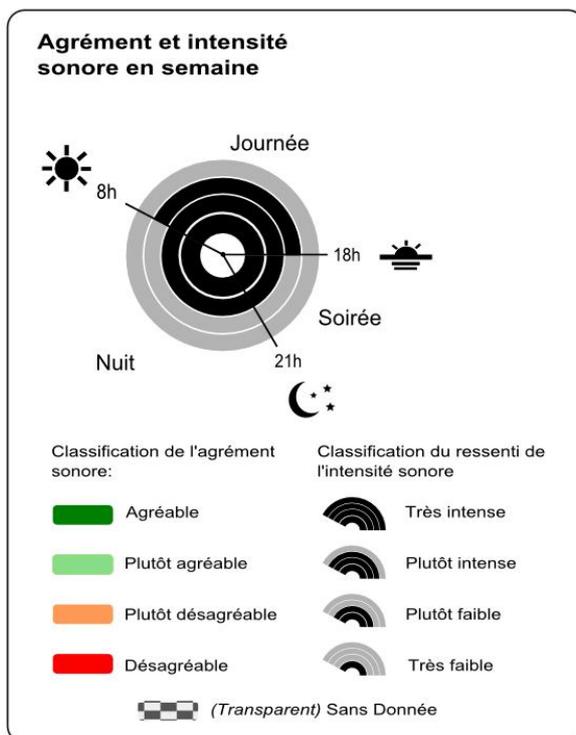


Figure 118 : légende de la carte (présentée en Figure 119). Le symbole figure l'agrément sonore (par la gamme colorée) et le ressenti associé à l'intensité sonore (nombre de barres courbes) pendant la journée, divisée en trois périodes (journée, soirée et nuit).

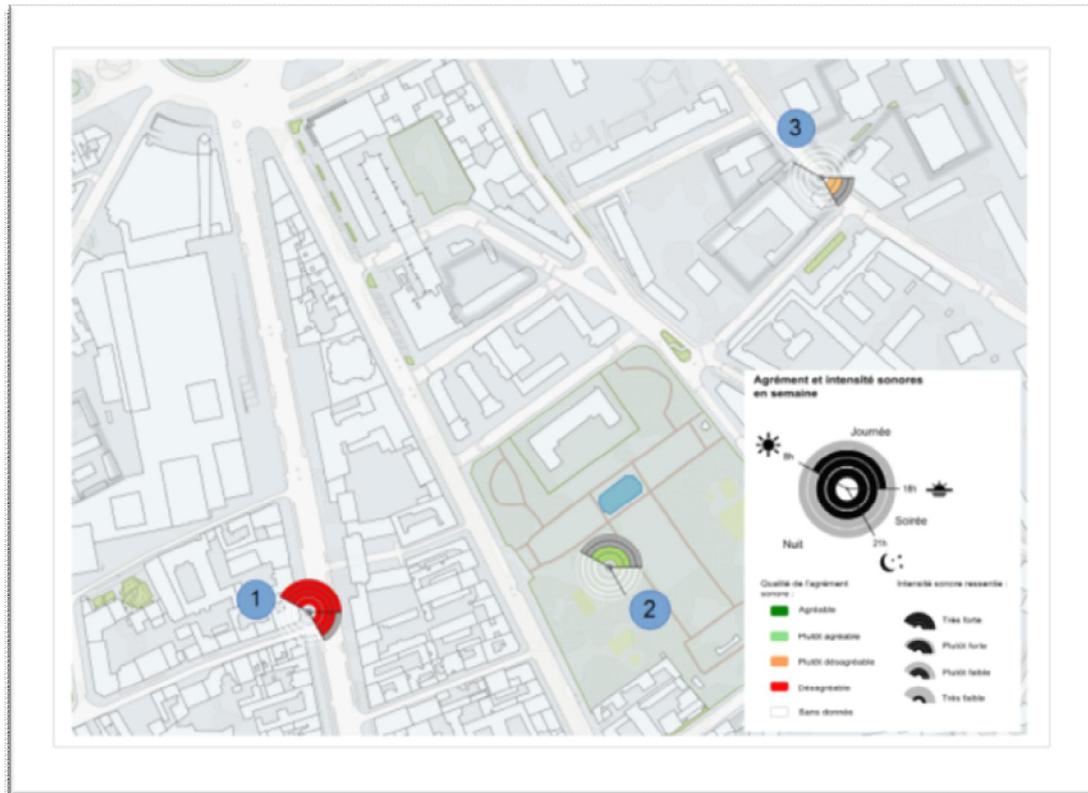


Figure 119 : représentation cartographique de l'agrément et de l'intensité sonores selon le moment de la journée

Afin de vérifier si l'ordre dans lequel les supports sont présentés influençait les réponses données par les participants, trois types de questionnaires ont été construits selon l'ordre dans lequel les supports étaient présentés, la planche étant toujours proposée en dernier :

Questionnaire 1 : carte – ortho – photos – planche

Questionnaire 2 : photos – ortho – carte – planche

Questionnaire 3 : ortho – carte – photos – planche

Pour pouvoir comparer les différentes représentations, cinq questions identiques ont été posées pour chaque support :

1. Comment imaginez-vous l'intensité sonore et l'agrément sonore des lieux à partir de cette carte, en vous plaçant aux points de mesure ? Quels sont les éléments visuels (par exemple cartographiques) que vous utilisez pour vous représenter l'ambiance sonore du lieu ?
2. Comment imaginez-vous l'ambiance visuelle du lieu à partir de cette carte, en vous plaçant aux points de mesure ? Quels sont les éléments visuels (par exemple cartographiques) que vous utilisez pour vous représenter l'ambiance visuelle du lieu ?
3. Certaines informations cartographiques perturbent-elles la lecture ?
4. D'autres informations (informations urbaines, les noms des rues, les réseaux de transport, la végétation,...) permettraient-elles de compléter l'information du lecteur sur l'intensité sonore et l'agrément sonore du lieu ?
5. Qu'est-ce qui facilite/complique la compréhension de l'intensité sonore et de l'agrément sonore (par exemple, gamme colorée, densité d'information, etc.) ?

Finalement, vingt-cinq entretiens ont été menés (10 pour le Questionnaire 1, 7 pour le Questionnaire 2, et 8 pour le Questionnaire 3), pour une durée totale de neuf heures, trente-trois minutes et sept secondes. Le questionnaire a été soumis à un public hétérogène en ce qui concerne l'âge et la profession, les candidats ayant entre vingt-cinq et soixante ans, et dont un tiers travaille à l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière).

Transcription

La transcription orthographique du corpus a été effectuée avec le logiciel *PRAAT*¹⁰ et en suivant le guide de transcription ESLO (Etude Socio-Linguistique d'Orléans), notamment pour la transcription des majuscules, de la ponctuation, des pauses, de l'orthographe, etc. La transcription de ce corpus a nécessité d'enrichir le vocabulaire du guide ESLO (en particulier le vocabulaire des interjections comme *oups* et des noms propres comme *Italie 2*, le centre commercial parisien du 13^e arrondissement) et d'ajouter de nouvelles balises. Plus spécifiquement, alors que les balises ESLO transcrivent entre crochets [] tout type de son enregistré, nous avons fait la distinction entre les sons émis par les participants, par exemple [*rire*], notés entre crochets et ceux qui viennent de l'extérieur : par exemple, **papier** entre astérisques indique le bruit fait en tournant les pages du questionnaire.

Description quantitative du corpus

Le corpus rassemble l'ensemble des réponses aux cinq questions posées, sans le texte des questions. Le **Tableau 43** donne des informations quantitatives sur ce corpus, constitué de quatre sous-corpus, correspondant aux quatre représentations proposées dans le questionnaire : *carte*, *ortho*, *photos* et *planche*.

Support	Carte	Ortho	Photos	Planche
Questionnaire 1	8 224	4 816	4 679	3 224
Questionnaire 2	4 174	3 781	3 361	1 883
Questionnaire 3	3 242	4 370	4 659	2 798
Total	15 640	12 967	12 699	7 905

Tableau 43 : nombre de mots des réponses selon les quatre supports et les trois types de questionnaire

La ligne *Total* du Tableau 43 montre que le support le plus commenté est la carte légendée. Cela est encore plus évident lorsque la carte apparaît en premier dans le questionnaire (comme dans *Questionnaire 1*). En revanche, dans les *Questionnaire 2* (ordre : *photos*, *ortho*, *carte*, *planche*) et *Questionnaire 3* (ordre : *ortho*, *carte*, *photos*, *planche*) le support sur lequel les participants parlent le plus n'est pas celui qui est présenté en premier. Il est donc possible de conclure que l'ordre dans lequel les supports sont présentés n'influence pas la longueur des réponses données. Pour cette raison, dans les analyses menées qui seront présentées dans les pages suivantes, l'ordre des supports n'a pas été considéré comme une variable explicative.

L'objectif de l'étude étant de contraster les différents supports de représentation, quatre sous-corpus ont été formés qui rassemblent les réponses concernant chacun des supports : *carte*, *ortho*, *photos*, *planche*. Pour chaque sous-corpus (les colonnes du **Tableau 43**), la richesse du vocabulaire a été examinée grâce au rapport entre *types* et *tokens*, où le premier représente le nombre de mots différents et le deuxième le nombre de mots total. Plus le rapport entre *types* et *tokens* s'approche de 1, plus le vocabulaire employé est riche. Le **Tableau 44** montre que c'est en commentant la planche, que les participants utilisent le vocabulaire le plus riche.

Vocabulaire	Carte	Ortho	Photos	Planche
Types	1 476	1 268	1 231	1 003
Tokens	17 632	14 468	14 137	9 003
Ratio	0,083	0,087	0,087	0,11

Tableau 44 : richesse du vocabulaire (ratio types/tokens) selon les supports

Le fait que le support qui présente le vocabulaire le moins riche soit la *carte* est probablement dû au fait que le symbole utilisé pour représenter les données (intensité et agrément sonores selon les moments de la journée) est repris et expliqué dans la légende. Les locuteurs auraient donc tendance à répéter les éléments explicatifs de la légende et donc le vocabulaire associé pour décrire et commenter les ambiances sonore et visuelle des trois points de mesure. En revanche, puisque la planche est présentée toujours en dernier il est possible que les locuteurs, ayant assimilé les informations concernant l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore des lieux, n'aient donc plus besoin

¹⁰ Boersma, P. & Weenink, D. (2015). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 5.4.22, retrieved 8 October 2015 from <http://www.praat.org/>

de lire et interpréter la représentation comme ils l'avaient fait pour les supports précédents, et utilisent leur propre vocabulaire.

5.5.3. Objectifs et méthodes d'analyse

L'objectif de cette étude est d'examiner le discours employé pour décrire l'ambiance sonore du lieu. Pour cela, à partir de la fréquence des mots les plus fréquents en lien avec l'agrément et l'intensité sonores, et le point de vue du locuteur, différents thèmes ont été identifiés et les catégories sémantiques correspondantes ont été établies :

- les **éléments visuels** que les locuteurs identifient sur les supports et sur lesquels ils construisent leur description des ambiances visuelle et sonore. Ces éléments visuels ont été répartis en deux catégories qui diffèrent fondamentalement. Dans la première catégorie (catégorie : *causes sonores*) sont regroupés les éléments permanents qui contribuent à la structure urbaine du lieu et décrivent son ambiance visuelle et, par conséquent, une certaine ambiance sonore. Il s'agit de : *parc, avenue, rue, bâtiments, arbres, zone*. Par exemple, un parc implique des ambiances visuelle et sonore a priori plus agréables que celles que l'on retrouverait au bord d'une rue ou d'une avenue, comme le montre l'exemple suivant.

« ...comme je vois des rues j'ai tendance à penser qu'a priori ça va être ça risque d'être bruyant et que dans un parc a priori il y aura moins de bruit... »

La deuxième catégorie (catégorie : *sources sonores*) contient des éléments urbains non permanents qui participent de l'ambiance visuelle mais qui, au lieu d'impliquer une ambiance sonore, la *produisent*. Il s'agit de : *voitures, circulation, gens, bus, trafic, véhicules, enfants*. Selon cette distinction, les éléments permanents constituent les *causes sonores* et les éléments non permanents appartiennent à la catégorie des *sources sonores*. En répondant au questionnaire, les enquêtés ont rarement distingué les éléments qui influencent l'agrément sonore de ceux concernant l'intensité sonore, cette distinction n'est donc pas marquée dans l'étude des causes et sources sonores qui font l'objet de la section 2 ;

- **l'interprétation des éléments visuels pour imaginer l'ambiance sonore** selon les supports. Il s'agit d'analyser comment les différents supports permettent aux locuteurs de construire l'ambiance sonore d'un lieu. Pour cela, les mots de liaison qui dans le corpus indiquent un lien logique de déduction ont été étudiés. Ils constituent la catégorie des *connecteurs* ; ce sont : *donc, mais, parce que, du coup, forcément, a priori* ;
- **l'évaluation de l'agrément sonore**. Les adjectifs *calme, agréable, désagréable* et le nom *bruit*¹¹ dans les séquences : *il y a du bruit, ça fait du bruit* permettent, dans ce corpus, d'évaluer l'agrément sonore. Ils ont été comptabilisés dans la catégorie *agrément* ;
- **les variations d'intensité et d'agrément sonores**. Les termes qui marquent une quantification dans l'intensité et l'agrément sonores dans ce corpus ont été recensés. Ce sont les adverbes : *peu, beaucoup, plutôt, assez* ; ils constituent la catégorie *adverbes* ;
- **la modalité de prise en charge du discours par le locuteur**. La catégorie *subjectivité* regroupe les mots qui désignent le locuteur : *je, moi, me*, et lui permettent de prendre en charge les énoncés produits ;
- **l'expression de l'opinion et du ressenti**. Dans la catégorie *verbes* sont regroupés les verbes suivants : *voit, pense, doit, dirait, imagine, vois, dois, dirais, j'ai/on a l'impression*. Ces verbes portent la marque de la première (*je*) ou la troisième personne (*on*) du singulier.

Le **Tableau 45** résume l'organisation des mots et des catégories établie lors de l'analyse lexicométrique¹² : grâce au concordancier Antconc¹³, les mots les plus fréquents et concernant la perception de l'agrément et intensité sonores ont été identifiés dans le corpus total et répartis dans les catégories suivantes.

¹¹ « Un son est défini en tant que bruit lorsque celui-ci est désagréable, gênant » (Pietquin, 2008 : 2) (voir aussi Cance et Dubois, 2015).

¹² L'application des méthodes statistiques au vocabulaire d'un texte, d'un ensemble d'énoncés considérés comme représentatifs d'un auteur ou de la langue elle-même

¹³ <http://www.laurenceanthony.net/software.html>

Catégorie	Mots	Description
Causes	<i>Parc, avenue, rue, bâtiments, arbres, zone</i>	Éléments urbains
Sources	<i>Voitures, circulation, gens, bus, trafic, véhicules, enfants</i>	Origine des bruits
Connecteurs	<i>Donc, mais, parce que, du coup, forcément, a priori</i>	Déduction
Agrément	<i>Bruit, calme, agréable, désagréable</i>	Qualité du bruit
Adverbes	<i>Peu, beaucoup, plutôt, assez</i>	Variations d'intensité sonore
Subjectivité	<i>Je, moi, me</i>	Modalité de prise en charge discours par le sujet
Verbes	<i>Voit, pense, doit, vois, imagine, dirais, j'ai l'impression</i>	Ressenti du sujet

Tableau 45 : organisation des mots et des catégories

L'analyse du lien entre ambiance visuelle et ambiance sonore d'un lieu (section 2) et de l'expression de la subjectivité du locuteur (section 3) est fondée sur les fréquences des mots des catégories précédentes. Puisque l'objectif est de vérifier si les éléments qui permettent au lecteur de se représenter l'ambiance sonore d'un lieu varient en fonction du support utilisé, l'ensemble des entretiens concernant un support donné constitue un sous-corpus (il y a donc quatre sous-corpus). Pour chacune des catégories, les mots correspondants sont recherchés dans les sous-corpus. Si leur répartition dans les sous-corpus ne suit pas celle de l'ensemble des mots dans ces mêmes sous-corpus, alors les supports influent sur l'emploi des mots des catégories. Si ce n'est pas le cas, alors les supports influencent l'emploi de ces mots et donc donnent, de manière différenciée, l'occasion au locuteur d'évoquer des éléments visuels, de les interpréter, de faire des déductions, de prendre en charge le discours produit, etc. La vérification des répartitions est faite par un test de chi-2¹⁴. Le test du chi-2 est un test statistique conçu pour déterminer si la différence entre deux distributions de fréquences est attribuable au hasard (hypothèse nulle) ou est suffisamment grande pour être statistiquement significative. Généralement, l'hypothèse nulle est rejetée si la p-value donnée par le test est inférieure à 0,05. Dans ce travail, le calcul de la p-value a été faite avec le logiciel R¹⁵. R n'est pas à proprement parler un logiciel de lexicométrie¹⁶ mais il propose des bibliothèques statistiques adaptées au traitement du texte ; d'autre part, l'utilisation de traitements individualisés de R permet de construire des indicateurs différents : le résultat du test du chi-2 pour savoir si la différence des distributions de fréquences est statistiquement significative, et si oui le calcul des contributions permet d'identifier le(s) corpus qui contribue(nt) à cette différence.

5.5.4. De l'ambiance visuelle à l'ambiance sonore du lieu

Des études précédentes [Viollon et al. 2002] ont montré que l'ambiance visuelle d'un lieu influe sur la perception et la description de l'ambiance sonore de ce même lieu. Les représentations proposées sur les différents supports donnent à voir des éléments visuels qui symbolisent ou montrent des éléments urbains, qui créent l'ambiance visuelle. Selon Dubois et Cance [Dubois et al. 2010], « ces indices (la couleur par exemple) peuvent se trouver diversement sémiotisés, et en particulier être plus ou moins conceptuellement autonomisés ou détachés des objets ou sources qui suscitent les sensations » (p.5). Comme nous le verrons, ces différences ont un impact sur la *perception* de l'ambiance visuelle. En ce qui concerne l'ambiance sonore, puisque le son est une onde qui se propage dans le temps et dans l'espace, sa perception dépend de différentes variables, à la fois physiques et cognitives. L'objectif de cette section est d'identifier, pour chaque support, les éléments visuels évoqués de manière privilégiée par les locuteurs et les liens que ces lecteurs mettent en place entre ces éléments visuels et l'ambiance sonore déduite.

¹⁴ Le test du chi-2 est un test statistique conçu pour déterminer si la différence entre deux distributions de fréquences est attribuable au hasard ou est suffisamment grande pour être statistiquement significative.

¹⁵ <https://www.r-project.org/>

¹⁶ Le "Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage" de Dubois et al. (1994) donne à la lexicométrie la définition suivante : *l'application des méthodes statistiques au vocabulaire d'un texte, d'un ensemble d'énoncés considérés comme représentatifs d'un auteur ou de la langue elle-même.*

Les éléments graphiques permettant de définir l'ambiance visuelle

Les quatre supports proposés dans le questionnaire donnent à voir le même lieu, mais de manière différente. Les informations transmises par la carte légendée traduisent le point de vue du cartographe, qui sélectionne les données à représenter et crée un système de représentation pour les donner à voir sur la carte. De même, une photo traduit elle aussi un point de vue, celui du photographe. En particulier, le fait que la planche n'inclue qu'une seule photo pour chaque point de mesure, a confirmé qu'une seule photo (donc prise à un instant précis) n'est pas représentative de l'endroit photographié, l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore pouvant varier selon le moment de la journée ou de l'année. Grâce à ces différentes représentations du même lieu, il est ainsi rendu possible de définir les éléments liés à l'ambiance visuelle (et, par conséquent, à l'ambiance sonore) que chaque support montre ou évoque. Une représentation cartographique d'une rue symbolisera des éléments visuels différents de ceux évoqués par une photo qui montre des éléments réels que la personne pourrait voir si elle se trouvait en ce lieu. De même, une carte offre au lecteur une image globale de l'implantation du lieu point de mesure dans la structure urbaine de la zone, alors que la photo ne montre qu'un seul point de vue de ce lieu.

Causes sonores

L'objectif est de comparer la possibilité qu'offrent les différents supports d'identifier des causes sonores. Le nombre d'occurrences de termes classés dans la catégorie des causes sonores a été calculé pour chaque support, puis un test de *chi-2* a été mis en place afin de vérifier si, de manière significative, les références aux causes sonores variaient ou non selon les supports.

D'après le test du *chi-2*, avec une marge d'erreur quasi-nulle (*p*-value inférieure ou égale à $2.2e-16$), il est possible d'affirmer que les sujets évoquent les éléments urbains correspondant à des causes sonores, de manière statistiquement significative, selon les supports. Le **Tableau 46** permet d'identifier les supports dans lesquels les références aux sources sonores sont sur ou sous représentées. La colonne *Contribution* indique la contribution à l'écart avec la distribution théorique. Le signe (+) (respectivement (-)) après le pourcentage de contribution indique que cette contribution à la différence de répartition est positive (respectivement négative)

Support	causes sonores		
	Observé	Théorique	Contribution
Carte	168	219,29	0,14 (-)
Ortho	293	181,81	0,66 (+)
Photos	117	178,06	0,20 (-)
Planche	112	110,84	0,00
Total	690	-	1,00

Tableau 46 : contribution des supports dans la répartition des occurrences de : parc, avenue, rue, bâtiments, arbres, zone de la catégorie : causes sonores.

Lorsqu'ils commentent l'ortho, les locuteurs sur-emploient largement (+66 %) les termes liés aux sources sonores ; en revanche, ils les sous-utilisent quand ils commentent les photos et, dans une moindre mesure, la carte.

1. (corpus *ortho*) « ...bah oui là effectivement on a tout sous hm on a tout sous les yeux donc on se rend bien compte que là effectivement la vue sur l'avenue sur les bâtiments ici aussi et puis que là on est dans un parc donc a priori ce sera plus sympa au point 2... »

Dans l'exemple 1, le locuteur commente l'ortho ; il mentionne l'avenue, les bâtiments et le parc, et partant de ces éléments visuels urbains en déduit l'ambiance globale (il ne spécifie pas s'il s'agit de l'ambiance visuelle ou de l'ambiance sonore) des deux lieux en employant le comparatif *plus sympa*. En revanche, dans l'exemple 2, le locuteur, en commentant la carte légendée, compare les deux lieux non pas en fonction de leur configuration urbaine, mais en utilisant les symboles cartographiques (« *sur le 1 avec que du rouge* »). L'élément urbain, la *grande avenue*, n'apparaît qu'à la fin de l'énoncé.

2. (corpus *carte*) « ...quand on compare les choses on se rend bien compte que là/ euh sur le 1 avec que du rouge quasiment euh que forcément c'est/ ça va être désagréable mais ça m'étonne pas puisque/ euh c'est une grande avenue donc forcément euh de la circulation... »

En outre, utilisant la couleur de la légende qui indique si l'ambiance sonore est plus ou moins agréable, le locuteur se focalise sur l'ambiance sonore, ce qui est probablement dû au fait que, comparée à une ortho, qui donne une image plus objectivée du lieu, à partir de laquelle le lecteur reconstruit l'ambiance visuelle (exemple 1), une carte légendée traduit le point de vue du cartographe.

Le **Tableau 47** montre le nombre d'occurrences des termes de la catégorie des *causes sonores* : *parc*, *avenue*, *rue*, *bâtiments*, *arbres* et *zone*. Les différents sous-corpus n'ayant pas la même taille, des valeurs normalisées ont été calculées sur un corpus de 1 000 mots.

Causes sonores	Carte	Ortho	Photos	Planche
Parc	2,55	5,08	2,44	3,03
Avenue	1,79	5,70	1,10	2,65
Rue	3,77	5,47	2,51	4,68
Bâtiments	1,79	1,92	0,78	1,01
Arbres	0,12	2,31	1,88	1,39
Zone	0,70	2,08	0,47	1,39
Total/1 000 mots	10,74	22,59	9,21	14,16
total non normalisé	168	293	117	112

Tableau 47 : valeurs normalisées des occurrences des sources sonores

Dans les commentaires de l'ortho, les causes sonores sont surreprésentées. Le **Tableau 47** permet de voir que ce sont les avenues, les rues et les parcs qui sont le plus évoqués ; de fait, ce sont ces éléments structurants qui sont les plus visibles sur l'ortho. Les arbres sont peu nommés dans les commentaires sur les cartes, ce qui est cohérent avec le fait que les arbres n'y sont pas individualisés : sur la carte, la végétation est représentée par un aplat de couleur verte. Enfin, l'angle de vue de la photo ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble de la zone, ce qui explique le score très faible de *zone* dans le corpus *photos*.

Sources sonores

L'objectif est de comparer la possibilité qu'offrent les différents supports d'identifier des sources sonores. Ces sources et leur perception peuvent varier selon le contexte, en particulier le moment de la journée et les conditions météorologiques, mais cette variabilité est seulement évoquée lorsque le locuteur commente les photos qui montrent effectivement différents moments de la journée (*soirée*, *journée*) et conditions météorologiques (*pluie*, *soleil*).

p-value = 3.4e-15	sources sonores		
Support	Observé	Théorique	Contribution
Carte	59	114,73	0,43 (-)
Ortho	89	95,12	0,01 (-)
Photos	157	93,16	0,56 (+)
Planche	56	57,99	0,00
Total	361	-	1,00

Tableau 48 : contribution des supports dans la répartition des occurrences de : voitures, circulation, gens, bus, trafic, véhicules, enfants appartenant à la catégorie sources sonores

Le **Tableau 48** montre la fréquence des références aux sources sonores dans les différents sous-corpus, et confirme que les locuteurs évoquent les sources sonores surtout lorsqu'ils commentent les photos des trois points de mesure. Au contraire, la carte est le support qui évoque le moins les sources sonores qui sont liées à la circulation et à la présence humaine.

3. (corpus : *carte*) « ...a zone 3 bah on voit/ la route est pas très large/ et/ qui est proche proche des bâtiments donc on on s'imagine/ faible passage de voitures enfin/ voire ou même peut-être un/ [gorge] une route à sens unique où voilà assez peu assez peu de circulation... »

Dans l'exemple 3 le locuteur, qui commente la carte légendée, déduit de la circulation qu'un endroit est plus ou moins bruyant qu'un autre. La circulation dépendant de la largeur de la rue (« *la route est pas très large* »), la largeur de la rue peut être considérée comme un élément urbain permanent (*cause sonore*) qui fait qu'il y a « *peu de circulation* », la circulation étant considérée, en revanche, comme une source de bruit. En outre, en disant « *une route à sens unique* », le locuteur fait, bien qu'indirectement, le lien entre *causes sonores* et *sources sonores*.

4. (corpus : *photos*) « ...la première elle semble plus bruyante [1/par]¹⁷- à cause des voitures du trafic et peut-être aussi du mauvais temps et du coup peut-être que la personne qui se trouve dans la rue se sentira plus oppressée par le bruit alors que la deuxième il fait beau euh on voit pas trop les voitures un peu moins les bâtiments on a plus l'impression d'espace et du coup de d'intensité sonore [1/plus]- supportable... »

Extrait du sous-corpus *photos*, l'exemple 4 montre que le locuteur identifie la source sonore : la circulation des voitures ; il ne la déduit pas de la largeur de la rue, comme c'était le cas dans l'exemple 3. L'interprétation pourrait être que le locuteur imagine que la photo montre exactement ce qu'il pourrait avoir s'il était sur place. Il pointe des informations contribuant à l'ambiance visuelle (*les voitures, les bâtiments*) et devient plus sensible au contexte montré par la photo, ici le contexte météorologique (*mauvais temps, il fait beau*), et le considère comme une variable influençant la perception des ambiances visuelle et sonore.

Une autre différence entre les quatre supports peut être marquée par la manière dont les locuteurs parlent du temps (i.e. l'heure, le moment de la journée, etc.) lorsqu'ils les commentent. Dans les commentaires sur les photos, bien que la description soit toujours au présent, le locuteur essaie de situer la photo dans un moment précis de la journée (par exemple, *le matin, les heures de pointe, la sortie de l'école*) ou de l'année (*le mois d'août*). En outre, des références à des moments différents de ceux représentés sur les photos sont faites (exemple 5).

5. (corpus : *photos*) « ...c'est plutôt la sortie de l'école euh là ça doit être assez fort agrément moyen mais si j'y habite ou si je suis dans le coin je me dis que c'est que passer et que au bout d'un moment y aura plus de bruit parce que l'école sera fermée et donc ça ça serait bien... »

En revanche, les locuteurs font moins de références au temps en commentant la carte et encore moins l'ortho. Le fait que le symbole sur la carte légendée montre à la fois l'agrément et l'intensité sonores selon les différents moments de la journée, a conduit les locuteurs à utiliser des références soit très générales (par exemple, *tranches horaires, les différents moments de la journée*) soit très précises comme, par exemple, *entre 18h et 21h*. Puisqu'ils ne mentionnent que les heures indiquées sur la légende, nous pouvons affirmer que c'est uniquement la lecture de la légende qui suggère ce type de référence au moment de la journée.

Interprétation des éléments visuels

Le locuteur déduit l'ambiance sonore (catégories ; *causes sonores* et *sources sonores*) à partir de l'ambiance visuelle. Ces déductions sont marquées par l'utilisation de connecteurs : *donc, mais, parce que, du coup, forcément, a priori*. Afin de vérifier si un support permet significativement plus qu'un autre de déduire l'ambiance sonore à partir de l'ambiance visuelle, la fréquence de ces connecteurs dans les quatre supports a été mesurée avec un test de chi-2 (**Tableau 49**).

¹⁷ Cette balise indique un faux départ.

p-value = 5,6 e-3	connecteurs		
Support	Observé	Théorique	Contribution
Carte	477	539,97	0,68 (-)
Ortho	470	447,68	0,09 (+)
Photos	475	438,43	0,23 (+)
Planche	277	272,92	0,00
Total	1699	-	1,00

Tableau 49 : contribution des supports dans la répartition des occurrences de : donc, mais, parce que, du coup, forcément, a priori de la catégorie : connecteurs

D'après le **Tableau 49**, l'emploi des connecteurs est significativement dépendant des supports. Lorsqu'ils commentent la carte, les participants font un emploi significativement réduit des connecteurs alors qu'ils les sur-emploient en décrivant la photo. L'interprétation pourrait être que la carte étant le produit du travail de traduction graphique des données, l'information à représenter a été sélectionnée et mise en forme par le cartographe afin de limiter, voire supprimer, ambiguïté et interprétation. Ainsi, la carte donne une information directe qu'il suffit de lire là où la photo et l'ortho montrent une réalité qui doit être déchiffrée et interprétée. Ce travail d'interprétation est lexicalement marqué par l'emploi des connecteurs. Les exemples 7 et 8 montrent des emplois variés des connecteurs.

6. (corpus : *photos*) « ...photo trois euh/ alors beaucoup de voitures il y a des voitures stationnées donc elles font pas de bruit a priori mais il y a une circulation oui aussi dense donc/ intensité sonore/ je dirais euh/ moyenne à forte... »

7. (corpus : *photos*) « ...le point six ça doit être très sonore mais ça doit être un un agrément sonore assez agréable parce que c'est une fontaine... »

Dans l'exemple 6, le locuteur déduit des voitures, stationnées et qui circulent, de la photo que l'intensité sonore est importante. En revanche, dans l'exemple 7, le locuteur qualifie d'abord l'agrément sonore (*assez agréable*) pour ensuite l'associer à sa source (*parce que c'est une fontaine*).

Éléments permettant de qualifier agrément et intensité sonores

L'objectif est d'identifier le support qui permet le mieux au lecteur de la carte de décrire l'agrément et l'intensité sonores. Des cooccurrences permettant de qualifier les composés : *agrément sonore* et *intensité sonore* ont été recherchées dans le corpus (seules ont été retenues les cooccurrences non ambiguës, i.e. non rattachées ou rattachables à d'autres contextes) et un test de chi-2 destiné à vérifier si les supports testés permettaient au lecteur de qualifier l'agrément et l'intensité sonores d'un lieu a été mis en place.

Qualification de l'agrément sonore

En ce qui concerne l'agrément sonore, les cooccurrences trouvées dans le corpus et étudiées sont : *bruit, calme, agréable* et *désagréable*. Le **Tableau 50** donne la répartition des qualifieurs du composé *agrément sonore* selon les supports.

p-value : 1.196e-14	agrément		
Support	Observé	Théorique	Contribution
Carte	152	172,89	0,04 (-)
Ortho	97	143,34	0,22 (-)
Photos	224	140,38	0,71 (+)
Planche	71	87,39	0,03 (-)
Total	544	-	1,00

Tableau 50 : contribution des supports dans la répartition des occurrences des qualifieurs de l'agrément sonore (catégorie : agrément)

Comme pour la catégorie des connecteurs (**Tableau 49**), la photo est le support qui, comparé aux autres, conduit le plus le locuteur à qualifier l'agrément sonore d'un lieu. Cela est cohérent avec les

résultats concernant la contribution des supports dans la répartition des occurrences des sources sonores. Le fait de pouvoir identifier les éléments qui génèrent du bruit permet ensuite de définir la qualité du son, de l'ambiance sonore et, par conséquent, de l'agrément sonore.

8. (corpus : *photos*) « ...sur la photo 2 donc on est dans un parc mais on voit quand même qu'il y a des immeubles pas très loin mm [1/c]- ça suggère que le parc n'est pas si grand et que le bruit des autours se fait entendre hm mais globalement c'est plutôt très calme et agréable et il y a pas grand monde... »

Cet exemple montre que le locuteur, à partir de la représentation photographique du Parc de Choisy, se fait une idée de l'agrément sonore. Il identifie les deux sources sonores : le parc, qui est généralement un endroit calme avec un volume sonore faible, et les bâtiments qui se trouvent autour du parc qui vont avoir un impact sur l'agrément sonore du parc à partir desquelles il construit sa représentation de l'agrément sonore du lieu : « *globalement c'est plutôt très calme et agréable* ». En outre, cet exemple confirme ce qui a déjà été analysé dans la section sur les *sources sonores* : la photo est le support qui permet le plus d'évoquer des références liées à la présence humaine et à son influence sur l'agrément sonore (« *et il y a pas grand monde* »).

En revanche, l'ortho et, encore plus, la carte légendée donnent une vision globale du lieu sans mettre en évidence les sources sonores. Ainsi, les participants se bornent à interpréter la légende de la carte légendée et, commentant l'ortho, ils partent de la structure urbaine du lieu pour identifier les causes et sources sonores sans pourtant arriver à en déduire et décrire l'agrément sonore de la zone.

9. (corpus : *ortho*) « ...on imagine que dans le parc il y a un peu moins de bruit qu'ailleurs mais ça veut rien dire donc c'est vrai que moi quand je vois des rues j'ai tendance à penser qu'*a priori* ça va être ça risque d'être bruyant et que dans un parc *a priori* il y aura moins de bruit mais à part ça c'est difficile... »

L'exemple 9 montre qu'une ortho donne moins d'éléments visuels correspondant à l'expérience quotidienne qu'une photo et que, par conséquent, le locuteur doit solliciter son imagination (*on imagine que*) et son expérience personnelle (*j'ai tendance à penser*). Ici, le locuteur déduit l'agrément sonore du parc non pas à partir des éléments donnés par la représentation cartographique du lieu mais de l'image d'un parc qu'il s'est construite à partir de sa propre expérience.

Qualification de l'intensité sonore

Les mots permettant de qualifier l'intensité et l'agrément sonores ont été regroupés dans la catégorie des *adverbes* (*peu, beaucoup, plutôt, assez*). Selon le test du chi-2, la répartition des adverbes n'est pas statistiquement significative et l'hypothèse nulle (i.e. la répartition est attribuable au hasard) ne peut être rejetée car la p-value (0,23) est supérieure à la valeur limite (0,05). Il n'est donc pas possible, à l'aide d'un test du chi-2, de décider si l'emploi des qualificatifs de l'intensité sonore : la catégorie des *adverbes* (*peu, beaucoup, plutôt, assez*) dépend ou non du support.

p-value = 0,23	<i>adverbes</i>		
	Observé	Théorique	Contribution
Support			
Carte	206	226,92	
Ortho	188	188,14	
Photos	205	184,25	
Planche	115	114,69	
Total	714	-	

Tableau 51 : répartition des occurrences des qualificatifs de l'intensité sonore (catégorie : *adverbes*)

Les exemples 10 et 11 donnent un aperçu des commentaires qualifiant l'intensité sonore d'un lieu.

10. (corpus : *photos*) « ...le point trois/ du coup la rue est enfin elle paraît plus loin sur celle-là que celle c'est parce le scooter il est il est garé sur le côté okay/ ça me paraît assez calme... »
11. (corpus : *carte*) « ...l'intensité sonore est très forte/ et en plus elle est désagréable/ et je le soir les/ un petit peu moins forte/ mais toujours assez désagréable... »

Dans l'exemple 10, extrait du corpus *photos*, le premier locuteur fonde son appréciation de l'ambiance sonore (*assez calme*) sur la voiture (« *elle paraît plus loin* ») et le scooter (« *il est garé sur le côté* ») représentés dans la photo. Au contraire, dans l'exemple 11, du corpus *carte*, le deuxième locuteur n'ayant qu'une représentation cartographique du lieu, se limite à lire les informations données par la légende (« *un petit peu moins forte mais toujours assez désagréable* »).

5.5.5. L'expression de la subjectivité

L'intensité sonore et la perception de cette même intensité sonore sont deux notions différentes ; si la première est une mesure physique mesurée en décibels, la deuxième est une dimension subjective. En effet, la perception de l'intensité sonore varie substantiellement avec le sujet. Plus précisément, un bruit peut être perçu comme plus ou moins agréable selon la sensibilité de l'oreille, l'expérience sonore et l'habitude que l'individu a de ce bruit, mais également de la connotation que l'individu associe à ce bruit. Cette dimension subjective peut être reliée à la fonction émotive, ou expressive (Jakobson, 1960), qui vise à une expression directe de l'attitude¹⁸ du locuteur face à ce dont il est en train de parler (p. 354). Dans cette section, l'objectif est d'analyser comment l'expression de la subjectivité du locuteur est ou non favorisée selon les supports. Plus précisément, il s'agit de vérifier si le type de support proposé influence la modalité de prise en charge du discours par le locuteur (par l'utilisation des mots de la catégorie *subjectivité* : *je, moi* et *me*) et l'expression de son opinion (les verbes : *pense, vois, imagine, dirais, impression, voit, doit...*).

La modalité de prise en charge du discours par le locuteur

Puisque l'agrément sonore et la perception d'un bruit sont subjectifs, nous avons voulu examiner le rôle du locuteur dans la représentation de l'ambiance sonore du lieu, et sa position dans le discours. Un énoncé contenant le pronom personnel *je* montre que le locuteur prend en charge ce qui est dit en le montrant comme son propre point de vue. En revanche, si le locuteur utilise le pronom *on*, il présente le contenu de l'énoncé comme une opinion partagée. Plus spécifiquement, dans notre analyse, l'utilisation de *je* montre la nécessité d'interpréter l'information représentée sur les différents supports à partir de l'expérience personnelle du sujet. En revanche, à travers l'emploi de *on*, le locuteur présuppose qu'un son ou, par exemple, la vue d'une voiture ou d'un parc, évoquent une perception similaire chez la plupart des sujets appartenant au même groupe social et culturel. Ce lien entre langage et contextes sociale et culturel est développé par Galatanu [Galatanu 2008] :

« Les éléments de signification évolutifs, marqués culturellement forment un ensemble ouvert d'associations de représentations, que nous appelons avec Putnam et Anscombe, "stéréotypes" et qui nous permettent le calcul des déploiements possibles du potentiel discursif du mot. L'ancrage dénotatif est présent aussi bien au niveau du noyau stable et au niveau des stéréotypes culturellement ancrés et évolutifs, le langage étant appréhendé comme outil cognitif, de représentation du monde. » (Galatanu 2008 en ligne)

L'appartenance à un groupe culturel conditionne les productions verbales des individus composant ce même groupe. Plus précisément, ce que Galatanu [Galatanu 2008] définit comme « noyau stable » est la signification d'un nom qui, au sein d'un contexte et d'un groupe culturels, est associé à d'autres représentations, les « stéréotypes ». L'objectif ici est de vérifier si la position du locuteur varie selon le support qui lui est proposé et, plus spécifiquement, si un support offre une image de l'ambiance sonore plus subjectivée ou objectivée que les autres représentations.

¹⁸ Sur la distinction entre émotions, sentiments et attitudes, voir Ochs et Schieffelin (1989), Caffi et Janney (1994), Plantin (2011) et Scherer (2005).

p-value : 5.25e-08	<i>subjectivité</i>		
Support	Observé	Théorique	Contribution
Carte	578	507,87	0,32 (+)
Ortho	432	421,07	0,01 (+)
Photos	312	412,37	0,65 (-)
Planche	276	256,69	0,02 (+)
Total	1598	-	1,00

Tableau 52 : contribution des supports dans la répartition des occurrences de la modalité de prise en charge du discours par le locuteur (catégorie : subjectivité)

Le **Tableau 52** indique que les photos provoquent un discours significativement plus objectif que les autres supports. L'explication pourrait être la même que celle évoquée précédemment pour commenter les possibilités de déduction offertes par les différents supports. Le locuteur considère que la photo lui donne une représentation objective et complète de ce qu'il pourrait voir s'il se trouvait au point de mesure, il a alors tendance à déduire l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore en décrivant ce qu'il voit sur la photo et non pas en lisant et interprétant les informations incluses dans la représentation proposée comme dans la carte légendée. Dans cette dernière, l'interprétation a déjà été effectuée par le cartographe, qui ne nous en donne que le résultat. Cependant, afin de comprendre la légende et les informations qu'elle donne, le lecteur doit effectuer le même processus d'interprétation, mais en sens inverse. Si le cartographe part du ressenti (les valeurs de l'agrément sonore telles qu'elles ressortent de l'enquête) pour le traduire en symboles, le lecteur doit partir des symboles et de la légende pour imaginer et construire le ressenti (exemple 12). Au contraire, avec une photo, le locuteur relève et interprète les éléments donnés à voir (notamment, les causes et les sources sonores) pour définir les ambiances visuelle et sonore du lieu (exemples 13 et 14).

12. (corpus : *carte*) « ...je dirais que la vue doit être plus agréable au point deux qu'aux deux autres points euh bah le les bâtiments les couleurs enfin la légende... »

Dans cet exemple, le locuteur expose la représentation qu'il se fait du lieu ; le sujet de la proposition est *je*, ce qui confirme que ce sont son propre point de vue et sa propre déduction qui sont exposés. Cela est rendu encore plus évident par le conditionnel *dirais* employé par le locuteur (au lieu du présent *dis*, par exemple) ; il présente sa proposition non pas comme une vérité partagée mais comme le fruit de son interprétation personnelle et donc discutable. A la fin de la phrase, le locuteur glisse de son interprétation des objets du fond de carte (les bâtiments, la structure urbaine) aux symboles légendés (« *les couleurs enfin la légende* ») ; il interprète et justifie les symboles cartographiques à l'aide de son expérience.

13. (corpus : *photos*) « ...la dernière donc on voit personne et une voiture loin donc plutôt très calme... »

Par comparaison avec l'exemple précédent, le pronom *je* a été remplacé par le pronom indéfini *on*, le conditionnel par le présent, et le verbe *dire* par le verbe *voir*. Ici le locuteur présente l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore comme des informations partagées et qui seraient comprises et perçues de la même manière par tous (emploi du *on*). Le locuteur décrit ce qu'il *voit* et ne pense pas donner une interprétation personnelle.

14. (corpus : *photos*) « ...alors ce que euh ce que je vois qui me fait dire que bah il y a plein d'arbres donc voilà mais il y a des poubelles sorties/ donc on sent bien que les éboueurs sont pas très loin... »

Dans l'exemple 14, extrait du corpus *photos*, le verbe *voir* confirme ce qui a été dit pour l'exemple précédent. En outre, le locuteur fonde sa représentation de l'ambiance visuelle non pas sur sa propre interprétation mais sur ce qui est représenté sur les photos (« *qui me fait dire que* »). Malgré la présence de *je* au début de l'énoncé, la conclusion faite par le locuteur (introduite par *donc*) est formulée avec le pronom indéfini *on* et renforcée par l'adverbe *bien*, qui permet de présenter l'assertion comme une opinion partagée, ce qui n'était pas le cas pour la déduction faite en commentant la carte légendée, dans l'exemple 12 (« *je dirais que la vue doit être plus agréable..* »).

L'opinion du locuteur

Nous définissons comme *opinion du locuteur* la modulation du discours faite par le participant à travers les verbes : *pense, vois, imagine, dirais, impression, voit, doit*. Cette modulation du discours peut être prise en charge par le locuteur seul (verbe à la première personne du singulier) ou attribuée au groupe (3^{ème} personne du singulier¹⁹). Cela rejoint la définition de *modalité de constat* faite par Charaudeau [Charaudeau 2011], selon qui « le propre de la « modalité de constat » est d'objectiver le propos qui la suit ou la précède, ce qui a pour effet de dédouaner son énonciateur de tout jugement personnel » (p. 137). En examinant le sur- ou sous-emploi de ces verbes, l'objectif est de vérifier si les supports favorisent l'expression de la subjectivité (i.e. de l'interprétation et de la déduction) ou, au contraire, de la description. Dans le corpus de l'enquête, l'expression de la subjectivité accompagne l'interprétation du support visuel : l'information n'est pas rendue explicite (comme, par exemple, dans les photos) et doit être interprétée et déduite à partir des éléments fournis par le support. Au contraire, une production langagière de l'ordre de la description montre que l'information est donnée de manière directe (c'est le cas de la légende incluse dans la représentation cartographique) et, par conséquent, ne nécessite que d'être lue.

p-value : 1.591e-06	<i>opinion</i>		
	Observé	Théorique	Contribution
Support			
Carte	172	219,93	0,43 (-)
Ortho	205	182,34	0,09 (-)
Photos	225	178,57	0,40 (+)
Planche	90	111,16	0,08 (-)
Total	692	-	1,00

Tableau 53 : contribution des supports dans la répartition des occurrences de l'opinion du locuteur (catégorie : opinion)

Le **Tableau 53** permet de constater que lorsque les locuteurs commentent la carte légendée, ils sous-utilisent les formes permettant d'exprimer une opinion ou une interprétation. L'explication pourrait être que la carte est perçue comme une source d'information objective qui ne donne pas matière à interprétation. Seuls quelques locuteurs, comme nous l'avons vu dans la section précédente, ont mis en place un processus d'interprétation inverse de celui utilisé par le cartographe (exemple 15).

15. (corpus : *carte*) « ...c'est tout à fait subjectif j'ai vu quelque chose donc je pense/ en fonction de mon de mon expérience... »

Ici le locuteur affirme clairement que son interprétation de la légende est faite selon son expérience personnelle. Il analyse un objet cartographique à partir de ce qu'il connaît déjà et/ou de l'idée qu'il a sur une source ou une cause sonores.

En ce qui concerne les commentaires sur les photos montrant les trois points de mesure, le tableau indique un sur-emploi des formes de modulation. Bien que la prise du discours par les locuteurs soit mineure (l'utilisation de *je* étant réduite dans le corpus *photos*), les locuteurs ont tendance à présenter l'ambiance visuelle et l'ambiance sonore comme une opinion personnelle et singulière. Ce contraste entre modalité de prise en charge du discours et opinion du locuteur peut être retrouvé dans l'exemple 16, extrait du corpus *photos*.

16. (corpus : *photos*) « ...ça c'est le point donc avenue d'Italie bah on imagine bien bon c'est vrai que quand on voit la première photo là l'avenue d'Italie/ on s'imagine que l'intensité sonore doit pas être trop importante puisqu'on ne voit que deux voitures qui circulent/ une petite moto là... »

Le locuteur n'utilise que le pronom *on*; toutefois les verbes employés sont de l'ordre de l'évaluation (*on imagine, doit pas être*). Cet exemple montre aussi que l'évaluation est faite à partir de ce que le locuteur voit représenté sur les photos proposées (« *puisque on ne voit que deux voitures qui circulent* ») et qu'il interprète à l'aide de son expérience personnelle (dans cet exemple, l'association entre le nombre de *voitures* et l'intensité sonore).

¹⁹ De manière assez prévisible puisque le corpus est la transcription d'entretiens oraux, aucune forme à la première personne du pluriel n'a été relevée.

5.5.6. Synthèse et conclusion

L'hypothèse avancée dans ce travail est que la perception que le lecteur a des ambiances visuelle et sonore d'un lieu ainsi que sa verbalisation dépendent du support, et plus précisément de la manière dont les informations sont représentées sur le support. Il est donc supposé que chacun des quatre supports permet une représentation et une verbalisation différente des ambiances sonore et visuelle. Les éléments visuels, cartographiques ou photographiques, sur lesquels les locuteurs construisent l'ambiance visuelle et, par conséquent, l'ambiance sonore du lieu, varieraient d'un support à l'autre.

L'analyse statistique du corpus a porté sur les éléments graphiques, causes sonores : *parc, avenue, rue, bâtiment, arbre, zone* et sources sonores : *voitures, circulation, gens, bus, trafic, véhicules, enfants*, qui ont permis aux locuteurs de définir et décrire l'ambiance visuelle des lieux et d'en déduire l'intensité et l'agrément sonores. La modalité de prise en charge du discours par le locuteur et l'expression de son opinion ont aussi été analysées. Les résultats sont les suivants.

La photographie donne à voir des éléments qui permettent au locuteur de se représenter l'agrément sonore du lieu et en particulier les sources sonores (éléments urbains non permanents) comme les voitures, les écoles (que le locuteur associe au bruit des sorties d'école). Elle oriente aussi le lecteur sur les conditions climatiques, ce qui n'est pas souhaitable lorsque l'on souhaite orienter le lecteur sur le monde du sonore. L'orthographie parce qu'elle montre une vue aérienne d'un lieu permet de visualiser la structure urbaine et les sources sonores correspondantes (*large avenue/circulation et voitures, parc/oiseaux et enfants*, etc.). La photo, même si elle montre d'abord le point de vue du photographe, propose aussi une image familière et reçue comme réaliste du lieu, que le locuteur interprète abondamment comme le montre le sur-emploi des connecteurs : le locuteur interprète, à partir de son expérience (sur-emploi des verbes d'opinion), les éléments photographiques qu'il juge significatifs. En revanche, les connecteurs sont sous-employés lorsque le locuteur commente la carte : la carte est perçue comme une vérité scientifique (même si elle traduit aussi un point de vue, celui du cartographe) qui peut et doit être lue directement et ne donne pas matière à interprétation.

Ce travail a donc confirmé l'hypothèse selon laquelle la perception de l'agrément sonore varie en fonction de la représentation proposée et, plus précisément, selon l'ambiance visuelle du lieu que le locuteur se construit à partir de la représentation visuelle qui lui en est faite, représentation qu'il interprète et verbalise, confirmant avec Vandeloise [Vandeloise 1991] qu'il exprime non pas la réalité physique du son mais sa perception guidée par son expérience.

5.6. Proposition alternative

L'évaluation des propositions cartographiques a montré que ce sont les cartes les plus complexes qui sont considérées par les lecteurs de cartes comme les plus attrayantes et les plus utiles, et ce même si les symboles sont difficiles à comprendre et souvent mal compris par ces mêmes lecteurs. En conséquence, deux options alternatives ont été formulées :

- construire une cartographie qui montre l'ensemble des variables perceptives recueillies pendant l'enquête même si cette cartographie est complexe, et donc encore plus difficile à comprendre ;
- construire une cartographie simplifiée qui privilégie la bonne compréhension des deux indicateurs même si les variations des valeurs des indicateurs sont rendues plus grossières.

Les propositions correspondantes sont présentées dans les paragraphes suivants.

5.6.1. Cartographie de l'ensemble des données perceptives de l'enquête

La **Figure 120** présente la proposition cartographique qui a pour objectif de donner les valeurs de l'ensemble des données perceptives aux différents moments de la journée. Pour cela, de nouveaux symboles ont été créés qui montrent :

- l'ambiance sonore à partir de trois items caractérisant un son : l'intensité, l'agrément et la permanence. Le symbole est divisé en trois parties qui correspondent chacune à un

moment de la journée. Chacune des parties du symbole porte l'ensemble des variables visuelles; Pour représenter l'intensité, c'est la variable visuelle taille qui a été choisie ; pour l'agrément, c'est la couleur et pour la permanence, la texture. Les variations d'intensité sonore sont rendues par des variations de taille. L'agrément est évalué sur quatre niveaux, et donc avec quatre couleurs différentes (gamme divergente). Les variations de texture correspondent à des variations dans la permanence du son sur trois niveaux, de son très discontinu (rayures très espacées) à son continu (rayures jointives jusqu'à former une couleur unie).

- les caractéristiques de l'ambiance sonore sont représentées par des pictogrammes, et la variation de la taille du pictogramme correspond à la variation de l'importance de l'item concerné. Trois tailles sont proposées et les pictogrammes permettant de caractériser une ambiance sonore représentent les qualificatifs suivants : *animée*, *calme*, *familière*, *agréable visuellement* et *enveloppante*,
- la variété des bruits perçus en un point contribue aussi à la création de l'ambiance sonore en ce point. Des pictogrammes montrent les différentes sources sonores et leur redondance l'intensité de l'item correspondant. Les sources sonores représentées sont classées en trois catégories : la circulation (klaxons, poids lourds, véhicules légers, deux roues), la présence humaine (pas, voix, jeux d'enfants, activités urbaines) et la présence des bruits des éléments naturels (bruit du vent, bruit d'eau, oiseaux, bruit naturel).

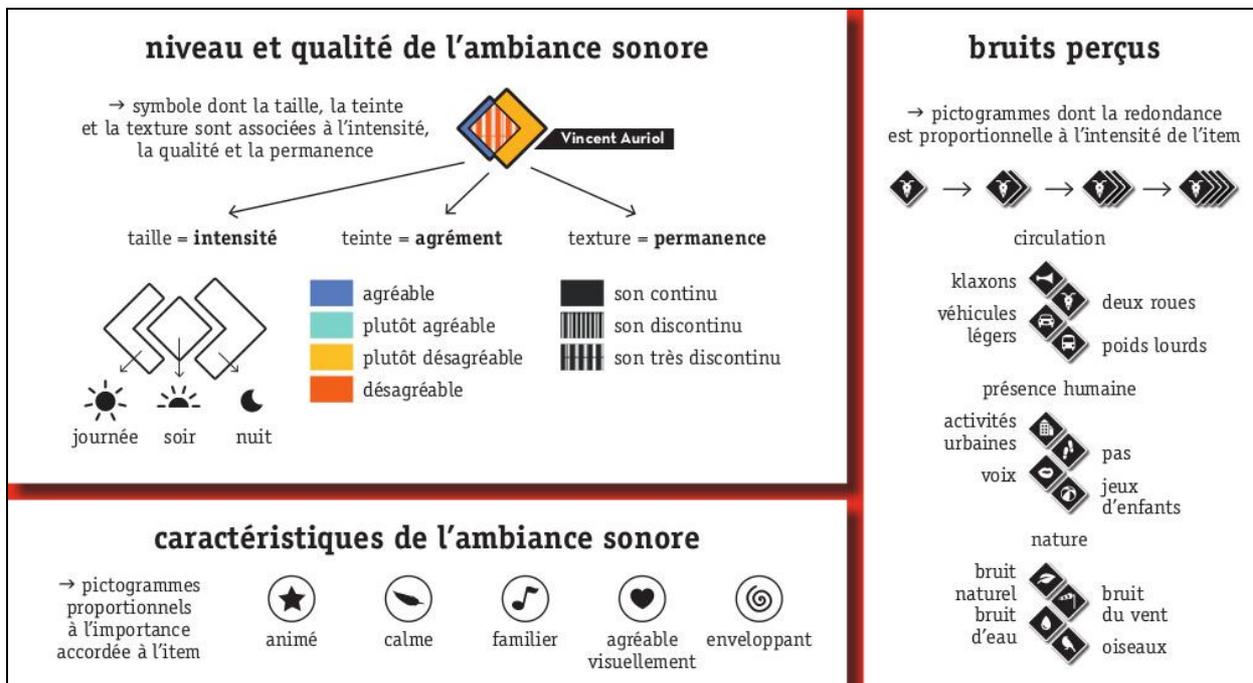


Figure 120 : Proposition de représentation des différentes variables perceptives

La **Figure 121** montre un extrait de la zone d'étude avec les symboles et les pictogrammes représentant l'agrément sonore, le volume sonore et la permanence du son, ainsi que les caractéristiques de l'ambiance sonore pour les trois périodes de la journée.

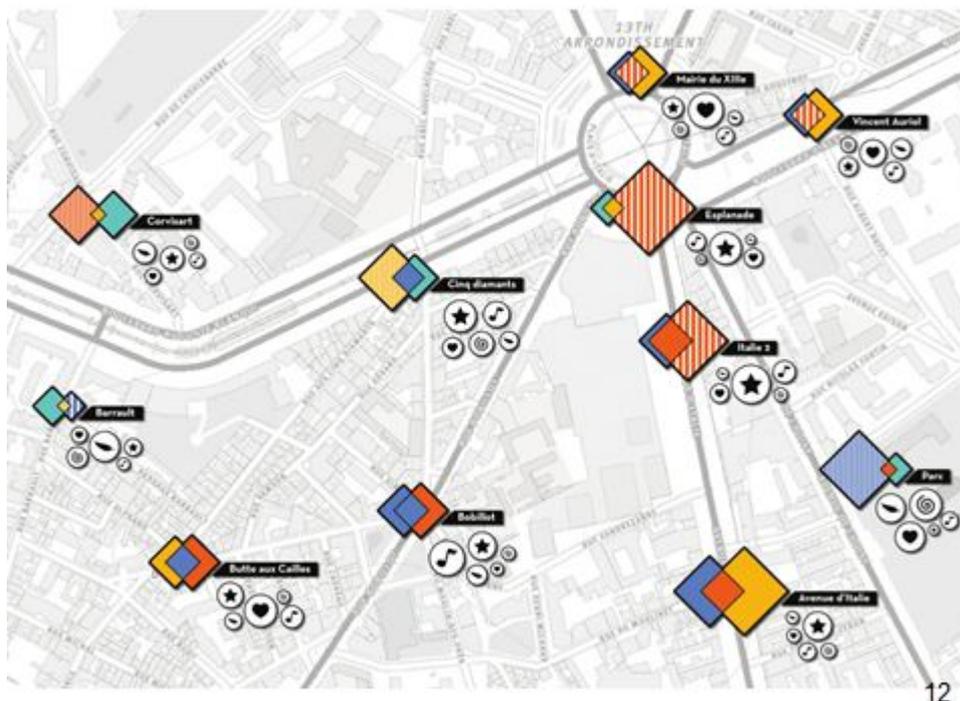


Figure 121 : Représentation des différentes variables perceptives sur un extrait des points d'enquête

5.6.2. Cartographie simplifiée des deux indicateurs : agrément sonore et volume sonore

La dernière proposition cartographique alternative vise à représenter les indicateurs prédits d'agrément et de volume sonores et la valeur (prédite) des variables explicatives des formules de prédiction de ces indicateurs. Cette proposition prend en compte les conclusions de l'évaluation des propositions cartographiques initiales (cf. section 0). Elle vise donc à simplifier le rendu cartographique et à donner des informations simplifiées sur l'agrément et le volume sonores. L'idée d'une légende bivariée a été retravaillée en diminuant le nombre de classes du volume sonore : 3 au lieu de 4. La légende (voir **Figure 122**) est donc composée de 4 (nombre de classes de l'agrément sonore) * 3 (nombre de classes du volume sonore), i.e. 12 classes. La variable visuelle teinte (à saturation et luminosité constantes) est utilisée pour représenter l'agrément sonore, et la variable visuelle valeur pour le volume sonore.

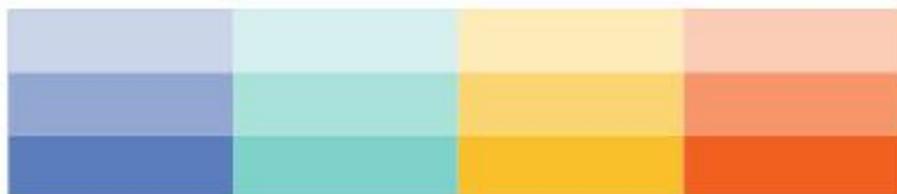


Figure 122 : Echelle bivariée de représentation des indicateurs d'agrément et de volume sonores

La **Figure 123** montre la carte obtenue avec cette échelle bivariée et les pictogrammes indiquant la présence et l'intensité des sources sonores contribuant à l'ambiance sonore.

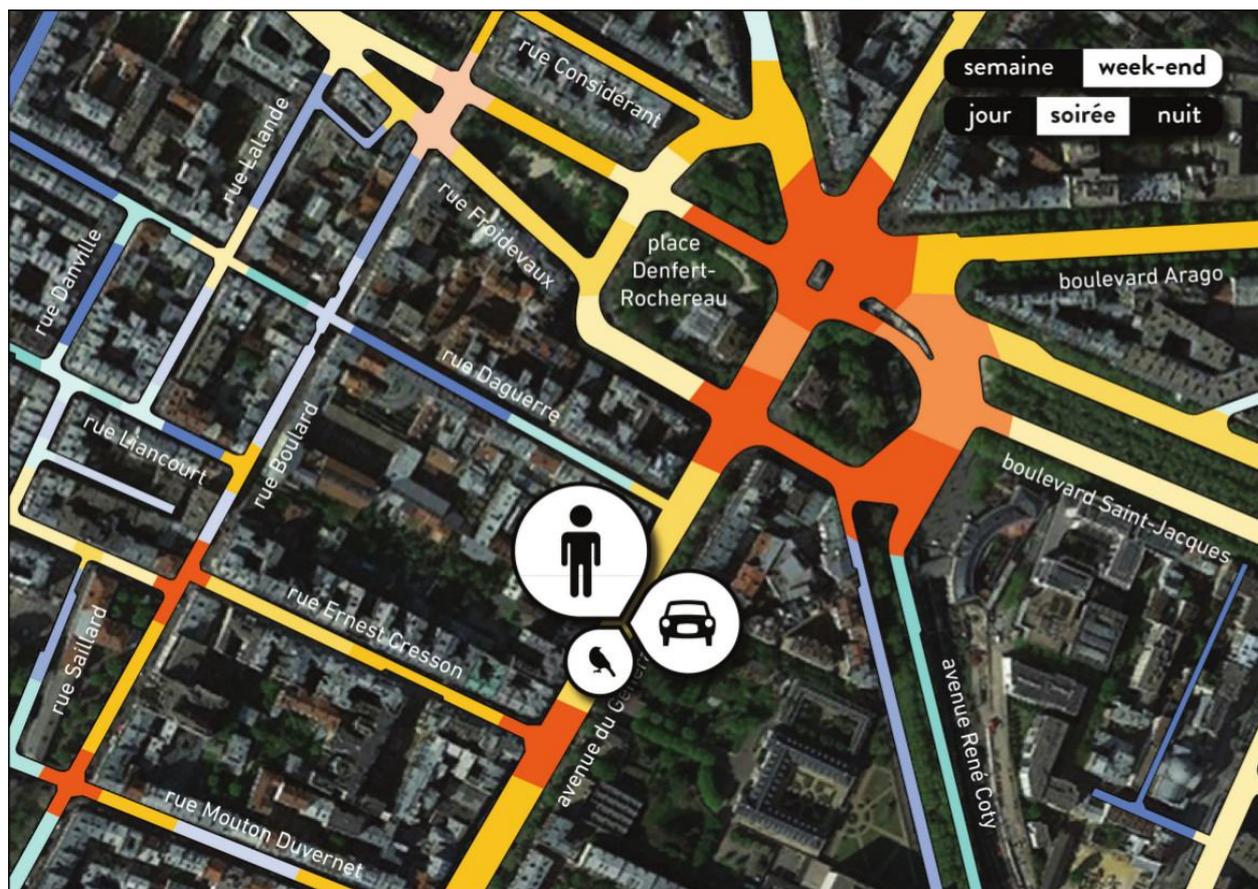


Figure 123 : Représentation des différentes variables perceptives avec l'échelle bivariée sur un extrait de la zone d'étude

6. CHAPITRE 6 : Proposition finale des cartes

Pour aller encore plus loin dans la simplification des cartes et permettre de séparer les deux notions d'agrément sonore et d'intensité sonore toujours mal différenciées lors des évaluations des cartes, de nouvelles cartes ont donc été proposées, avec des échelles univariées. Elles ne montrent pas la photographie du lieu. Elles montrent bien la présence des sources sonores. Elles s'appuient aussi sur un fond de carte classique qui est apprécié des lecteurs (voir section 5.5).

6.1. Proposition définitive des cartes prédictives de la qualité sonore urbaine

Les cartes ci-dessous présentent les propositions de cartes qui s'appuient sur tous les travaux présentés au Chapitre 5. Elles reprennent la différenciation de la présentation de l'intensité sonore ou de la qualité sonore pour différentes périodes de la journée et différentes périodes de la semaine. Elles ne montrent que l'espace public puisque ces cartes sont construites sur des modèles géoréférencés, qui ne permettent pas de prendre en compte la propagation du son au-delà du masque des bâtiments (Chapitre 4). Ces cartes sont censées traduire une présentation dynamique des cartes sur un futur site web. Les zones visualisées en noir signifient qu'un lecteur virtuel a choisi d'afficher ces informations.

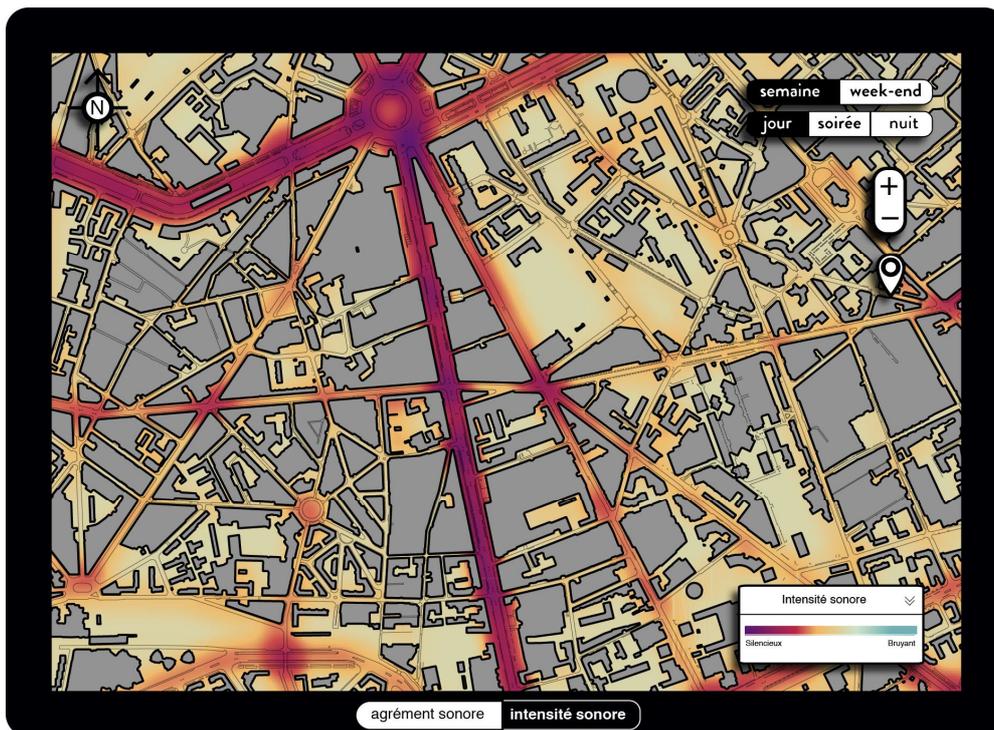


Figure 124 : Carte issue de la sélection de l'intensité sonore un jour de semaine.



Figure 125 : Carte issue de la sélection de l'agréement sonore un jour de semaine.



Figure 126 : Carte issue de la sélection de l'agrément sonore un jour de semaine au lieu du positionnement du curseur, avec représentation de la présence des trois types de sources sonores.

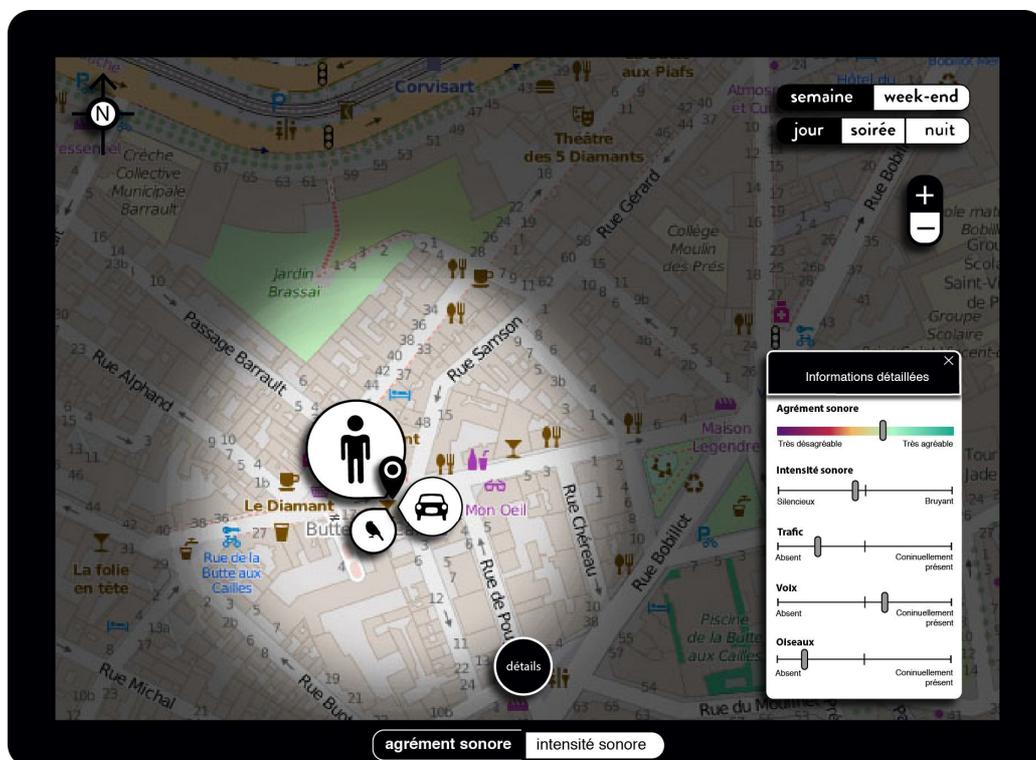


Figure 127 : Carte issue de la sélection de l'agrément sonore un jour de semaine au lieu du positionnement du curseur, avec les informations détaillées concernant les variables qui composent l'agrément sonore du lieu.

6.2. Evaluation par suivi oculaire

Dans ce paragraphe, nous faisons l'hypothèse que le suivi oculaire, associé à un questionnaire dédié (équivalent à celui présenté au § 0) nous permettra de conclure sur la pertinence de nos propositions de cartes.

La lecture d'une carte est une action qui relie un individu à cette carte. À ce titre, cette action peut être considérée comme une interaction homme-objet et les techniques d'analyse d'interface comme l'oculométrie permettent d'en avoir une meilleure compréhension. L'oculométrie est une méthode qui repose sur l'enregistrement des mouvements oculaires. Cette approche non intrusive, couplée avec un questionnaire, fournit des résultats quantitatifs et qualitatifs et informe sur l'efficacité de la carte et sur les points de difficulté [Castner et al. 1984, 1985].

Deux types de mouvements oculaires sont généralement étudiés : les saccades et les fixations. Les saccades sont les mouvements qui relient les fixations. Ces dernières représentent le moment où un lecteur s'arrête temporairement sur un point de la carte pour en extraire de l'information. La majorité des données acquises se situe dans une zone de 2 degrés de rayon centrée autour du point de fixation appelée l'aire fovéale. La durée d'une fixation au cours de laquelle des informations sont traitées est au moins de 180ms [Rodieck 2003]. Il s'agit de la durée nécessaire pour les traitements perceptifs et cognitifs. Plus la fixation est longue, plus ces traitements sont importants.

La stratégie de lecture d'une carte est orientée par des facteurs iconiques et anthropiques. D'une part, la carte présente des zones saillantes qui se détachent du reste de la carte et attirent le regard. D'autre part, l'individu a des questions et des habitudes de lecture [Palka 2015].

6.2.1. Protocole de l'expérimentation

La méthode d'enquête est basée sur un dispositif de suivi oculaire couplé à un questionnaire intégré au processus d'enregistrement des mouvements oculaires, la réalisation s'effectuant donc par des entretiens menés en temps-réel entre un volontaire et l'expérimentateur. Le protocole (présentation visuelle montrée aux lecteurs sur un écran d'ordinateur) est présenté en Annexe 3. Le questionnaire est présenté en Annexe 4.

L'utilisation conjointe d'un questionnaire et d'un dispositif de suivi oculaire répond à un double objectif. Les opinions recueillies via le questionnaire permettent de proposer des recommandations à la fois sur le contenu des cartes testées que sur les choix de représentation de l'information sonore tandis que l'enregistrement des mouvements oculaires instaure une nouvelle approche de la perception visuelle. Les sujets sont ainsi confrontés à différentes cartes représentant des ambiances sonores à travers la projection de diapositives, et répondent à un questionnaire intégré au cours du processus de suivi oculaire.

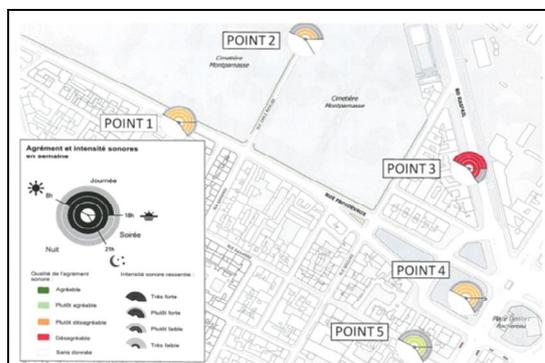


Figure 128 : Représentation de l'agrément sonore et de l'intensité sonore en des points spécifiques (phase 1)

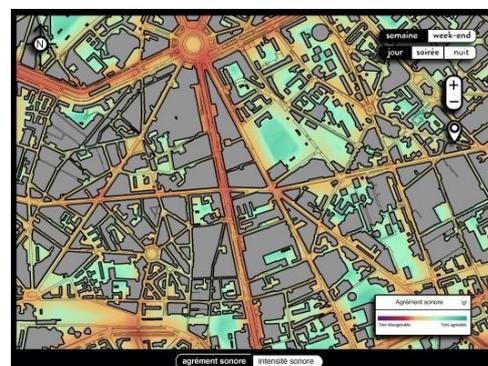


Figure 129 : Représentation dynamique de l'agrément sonore (phase 2)

L'entretien s'appuie sur deux phases d'observation. La première porte sur les premiers prototypes cartographiques d'agrément sonore et d'intensité sonore (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ayant déjà été évalués par le biais d'un questionnaire (voir § 0). La deuxième porte sur les dernières propositions de cartes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) issues des améliorations des premiers prototypes. Pour cette deuxième phase, un développement a été envisagé comme incorporables à une interface web, à des fins d'efficacité de communication. Pour préserver l'expérience de manipulations malencontreuses du volontaire et maintenir des conditions d'enquête similaires pour les sujets, le déroulé de l'entretien est exclusivement contrôlé par l'expérimentateur. Ainsi, suite à chaque présentation de carte d'ambiance sonore sur l'écran de l'ordinateur, le volontaire bénéficie d'un temps de réponse pour compléter une partie indiquée du questionnaire, l'enquêteur s'assurant que le regard de l'enquêté se reporte bien sur l'écran projetant les diapositives pour permettre l'enregistrement des mouvements oculaires. En amont des phases d'observation, un test préliminaire basé sur les planches d'Ishihara [Ishihara 1972] (test de couleur permettant la détection du daltonisme) et les niveaux de lectures cartographiques, permet à l'enquêteur de détecter une éventuelle cécité chromatique ou une incapacité à cerner certains éléments textuels des représentations cartographiques. Précédent ce test, une phase de calibrage du matériel de suivi oculaire reste nécessaire.

6.2.2. Matériel

Les enregistrements sont réalisés sur deux sites (Paris et Tours). Les oculomètres utilisés sont le T120 du laboratoire MRTE (Université de Cergy Pontoise) et le T60 du CERTESSENS (Université de Tours). Ce sont deux oculomètres de marque TOBII de même précision et utilisant les mêmes algorithmes de traitement des données. Le T120 et le T60 ont respectivement une fréquence d'enregistrement de 120 et 60 Hz. Cette différence n'impacte pas le résultat de l'enregistrement car les données sont agrégées en fixations dont la durée moyenne est supérieure à 200ms lors de la lecture d'une carte.

6.2.3. Cartes

Le protocole teste trois types de cartes :

- des cartes dites globales à l'échelle de l'arrondissement affichant l'intensité ou l'agrément ;
- des cartes dites locales reprenant la même information que la carte globale d'agrément à plus grande échelle ;
- des cartes dites de détail remplaçant l'agrément par les sources de bruit. Elles sont à la même échelle que les précédentes.

6.2.4. Sujets ayant participé à l'expérimentation

48 volontaires parisiens et 10 volontaires tourangeaux se sont prêtés à l'expérience. Le panel est composé de 27 professionnels initiés (volontaires ayant fini leur formation qui utilisent au moins une fois par semaine des cartes dans le cadre de leur travail), 11 étudiants initiés (étudiants qui utilisent des cartes au moins une fois par semaine) et 20 non-initiés.

	Paris	Tours	Total
Non-initiés	16	4	20
Étudiants initiés	7	4	11
Professionnels initiés	25	2	27
Total	48	10	58

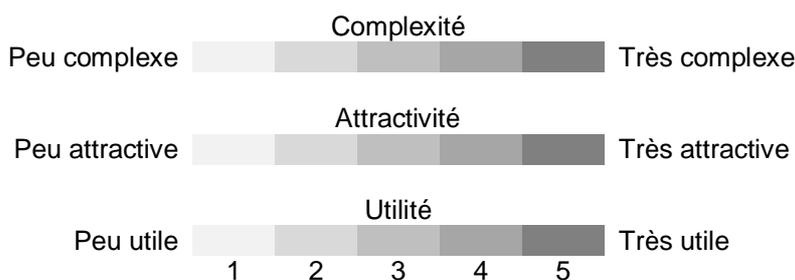
Tableau 54 : Répartition du panel des participants à l'expérimentation de suivi oculaire

Au début du questionnaire, une question leur a été posée sur quatre cartes différentes portant sur l'identification de la carte. Les lecteurs pouvaient répondre que la carte représentait soit l'agrément sonore seul, soit l'intensité sonore seule soit les deux notions soit ils pouvaient cocher qu'ils ne savaient pas. Il s'avère que le pourcentage d'erreurs dues aux confusions dans l'identification de la carte est sensiblement le même pour les volontaires de Cergy et ceux de Tours (Tableau 55). Le pourcentage est un peu plus élevé à Cergy pour les cartes dynamiques puisque le nombre de participants y est presque 5 fois plus élevé. Ces erreurs sont liées au choix de la représentation en noir pour visualiser les boutons sélectionnés.

Confusion entre agrément et intensité	Tours	Paris
Carte statique 1	10,0	8,3
Carte statique 2	0,0	2,1
Carte dynamique intensité	0,0	6,3
Carte dynamique agrément	0,0	2,1

Tableau 55 : Pourcentage d'erreurs liées à la confusion entre agrément sonore et intensité sonore

L'évaluation des cartes simulant l'interface web a été effectuée selon trois critères : la complexité, l'attractivité et l'utilité. Les participants devaient juger ces critères en plaçant une croix sur l'échelle de gris comme indiqué ci-dessous :



Nous avons comparés les résultats des notes données aux cartes d'intensité sonore et d'une carte détaillée. Nous obtenons ces histogrammes ci-dessous. Les histogrammes représentent les notes données par les participants. En abscisse, on retrouve les notes qui vont de 1 à 5 et en ordonnée, le nombre de participants ayant coché la note correspondant.

Carte d'intensité

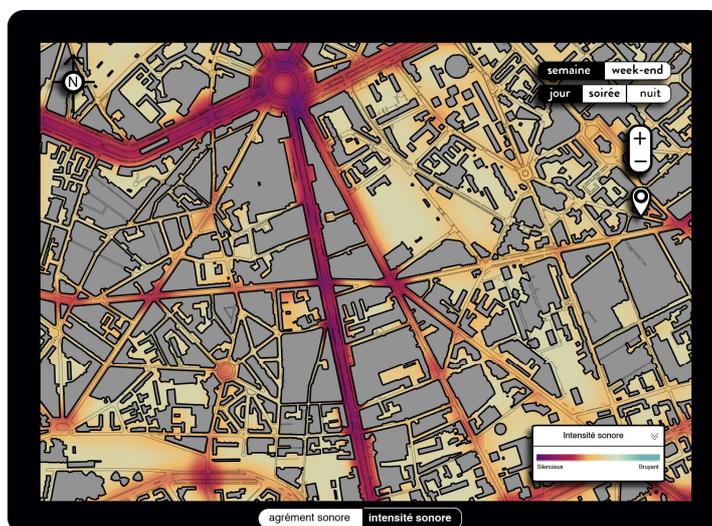


Figure 130 : Carte d'intensité sonore à l'échelle de l'arrondissement.

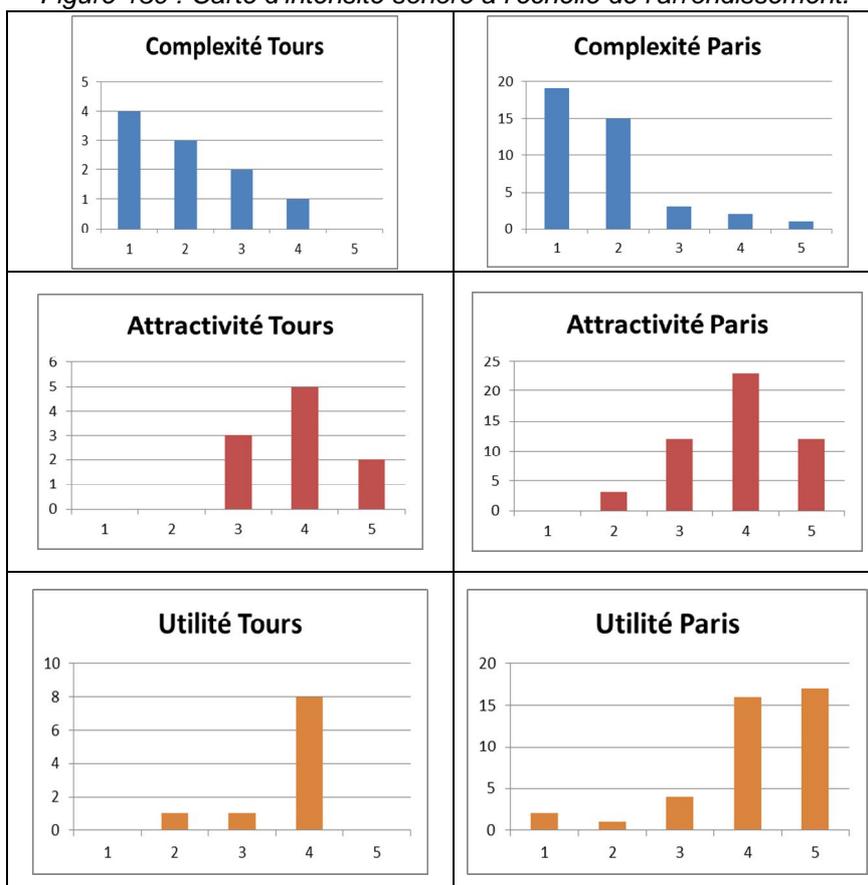


Figure 131: récapitulatif des réponses à l'évaluation des cartes d'ambiances sonores à l'échelle du quartier.

Il est clair que le comportement des réponses des volontaires des deux régions semble parfaitement identique, notant une forte utilité et une forte attractivité de la carte tout en restant de faible complexité.

Ce travail de comparaison est effectué sur toutes les cartes évaluées. Une autre comparaison est montrée en exemple ci-dessous.

Carte détaillée

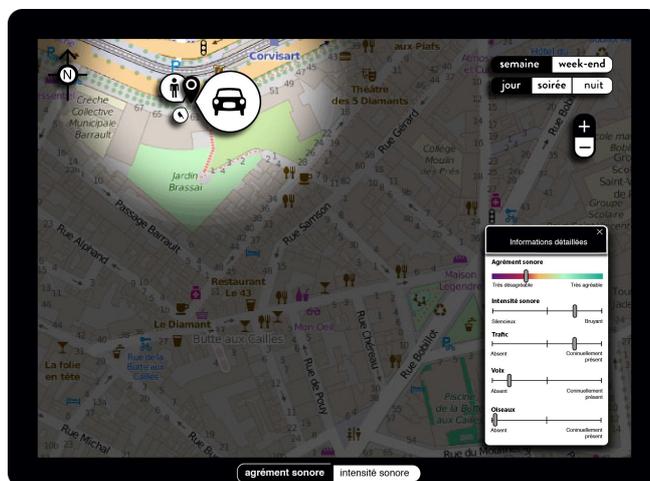


Figure 132: Carte de qualité sonore détaillée à l'échelle d'un lieu spécifique : le jardin Brassai ici.

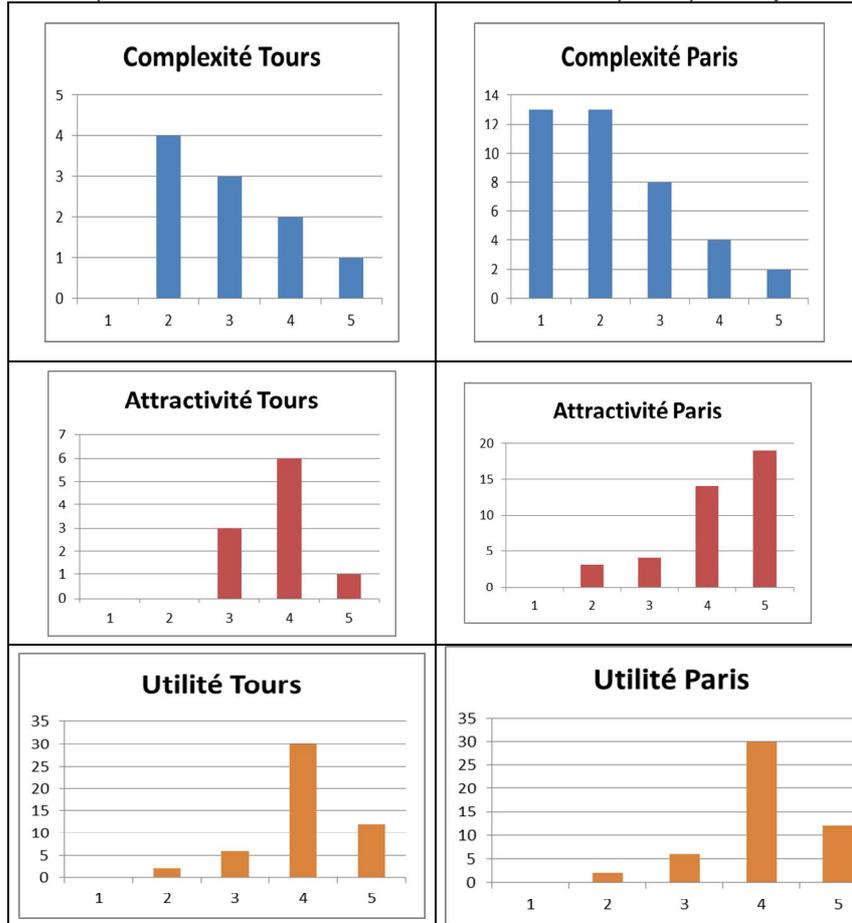


Figure 133 : Récapitulatif des réponses à l'évaluation des cartes détaillées d'ambiances sonores à l'échelle d'un lieu spécifique.

Nous observons de nouveaux que tous les histogrammes montrent les mêmes tendances. Nous pouvons conclure que les résultats de Tours et de Cergy n'ont aucune différence significative. Nous allons donc poursuivre l'étude en mêlant les deux données. Nous aurons donc pour la suite un corpus de 58 personnes qui ont évalué les cartes.

6.2.5. Efficacité des cartes proposées

Erreurs d'interprétation des symboles

Dans le questionnaire accompagnant les cartes, certaines questions sont sujettes à erreurs. Sur la première carte statique, à la question « Pendant la journée, en quel(s) point(s) l'agrément sonore est-il le plus désagréable ? », 7 personnes sur 58 ont fait une erreur dans leur réponse. Sur la seconde carte statique, à la question « Pendant la soirée, en quel(s) point(s) le bruit est-il le plus fort ? » 17 personnes ont fait des erreurs. Ce pourcentage d'erreur élevé déjà mis en évidence dans les premiers prototypes de cartes conforte les choix de la séparation des notions de qualité sonore et d'intensité sonore. Sur la première carte dynamique à l'échelle du passage Brassai, à la question « Quelle est la source dominante dans le passage Brassai ? », seules 4 personnes se sont trompées. Enfin sur la carte de détail de ce même lieu, à la question « Dans quel type de lieu êtes-vous ? » seules 3 personnes se sont trompées.

On note donc une compréhension générale satisfaisante de l'information pour les cartes issues de la simulation de l'interface web. L'identification par les volontaires de la source sonore dominante et du

type de lieu relatif à la géolocalisation de l'information semble ainsi être correctement communiquée par les cartes dynamiques.

Evaluation des symboles de fond de carte

Dans l'idée de reprendre l'évaluation des premiers prototypes, la carte suivante est évaluée en s'intéressant à la représentativité des symboles.

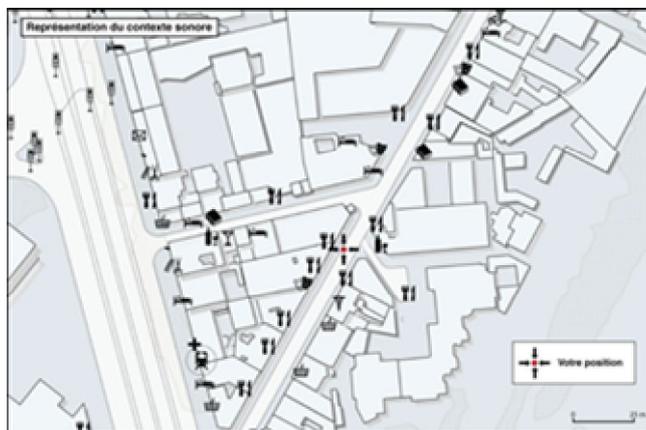


Figure 134 : Carte d'une situation le long d'une artère avec divers symboles issus des données géoréférencées.

Tous les symboles sont bien identifiés sauf le symbole du marteau-piqueur censé indiquer la présence d'un chantier qui est confondu par la moitié des participants avec le symbole d'Hippocrate (symbole médical ou de pharmacie). L'autre moitié des participants n'a simplement rien reconnu (voir Annexe 4 questionnaire p.6).

A la question : « Indiquer le(s) type(s) sources sonores à proximité », la plupart des candidats répondent la présence humaine car le point indiqué sur la carte est situé sur une rue comportant de nombreux restaurants, ils en déduisent que l'animation dans la rue est importante. Ils cochent également le trafic, mais seulement pour la moitié d'entre eux. Ainsi, les personnes cochant cette case ont pensé au bruit de voiture car le point est situé juste à côté d'une route. Il semble que l'autre moitié se soit basée principalement sur les symboles puisqu'il n'existe pas de symbole « trafic » près du point indiqué. La case « autre » est cochée par un quart des participants et les sources proposées sont les restaurants ou la musique issus des restaurants.

Evaluation des cartes simulant un développement sur internet

Tout au long du processus d'enquête, il a été demandé aux volontaires d'évaluer (de 1 à 5) la complexité, l'attractivité et l'utilité des cartes sonores proposées à l'étude. Ces variables permettent de déterminer l'efficacité des modèles de cartes à partir de la perception des volontaires. Une carte efficace obtient donc une valeur faible pour la complexité, et des valeurs fortes pour l'attractivité et l'utilité. Cette évaluation ne concerne que les premières cartes dynamiques. Nous avons repris le même système d'évaluation pour connaître le sentiment des volontaires vis-à-vis des trois icônes représentant les sources sonores ainsi que pour l'ensemble de l'interface web. Les résultats sont répertoriés dans le Tableau 56 :

Les cartes à l'échelle globale sont considérées comme très peu complexes et les cartes à l'échelle du lieu sélectionné (ici le jardin Brassai) sont considérées comme un peu plus complexes mais aussi un peu plus attractives.

		Complexité	Attractivité	Utilité
Carte dynamique globale d'intensité sonore	Moyenne	1,8	3,9	4,1
	Ecart-type	0,7	0,6	0,7
	Médiane	2	4	4
Carte dynamique globale d'agrément sonore	Moyenne	1,9	3,8	3,8
	Ecart-type	0,8	0,6	0,8
	Médiane	2	4	4
Carte dynamique à l'échelle du jardin Brassai	Moyenne	2,1	4,2	4,2
	Ecart-type	0,9	0,6	0,7
	Médiane	2	4	4
Carte dynamique détaillé à l'échelle du jardin Brassai	Moyenne	2,2	4,2	4,0
	Ecart-type	0,9	0,7	0,5
	Médiane	2	4	4

Tableau 56 : Efficacité de cartes issues de l'interface web

Les icônes et l'interface

		Complexité	Attractivité	Utilité
icône "trafic" 	Moyenne	1,2	4,2	4,6
	Ecart-type	0,3	0,9	0,5
	Médiane	1	5	5
icône "voix" 	Moyenne	1,6	3,9	4,2
	Ecart-type	0,8	0,9	0,8
	Médiane	1	4	5
icône "oiseaux" 	Moyenne	1,1	4,4	4,4
	Ecart-type	0,2	0,7	0,7
	Médiane	1	5	5
Propriété globales de l'interface	Moyenne	2,0	4,2	4,3
	Ecart-type	0,8	0,7	0,6
	Médiane	2	4	4

Tableau 57 : Efficacité des symboles et de l'interface web

Les icônes plaisent beaucoup aux utilisateurs, ils les trouvent très simples et significatifs. Seule l'icône « voix » peut poser problèmes pour certains d'entre eux car le symbole « homme » ne fait pas référence à la voix. On observe d'ailleurs une baisse de la note moyenne. Il est vrai que la question qui avait été posée initialement aux participants à l'expérimentation des téléphones portables portait sur les voix et les pas, afin de les orienter dans le domaine du sonore. Or nous avons vu que pour certains lieux, ces voix n'étaient pas entendues, mais la présence humaine était bien remarquée derrière le vocable « animation ». Aussi, il est important de garder cette icône pour représenter les voix lorsqu'elles sont identifiées, ou l'animation lorsqu'elles ne sont pas entendues en tant que telles mais bien présentes dans l'ambiance urbaine le long des rues et boulevards bien circulés.

Légende

Nous avons également demandé de juger trois légendes différentes pour une carte détaillée en les classant suivant leur préférence

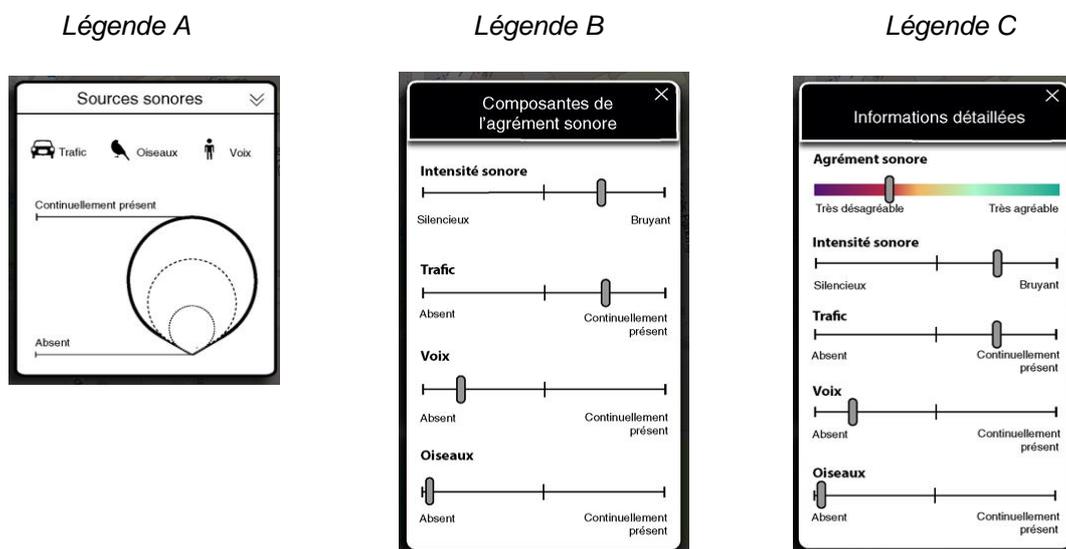


Figure 135 : Proposition des trois légendes pour une carte détaillée

Nous avons ensuite décidé de comparer ces trois légendes différentes pour une carte « détail », sachant que celle qui est proposée sur les cartes précédentes est la deuxième. Les résultats montrent que cette légende est très peu choisie en premier. En effet, les personnes interrogées choisissent soit la première légende car elle est la moins complexe des trois, soit la dernière car elle contient le plus d'informations. Ainsi, la carte proposée est souvent choisie en deuxième. La plupart des personnes choisissant la première légende, la choisissent grâce à sa facilité de compréhension et la présence des icônes, alors que ceux choisissant la troisième légende le font pour la quantité d'information.

	Premier	Second	Troisième
Légende A	23	12	23
Légende B	9	23	26
Légende C	26	24	8

Tableau 58 : Ordre de préférence des participants pour le choix de la légende

Il y a de nombreuses remarques de participants proposant de combiner les différentes légendes en insérant les icônes dans la carte C. D'ailleurs, il est souvent remarqué que les icônes masquent les symboles présents dans le fond de carte. Il est ainsi proposé de supprimer les icônes (puisqu'ils ont déjà été vus et puisque l'information est redondante avec la légende) afin de bien voir les symboles représentés sur le fond de carte.

6.2.6. Stratégies de lecture des cartes par suivi des mouvements oculaires

L'étude des données du suivi oculaire permet de comparer trois différents groupes de personnes connaissant plus ou moins les systèmes cartographiques. Ainsi, il y a ceux qui n'ont aucune connaissance particulière de la cartographie et qui ne sont pas souvent en contact avec ces dernières (non-initiés). Ensuite, il y a les participants qui sont en contact quasi-quotidien avec les cartes et qui

peuvent avoir déjà vu des cartes de bruits (initiés). Enfin il y a les professionnels de la carte de bruits qui travaillent avec ces cartes ou même qui en réalisent, ce groupe comporte également quelques personnes qui ont participé à ce projet en réalisant des mesures in situ grâce aux téléphones mobiles.

La comparaison s'effectue sur plusieurs variables qui nous intéressent et que le logiciel Tobii nous permet d'exploiter.

L'analyse statistique se concentre sur cinq variables :

- Le temps de première fixation et représente le premier instant en seconde où le participant regarde une zone. Cette variable permet de voir quel est l'ordre de lecture des participants.
- Le nombre de fixations dans une zone (dépend de la taille de la zone).
- Le temps de fixation : c'est le temps que l'on passe à regarder une zone (corrélé au nombre de fixations, dépend donc de la taille de la zone).
- La durée moyenne de chaque fixation dans la zone (indépendant de la taille de la zone). Cette variable permet d'étudier la complexité de lecture dans la zone étudiée. En effet, plus on passe de temps par fixation, plus la charge cognitive nécessaire à l'interprétation de ce qui est montré est grande.
- Le nombre de visites : c'est le nombre de fois où l'on regarde une zone à partir d'une zone extérieure (dépend aussi de la taille de la zone). Cette variable permet de voir si le lecteur « papillonne » sur la carte dans son ensemble, ou bien si le lecteur lit très posément les différentes zones les unes après les autres.

Il faut donc définir des zones dites « zones d'intérêt » qui permettent d'étudier les fixations dans le regard des lecteurs.

L'utilisation d'oculomètres dits « tête libre » peut aboutir à des erreurs d'enregistrements qui se manifestent dans la plupart des cas par l'absence de coordonnées pour une ou plusieurs fixations. Deux paramètres sont retenus dans cette analyse comme des facteurs d'invalidité de l'enregistrement de la stratégie oculaire d'un volontaire lors de la lecture d'une carte :

- un taux de fixations sans coordonnées supérieur à 5 %;
- une durée moyenne de fixation inférieure à 180 secondes. Une information est acquise et traitée lorsque la fixation dure au moins 180 secondes.

Parmi les 330 enregistrements 256 stratégies (soit 77,6%) sont valides. Les résultats présentés ci-après sont basés sur ces dernières.

Zones d'intérêt

La localisation des fixations met en évidence les zones à forte attractivité et permet de vérifier que les principaux composants de la carte (**Figure 136**) sont ceux qui sont lus préférentiellement. Dans la **Figure 137**, les zones rouges et bleues correspondent à la densité de superposition des zones fovéales et sont donc les zones lues par les participants. Plus elles sont rouges, plus elles sont vues. Les parties préférentiellement lues sont la légende et les symboles au point d'intérêt puis secondairement les boutons de commandes (en haut à droite) et de détail (en bas au centre). La structure simple de chaque carte et la saillance de ses composants facilitent la détection des éléments principaux.

Ces zones d'intérêt créées a posteriori, à partir de la concentration des fixations, correspondent aux différents composants des cartes.

Sur les cartes locales, les symboles au point d'intérêt sont les éléments les plus regardés avant la partie de la légende qui donne leur signification sonore. Sur les cartes de détail, la légende est d'avantage lue que les symboles au point d'intérêt. Ce comportement s'explique par deux facteurs :

- les symboles au point d'intérêt sont les mêmes sur la carte locale et la carte de détail. Cette information est conservée en mémoire le temps de l'expérience et le lecteur n'a pas besoin de lire une seconde fois en détail cette information,

- la légende diffère entre la carte locales et la carte de détail et est construite selon une autre structure. Cette différence concentre l'attention du lecteur sur la légende, et plus particulièrement sur les curseurs.

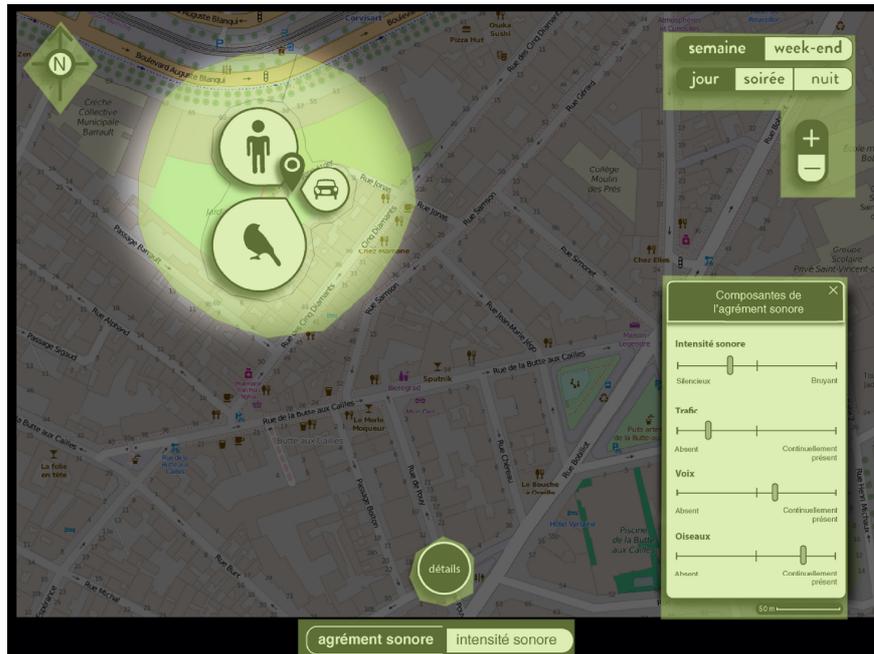


Figure 136: composants de la carte de détail du site Brassai

La dispersion des fixations est plus importante sur les cartes locales que sur celles de détail. L'homogénéité du fond de plan des premières (îlots bâtis en gris et saturation moyenne des couleurs de l'agrément sonore) n'oriente que peu le regard sur des parties précises. Le halo autour du point d'intérêt sur les secondes renforce la saillance autour de ce point et réduit la dispersion des fixations sur le fond de plan.

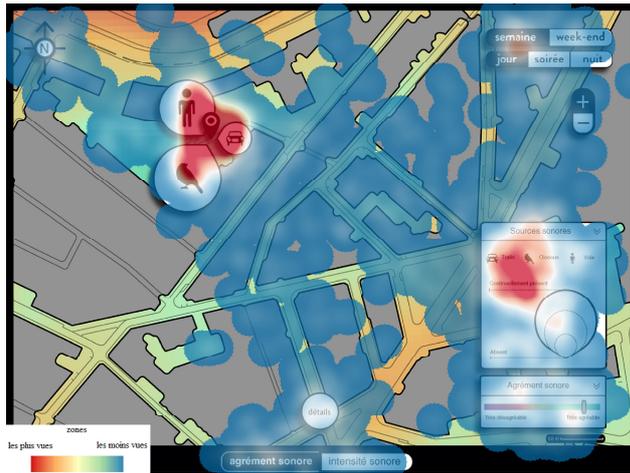
L'analyse des durées de fixations moyennes et totales met en évidence les composants qui demandent un travail cognitif et perceptif plus important selon les cartes et les utilisateurs et de mesurer l'attractivité des composants.

La durée moyenne de fixation sur les composants des cartes locales et de détail est comprise entre 200ms et 350ms (**Figure 138**) à l'exception de la flèche du nord. Cette durée signifie qu'un travail perceptif et cognitif moyen est nécessaire au lecteur. La flèche de nord demande un travail plus irrégulier et la durée moyenne y est :

- soit inférieure : les volontaires perçoivent la flèche mais peu de traitements cognitifs sont effectués car l'information n'est pas considérée essentielle ;
- soit très supérieure : les participants cherchent à en décrypter le symbole complexe.

Ce comportement de lecture très variable signifie que la flèche de nord est lue de manière très différente par les groupes de volontaires. La carte étant orientée nord vers le haut et ne pivotant pas, la suppression de la flèche de nord permettrait de supprimer cette variation.

La durée totale de fixation sur les composants des cartes locales et de détail montre l'importance de la légende et des symboles au point d'intérêt. Ces deux composants représentent environ 18 % de la surface de la carte et totalisent entre 46,3 % et 75,3 % des temps de lecture (**Figure 138**). Cette proportion décroît au fur et à mesure de l'expérience. Les participants ont besoin de moins de temps pour percevoir et comprendre ces deux composants car ils apprennent à chaque carte qu'ils lisent.



Jardin Brassai (locale)



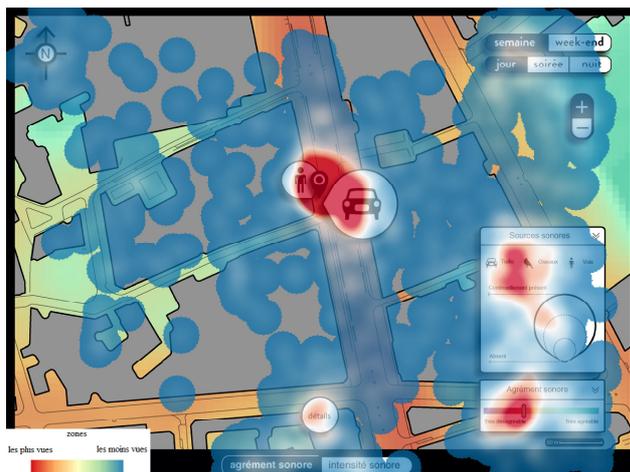
Jardin Brassai (détail)



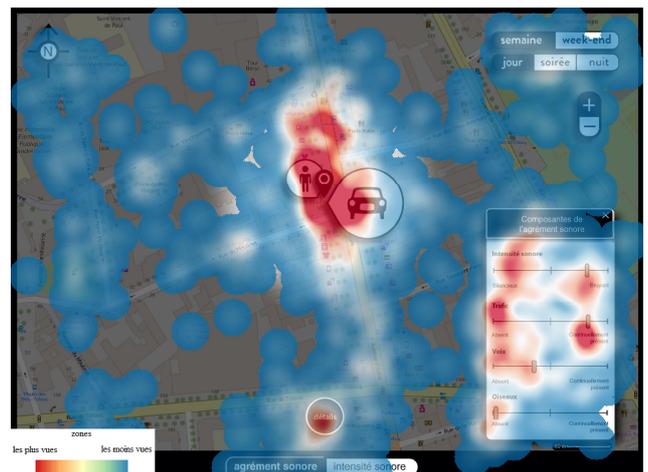
Rue Butte aux Cailles (locale)



Rue Butte aux Cailles (détail)



Avenue d'Italie (locale)



Avenue d'Italie (détail)

Figure 137 : zone d'intérêt des cartes locales et de détail

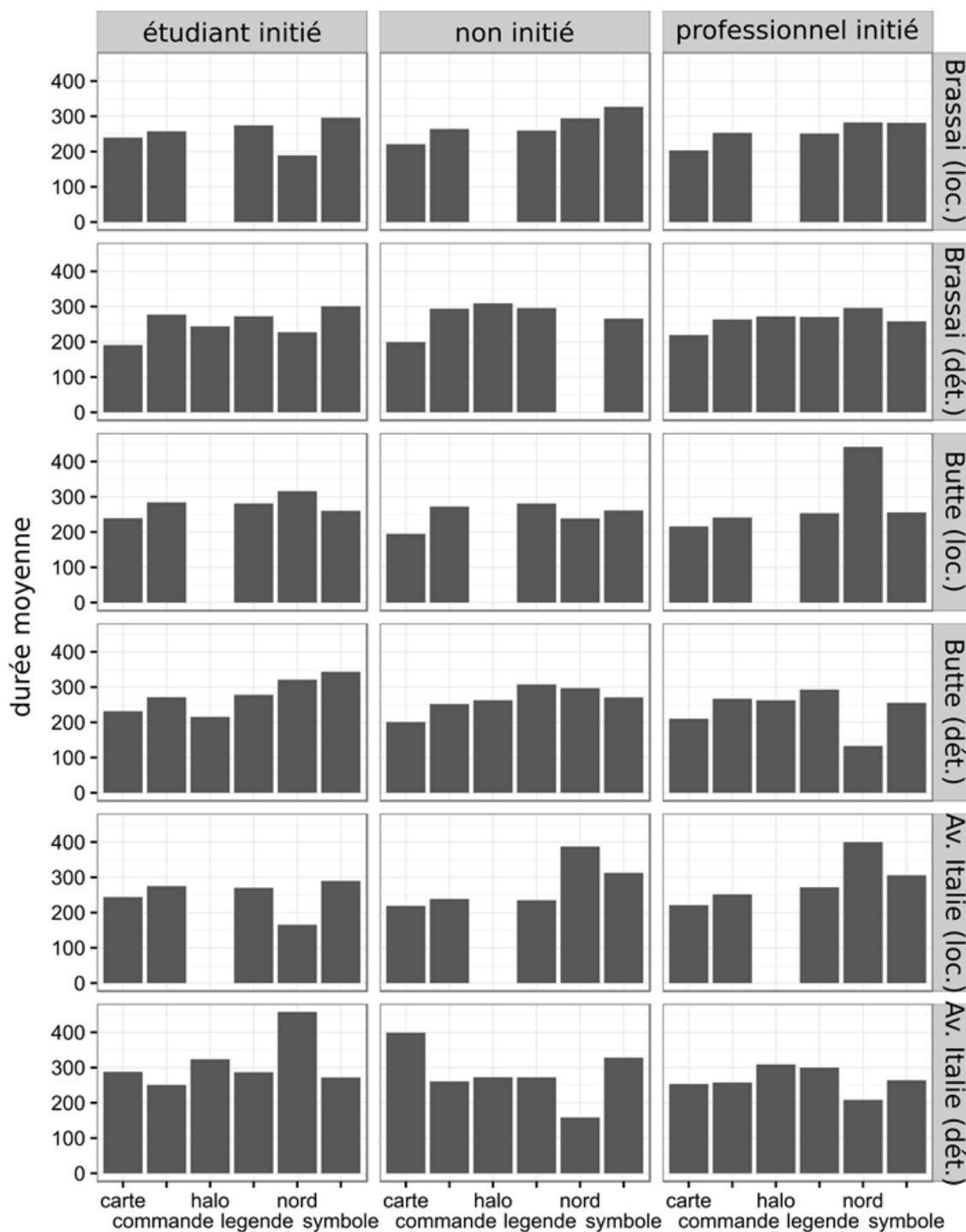


Figure 138 : durée moyenne de fixation pour chaque composant des cartes locales et de détail

Stratégies de lecture

En complément des caractéristiques des fixations, l'analyse de la trajectoire oculaire informe sur la temporalité de la lecture de la carte (**Figure 139**). La stratégie simplifiée sur les cartes locales montre que la plupart des participants reviennent plusieurs fois sur les principaux composants. La faible quantité d'information limite le temps nécessaire pour l'extraire. Le temps de lecture de l'ensemble de la carte est donc faible et les participants peuvent effectuer plusieurs allers retours entre la légende, les symboles au point d'intérêt et les boutons de commandes pour comprendre la carte dans sa globalité.

À l'opposé, les cartes de détail impliquent une stratégie de lecture avec peu de passages multiples sur les composants principaux de la carte. La quantité d'information de chaque composant et le temps d'affichage limité à 15 secondes conduisent le lecteur à prendre plus de temps pour lire la légende et les informations contenues dans le halo et il n'a alors plus le temps de revenir sur ces composants. La carte locale permet au lecteur d'avoir une vision d'ensemble et synthétique au point d'intérêt tandis que la carte de détail, s'il souhaite la visualiser, demande une lecture plus poussée.

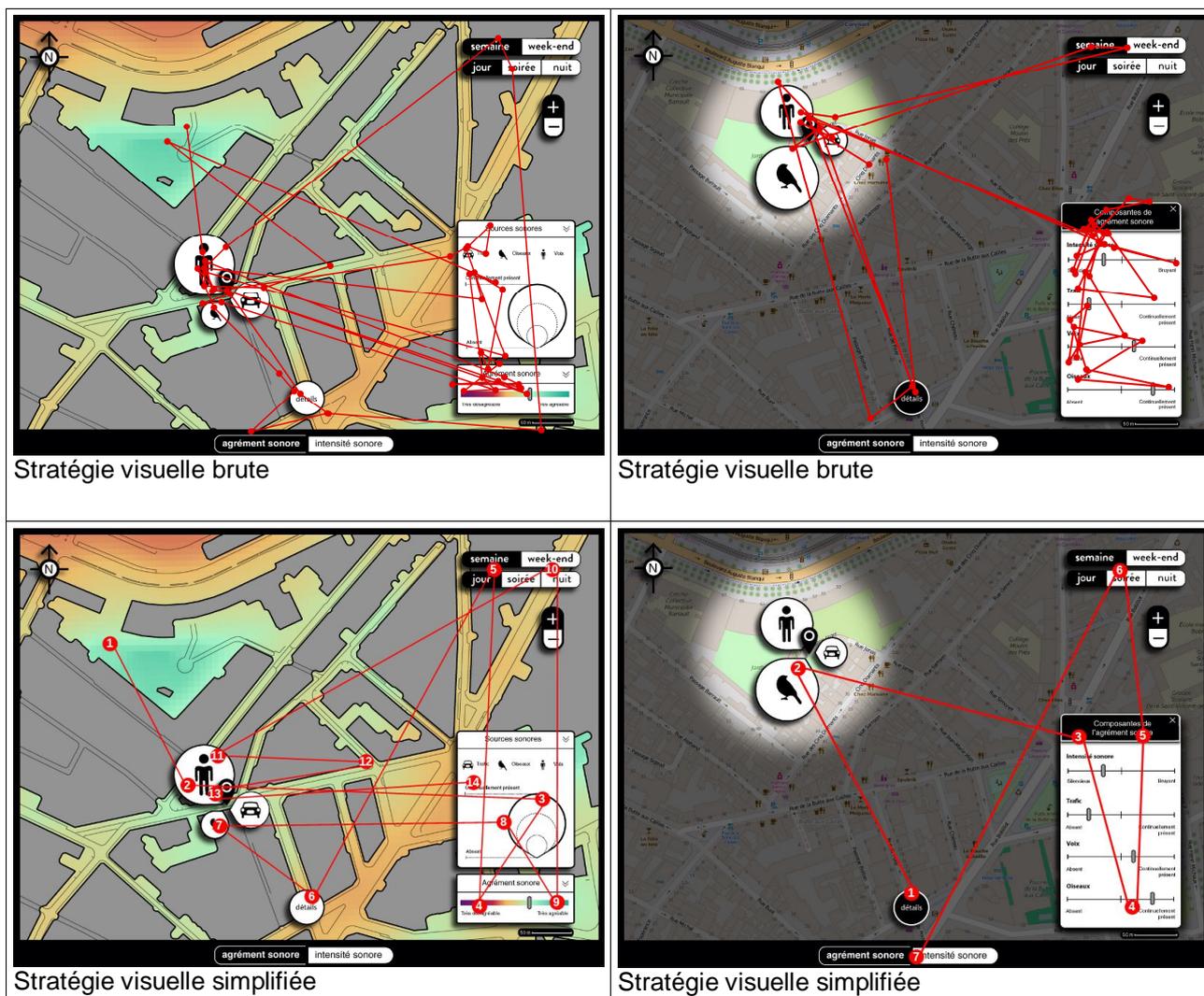


Figure 139: stratégies de lecture sur les cartes locales et les cartes de détail

Les stratégies de lecture mettent aussi en évidence un lien très important entre les symboles au point d'intérêt et la légende. L'organisation de la carte, la saillance de ces deux composants et leur intérêt aux yeux du lecteur structure la lecture autour de ces deux éléments.

Différences de stratégies entre les groupes de lecteurs

Nous avons réalisé cette étude sur beaucoup de cartes, et globalement, il y a très peu de différences significatives de stratégie entre les différents groupes. Une différence significative se voit néanmoins pour certaines cartes sur la variable « Nombre de visites » qui permet de mesurer le nombre d'allers et retours que font les lecteurs entre les différentes zones d'intérêt.

Par exemple, lorsque les lecteurs regardent la carte globale d'agrément sonore (Figure 125), le groupe des non-initiés « papillonne » plus d'une zone à l'autre que le groupe des professionnels de la

carte, surtout entre le fond de carte et la légende. Cet effet se traduit par une interaction significative ($p = 0.03$; $p < 0.05$) entre la zone de lecture et le groupe de lecteur (Tableau 59).

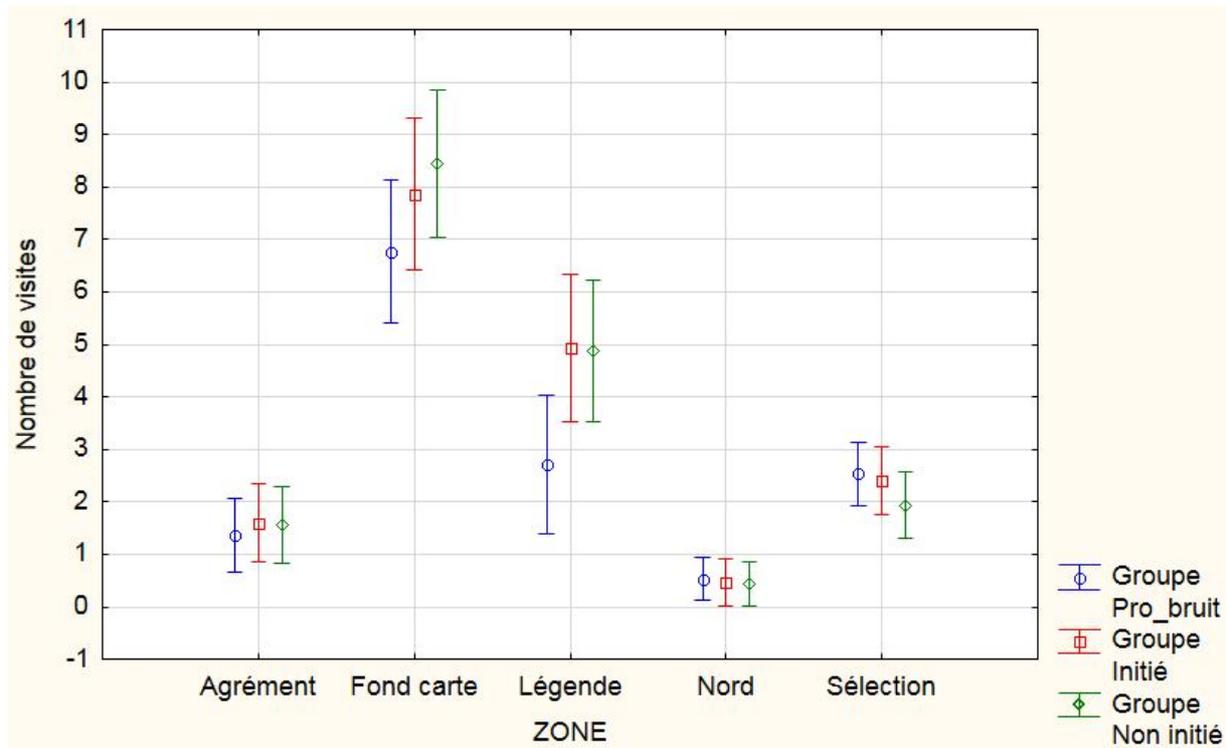


Figure 140 : Moyennes du nombre de visites dans les différentes zones pour les groupes de lecteurs. Les barres représentent les intervalles de confiance à 0,95.

Effet	Analyse de Variance avec Mesures Répétées, Taille des Effets et Puissance (Feuille de données7)							
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
ord. origine	2492,11	1	2492,11	379,973	0,00000	0,89411	379,973	1,00000
Groupe	25,02	2	12,51	1,907	0,16024	0,07815	3,815	0,37550
Erreur	295,14	45	6,55					
ZONE	1542,01	4	385,50	119,659	0,00000	0,72670	478,638	1,00000
ZONE*Groupe	55,74	8	6,96	2,163	0,03232	0,08770	17,304	0,84515
Erreur	579,90	180	3,22					

Tableau 59 : Analyse de variance de l'influence de la zone et du groupe sur le nombre de visites

6.3. Conclusion

Le dernier prototype testé a été perçu positivement par les volontaires. D'une complexité jugée moyenne, les cartes sont considérées attractives et utiles. La carte locale a une structure facilement appréhendable par l'ensemble des lecteurs et est peu dense en informations, ce qui participe à sa très bonne compréhension. La carte de détail comporte plus d'informations, ce qui aboutit à un taux d'erreur plus important et des commentaires mitigés de la part des lecteurs. Les symboles au point d'intérêt sont redondants avec la carte locale associée et masquent les figurés des sources de bruit. Or ces derniers sont finalement les données recherchées par les participants. L'amélioration du prototype est possible à travers :

- une intégration de tous les boutons de commande dans la carte ;
- l'ajout d'un encart signalant la localisation du point d'intérêt (adresse ou nom de la rue ou nom du parc ...) ;
- le retrait de la flèche de nord ;
- une spécialisation accentuée des trois types de cartes : les cartes globales et locales actuelles seraient conservées. Les symboles de la carte de détail seraient retirés pour mettre en valeur les sources de bruit.

Ces modifications impliquent une nouvelle évaluation pour en estimer les améliorations.

7. CONCLUSION et RECOMMANDATIONS

Le projet Cart_ASUR a permis de mettre en évidence que le recueil de données acoustiques et perceptives, grâce à une campagne participative d'usager à l'aide d'un téléphone mobile, est tout à fait pertinente. Malgré les difficultés techniques rencontrées, plus de 3400 données ont pu être recueillies en seulement 1 an et être analysées.

Un gros travail a été accompli afin de calibrer le plus précisément possible les téléphones choisis. Cette calibration a été effectuée en laboratoire et mise à l'épreuve durant toute l'expérience. Après un an de mesures, il est possible de retenir quelques indicateurs acoustiques que l'on peut mesurer avec précision par un téléphone portable correctement calibré. Ces mesures sont les suivantes : LA50, LA90, LA10-LA90. Elles sont très similaires (différence inférieure à 3 dB(A)) à celles réalisées par une station fixe de référence.

Perceptivement, 6 classes de lieux ont été mises en évidences. Elles se construisent sur la présence des divers types de sources sonores. En observant la composition des différentes classes, on remarque que :

- La classe 1 se compose de boulevards et intersections en période de journée
- La classe 2 se compose de rues en période de journée et boulevards ou intersections en période de soirée et nuit
- La classe 3 se compose d'espaces "atypiques" comme les zones de transitions, le square de la place Denfert-Rochereau...
- La classe 4A se compose des rues commerçantes, des rues de bars et de restaurants.
- La classe 4B se compose également des rues commerçantes, des rues de bars et de restaurants mais ces lieux sont plus éloignés des axes de circulation.
- La classe 5 se compose des parcs, jardins et de quelques passages
- La classe 6 est plus difficile à caractériser, elle se compose également d'endroits "atypiques" comme le cimetière, les écoles pendant la classe, la place Jeanna d'Arc...

Pour chaque classe de lieux, ou pour l'ensemble de tous les lieux, un modèle de régression linéaire permet de prédire la qualité de l'environnement sonore urbain. Ces modèles se construisent sur des variables perceptives indépendantes. Le modèle global qui prend en compte tous les lieux a l'avantage d'être simple, car il permet de prédire la qualité sonore d'un lieu sans avoir besoin de connaître le type de lieu c'est-à-dire la classe à laquelle il appartient. Il est très légèrement moins bon (corrélations de 0,94 entre le modèle d'agrément et la moyenne des agréments réels perçus) que le modèle qui utilise la superposition des modèles dédiés aux différentes classes (respectivement 0,95). C'est donc le modèle global qui a été utilisé pour représenter la qualité sonore sur une carte, en s'appuyant sur les 4 variables perceptives qui composent ce modèle, c'est-à-dire l'intensité sonore, le temps de circulation, le temps de présence des oiseaux et le temps de présence des voix.

Malgré l'effort consenti sur la pertinence des mesures acoustiques et sur le nombre d'indicateurs calculés, le meilleur modèle de régression linéaire qui permet d'expliquer la qualité sonore n'est construit que sur deux indicateurs indépendants LA50 et LA10-LA90. La corrélation entre l'agrément

réel moyen et l'agrément modélisé atteint 0,77. Dans cette régression le LA50 est bien corrélé (0,82) à la notion de force sonore perçue (ou intensité perçue). Il est donc nécessaire de poursuivre les études sur le lien entre mesures physiques et variables perceptives. Il est sans doute nécessaire de prendre en compte les aspects spectraux dans les mesures acoustiques et non pas seulement les évolutions temporelles du signal.

Enfin, grâce aux données géoréférencées que possèdent un grand nombre de villes dans leur service dédié à l'urbanisme sur systèmes SIG, il est possible de prévoir l'agrément sonore d'une situation urbaine. Le modèle de régression linéaire retenu est construit sur les densités de sources sonores (densité de trafic, densité de voix et densité de présence humaine), calculées pour des périodes de jour. La corrélation entre agrément moyen perçu et modélisé atteint 0,83. Ces densités sont rapides à calculer. Le modèle retenu ne s'appuie pas sur la simulation des sources sonores ni sur leur propagation, comme pourraient le faire les modèles physiques utilisés pour calculer les Lday, Levening et Lnight.

S'appuyant sur ce modèle, des cartes de qualité sonore ont été proposées. Un premier prototype s'est intéressé à la représentation sur une même carte de la qualité sonore ainsi que l'intensité sonore. Ce prototype de carte était associé à une photographie du lieu. Une évaluation cartographique de ce premier prototype a mis en évidence que la confusion entre qualité sonore et intensité sonore était grande et qu'il fallait mieux différencier ces deux notions sur deux cartes différentes. Une étude linguistique a aussi mis en évidence que la photographie du lieu n'était pas nécessaire à la compréhension des sources sonores dans l'espace urbain. Un second prototype de carte a été évalué par des tourangeaux et des parisiens lors d'une présentation des cartes sur ordinateur, équipé d'un système de suivi oculaire des lecteurs. Cette dernière évaluation a montré que la lecture des cartes était facile, que les lecteurs comprenaient bien les légendes et que l'esthétique des cartes était attractive. Ces cartes ont été jugées utiles par l'ensemble des lecteurs. Une légère différence de stratégie de lecture a été mise en évidence : les lecteurs novices ont tendance à balayer du regard les cartes sonores, alors que les lecteurs professionnels de cartes (de la géographie ou de la cartographie du bruit) ont l'habitude de focaliser leur attention sur les zones porteuses d'information (les légendes par exemple).

Néanmoins, des limites apparaissent dans nos travaux:

- Du point de vue de la mesure acoustique sur les téléphones, il faut prendre en compte les données spectrales pour améliorer le lien entre dimension perceptive et mesure acoustique.
- Du point de vue géomatique, il faut poursuivre sur la notion de densité humaine, car le lien entre ce calcul et la présence humaine ressentie n'est pas encore satisfaisante
- Toujours du point de vue de la géomatique, il faudrait maintenant proposer des modèles de qualité sonore pour le soir et pour la nuit.
- Du point de vue de la communication, il faut maintenant mettre les cartes proposées à destination du grand public par un vrai travail de développement informatique et géomatique sur un serveur accessible par web, qui permette la lecture dynamique des cartes.

Nos travaux doivent donc être poursuivis maintenant dans ces quatre directions particulières.

8. BIBLIOGRAPHIE

- [Arrêté 2013] Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit. JORF n°0177, p.13132, texte n°23, 2013.
- [Alberts et al. 2012] Alberts W, Rubio Alferéz J, (2012) The use of colors in END noise mapping for major roads, Prague In EURONOISE 2012, Czech Republic, 5 p. <http://www.carreteros.org/explotacion/2012/6.pdf> [accessed 2015/10/22].
- [Bakhtine 1977] Bakhtine-Volochinov, M. (1977). Le marxisme et la philosophie du langage. Paris: Minit,1.

- [Baude et al. 2006] Baude, O., Blanche-Benveniste, C., Calas, M. F., Cappeau, P., Cordereix, P., Goury, L., et al. (2010). *Corpus oraux, Guide des bonnes pratiques 2006*. CNRS Editions, Presses Universitaires Orléans.
- [Benveniste 1966] Benveniste, E. (1966). *Problèmes de Linguistique générale*. Paris : Gallimard.
- [Beaumont 2005] Jacques Beaumont, Catherine Semidor, "Interacting quantities of the soundscape due to transport modes", *Proceedings of Inter Noise 2005, Rio de Janeiro, Brésil, 2005*, (CD-ROM).
- [Bertin 1977] Bertin J. (1977). *La graphique et le traitement graphique de l'information*, Flammarion, Paris, 277 p.
- [Bertin 1983] Bertin J., (1983) *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, (first published in French in 1967, translated to English by Berg W.J. in 1983)
- [Board 1972]] Board C. (1972). Cartographic communication. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 18, n°2, p. 42-78.
- [Boersma et al. 2009] Boersma, P., Weenink, D. (2009). Praat. Repéré à <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/> (consulté le 23/03/2016).
- [Bordes-Pages 1995] Elisabeth Bordes-Pages, "Référentiel de densité et formes urbaines", IAURIF, 1995.
- [Brewer 2003] Brewer C. A, Hatchard G. W, Harrower M. A, (2003) ColorBrewer in print: a catalog of color schemes for maps. *Cartography and Geographic Information Science*. 30(1). 5–32. www.ColorBrewer.org
- [Buard et al. 2007] Buard E., Ruas A. Evaluation of colour contrasts by means of expert knowledge for on demand mapping, *Actes de la conférence de cartographie internationale ICA 2007*, Moscou.
- [Cadio et al. 2001] Cadiot, P., & Visetti, Y. M. (2001). *Pour une théorie des formes sémantiques: motifs, profils, thèmes*. Presses universitaires de France.
- [Caffi et al. 1994] Caffi, C., & Janney, R. W. (1994). Toward a Pragmatics of Emotive Communication. *Journal of Pragmatics*, 22(3), 325-373.
- [Can et al. 2008] Arnaud Can, Ludovic Leclercq, Joël Lelong, Jérôme Defrance, "Capturing urban traffic noise dynamics through relevant descriptors", *Applied Acoustics*, Vol. 69(12), pp.1270-1280, 2008.
- [Can et al. 2015] Can, A., and B. Gauvreau. "Describing and classifying urban sound environments with a relevant set of physical indicators." *The Journal of the Acoustical Society of America* 137.1 (2015): 208-218.
- [Cance et al. 2015] Cance, C. & Dubois, D. (2015). Dire notre expérience du sonore : nomination et référencement. *Langue française* n° 188, Armand Colin, 15-32.
- [Caroll 1956] Carroll, J. B. (1956). *Language, Thought, and Reality: Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*.
- [Castner et al. 1984] Castner H. W., Eastman R. J. (1984). Eye-movement parameters and perceived map complexity I. *The American Cartographer*, vol. 11, n° 2, p. 107-117.

- [Castner et al. 1984] Castner H. W., Eastman R. J. (1984). Eye-movement parameters and perceived map complexity II. *The American Cartographer*, vol. 12, n° 1, p. 29-40.
- [Cauvin C. 2007] Cauvin C., *Cartographie Thématique 2 - des transformations incontournables*, Éditions Lavoisier, Paris.
- [Charaudeau 2011] Charaudeau, P. (2011). Que vaut la parole d'un chroniqueur à la télévision?. *Réseaux*, (6), 135-161.
- [Chesneau 2004] Chesneau E. (2004). Propositions pour une cartographie du risque, *Cartes & Géomatique*, vol. 81, p. 55-70.
- [Cordier F. et al. 2010] Cordier F., Gaonac'h D. *Apprentissage et mémoire*. Sous dir. d'Alain Blanchet, 2e édition, Armand Colin. 128 p., 2010.
- [Cornillon 2008] Cornillon, P. A., Guyader, A., Husson, F., Jegou, N., et al. (2008). *Statistique avec R*. Presses Universitaires de Rennes.
- [Darwin 1872] Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Oxford University Press, 1998.
- [Delaitre et al. 2014] Delaitre P. et al. (2014). Évaluation de l'agrément sonore en milieu urbain à l'aide de téléphones mobiles, *CDROM des actes du 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique*, Poitiers, 2014.
- [Delaitre et al. 2014] Delaitre P., Lavandier C., Ribeiro C., Quoy M., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., "Influence of loudness of noise events on perceived sound quality in urban context", *Conférence Invitée à Inter.noise 2014*, Melbourne, Australia, Novembre 16-19, 2014.
- [Deutsch et al. 1963] Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some Theoretical Considerations. In *Psychological Review*, 70(1), 80–90.
- [D'Hondt et al. 2013] Ellie D'Hondt, Matthias Stevens and An Jacobs, "Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring, *Pervasive and Mobile Computing*", Vol. 9(5), p681-694, Special Issue on Pervasive Urban Applications, eds. F. Calabrese & al, 2013.
- [Directive 2002] European Parliament and Council, 2002. Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities* L 189.45, pp. 12–26.
- [Di Salvo et al. 2005] Di Salvo M., Gadais M., Roche-Woillez G., "L'estimation de la densité par la méthode du noyau", *Notice analytique du DERTU*, 2005.
- [Dubois 1991] Dubois, D. (1991). *Sémantique et cognition*. Cnrs Editions Paris.
- [Dubois et al. 2010] Dubois, D. et Cance, C. (2010). « Mises en discours de l'expérience visuelle et cognition située : couleurs et espace. », *Corela* [En ligne], HS-7 | 2010, mis en ligne le 31 mai 2010, consulté le 10 mai 2015. URL : <http://corela.revues.org/871>
- [Dubois 1994] Dubois, J., Marcellesi, J-B., Mével J-P., Giacomo, M. (1994, nouvelle édition 2000). *Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*. Larousse.

- [Duchowski 2007] Duchowski, A.T. (2007). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. London: Springer-Verlag, Second Edition.
- [Ekerman 1992] Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion*, 6(3-4), 169-200. Retrieved from http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02699939208411068#.U4CFBfl_tvY, consulté le 11/12/2015.
- [Fuchs 2009] Fuchs S., (2009). Evaluating cartographic design in flood risk mapping. *Environmental Hazards*, vol. 8, p. 52-70.
- [Galatanu 2008] Galatanu, O. (2008). L'interface linguistique–culturel et la construction du sens dans la communication didactique.
- [Gibson 1941] Gibson, J. J., (1941). A Critical Review of the Concept of Set in Contemporary Experimental Psychology. In *Psychological Bulletin*, 38(9), 781–817.
- [Griffiths 1968] Griffiths I.D., Langdon F.J., "Subjective response to road traffic noise", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 8(1), pp. 16-32, 1968.
- [Hegarty et al. 2009] Hegarty M. et al. (2009). Naïve cartography: how intuition about display configuration can hurt performance, *Cartographica*, vol. 44, n° 3, p. 171-186.
- [Ishihara 2010] Ishihara, S. (2010). *Ishihara's Tests for Colour Deficiency: 24 Plates*, Kanehara.
- [ISO 1996-1] Organisation International de Standardisation, "Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1 : Basic quantities and assessment procedures". ISO 1996-1:2003, 26 pages, 2003.
- [ISO 1996-2] Organisation International de Standardisation, "Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2 : Determination of environmental noise levels". ISO1996-2 :2007, 40 pages, 2007.
- [Jakobson 1960] Jakobson, R. (1960). Closing statement: Linguistics and poetics. *Style in language*, 350-377.
- [James 1981] James, W. (1981). *The Principles of Psychology (Vol. I)*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- [Jeong et al. 2002] Jeong W, Gluck M, (2002) Bivariate thematic maps with auditory and haptic display. Proceedings of the 2002 *International Conference on Auditory Display*, Kyoto, Japan, July 2-5. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/meet.1450390130/full>
- [Kornfeld 2011] Kornfeld A-L, Schiewe J, Dykes J, (2011) Audio cartography : visual encoding of acoustic parameters. London, In *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 18 p.
- [Lavandier et al. 2011] Catherine Lavandier, Laurent Brocolini, Matthias Quoy, Catherine Marquis Favre, Mathieu Lavandier, Carlos Ribeiro, "Indicateurs de qualité sonore en situation urbaine", Rapport du projet QUASOART de 135 pages, septembre 2011.
- [Lavandier et al. 2013] Lavandier C., Delaitre P., D'Hondt E., Gonzalez Boix E., Kambona K., "Urban sound quality assessment with mobile technology: The Cart_ASUR project", *Acoustics2013*, New Delhi, Inde, Novembre 10-15, 2013.

- [Lavandier et al. 2015] Lavandier C., Delaitre P., Ribeiro C., "Global and local sound quality indicators for urban context based on perceptive and acoustic variables", Conférence Invitée, Actes du Congrès Euro Noise, pp. 1471-1476, Maastricht, Pays-Bas, 2015.
- [Lavandier et al. 2016] Lavandier C., Aumond P., Gomez S., Dinguès C., Cartographie de l'agrément sonore de l'espace public urbain à partir de données géoréférencées, Congrès Français d'Acoustique, Le Mans.
- [Leclercq 2008] Leclercq L., Can A., Crepeaux P., Defrance J., Fournier M., Lelong J., Miegé B., Minaudier C., Olry X., Palacino J., Vincent B., *Estimation dynamique du bruit de circulation en milieu urbain : étude d'un cas réel*. Rapport INRETS/LICIT N°0801, 2008.
- [Leonowicz 2006] LEONOWICZ A, (2006) Two-variable choropleth maps as a useful tool for visualization of geographical relationship. *Geografija* (42) pp. 33–37
- [Lynch 1960] Kevin Lynch, "L'image de la Cité". Paris : Dunod, 1999 (traduction de *The image of the city*, 1960) et notamment chapitre IV, p. 106-138.
- [Mac Eachren 1995] MacEachren A. M. (1995). *How maps work: representation, visualization, and design*. Guilford Press.
- [Mangin et al. 1999] David Mangin, Philippe Panerail, "Projet urbain". Marseille : Parenthèses, 1999.
- [Mietlicki et al. 2015] Mietlicki F., Mietlicki C., Ribeiro C., Gaudibert P., Vincent B., "www.noiseineu.eu: New tools to inform the public about environmental noise in cities and to assist decision-making ", Euro Noise 2015, Maastricht, 2015.
- [Meyer et al. 2012] Meyer V., Kuhlicke, C., Luther, J., Fuchs, S., Priest, S., Dorner, W., Serrhini, K., Pardoe, J., McCarthy, S., Seidel, J., Palka, G., Unnerstall, H., Viavattene, C., & Scheuer, S. (2012), Recommendations for the user-specific enhancement of flood maps, *Natural Hazards Earth System Science*, vol. 12, n° 5, p. 1701–1716.
- [Migneron et al.1980] Migneron J.G. et al. (1980). *Acoustique urbaine*, Edition Masson les presses de l'Université de Québec, Québec.
- [Montès 2012] Montès C., (2012). La ville, le bruit et le son, entre mesure policière et identités urbaines. *Géocarrefour*, vol. 78, n° 2, p. 91-94.
- [Noton et al. 1971] Noton, D., & Stark, L. (1971). Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns. In *Vision Research*, 11, 929–942.
- [Noyakova 2015] Novakova, I., Goossens, V., & Melnikova, E. (2012). Associations sémantiques et syntaxiques spécifiques. Sur l'exemple du lexique émotionnel des champs de surprise et de déception. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 1, 1017-1029). EDP Sciences. Retrieved from http://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2012/01/shsconf_cmlf12_000181.pdf, last consulted on 11/12/2015.
- [Ochs et al. 1989] Ochs, E., & Schieffelin, B. (1989). Language has a heart. *Text-Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, 9(1), 7-26.
- [Palka 2015] Palka G. (2015). Amélioration de la cartographie d'inondation par l'intégration des besoins et préférences des destinataires. Thèse en Aménagement de l'espace, Université François Rabelais de Tours.

- [Perakyla 2012] Perakyla, A., & Sorjonen, M. L. (2012). *Emotion in interaction*. Oxford University Press.
- [Pietquin 2008] Pietquin, D. (2008). *Notions fondamentales d'acoustique*. Retrieved from <http://www.techniquesduson.com/acoustiquefondamentale.html#haut>, last consulted on 17/05/2016.
- [Plantin 2011] Plantin, C. (2011). *Les Bonnes raisons des émotions: principes et méthode pour l'étude du discours émotionné*. Bern: Peter Lang.
- [Platone 360 a.C.] Platone, (360 a.C.). *Timaeus*. Indianapolis: Hackett Publishing Company Inc, 2000.
- [PLU 2014] Plan Local d'Urbanisme, "Classement acoustique des infrastructures terrestres", Annexe Titre IV, 2014.
- [Pumain et al. 1997] Pumain D., Saint-Julien T. (1997). *L'analyse spatiale. Localisations dans l'espace*, Armand Colin, Paris.
- [Rayner 1998] Rayner, K. (1998). *Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research*. In *Psychological Bulletin*, 124 (3), 372–422.
- [Ribeiro et al. 2013] Carlos Ribero, Céline Anselme, Fanny Mietlicki, Bruno Vincent, Raphael Da Silva, Piotr Gaudibert, "At the heart of Harmonica project: the Common Noise Index (CNI)", Congrès Inter Noise 2013, Innsbruck, Austria, 2013.
- [Ricciardi et al. 2015] Ricciardi P., Delaitre P., Lavandier C., Torchia F., Aumond P., "Sound quality indicators for urban places in Paris cross-validated by Milan data", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 138(4), pp. 2337-2348, Octobre 2015
- [Robinson D. 1971] Towards a unified system of noise assessment. *Journal of Sound and Vibration*, 14(3) :279 – 298, 1971
- [Rodieck 2003] Rodieck R. W. (2003). *La vision*. De Boeck Supérieur.
- [Rozec et al. 2003] Rozec.V., Ritter P. (2003). Les avancées et les limites de la législation sur le bruit face au vécu du citoyen. *Géocarrefour*, vol. 78, n° 2, p. 111-119.
- [Sapir 1929] Sapir, E. (1929). The status of linguistics as a science. *Language*, 207-214.
- [Saporta 1990] Gilbert Saporta, "Probabilités, analyse des données et statistiques", Editions Technip, 1990.
- [Sartre 1939] Sartre, J. P. (1939). *Esquisse d'une théorie phénoménologique des émotions*. Paris, Hermann.
- [Schere 2005] Scherer, K. R. (2005). What are Emotions? And how can they be Measured?. *Social Science Information*, 44(4), 695-729.
- [Schiewe et al. 2013] Schiewe J., Weninger B. (2013). Visual Encoding of Acoustic Parameters – Framework and Application to Noise Mapping. *The Cartographic Journal*, vol. 50, n° 4, p. 332-344.
- [Serrhini et al. 2008] Serrhini et al. (2008). Sémiologie graphique expérimentale et cartographie du risque d'inondation, *Actes du 26^e Congrès INFORSID CEMAGREF*, Fontainebleau.

- [Serrhini et al. 2010] Serrhini K., Palka G. (2010). *Improving Flood Risk Maps as a Means to Foster Public Participation and Raising Flood Risk Awareness: Toward Flood Resilient Communities*. Rapport de recherche ERA-NET CRUE Funding Initiative du projet RISKMAP, septembre 2011
- [Silverman 1986] Silverman B.W., "Density Estimation", Chapman and Hall editors, London, 1986.
- [Slocum et al. 2009] Slocum et al. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (chapter 26 "Using Senses other than Vision to Interpret Spatial Patterns").
- [Stevens 2012] Matthias Stevens, "Community memories for sustainable societies: The case of environmental noise", doctoral dissertation, Vrije Universiteit Brussel, 2012.
- [Torgue et al. 2010] Henry Torgue, Catherine Semidor, Jacques Beaumont, "ASTUCE – Ambiances sonore, Transports Urbains, Cœur de ville et Environnement", Rapport final, Décembre 2010.
- [Vesanto 1999] Vesanto J., Himberg J., Alhoniemi E., Parhankangas J., "Self-organizing map in Matlab : the SOM Toolbox", Proceedings of the Matlab DSP Conference 1999, Espoo, Finlande, 1999, pp. 35-40, <<http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/>>.
- [Vandeloise 1991] Vandeloise, C. (1991). *Spatial prepositions: A case study from French*. University of Chicago Press.
- [Viollon et al. 2002] Viollon, S., Lavandier, C., &, Drake, C. (2002). Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. *App Acoust*, 63(5), 493–511.
- [Weninger 2013] Weninger B, (2013) Developing a Color Scale for Traffic Noise Maps: Design Aspects for Online Mapping, Dresden, In ICC 2013, Pre-Conference Workshop on Map Design, 6p
- [Weninger 2013] Weninger B. (2013). The Effects of Colour on the Interpretation of Traffic Noise in Strategic Noise Maps, *Actes de la conférence de cartographie internationale ICC 2013*, Dresde.
- [Weninger 2015] Weninger B., "A Color Scheme for the Presentation of Sound Immission in Maps: Requirements and Principles for Design", du Congrès Euro Noise, pp. 439-444, Maastricht, Pays-Bas, 2015.
- [Whorf 1956] Whorf, B. L. (1956). In J. Carroll. *Language, thought, and reality: Selected writings of Benjamin Lee Whorf*.
- [Wierzbicka 1997] Wierzbicka, A. (1997). *Understanding cultures through their key words: English, Russian, Polish, German, and Japanese*. Oxford University Press.

Liste des figures

FIGURE 1: SCHEMA D'ARTICULATION DES TROIS AXES DE RECHERCHE.....	9
FIGURE 2 : PLANNING FINAL DU PLANNING	10
FIGURE 3 : POINTS DE MESURES POUR LE GROUPE N°1.....	19
FIGURE 4 : POINTS DE MESURES POUR LE GROUPE N°2.....	19
FIGURE 5 : POINTS DE MESURES POUR LE GROUPE N°3.....	20
FIGURE 6 : POINTS DE MESURES POUR LE GROUPE N°4.....	20
FIGURE 7 : RESULTATS DES TESTS DE MICROPHONES DES TELEPHONES HTC ONE X ET SAMSUNG GALAXY S3.....	20
FIGURE 8 : DISPOSITION EXPERIMENTAL UTILISE POUR LA CALIBRATION DES TELEPHONES, HTC ONE X.....	22
FIGURE 9 : NIVEAUX SONORES MESURES PAR LES TELEPHONES POUR CHAQUE NIVEAU DE REFERENCE	22
FIGURE 10 : RESULTATS DES TESTS DE PRECISION SUR LES MESURES : EN BLEU ET VIOLET, CALIBRATION AVEC DEUX NOUVEAUX TELEPHONES, EN ORANGE CALIBRATION OPTIMISEE EN DESSOUS DE 55 DB(A).....	23
FIGURE 11 : COMPARATIF DE MESURES REALISEES A L'AIDE DU TELEPHONE (VIOLET) ET D'UN SONOMETRE (VERT) EN MILIEU URBAIN	24
FIGURE 12: TELECHARGEMENT DE L'APPLICATION	25
FIGURE 13: LOGIN ET MOT DE PASSE	25
FIGURE 14: CARTE GENERALE	26
FIGURE 15: LOCALISATION DU PARTICIPANT	26
FIGURE 16: POINTS A EVALUER	26
FIGURE 17: LISTE DES POINTS	26
FIGURE 18: TELECHARGEMENT	26
FIGURE 19: CONDITIONS D'EVALUATION	27
FIGURE 20: MESSAGE DE CONFIRMATION.....	27
FIGURE 21: EVOLUTION DU NIVEAU SONORE	28
FIGURE 22: QUESTIONNAIRE	28
FIGURE 23: CONDITIONS METEO	28
FIGURE 24: EVALUATION GLOBALE 1	28
FIGURE 25: EVALUATION GLOBALE 2	28
FIGURE 26: INTENSITES SONORES	29
FIGURE 27: TEMPS DE PRESENCE	29
FIGURE 28: NOTES	29
FIGURE 29: PROBLEME	29
FIGURE 30: PHOTOS	29
FIGURE 31: RESUME DES MESURES	30
FIGURE 32 : POINT VERT REALISE	30
FIGURE 33 : SCHEMA DE LA STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEES UTILISEE POUR STOCKER LES INFORMATIONS.....	31
FIGURE 34 : CAPTURE D'ECRAN DE LA PAGE D'ACCUEIL DU SITE INTERNET CART_ASUR	34
FIGURE 35 : CAPTURE D'ECRAN D'UN PROFIL UTILISATEUR SUR LE SITE INTERNET CART_ASUR.....	35
FIGURE 36 : CAPTURE D'ECRAN DE LA PAGE DE SUIVI DES MESURES DISPONIBLE POUR CHAQUE UTILISATEUR (ICI, CARTASUR8).....	35
FIGURE 37 : CAPTURE D'ECRAN DU RAPPORT HEBDOMADAIRE DES MESURES REALISEES	36
FIGURE 38 : REMISE DES TELEPHONES AUX PARTICIPANTS A L'ECOLE TELECOM PARISTECH EN JUIN 2013	38
FIGURE 39 : EXTRAIT DES REPNSES DU QUESTIONNAIRE SUR L'EXPERIENCE DES PARTICIPANTS AU PROJET CART_ASUR.....	40
FIGURE 40 : POINT FIXE P1 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 41 : POINT FIXE P1 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 42 : POINT FIXE P1 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 43 : POINT FIXE P1 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 44 : POINT FIXE P2 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 45 : POINT FIXE P2 DANS LE 14 ^{EME} ARRONDISSEMENT DE PARIS.....	44
FIGURE 46 : COMPARATIF DES MESURES REALISEES BOULEVARD RASPAIL	47
FIGURE 47 : COMPARATIF DES MESURES REALISEES PLACE GILBERT PERROY	48
FIGURE 48 : COMPARAISON ENTRE STATION FIXE ET TELEPHONE: REALISEE LE 24 JANVIER 2014 A 17H49.....	48
FIGURE 49 : COMPARAISON ENTRE STATION FIXE ET TELEPHONE: REALISEE LE 11 DECEMBRE 2013 A 12H35	49
FIGURE 50 : COMPARAISON ENTRE STATION FIXE ET TELEPHONE: REALISEE LE 10 AVRIL 2014 A 22H41	50

FIGURE 51 : COMPARAISON ENTRE LA STATION FIXE ET UNE MESURE DE TELEPHONE: REALISEE LE 12 MAI 2014 A 15H00.....	50
FIGURE 52 : VISUALISATION DE QUELQUES DONNEES DISPONIBLES POUR LE PROJET (ARBRES, FEUX DE SIGNALISATION, CHEMINS PIETONS, AXES ROUTIERS, BASSIN, ECOLE ; LA CROIX ROUGE CORRESPOND A UN POINT DE MESURE CART_ASUR).....	54
FIGURE 53 : ZONE HOMOGENE (A L'INTERIEUR DE LA LIGNE ROUGE) ET DE TRANSITION (ZONE HACHUREE) POUR LE PARC DE CHOISY. LA CROIX ROUGE REPRESENTE L'ENDROIT DU POINT DE MESURE CART_ASUR.....	55
FIGURE 54 : CHAMP VISUEL POUR LA MESURE DANS LE PARC DE CHOISY.....	56
FIGURE 55 : RESEAU DE KOHONEN AVEC CARTE RECTANGULAIRE DE $6 \times 7 = 42$ NEURONES.....	57
FIGURE 56 : EXEMPLE DE REPARTITION DES REPONSES DES PARTICIPANTS. A GAUCHE, L'EVALUATION DE L'AGREMENT VISUEL POUR L'OBJECTIF N° 124. A DROITE, LE TEMPS DE PRESENCE DES BRUITS DE PAS POUR L'OBJECTIF N°120.....	59
FIGURE 57 : EXEMPLE DE REPARTITION DES REPONSES DES PARTICIPANTS. A GAUCHE, L'INTENSITE SONORE DES DEUX-ROUES POUR L'OBJECTIF N°113. A DROITE, L'INTENSITE SONORE DES POIDS LOURDS ET DES BUS POUR L'OBJECTIF N°110.....	59
FIGURE 58 : DENDROGRAMME ET INDICE SPRSQ DE LA CLASSIFICATION DE KOHONEN EFFECTUEE SUR LES MEDIANES ET LES ECARTS INTERQUARTILES DE CHAQUE OBJECTIF.....	60
FIGURE 59 : REPARTITION DES OBJECTIFS SUR LA CARTE DE KOHONEN (DIVISION EN 7 CLASSES).....	61
FIGURE 60 : REPARTITION DES VALEURS DES MEDIANES DES VARIABLES PERCEPTIVES SUR LA CARTE DE KOHONEN, LA SEGMENTATION (A GAUCHE) REPRESENTE LA CLASSIFICATION EN 7 GROUPES SUR LA CARTE DE KOHONEN.....	62
FIGURE 61 : REPARTITION DES VALEURS D'AGREMENT SONORE SUR LES DIFFERENTES CLASSES.....	63
FIGURE 62 : REPARTITION DES VALEURS DES ECARTS INTERQUARTILES DES VARIABLES D'EMERGENCE SUR LA CARTE DE KOHONEN	64
FIGURE 63 : RELATION ENTRE L'AGREMENT PERÇU MOYEN ET L'AGREMENT MODELISE PAR P1.....	73
FIGURE 64 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR P1.....	73
FIGURE 65 : RELATION ENTRE L'AGREMENT PERÇU MOYEN ET L'AGREMENT MODELISE PAR P2.....	73
FIGURE 66 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR P2.....	73
FIGURE 67 : RELATION ENTRE L'AGREMENT MOYEN PERÇU ET L'AGREMENT MODELISE PAR P2*.....	73
FIGURE 68 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR P2*.....	73
FIGURE 69 : RELATION ENTRE L'AGREMENT MOYEN PERÇU ET L'AGREMENT MODELISE PAR P3.....	74
FIGURE 70 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR P3.....	74
FIGURE 71 : RELATION ENTRE L'AGREMENT PERÇU MOYEN ET L'AGREMENT MODELISE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P1 SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 72 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P1 SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 73 : RELATION ENTRE L'AGREMENT PERÇU MOYEN ET L'AGREMENT MODELISE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P2 SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 74 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P2 SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 75 : RELATION ENTRE L'AGREMENT MOYEN PERÇU ET L'AGREMENT MODELISE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P2* SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 76 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR LA SUPERPOSITION DES MODELES P2* SUR CHAQUE CLASSE.....	75
FIGURE 77 : RELATION ENTRE L'AGREMENT MOYEN PERÇU ET L'AGREMENT MODELISE POUR LA SUCCESSION DES MODELES P3 SUR LES CLASSES.....	76
FIGURE 78 : ERREUR MOYENNE ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET LE MODELE POUR LA SUCCESSION DES MODELES P3 SUR LES CLASSES.....	76
FIGURE 79 : REPARTITION DE LA VALEUR PONCTUELLE CENTRALE SUR UNE SURFACE CONTINUE (A) POUR UNE SEULE VALEUR PONCTUELLE 10 (B) POUR DEUX POINTS DE VALEUR 10 DONT LES SURFACES RESPECTIVES SE SUPERPOSENT.....	81
FIGURE 80 : REPRESENTATION DU CALCUL DES DENSITES A PARTIR DE POINTS (ICI DES ACTIVITES COMMERCIALES).....	81
FIGURE 81 : TRANSFORMATION DES FLUX DE TRAFIC EN DONNEES PONCTUELLES AVANT CALCUL DE LA DENSITE DE TRAFIC.....	82
FIGURE 82 : CONSTRUCTION DES VALEURS PONCTUELLES DES JARDINS, A PARTIR DU CONTOUR DES JARDINS.....	83
FIGURE 83 : CONSTRUCTION DES POINTS SOURCES POUR LA PRESENCE DES VOIX D'ENFANTS DANS LES ECOLES AU MOMENT DE LA RECREATION.....	84
FIGURE 84: MODELE R1.....	85
FIGURE 85: MODELE R2.....	85
FIGURE 86: MODELE R3.....	86
FIGURE 87: MODELE R4.....	86
FIGURE 88: RELATION ENTRE L'INTENSITE SONORE PERÇUE ET MODELISEE PAR LA REGRESSION CONSTRuite SUR LES VALEURS DE LDAY.....	87
FIGURE 89: RELATION ENTRE TEMPS DE CIRCULATION PERÇU ET LA DENSITE DE TRAFIC.....	88
FIGURE 90: RELATION ENTRE LE TEMPS DE PRESENCE DES OISEAUX PERÇU ET MODELISE PAR L'EQUATION 5.....	89
FIGURE 91: RELATION ENTRE LE TEMPS DE PRESENCE DES VOIX PERÇU ET LE TEMPS MODELISE PAR L'EQUATION 6.....	90

FIGURE 92: RELATION ENTRE L'AGREMENT SONORE PERÇU ET MODELISE PAR L'EQUATION 8.	91
FIGURE 93: RELATION ENTRE L'AGREMENT SONORE PERÇU ET MODELISE PAR L'EQUATION 9.	91
FIGURE 94: LIEN ENTRE AGREMENT SONORE PERÇU ET MODELISE PAR L'EQUATION 10.	92
FIGURE 95: CARTOGRAPHIE DE L'AGREMENT SONORE MODELISE A PARTIR DE L'EQUATION 8.	93
FIGURE 96: CARTOGRAPHIE DE L'INTENSITE SONORE PERÇUE A PARTIR DES DONNEES GEOREFERENCEES EN FAISANT APPARAÎTRE LES BATIMENTS ET LEURS ESPACES INTERIEURS	94
FIGURE 97: CARTOGRAPHIE DE L'INTENSITE SONORE PERÇUE A PARTIR DES DONNEES GEOREFERENCEES UNIQUEMENT SUR L'ESPACE PUBLIC	94
FIGURE 98: CARTOGRAPHIE DE L'INTENSITE SONORE PERÇUE A PARTIR DU LDAY EN FAISANT APPARAÎTRE LES BATIMENTS ET LEURS ESPACES INTERIEURS	94
FIGURE 99: CARTOGRAPHIE DE L'INTENSITE SONORE PERÇUE A PARTIR DU LDAY EN NE FAISANT APPARAÎTRE QUE L'ESPACE PUBLIC URBAIN	94
FIGURE 100 : LÉGENDE 1.....	97
FIGURE 101 : LÉGENDE 2.....	97
FIGURE 102 : EXEMPLE DE SYMBOLE DE LA LÉGENDE 1.....	97
FIGURE 103 : EXEMPLE DE SYMBOLE DE LA LÉGENDE 2.....	97
FIGURE 104: LÉGENDE 3.....	97
FIGURE 105 : LÉGENDE 4.....	97
FIGURE 106 : EXEMPLE DE SYMBOLE DE LA LÉGENDE 3.....	97
FIGURE 107 : EXEMPLE DE SYMBOLE DE LA LÉGENDE 4.....	97
FIGURE 108: REPRESENTATION DE L'AGREMENT SONORE EN SEMAINE, PENDANT LA JOURNEE AVEC LE MODELE DE DISQUES PLEINS (A), PENDANT LA JOURNEE ET LA SOIREE AVEC LE MODELE DES DEMI-DISQUES (B).....	100
FIGURE 109 : REPRESENTATION DE L'AGREMENT ET DE L'INTENSITE SONORES EN SEMAINE, A GAUCHE : MODELE DES CONES ; A DROITE : LE MODELE DES CADRANS	101
FIGURE 110: GRAPHE DES CORRELATIONS DES CRITERES DEUX A DEUX, CAS DU SYMBOLE DES CADRANS.....	102
FIGURE 111: QUESTION PERMETTANT D'ÉVALUER LA REPRESENTATIVITE DE HUIT ICONES VIS-A-VIS DE SEPT SOURCES DE BRUIT (ENVIRONNEMENT SONORE)	103
FIGURE 112: COMPARAISON DE LA REPRESENTATIVITE.....	103
FIGURE 113: CARTE DE CHALEUR DES NOTES MOYENNES OBTENUES (56) PAR COUPLES D'ICONES (HUIT) ET DE SOURCES DE BRUIT (SEPT) ET POUR TOUS LES SUJETS (57)	105
FIGURE 114: PERCEPTION DU NIVEAU DE PRESENCE DE TROIS SOURCES DE BRUITS A DIFFERENTS LIEUX URBAINS PARISIENS. CAS D'UN PARC URBAIN (PARC DE CHOISY - 13E ARRONDISSEMENT DE PARIS)	105
FIGURE 115: COMPARAISON DES NIVEAUX DE BRUITS DES SIX SITES VIS-A-VIS DES TROIS SOURCES DE BRUIT	106
FIGURE 116: NOTES MOYENNES OBTENUES PAR CARTES (SIX SITES URBAINS) ET SOURCES DE BRUITS (TROIS) ET POUR LES 57 PARTICIPANTS.....	107
FIGURE 117: VARIATION DE LA TAILLE OU DE LA DENSITE DE L'ICONE FEUX TRICOLORES	108
FIGURE 118 : LÉGENDE DE LA CARTE (PRÉSENTÉE EN FIGURE 119). LE SYMBOLE FIGURE L'AGREMENT SONORE (PAR LA GAMME COLOREE) ET LE RESENTI ASSOCIE A L'INTENSITE SONORE (NOMBRE DE BARRES COURBES) PENDANT LA JOURNEE, DIVISEE EN TROIS PERIODES (JOURNEE, SOIREE ET NUIT).....	112
FIGURE 119 : REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DE L'AGREMENT ET DE L'INTENSITE SONORES SELON LE MOMENT DE LA JOURNEE	113
FIGURE 120 : PROPOSITION DE REPRESENTATION DES DIFFERENTES VARIABLES PERCEPTIVES.....	126
FIGURE 121 : REPRESENTATION DES DIFFERENTES VARIABLES PERCEPTIVES SUR UN EXTRAIT DES POINTS D'ENQUETE	127
FIGURE 122 : ECHELLE BIVARIEE DE REPRESENTATION DES INDICATEURS D'AGREMENT ET DE VOLUME SONORES.....	127
FIGURE 123 : REPRESENTATION DES DIFFERENTES VARIABLES PERCEPTIVES AVEC L'ECHELLE BIVARIEE SUR UN EXTRAIT DE LA ZONE D'ETUDE	128
FIGURE 124 : CARTE ISSUE DE LA SELECTION DE L'INTENSITE SONORE UN JOUR DE SEMAINE.	129
FIGURE 125 : CARTE ISSUE DE LA SELECTION DE L'AGREMENT SONORE UN JOUR DE SEMAINE.	129
FIGURE 126 : CARTE ISSUE DE LA SELECTION DE L'AGREMENT SONORE UN JOUR DE SEMAINE AU LIEU DU POSITIONNEMENT DU CURSEUR, AVEC REPRESENTATION DE LA PRESENCE DES TROIS TYPES DE SOURCES SONORES.	130
FIGURE 127 : CARTE ISSUE DE LA SELECTION DE L'AGREMENT SONORE UN JOUR DE SEMAINE AU LIEU DU POSITIONNEMENT DU CURSEUR, AVEC LES INFORMATIONS DETAILLEES CONCERNANT LES VARIABLES QUI COMPOSENT L'AGREMENT SONORE DU LIEU.	130
FIGURE 128 : REPRESENTATION DE L'AGREMENT SONORE ET DE L'INTENSITE SONORE EN DES POINTS SPECIFIQUES (PHASE 1).....	131
FIGURE 129 : REPRESENTATION DYNAMIQUE DE L'AGREMENT SONORE (PHASE 2)	131
FIGURE 130 : CARTE D'INTENSITE SONORE A L'ECHELLE DE L'ARRONDISSEMENT.....	134
FIGURE 131: RECAPITULATIF DES REPONSES A L'EVALUATION DES CARTES D'AMBIANCES SONORES A L'ECHELLE DU QUARTIER.	134

<i>FIGURE 132: CARTE DE QUALITE SONORE DETAILLEE A L'ECHELLE D'UN LIEU SPECIFIQUE : LE JARDIN BRASSAI ICI.</i>	<i>135</i>
<i>FIGURE 133 : RECAPITULATIF DES REPONSES A L'EVALUATION DES CARTES DETAILLEES D'AMBIANCES SONORES A L'ECHELLE D'UN LIEU SPECIFIQUE.</i>	<i>135</i>
<i>FIGURE 134 : CARTE D'UNE SITUATION LE LONG D'UNE ARTERE AVEC DIVERS SYMBOLES ISSUS DES DONNEES GEOREFERENCEES.</i>	<i>136</i>
<i>FIGURE 135 : PROPOSITION DES TROIS LEGENDES POUR UNE CARTE DETAILLEE</i>	<i>138</i>
<i>FIGURE 136: COMPOSANTS DE LA CARTE DE DETAIL DU SITE BRASSAI</i>	<i>140</i>
<i>FIGURE 137 : ZONE D'INTERET DES CARTES LOCALES ET DE DETAIL</i>	<i>141</i>
<i>FIGURE 138 : DUREE MOYENNE DE FIXATION POUR CHAQUE COMPOSANT DES CARTES LOCALES ET DE DETAIL</i>	<i>142</i>
<i>FIGURE 139: STRATEGIES DE LECTURE SUR LES CARTES LOCALES ET LES CARTES DE DETAIL</i>	<i>143</i>
<i>FIGURE 140 : MOYENNES DU NOMBRE DE VISITES DANS LES DIFFERENTES ZONES POUR LES GROUPES DE LECTEURS. LES BARRES REPRESENTENT LES INTERVALLES DE CONFIANCE A 0,95.....</i>	<i>144</i>

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : LES PERIODES HOMOGENES SELON LES TYPES DE LIEUX.....	13
TABLEAU 2 : PROTOCOLES DE MESURES POUR LES 4 GROUPES A RENOUELER A CHAQUE SAISON (PERIODE D'ETE ET PERIODE D'HIVER)	19
TABLEAU 3 : REPARTITION DES REPONSES AU QUESTIONNAIRE INITIAL DU PANEL DES PARTICIPANTS AU PROJET CART_ASUR.....	37
TABLEAU 4 : LISTE DES 2 POINTS DE MESURES FIXES.....	43
TABLEAU 5 : LISTE DES INDICATEURS ENERGETIQUES CALCULES DANS LE CADRE DU PROJET CART_ASUR.....	46
TABLEAU 6 : LISTE DES INDICATEURS EVENEMENTIELS CALCULES DANS LE CADRE DE L'ETUDE.	46
TABLEAU 7 : LISTE DES INDICATEURS DE SOUDAINETE CALCULE DANS LE CADRE DE L'ETUDE.	47
TABLEAU 8 : CORRELATIONS ENTRE LES INDICATEURS CALCULES A PARTIR DES DONNEES DES TELEPHONES ET DES STATIONS FIXES (EN ROUGE LES P-VALUE INFERIEURES A 0,05 PRECISANT AINSI QUE LES CORRELATIONS SONT SIGNIFICATIVES).....	51
TABLEAU 9 : DIFFERENCES ENTRE LES INDICATEURS MESURES PAR LES TELEPHONES ET LES STATIONS FIXES.....	51
TABLEAU 10 : EXEMPLE DE DESCRIPTION DES DONNEES SIG DISPONIBLES UTILISEES POUR CART_ASUR.....	53
TABLEAU 11 : SYSTEMES DE COORDONNEES GEOGRAPHIQUES UTILISES EN FONCTION DE LA SOURCE DES DONNEES.....	54
TABLEAU 12 : CODAGE DES DIFFERENTS OBJECTIFS POUR L'ANALYSE DES CARTES DE KOHONEN.....	60
TABLEAU 13 : CARACTERISTIQUES PERCEPTIVES DES DIFFERENTES CLASSES.....	64
TABLEAU 14 : LES OBJECTIFS QUI CHANGENT DE CLASSE ENTRE LA PERIODE D'HIVER ET D'ETE.....	67
TABLEAU 15 : COMPARAISON DES INDICATEURS MOYENS SUR LES PERIODES D'ETE ET D'HIVER.....	67
TABLEAU 16 : CORRELATIONS DES VARIABLES PERCEPTIVES SUR L'ENSEMBLE DES MESURES.....	68
TABLEAU 17 : MODELES CONSTRUITS A PARTIR DE L'ENSEMBLE DES REPONSES (MODELE GLOBAL).....	69
TABLEAU 18 : MODELES PERCEPTIFS CONSTRUIT AVEC L'ENSEMBLE DES VARIABLES POUR TOUTES LES CLASSES (P3).....	69
TABLEAU 19 : MODELES PERCEPTIFS SANS L'AGREMENT VISUEL ET LA FAMILIARITE POUR TOUTES LES CLASSES (P2).....	70
TABLEAU 20 : MEILLEURS MODELES PERCEPTIFS POUR CHAQUE CLASSE.....	70
TABLEAU 21 : COEFFICIENTS DE CORRELATIONS ENTRE L'INTENSITE SONORE ET CERTAINES VARIABLES PERCEPTIVES POUR CHACUNE DES CLASSES.....	71
TABLEAU 22 : CORRELATIONS ENTRE AGREMENT INDIVIDUEL ET AGREMENT PREDIT PAR LES DIFFERENTS MODELES GLOBAUX, ET MOYENNE DES ERREURS INDIVIDUELLES POUR CHAQUE MODELE.	72
TABLEAU 23 : CORRELATIONS ENTRE AGREMENT MOYEN ET AGREMENT PREDIT PAR LES DIFFERENTS MODELES GLOBAUX, ET MOYENNE DES ERREURS POUR CHAQUE MODELE.	72
TABLEAU 24 : CORRELATIONS ENTRE AGREMENT INDIVIDUEL ET AGREMENT PREDIT PAR L'ASSOCIATION DES DIFFERENTS MODELES LOCAUX, ET MOYENNE DES ERREURS INDIVIDUELLES POUR CHAQUE MODELE.	74
TABLEAU 25 : CORRELATIONS ENTRE AGREMENT MOYEN ET AGREMENT PREDIT PAR L'ASSOCIATION DES DIFFERENTS MODELES LOCAUX, ET MOYENNE DES ERREURS POUR CHAQUE MODELE.	74
TABLEAU 26 : CORRELATIONS ENTRE LES VARIABLES PERCEPTIVES ET CERTAINES INDICATEURS ACOUSTIQUES.....	77
TABLEAU 27 : CORRELATIONS ENTRE LES INDICATEURS ACOUSTIQUES (SUR FOND ROUGE, LES CORRELATIONS SIGNIFICATIVES).....	78
TABLEAU 28 : MODELES CONSTRUITS A PARTIR DE L'ENSEMBLE DES MESURES (MODELE GLOBAL).....	78
TABLEAU 29 : CORRELATION ENTRE L'AGREMENT PERÇU ET DIFFERENTS MODELES DE PREVISION.....	79
TABLEAU 30 : CORRELATIONS ENTRE TEMPS DE CIRCULATION PERÇU ET DENSITES DE TRAFIC. LA NOMENCLATURE DES CARTES DE DENSITE (Cd) EST LA SUIVANTE : Cd (EQUIDISTANCE ENTRE POINTS)_ (RAYON DE RECHERCHE).	82
TABLEAU 31 : CORRELATIONS ENTRE TEMPS DE CIRCULATION PERÇU ET DENSITES DE TRAFIC.	82
TABLEAU 32 : CORRELATIONS ENTRE TEMPS DE CIRCULATION PERÇU ET DENSITES DE TRAFIC.	82
TABLEAU 33 : PARAMETRES DE CONSTRUCTION DES POINTS POUR LE CALCUL DE LA DENSITE DE JARDIN (* DISTANCE DE TAMPON, ** BORD DU JARDIN).....	83
TABLEAU 34 : CORRELATIONS ENTRE INTENSITE SONORE PERÇUE ET LES DIFFERENTS MODELES DE REGRESSIONS LINEAIRES.....	87
TABLEAU 35 : CORRELATIONS ENTRE VARIABLES. LES CORRELATIONS SONT SIGNIFICATIVEMENT DIFFERENTES DE 0 POUR DES VALEURS SUPERIEURES A 0,21.....	88
TABLEAU 36 : CORRELATIONS ENTRE VARIABLES PERCEPTIVES.....	90
TABLEAU 37 : DIFFERENTES CATEGORIES SOCIO-PROFESSIONNELLES DES PARTICIPANTS.....	99
TABLEAU 38 : LES QUATRE MODELES DE SYMBOLES.....	99
TABLEAU 39 : DIFFERENTES CATEGORIES SOCIO-PROFESSIONNELLES DES PARTICIPANTS.....	102
TABLEAU 40 : TEST NON PARAMETRIQUE DE KRUSKAL-WALLIS/FRIEDMAN.....	104
TABLEAU 41 : UTILITE DES CONSTITUANTS DE LA CARTE D'AGREMENT SONORE.....	109
TABLEAU 42 : CATEGORIES D'ESPACES URBAINS.....	110
TABLEAU 43 : NOMBRE DE MOTS DES REPONSES SELON LES QUATRE SUPPORTS ET LES TROIS TYPES DE QUESTIONNAIRE.....	114

<i>TABLEAU 44 : RICHESSE DU VOCABULAIRE (RATIO TYPES/TOKENS) SELON LES SUPPORTS</i>	<i>114</i>
<i>TABLEAU 45 : ORGANISATION DES MOTS ET DES CATEGORIES</i>	<i>116</i>
<i>TABLEAU 46 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DE : PARC, AVENUE, RUE, BATIMENTS, ARBRES, ZONE DE LA CATEGORIE : CAUSES SONORES.</i>	<i>117</i>
<i>TABLEAU 47 : VALEURS NORMALISEES DES OCCURRENCES DES SOURCES SONORES</i>	<i>118</i>
<i>TABLEAU 48 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DE : VOITURES, CIRCULATION, GENS, BUS, TRAFIC, VEHICULES, ENFANTS APPARTENANT A LA CATEGORIE SOURCES SONORES.....</i>	<i>118</i>
<i>TABLEAU 49 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DE : DONC, MAIS, PARCE QUE, DU COUP, FORCEMENT, A PRIORI DE LA CATEGORIE : CONNECTEURS.....</i>	<i>120</i>
<i>TABLEAU 50 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DES QUALIFIEURS DE L'AGREMENT SONORE (CATEGORIE : AGREMENT).....</i>	<i>120</i>
<i>TABLEAU 51 : REPARTITION DES OCCURRENCES DES QUALIFIEURS DE L'INTENSITE SONORE (CATEGORIE : ADVERBES)</i>	<i>121</i>
<i>TABLEAU 52 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DE LA MODALITE DE PRISE EN CHARGE DU DISCOURS PAR LE LOCUTEUR (CATEGORIE : SUBJECTIVITE)</i>	<i>123</i>
<i>TABLEAU 53 : CONTRIBUTION DES SUPPORTS DANS LA REPARTITION DES OCCURRENCES DE L'OPINION DU LOCUTEUR (CATEGORIE : OPINION).....</i>	<i>124</i>
<i>TABLEAU 54 : REPARTITION DU PANEL DES PARTICIPANTS A L'EXPERIMENTATION DE SUIVI OCULAIRE</i>	<i>132</i>
<i>TABLEAU 55 : POURCENTAGE D'ERREURS LIEES A LA CONFUSION ENTRE AGREMENT SONORE ET INTENSITE SONORE</i>	<i>133</i>
<i>TABLEAU 56 : EFFICACITE DE CARTES ISSUES DE L'INTERFACE WEB</i>	<i>137</i>
<i>TABLEAU 57 : EFFICACITE DES SYMBOLES ET DE L'INTERFACE WEB</i>	<i>137</i>
<i>TABLEAU 58 : ORDRE DE PREFERENCE DES PARTICIPANTS POUR LE CHOIX DE LA LEGENDE</i>	<i>138</i>
<i>TABLEAU 59 : ANALYSE DE VARIANCE DE L'INFLUENCE DE LA ZONE ET DU GROUPE SUR LE NOMBRE DE VISITES.....</i>	<i>144</i>

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

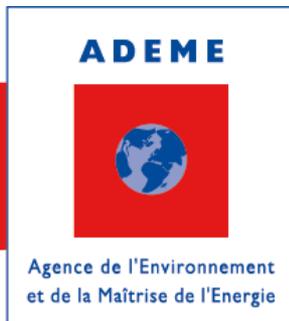
www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Higher Education and Research. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development.

ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

www.ademe.fr.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr