



POLYTECH[®]
TOURS

Département Aménagement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

VERS UNE CARTOGRAPHIE EFFICACE DU BRUIT EN MILIEU URBAIN :

Cartographie spatio-perceptive du bruit



2013-2014

Directeurs de recherche
SERRHINI Kamal
PALKA Gaëtan

LAFITTE Claire
WILLEMIN Alice

VERS UNE CARTOGRAPHIE EFFICACE DU BRUIT EN MILIEU URBAIN :

Cartographie spatio-perceptive du bruit

**Directeurs de recherche :
SERRHINI Kamal
PALKA Gaëtan**

2014

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ÉTUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'École Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons d'abord remercier tout particulièrement nos tuteurs Kamal Serrhini, Professeur, et Gaëtan Palka, Doctorant, à l'École Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours, pour leur aide précieuse, leur disponibilité et pour leur attention particulière à notre travail.

Nous remercions l'ensemble des membres du projet Cart-ASUR et plus particulièrement Catherine Lavandier, coordinatrice du projet Cart-ASUR, pour nous avoir fourni les bases de données nécessaires au projet de recherche, ainsi que Pauline Delaitre, Doctorante au Laboratoire MRTE de l'Université de Cergy Pontoise pour nous avoir fourni des documents utiles à nos recherches.

Enfin, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont bien voulu participer à notre projet de recherche, étudiants, comme professeurs.

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT	3
FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ÉTUDES.....	4
EN GENIE DE L'AMENAGEMENT	4
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	6
AVANT-PROPOS	7
RÉSUMÉ.....	8
ABSTRACT	8
INTRODUCTION.....	9
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	12
PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE	12
PROTOCOLE	14
RÉSULTATS.....	20
LE NOMBRE DE CLASSES	21
LES COULEURS	22
REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE	25
ÉCHELLE	26
LÉGENDE	26
LES COMMENTAIRES	27
DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES.....	30
APPROCHE CRITIQUE DE L'ENQUÊTE.....	30
DIMENSION URBAINE DU BRUIT.....	32
CONCLUSION.....	38
BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES.....	44

AVANT-PROPOS

Cette présente étude fait partie du projet de recherche qui s'intitule « Représentation Cartographiques de la qualité des Ambiances Sonores Urbaines : acceptabilité des cartes (Cart-ASUR) ». Ce projet, qui s'inscrit sur une période de 50 mois, est coordonné par Laboratoire MRTE de l'Université de Cergy Pontoise en partenariat avec différents acteurs tels que Bruitparif, l'UMR CITERES de l'Université François Rabelais de Tours, le Laboratoire COGIT de l'Institut Géographique National (IGN), le Laboratoire ETIS UMR de l'Université de Cergy Pontoise et la Mairie de Paris. La sous-traitance s'exécute quant à elle au Laboratoire d'Intelligence Artificielle de la « Vrije Universiteit » de Bruxelles. Le projet se décompose en quatre sous-parties : la coordination des partenaires, la caractérisation de la qualité de l'environnement sonore, la conception d'un prototype cartographique et l'évaluation du prototype. Notre participation à ce projet de recherche concerne cette dernière sous-partie, à laquelle nous apportons avec cette étude un questionnaire évaluant les besoins de différents individus en matière de cartographie du bruit ainsi que leurs préférences sémiologiques. En ce qui concerne la forme du rendu, nous avons fait le choix de le présenter sous la forme d'un article scientifique.

RÉSUMÉ

Les nuisances sonores sont actuellement ressenties par les populations comme étant une gêne majeure. La thématique du bruit est ainsi de plus en plus au cœur des préoccupations, entraînant un besoin croissant en termes de communication sur le sujet. Or, si les cartes de bruit existantes tiennent compte des règles de sémiologie graphique, elles laissent de côté la perception des utilisateurs. De ce fait, les informations qu'offrent ces cartes ne peuvent pas être bien comprises par tous et l'objectif d'instruction de la population n'est alors pas atteint. Nous nous sommes ainsi fixé l'objectif de répondre à la question de recherche suivante : « Comment établir des cartes de bruit plus efficaces prenant en compte la perception des utilisateurs ? », en faisant l'hypothèse que les besoins en termes de sémiologie graphique variaient en fonction du type d'individu. Pour répondre à cette problématique, nous avons réalisé un questionnaire expérimental relatif aux cartes de bruit et à la perception des individus, et nous avons également envisagé d'autres représentations cartographiques possibles. Nos résultats ont permis d'établir une liste de préconisations en matière de sémiologie graphique pour la réalisation de cartes de bruit plus efficaces, ainsi que la possibilité de distinguer deux catégories différentes de personnes en fonction de leurs besoins. Nous avons également pu montrer que, en plus du trafic, il existait d'autres éléments liés au tissu urbain qui influaient sur le niveau sonore. Pour conclure, notre travail participe à l'avancement de la recherche, en proposant une meilleure prise en compte de la perception des utilisateurs, et en ébauchant une réflexion sur le lien entre le bruit et l'aménagement du territoire.

ABSTRACT

Noise pollution is now considered by much people as a significant inconvenience. Thus, the topic of noise is more and more at the heart of current issues, leading to a growing need for communication on this subject. Yet, if noise maps take into account graphic semiology rules, they do not consider users' perception as well. Consequently, the information on the maps cannot be well understood by everybody, and therefore the maps cannot fulfil their aim of informing the population. With this study, we intend to answer the following research question: "How to create more effective noise maps taking into account users' perception?", supposing that the needs in terms of graphic semiology depend on people. Towards this goal, we produced an experimental questionnaire about noise maps and the perception of people, and we have also considered other possible cartographic representations. Thanks to our results, we have put forth recommendations in order to create more effective noise maps, and we have pointed out the possibility to make two different classes of people, depending on their needs. We have also demonstrated that, in addition to traffic, other components linked to urban fabric can influence sound level. To conclude, our work contributes to move research forward by offering a better consideration of users' perception, and by starting a discussion about the relation between noise and urban planning.

INTRODUCTION

Parce que le bruit est une composante environnementale pouvant causer des problèmes d'ordre médical, psychologique ou social sur les individus, il est de plus en plus considéré comme un élément important à communiquer aux décideurs politiques et à la population. En France, le législateur a cherché à maîtriser ces impacts négatifs. Ainsi, la loi « Bruit » du 31 décembre 1992 tend à prévenir, à réduire et à limiter l'émission et la propagation de bruits susceptibles de nuire à la santé de la population. L'arrêté du 30 juin 1999 (ou la « Nouvelle Réglementation Acoustique », NRA) vise à imposer aux maîtres d'ouvrage des critères d'isolation acoustiques des nouveaux bâtiments d'habitation. Puis, l'Union européenne met en place la directive européenne 2002/49/CE le 25 juin 2002. Celle-ci repose sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement. Elle souligne la nécessité d'informer les riverains sur les risques du bruit dans l'environnement et incite les politiques publiques à adopter des plans d'action en matière de prévention et de réduction du bruit. Elle impose ainsi aux principaux aéroports, aux grandes infrastructures de transports terrestres (ITT), et aux agglomérations de plus de 100.000 habitants d'élaborer des cartes du bruit stratégiques et des Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE). La transposition de cette directive dans le droit français s'est traduite tout d'abord par la création des articles L.572-1 à L.572-11 du code de l'environnement, posant les bases législatives du dispositif. Elle s'est ensuite terminée avec la parution du décret n°2006-361 du 24 mars 2006 et des arrêtés correspondants en date du 3 et du 4 avril 2006. Ces derniers précisent différentes notions relatives à l'établissement des cartes de bruit et des PPBE et modifient le code de l'urbanisme. Ils ont finalement été complétés par la circulaire du 7 juin 2007 relative à l'élaboration des cartes de bruit et des PPBE.

Les cartes de bruit stratégiques imposées par la directive européenne doivent permettre une évaluation de l'exposition au bruit de la population et des établissements sensibles (établissements de santé et d'enseignement), de porter ces éléments à la connaissance du public, et de contribuer à la définition des priorités d'actions préventives et curatives devant faire l'objet du Plan de Prévention. Elles sont constituées de documents graphiques (les cartes), de données sur l'exposition de la population et des bâtiments d'enseignement et de santé aux différents niveaux sonores, et de résumés non techniques. Les sources de bruit représentées sur les cartes sont les routes, les voies ferrées, les aéroports /aérodromes et les industries classées « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à Autorisation Préfectorale (ICPE-A) ». Elles sont élaborées selon des calculs faits par un logiciel de modélisation à partir de données qui ont été recueillies. Les niveaux acoustiques sont calculés pour des points donnés du territoire en prenant en compte les éléments qui peuvent influencer la propagation du bruit, tels que la météorologie, la topographie ou encore les obstacles (bâtiments, écrans anti-bruit, etc.). Cependant, le bruit dans le milieu urbain ne se limite pas aux seules sources sonores que sont les principales infrastructures de transports et industries. La gêne sonore peut aussi provenir de bruits liés, par exemple, au voisinage, aux activités de loisirs, au commerce, aux cris d'animaux, etc. Par ailleurs, les cartes stratégiques de bruit concernent essentiellement les grands territoires et visent à représenter le bruit de manière globale. Elles permettent d'établir un diagnostic global ou d'analyser des scénarios ; elles peuvent donc manquer de précision et ou de lisibilité. Le niveau de précision s'intègre dans une dynamique d'aide à la décision, et non dans une dynamique de réponse à une solution technique ou pour le traitement d'une plainte. Enfin, la méthodologie utilisée et préconisée par la Directive européenne, qui est celle de l'exploitation de calculs acoustiques, peut conduire à une surestimation des niveaux sonores.

Les cartes de bruit produites selon les standards imposés par la directive européenne ont donc de nombreuses faiblesses, notamment dues aux combinaisons de couleurs, pouvant s'expliquer par un manque de lignes directrices en cartographie du bruit et par le peu de discussions approfondies sur ce sujet. Schiewe et Weninger (2013) font ce constat et s'emploient à proposer une critique de ces cartes dans des pays européens. Alberts et Rubio Alferez (2012) ont étudié également l'utilisation des couleurs selon la directive européenne. Concernant la représentation cartographique du bruit, il y a relativement peu de contributions scientifiques. Le bruit est un phénomène vibratoire qui est effectivement difficile à représenter. Il s'agit de transformer une variable spatiale continue et temporelle en une variable à deux dimensions. De plus, la perception du bruit ne dépend pas que de son intensité, mais également d'autres paramètres comme son timbre, sa fréquence ou l'expérience personnelle de chacun, d'après le Certu/Setra (2001). Ainsi, l'occurrence des événements est parfois plus explicite pour caractériser un environnement sonore, faisant intervenir alors des indicateurs temporels, d'après les travaux de Bonnefond (2003). Le travail de thèse de Coensel (2007) a par ailleurs montré l'importance de la prise en compte de l'aspect temporel dans les recherches sur le paysage sonore. Le temps de présence de certaines sources de bruit intervient lui aussi dans la notion de qualité sonore, d'après les recherches de Defreville (2005) pour les cartes réalisées à l'échelle du quartier. Le travail de thèse de Defreville (2005), prolongé par le travail de Can (2006) au sein du Laboratoire Mobilités Réseaux Territoires et Environnement (LMRTE), a permis de proposer un indicateur de la qualité sonore s'appuyant sur la force sonore ressentie et sur des caractéristiques temporelles des événements se produisant dans la ville. En outre, les perceptions sonores sont différentes d'un individu à l'autre car la gêne ressentie dépend également de facteurs personnels et sociaux : Guski (1999) a notamment montré que la confiance des citoyens dans les actions des autorités locales pour gérer les problèmes d'environnement sonore réduisait la perception de gêne sonore.

D'autre part, Servigne *et al.* (1999) ont étudié les méthodes existantes de représentation du bruit et donné quelques exemples de sémiologie graphique concernant l'utilisation de couleurs et d'émoticônes. Engnath et Koch (2001) ont traité quelques aspects graphiques de façon très générale et ont proposé une autre combinaison de couleurs pour représenter des classes de bruit. Kornfeld *et al.* (2011) ont tenté une première base de recommandations en matière de cartographie du bruit, reprise ensuite par Schiewe et Weninger (2013) qui ont établi des recommandations plus précises, comme un dégradé de couleurs allant du jaune/vert clair au rouge foncé pour les valeurs représentant un danger potentiel pour la santé (supérieures à 90 dB(A)). Weninger (2013) a également étudié l'influence des couleurs sur l'interprétation des cartes de bruit. Plus l'intensité des couleurs est élevée, plus le niveau de bruit perçu est élevé. Dans le cas de la carte de bruit, les couleurs ne doivent pas mener à une sous ou surestimation de la situation du niveau de bruit réel. Tous ces travaux ont apporté une contribution sur certains aspects de la représentation cartographique du bruit, mais aucune discussion approfondie n'a encore été faite concernant une cartographie du bruit adaptée aux destinataires comme cela a été fait récemment pour la cartographie du risque d'inondation par Serrhini *et al.* (2011). Arlaud (2001) souligne d'ailleurs dans sa thèse de doctorat l'intérêt qu'il y aurait à faire une étude sur l'adaptation des cartes de bruit aux besoins des utilisateurs. La conception des cartes s'établirait selon les usages spécifiques afin de répondre à une question précise. En se basant sur une approche purement perceptive, Leobon (1995) a élaboré un mode de représentation pour le public à l'échelle du quartier, mais celui-ci manque de représentativité du fait du faible nombre de sujets ayant participé à leur élaboration.

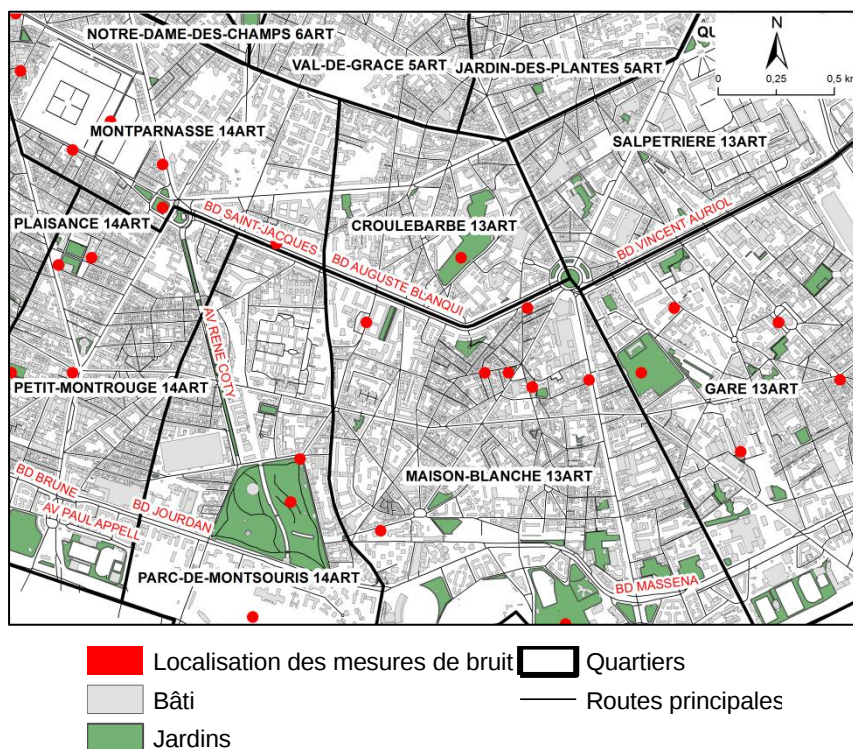
Les travaux existants en lien avec la représentation cartographique du bruit révèlent donc un manque de discussions approfondies sur l'adaptation de ces cartes à leurs destinataires. L'adjectif « efficace » se définit ainsi : « qui remplit bien sa tâche, qui atteint son but, qui aboutit à des résultats utiles » selon le dictionnaire Larousse. D'une part, l'utilité d'un résultat dépend de ce que recherche l'utilisateur, et d'autre part, l'information recherchée par ce dernier doit donc être accessible, et pour cela compréhensible. Nous supposons donc qu'une carte est efficace si elle convient au lecteur et si elle ne lui demande pas d'effort pour être lue et comprise. Par ailleurs, il y a nécessité que la carte de bruit soit efficace pour que l'information soit comprise du public, mais aussi des responsables politiques, car elle est le seul outil qui leur permette d'évaluer le niveau de bruit dans un environnement pour prendre une décision d'aménagement du territoire. L'objectif de notre travail est donc de fournir des recommandations pour produire des représentations cartographiques du bruit adaptées aux destinataires et ainsi obtenir une cartographie efficace du bruit en milieu urbain. Pour cela, nous allons chercher à identifier différentes catégories de personnes ayant des besoins similaires en termes de cartographie du bruit, et déterminer les éléments cartographiques favorables à la compréhension de chacune de ces catégories. Par ailleurs, parce que le bruit est un phénomène physique difficilement identifiable, sa représentation sur une carte est complexe et nécessite actuellement d'être remise en cause. Nous aborderons donc finalement de nouvelles perspectives en termes de représentation cartographique du bruit.

Le bruit étant une nuisance sanitaire qui, dans le contexte actuel, est de plus en plus prise en compte, les pouvoirs publics se doivent de produire des documents cartographiques relatifs au bruit qui soient compréhensibles par tous. Les cartes de bruit établies jusqu'à présent, le sont grâce à des logiciels qui, même s'ils tiennent compte de la sémiologie graphique, ne considèrent aucunement la perception des individus. Elles sont par conséquent encore peu efficaces et nécessitent des améliorations. Ainsi, notre question de recherche sera la suivante : « Comment établir des cartes de bruit plus efficaces prenant en compte la perception des utilisateurs ? ». Nous ferons l'hypothèse que les besoins en termes de sémiologie graphique sont différents d'un individu à l'autre. Nous verrons ainsi, dans un premier temps, une présentation de notre site d'étude ainsi que le protocole que nous avons mis en place. Puis, nous aborderons les résultats obtenus suite à notre enquête. Et nous terminerons finalement par une discussion critique sur notre étude et sur des pistes de réflexion possibles.

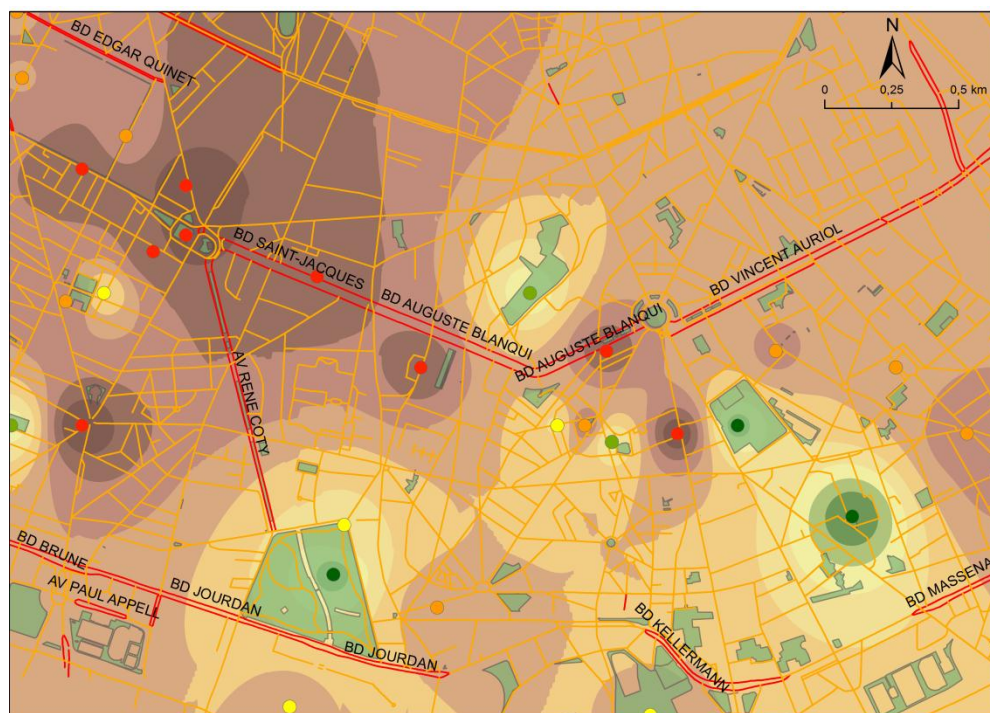
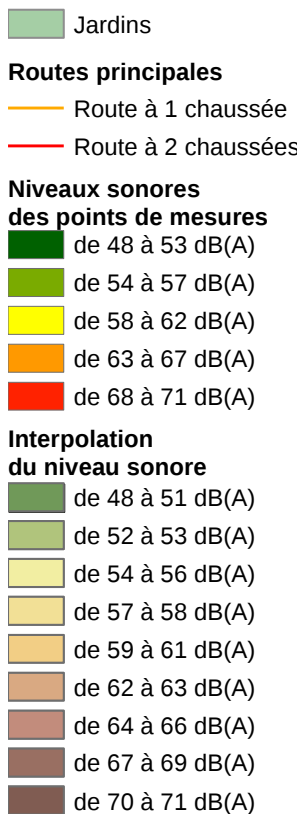
MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation du site d'étude

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons travaillé sur des représentations cartographiques avec comme base un site d'étude pour lequel nous disposons de mesures sonores. En effet, le Laboratoire d'Intelligence Artificielle à la « Vrije Universiteit » de Bruxelles a réalisé une expérience permettant de faire des enregistrements sonores du bruit dans les XIII^{ème} et XIV^{ème} arrondissements de la ville de Paris. Ces données doivent ensuite servir à l'université de Cergy-Pontoise pour développer des indicateurs de « ressenti » de la qualité sonore, et à l'IGN pour fabriquer un prototype de représentation cartographique. Ainsi, notre terrain d'étude est celui où ont eu lieu les enregistrements sonores faits lors de cette expérience. Il s'agit donc de 31 points de mesures pour lesquels nous avons récupéré les valeurs des niveaux de bruit mesurés. Ces points sont localisés dans des zones de la ville ayant différentes fonctions et dont les sources de bruit sont différentes les unes des autres. Les enregistrements ont ainsi été faits aussi bien dans des jardins publics que vers des commerces, des marchés, des restaurants, des écoles ou encore sur des places servant de carrefours (cf. carte n°1). L'intensité sonore mesurée en ces différents points est représentée sur la carte n°2. Nous avons également pu constater que les nuisances sonores de ce site d'étude sont corrélées avec le trafic présent sur la zone (cf. graphique n°1).

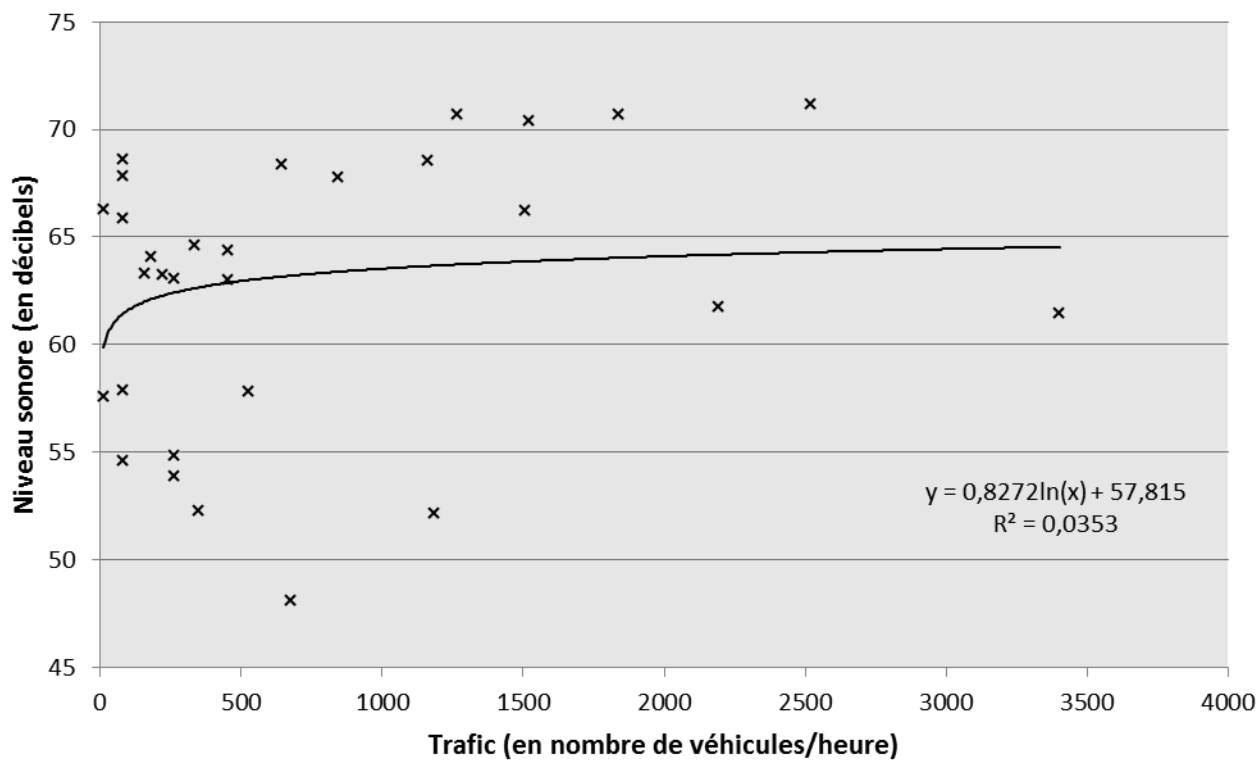


Carte n°1 : Localisation des points de mesures sonores



Réalisation : Lafitte C. & Willemin A.

Carte n°2 : Intensité sonore sur le site d'étude



Graphique n°1 : Corrélation entre le bruit et le trafic pour les points de mesures

Protocole

Afin de pouvoir prendre en compte la perception des utilisateurs pour élaborer des cartes de bruit plus efficaces, nous avons eu recours à un questionnaire. L'objectif de celui-ci était de nous aider à déterminer les besoins des individus en termes de représentation cartographique du bruit, et de vérifier si, comme nous l'avons supposé dans notre hypothèse, ces besoins sont différents en fonction du type de personne interrogée. Nous avons fait le choix de procéder à une administration indirecte de notre questionnaire. Cependant, du fait du caractère expérimental de l'enquête, les personnes interrogées ont dû écrire sur certains documents du dossier cartographique. Cela a donc nécessité un bureau pour qu'elles puissent facilement écrire sur les documents prévus à cet effet.

Nous avons choisi la composition de notre échantillon sur la base d'un panel établi dans le cadre du projet Cart-ASUR. En effet, le Laboratoire d'Intelligence Artificielle à la « Vrije Universiteit » de Bruxelles a réalisé une expérience permettant de faire des enregistrements sonores du bruit dans les XIII^{ème} et XIV^{ème} arrondissements de la ville de Paris, comme nous l'avons mentionné précédemment. Pour cette expérience, 57 personnes ont reçu un téléphone portable équipé d'un sonomètre et d'une application permettant de réaliser les enregistrements. Ils ont ensuite dû répondre à un questionnaire sur l'application de leur téléphone. Étant donné que ces personnes sont celles qui seront encore sollicitées à la fin du projet Cart-ASUR pour répondre à un questionnaire évaluant le prototype de représentation cartographique créé par l'IGN, nous avons décidé de sélectionner un panel semblable pour notre enquête. Cela permet d'anticiper les résultats à ce jour, et permettra, lorsque le projet Cart-ASUR sera terminé, de comparer les préférences de représentation du bruit entre la population parisienne, familière du lieu de l'expérience et sensibilisée au bruit par sa participation active, à la population tourangelle, pas particulièrement sensibilisée à la problématique du bruit. De plus, les réponses de la population interrogée pour notre enquête ne dépendent pas d'intérêts cachés, puisque les personnes n'ont pas connaissance de l'expérience menée par Cart-ASUR. Il n'y a donc pas de biais stratégique dans les réponses au questionnaire. Le tableau suivant décrit la composition de notre panel et de celui du projet Cart-ASUR.

	Panel Cart-ASUR	Panel enquête Tours
Étudiants	37	35
Cadres, professions intellectuelles supérieures	15	9
Employés	2	4
Professions intermédiaires	1	3
Ouvriers	1	0
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	0	1
Non renseigné	1	0
Total	57	52

Tableau 1 : Comparaison des panels de Tours et de Cart-ASUR

La correspondance entre les deux panels n'est pas parfaite ; nous avons en effet été limitées par la difficulté de trouver des personnes prêtes à nous consacrer assez de temps pour répondre de manière sérieuse et ainsi nous fournir des informations fiables (notre questionnaire durait généralement 30 minutes). Notons que la taille de cet échantillon est correcte si l'on en croit la statistique¹ relatant que la taille optimale d'un échantillon probabiliste (échantillon constitué au hasard) s'élèverait au nombre de 30 répondants, quelle que soit la population qu'il représente. Cependant, même si ce choix forme un échantillon représentatif, le niveau de précision s'avèrera très faible. Concernant le sexe des personnes interrogées, le panel de Cart-ASUR ne respectait pas la parité : 39 hommes et 18 femmes. Nous avons, quant à nous, obtenu un assez bon équilibre avec 24 hommes et 28 femmes. En revanche, on peut noter que pour le panel de Cart-ASUR comme pour le nôtre, il y a une très forte majorité de personnes dont l'âge se situe entre 18 et 29 ans : 82,5% pour Cart-ASUR et 69,2% pour notre échantillon. Nous verrons plus en détails les caractéristiques de notre panel dans la partie suivante, où nous présenterons également les résultats de notre enquête expérimentale et leur analyse (test χ^2 , corrélations, etc.) réalisée à l'aide des logiciels Sphinx et XLSTAT.

Lors de notre enquête expérimentale, nous avons soumis aux interviewés uniquement des représentations cartographiques telles qu'on les trouve actuellement, c'est à dire basées sur des niveaux sonores moyens. Cependant, d'autres perspectives de représentations sont possibles, par exemple en incluant d'autres éléments caractéristiques du son influant sur la perception de chacun. Il s'agirait notamment d'inclure dans la représentation cartographique la fréquence sonore des sources de bruit. Par fréquence sonore, nous entendons deux choses : d'une part, la fréquence d'occurrence d'une certaine source de bruit (le nombre de fois qu'un scooter passe à un endroit par exemple), et d'autre part, la fréquence du son exprimée en hertz (sons graves, sons aigus). Ainsi, l'aspect d'une autre représentation cartographique possible du bruit constitue un volet complémentaire à notre questionnaire expérimental. Nous l'aborderons concrètement dans la partie « Discussions », où nous présenterons quelques cartes que nous avons pu réaliser, ceci dans l'optique de fabriquer notre propre prototype de représentation cartographique, afin d'anticiper le travail que réalisera l'IGN à partir des données récoltées par le panel de Cart-ASUR.

Notre questionnaire se compose de trois parties : la première permet d'obtenir des informations sur les habitudes des individus en matière de cartographie, la deuxième sert à déterminer les opinions des personnes interrogées concernant la représentation cartographique du bruit, et enfin, la dernière partie consiste à recueillir des commentaires éventuels ainsi que des éléments caractéristiques généraux sur les individus. Le questionnaire complet est disponible à l'annexe n°1 du rapport. La deuxième partie constitue le cœur du questionnaire. Elle s'organise en plusieurs rubriques regroupant chacune des questions relatives à un élément constitutif d'une carte de bruit. Nous abordons ainsi le nombre de classes de couleurs, le choix des variables visuelles (les couleurs) pour les différentes classes, la forme de la représentation du bruit sur une carte, l'échelle et la légende. Nous avons décidé de ne pas étudier les autres objets graphiques constitutifs d'une carte tels que la flèche d'orientation du nord, le titre et la position relative des différents éléments cartographiques, ceci dans le but de limiter le nombre de questions et de nous concentrer sur les éléments que nous avons identifiés comme déterminants pour une carte de bruit. Les différentes questions concernent uniquement la

¹ - Théorème limite centrale, <http://www.er.uqam.ca/nobel/r30574/PSY1300/C6P5.html>

- Estimation de la fréquence d'un caractère dans une population à partir d'un échantillon, <http://math.unice.fr/~diener/StatL2/COURS3.pdf>

représentation du bruit le jour, c'est-à-dire sur une période qui s'étend de 6h à 18h. La différence entre la représentation cartographique du bruit le jour et celle en soirée ou la nuit repose sur les seuils de gêne des niveaux de bruit : on ajoute une pondération pour ces périodes sensibles (+5 dB(A) le soir, et +10 dB(A) la nuit) afin de tenir compte des différences de sensibilité au bruit selon les périodes. Les niveaux de bruit indiqués sur les cartes sont élaborés, sur prescription de la directive européenne, à partir d'indicateurs de bruit global et nocturne, exprimés en dB(A) : L_{den} (Level day evening night, pour le niveau sonore sur la période jour (6h à 18h), soir (18h à 22h) et nuit (22h à 6h)) et L_n (Level night). Le décibel est l'unité de mesure du niveau sonore. Elle est pondérée « A » pour tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine en fonction de la fréquence du son. Les niveaux de bruit ne sont en fait pas absolus ou mesurés, mais une indication pondérée du bruit.

L'objectif de l'enquête n'était pas de recueillir ce que les sujets pensaient de leur perception des cartes de bruit présentées - résultat que nous aurions eu en posant de simples questions - mais de recueillir leur propre perception. Il s'agissait de récolter leurs avis sur la représentation cartographique du bruit à travers l'observation d'éléments de cartographie. Pour ce faire, l'enquête que nous avons effectuée était expérimentale. Nous avons ainsi conçu le questionnaire en lien avec un dossier cartographique², dans lequel sont présentés aux sujets interrogés des exercices expérimentaux en lien avec les problématiques établies sur les cartes de bruit. Notons que, étant donné que l'enquête expérimentale nécessite de récolter des opinions à partir d'observations de la part des sujets, nous avons pris en compte les déficiences visuelles de chacun d'eux, avec l'utilisation du test chromatique d'Ishihara³, afin de garantir la conformité des résultats. En effet, ce test permet de déceler des déficiences visuelles chez les sujets, liées à la non perception des teintes rouge ou verte.

Les cartes de bruit utilisent couramment plus ou moins huit couleurs correspondant à des intervalles de bruit souvent égaux à 5 dB(A). L'objectif des questions 6 et 7 (cf. Figure 1 : Q6 et Q7) est donc d'identifier s'il existe un nombre pertinent de classes, et d'analyser ce que chacune représente dans la perception du bruit d'un individu. En l'occurrence, il s'agit de repérer si les individus souhaitent représenter une ou plusieurs classes en dessous et au-dessus du seuil de leur propre gêne sonore. Le nombre de catégorie montre à quel point un sujet souhaite que les niveaux sonores soient précis : veut-il connaître les différents niveaux sonores des bruits peu gênants ou souhaite-il simplement savoir que le bruit est peu gênant, sans distinction parmi ces bruits. De la même manière, pour les bruits gênants, un sujet veut-il connaître les différentes intensités de bruit au-dessus du seuil de gêne, ou souhaite-il seulement savoir qu'à partir de ce niveau, le bruit devient gênant. L'expérience est la suivante⁴ : différentes illustrations classées selon leur niveau de bruit du moins élevé au plus élevé (de « 30 dB » à « plus de 100 dB ») ont été présentées aux personnes interrogées. Elles ont d'abord dû choisir, parmi les différentes illustrations, quelle était celle à partir de laquelle le bruit leur semblait gênant, puis établir des catégories, en entourant les illustrations, qui représentaient pour elles un même niveau de bruit. Cette expérience fait ressortir le nombre de catégories que les sujets établissent et permet d'extrapoler cette information sur le nombre de classes à représenter dans une carte de bruit.

² Questionnaire & dossier cartographique : cf. annexes n°1 et n°2

³ Cf. Annexe n°2 : page 1 du dossier cartographique

⁴ Cf. Annexe n°2 : page 2 du dossier cartographique

NOMBRE DE CLASSES : (Page 2)

Voici différentes illustrations classées selon leur niveau de bruit du moins élevé au plus élevé.

6. Parmi les différentes illustrations, quelle est celle à partir de laquelle le bruit vous semble gênant ?

7. Entourez les illustrations qui représentent pour vous un même niveau de bruit.

Classement	Catégories faites par l'interviewé	Couleurs
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Figure 1 : Q6 et Q7

Après avoir identifié le nombre de classes, il s'agit ensuite de déterminer les couleurs les plus représentatives des différents niveaux de bruit pour les individus (Q8), et en particulier les couleurs attribuées à trois catégories : celle à partir de laquelle le niveau de bruit devient gênant, celle en dessous de laquelle le niveau de bruit devient gênant, et celle au-dessus de laquelle le niveau de bruit devient gênant. Un échantillon de couleurs leur a donc été proposé (cf. Figure 2) : quatre nuances (clair, pastel, vif, saturé) de sept couleurs différentes (noir, bleu, rose-violet, rouge, orange, jaune, vert). Nous avons ainsi joué sur deux variables visuelles : la luminosité et la teinte. Les couleurs devaient être à la fois limitées en nombre afin de faciliter l'analyse, et à la fois variées, afin de permettre aux sujets de pouvoir choisir selon leur propre volonté, sans restriction. Les sujets ont dû sélectionner, selon eux, la ou les couleur(s) qui correspondaient à l'intensité du bruit de chaque catégorie formée précédemment. Nous avons ainsi fait le choix de remettre en cause les règles de sémiologie graphique. En effet, il est incorrect de représenter une seule variable visuelle - le bruit - par un dégradé de couleurs de différentes teintes : d'après Pumain (1997) « Quand il s'agit de représenter avec la couleur un caractère ordonné, une carte correcte devrait utiliser un dégradé dans une seule couleur ». Cependant, il est rare que cette règle soit correctement appliquée. Par ailleurs, nous avons également fait en sorte que les couleurs des cartes présentées par la suite soient différentes. En effet, la couleur correspondant au niveau sonore maximum varie d'une carte de bruit à une autre. Les services techniques des communautés d'agglomération choisissent souvent le rose-violet foncé, mais d'autres choisissent le rouge ou rouge foncé, ou encore le bleu vif. Nous verrons donc quelles sont les couleurs privilégiées pour représenter un niveau de bruit élevé. À l'inverse, nous verrons également si le blanc est adapté à un niveau de bruit très peu élevé.

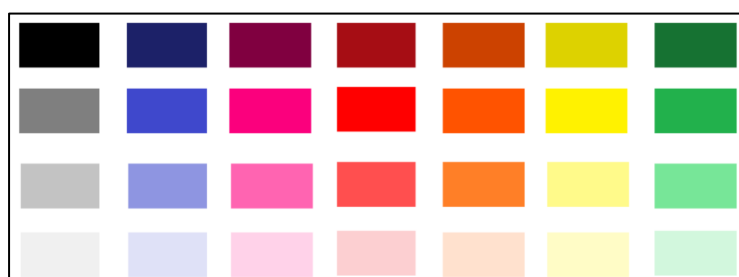


Figure 2 : échantillon de couleurs

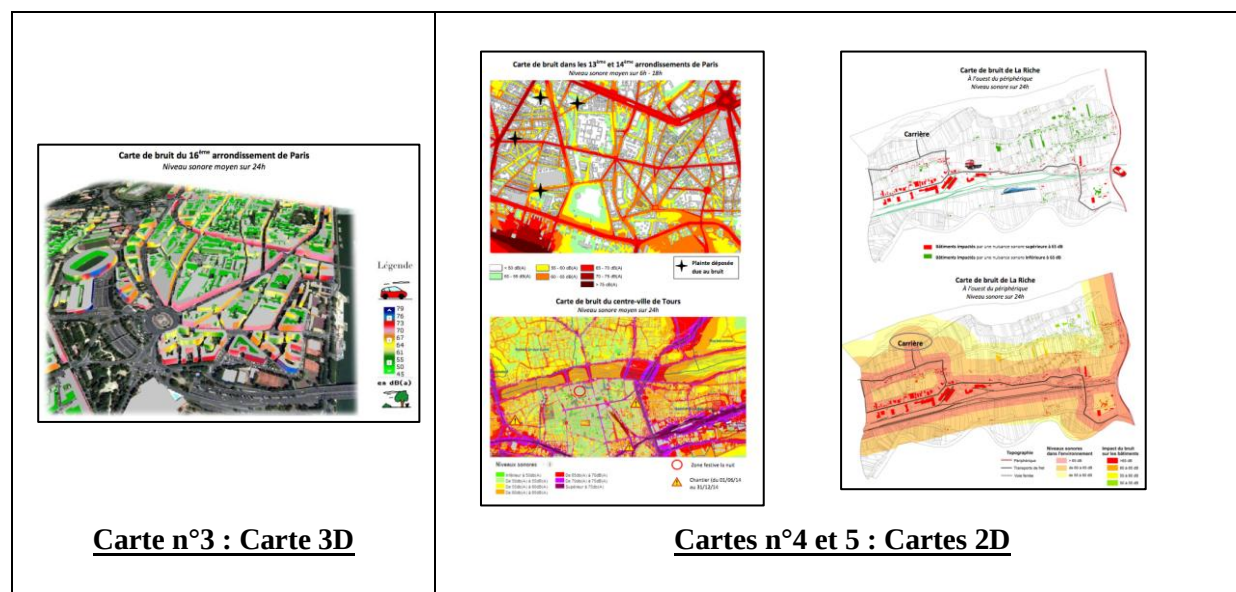
La troisième étape de l'enquête (cf. Figure 3 : Q9) concerne les différentes formes possibles des représentations cartographiques du bruit. Les sujets doivent identifier, parmi les cartes présentées (cf. cartes 3, 4 et 5), quels sont les éléments qui leur permettent de comprendre facilement la carte, puis ceux qui leur semblent inutiles ou encombrants. Nous proposons ainsi une carte de bruit en 3D pour connaître l'opinion des sujets concernant ce mode de représentation. De même, certaines cartes proposées représentent des informations sonores autres que celles des transports avec des pictogrammes de différentes formes ; les transports dont le niveau sonore est le plus important sont également représentés de manière illustrative. En outre, il est demandé aux questionnés si la représentation sur une carte de certaines sources de bruit leur semble nécessaire. Les niveaux de bruit émis par les transports sont communément représentés sur les cartes à l'aide d'un système de couleurs symbolisant le bruit dans l'ensemble des espaces publics ; nous avons remis en cause cette représentation. Nous avons ainsi conçu différentes cartes. Sur certaines, le bruit est projeté directement sur les bâtiments impactés par la source sonore ; cette représentation s'inspire de celle du risque avec l'information supplémentaire de l'enjeu⁵, à l'inverse de celle de l'aléa où le bruit est projeté dans l'espace public. Dans une autre carte, l'onde sonore se dessine de manière plus globale par rapport aux cartes de bruit classiques ; le bruit étant une onde sonore, un phénomène physique continue dans le temps et l'espace, sa perception dans un lieu donné n'est pas une donnée exacte et précise.

REPRESENTATION DU BRUIT SUR LA CARTE : (Pages 4 à 6)

9. Parmi les différentes cartes, précisez les éléments qui vous permettent de comprendre facilement la carte, puis ceux qui vous semblent inutiles ou encombrants.

Ce qui est apprécié :	Ce qui n'est PAS apprécié :
Forme de la carte	Forme de la carte
3D	3D
2D	2D
Buffer	Buffer
Bâtiments colorés	Bâtiments colorés
Symboles	Symboles
Les illustrations/dessins	Les illustrations/dessins
Pictogrammes	Pictogrammes
Couleurs	Couleurs
Les couleurs :	Les couleurs :
Le nombre de couleurs :	Le nombre de couleurs :
Autres	Autres
Informations sur les plaintes de bruit	Informations sur les plaintes de bruit
Autres :	Autres :

Figure 3 : Q9



⁵ (Risque) = (aléa) x (enjeu) ; approche théorique des risques, UVED
http://www.e-sige.ensmp.fr/uvved/risques/1.1/html/2_2-2_1.html

Dans une carte, le nombre d'informations varie selon l'échelle. L'étape suivante de l'enquête vise par conséquent à identifier le lien entre le but de la lecture de la carte et le niveau de zoom sur la carte. Les sujets doivent ainsi choisir, parmi trois cartes à différentes échelles, celle qui leur semble la plus adaptée à leurs besoins personnels⁶.

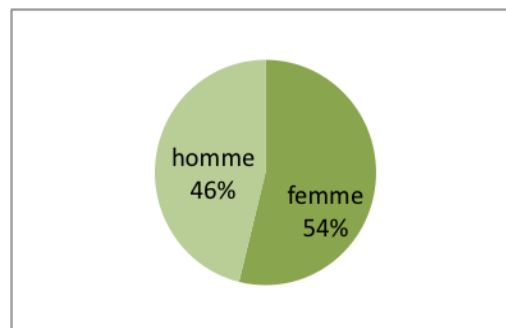
Enfin, parce que les cartes de bruit sont destinées à tous et notamment au public, il est nécessaire que les informations liées aux décibels lui soient compréhensibles. La notion de décibels et les caractéristiques de cette mesure ne sont pas connues de tous. Tout le monde n'identifie pas nécessairement l'intensité sonore équivalente au décibel. C'est pourquoi cette dernière étape de l'enquête consiste à identifier quels éléments de la légende sont les plus pertinents pour bien comprendre une carte de bruit, et donc quelle légende est la plus adaptée selon les différentes personnes interrogées⁷.

⁶ Cf. Annexe n°2 : pages 7 à 9 du dossier cartographique

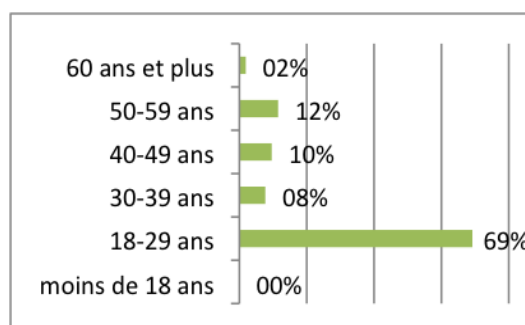
⁷ Cf. Annexe n°2 : page 10 du dossier cartographique

RÉSULTATS

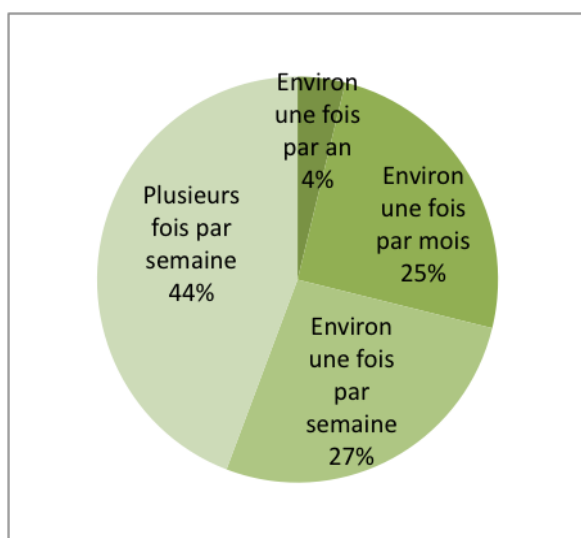
Au total, l'enquête a pu être réalisée auprès de 52 sujets. Nous pouvons d'ores et déjà tirer quelques conclusions quant aux premières observations des résultats obtenus, notamment par rapport à l'échantillon. Le panel est composé de 28 femmes et de 24 hommes (cf. graphique n°2). La tranche d'âge des 18-29 ans est la plus représentée avec 69,2% de personnes, du fait de la présence d'une grande majorité d'étudiants (cf. graphique n°3). Parmi les étudiants, 80% viennent du secteur des sciences territoriales, 14,3% des sciences informatiques et 5,7% des sciences biologiques. Ensuite, viennent les 30-39 ans, les 40-49 ans et les 50-59 qui sont à peu près représentés dans les mêmes proportions avec chacun entre 8 et 12%. Enfin, seule une personne interrogée appartenait à la tranche d'âge 60 ans et plus. Les cadres et professions intellectuelles sont représentées à hauteur de 17,3 %, les employés à 7,7 %, les professions intermédiaires à 5,8 %, et les artisans commerçants à 1,9 %. Face à la prédominance des étudiants et donc des 18-29 ans, nous regrouperons, pour notre analyse, les autres classes. Nous étudierons ainsi d'une part les jeunes étudiants de 18-29 ans (67,3%) et d'autre part les personnes travaillant dans un milieu professionnel (32,7%).



Graphique n°2 : Proportion hommes / femmes



Graphique n°3 : Classes d'âges



Graphique n°4 : Fréquence d'utilisation des cartes

Concernant la fréquence d'utilisation des cartes (tout type de carte confondu), 23 personnes interrogées les utilisent plusieurs fois par semaine et 14 les utilisent environ une fois par semaine (cf. graphique n°4). On pourra regrouper les autres catégories « environ une fois par mois » et « environ une fois par an » étant donné que seules deux personnes sont dans cette dernière catégorie. Elles représentent ainsi à elles deux 28,8% des personnes interrogées, utilisant très peu les cartes. Ensuite, il s'avère que seulement 36,5 % ont déclaré avoir déjà lu une carte de bruit, et près de la moitié de ces derniers l'ont déjà utilisée dans un cadre professionnel. L'objectif était de pouvoir rencontrer aussi des personnes ayant déjà utilisé les cartes de bruit dans un cadre professionnel

en lien avec l'aménagement du territoire. Malheureusement, le cadre professionnel des sujets était en lien avec l'enseignement et nous ne pouvons donc pas analyser la question des préférences sémiologiques pour un besoin professionnel de carte du bruit en aménagement du territoire. Par ailleurs, le panel de notre enquête est constitué de 98 % de sujets sans déficience visuelle. Seule une personne souffre de dyschromatopsie l'empêchant de distinguer les couleurs.

Le nombre de classes (Q6 et Q7)

Le premier objectif de l'enquête expérimentale est d'estimer, selon la perception des personnes interrogées, le nombre de classes à concevoir dans une carte de bruit. D'après les réponses aux questions concernant le classement d'illustrations, la majorité des sujets, soit 77 %, choisissent quatre à six catégories : 16 personnes choisissent de constituer cinq catégories, 13 personnes en choisissent quatre et 11 personnes en choisissent six. En outre, deux informations sont à traiter en parallèle : le nombre de catégories que les sujets ont choisi et les catégories à partir desquelles le bruit leur semblait gênant. La matrice ci-dessous répertorie ainsi l'ensemble des personnes selon leurs réponses. Le résultat obtenu est significatif.

À partir de quelle catégorie le bruit vous semble gênant ?							
	1	2	3	4	5	6	Total
Combien de catégories faites-vous ?							
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	1
3	0	1	3	0	0	0	4
4	0	2	8	3	0	0	13
5	0	2	5	8	1	0	16
6	0	1	4	3	3	0	11
7	0	1	1	2	1	0	5
8	0	0	0	1	0	1	2
Total	0	8	21	17	5	1	52

Figure 4 : Réponses aux questions 6 et 7

Les résultats entourés en **bleu** montrent que les personnes qui ont établi deux, trois, quatre ou cinq catégories ont choisi de sélectionner **la dernière catégorie** en tant que catégorie à partir de laquelle le niveau de bruit leur semblait gênant (8 personnes ont fait ce choix).

Les résultats entourés en **rouge** montrent que les personnes qui ont établi trois, quatre, cinq ou six catégories ont choisi de sélectionner **l'avant-dernière catégorie** en tant que catégorie à partir de laquelle le niveau de bruit leur semblait gênant (20 personnes ont fait ce choix).

Les résultats entourés en **orange clair** montrent que les personnes qui ont établi quatre, cinq, six, sept ou huit catégories ont choisi de sélectionner **l'antépénultième catégorie** en tant que catégorie à partir de laquelle le niveau de bruit leur semblait gênant (12 personnes ont fait ce choix).

Les résultats entourés en **vert foncé** montrent que les personnes qui ont établi cinq, six ou sept catégories ont choisi de sélectionner **la catégorie N-3** (où N représente le nombre de catégories total) en tant que catégorie à partir de laquelle le niveau de bruit leur semblait gênant (8 personnes ont fait ce choix).

Les résultats entourés en **vert clair** montrent que les personnes qui ont établi six, sept ou huit catégories ont choisi de sélectionner **la catégorie N-4** (où N représente le nombre de catégories total) en tant que catégorie à partir de laquelle le niveau de bruit leur semblait gênant (3 personnes ont fait ce choix).

Ainsi, les résultats montrent qu'une majorité de personnes - au nombre de 20 - considèrent que le bruit commence à être gênant à partir de l'avant-dernière catégorie. Ces personnes ont donc fait le choix d'établir deux catégories dans la thématique des bruits gênants. Ce choix sous-entend qu'il y ait donc un autre seuil après la gêne du bruit. On remarque par ailleurs que la plupart des sujets constituent plusieurs catégories parmi les bruits qui ne sont, pour eux, pas encore gênant. Cela nous amène à penser qu'il faille représenter dans une carte de bruit les différents seuils de niveau sonore même lorsque le bruit n'est pas gênant. Enfin, notons que le choix du nombre de classes n'a pas dépendu de l'âge, du sexe des sujets interrogés. Les sujets non-étudiants ont toutefois davantage choisi quatre ou six catégories, mais le nombre de personnes ne nous permet pas de tirer d'emblée des conclusions. La fréquence d'utilisation ou la connaissance des cartes n'ont pas non plus influencé ces résultats.

Si l'on prend en compte les premiers résultats obtenus qui montrent que la majorité des personnes - au nombre de 16 - choisissent de composer cinq catégories, et que la majorité des personnes - au nombre de 20 - choisissent de mettre deux catégories dans une thématique « gêne » (les résultats entourés en rouge), alors, si l'on représente ces résultats sur une carte de bruit, le nombre de classes serait de 5 et le bruit serait gênant à partir de la 4^{ème} catégorie. Cette dernière devra alors être représentée par une couleur adéquate.

Les couleurs (Q8)

Le second objectif consiste à identifier le lien entre les couleurs et les catégories constituées par les sujets. Le niveau sonore sur une carte de bruit doit être parlant pour les utilisateurs. Il s'agit donc de choisir la couleur la plus adéquate à l'intensité sonore. L'enquête nous montre ainsi que certaines couleurs incarnent plus que d'autres un certain niveau de bruit. En outre, la vigilance est de mise par rapport à l'observation des résultats. La simple observation des couleurs choisies selon une certaine catégorie donnée ne nous permet pas tout à fait d'estimer le réel choix de couleurs des sujets. Afin de concrétiser le problème, prenons, à titre d'exemple, deux sujets : l'un choisit de constituer 2 catégories et l'autre choisit d'en constituer 8. Le premier pourrait choisir une couleur rouge pour la catégorie n°2, alors que le deuxième pourrait choisir, pour cette même catégorie, du vert. Il est donc nécessaire d'analyser les couleurs selon le nombre de catégories des sujets.

Analysons tout d'abord la couleur attribuée par le panel à l'intensité sonore la plus forte (donc pour une dernière catégorie). Les résultats montrent que la couleur rouge foncé est choisie par 39% des personnes. Viennent ensuite le noir, le rose-violet foncé, le orange foncé, le rouge vif, et le bleu foncé. Concernant la couleur attribuée à un niveau sonore le plus faible, il s'agit de la couleur bleu clair (choisie par 36,5 % des sujets), et en second vient le vert clair (choisie par 29,4 % des sujets). Les résultats ci-dessous montrent que les couleurs données à l'avant-dernière catégorie sont diverses. Néanmoins, certaines se démarquent mieux, comme d'abord l'orange foncé, puis le rose-violet foncé et l'orange clair. Cette catégorie est celle, comme vu précédemment, à partir de laquelle le niveau sonore devient gênant. Un niveau sonore qui devient gênant est donc représenté par l'orange foncé. Pour l'antépénultième catégorie, il s'agit principalement de l'orange clair ; pour la catégorie N-3 (N représentant le nombre de catégories total), le jaune ; et pour la catégorie N-4, le jaune clair. Enfin,

nous remarquons que le choix des couleurs n'a pas dépendu de l'âge, du sexe et des catégories socio-professionnelles des sujets interrogés. La fréquence d'utilisation ou la connaissance des cartes n'ont pas non plus influencé ces résultats.

En résumé, les résultats globaux obtenus concernant le choix des couleurs pour indiquer un certain niveau sonore montrent que les sujets préfèrent un dégradé de couleurs allant du bleu clair, puis du vert clair, jusqu'au jaune clair, pour ensuite atteindre les couleurs chaudes, en passant par le jaune plus franc, puis l'orange, pour continuer sur des couleurs plus foncées, vers l'orange foncé, puis le rouge foncé. En outre, notons que de nombreux sujets interrogés n'ont pas trouvé la couleur bleu vif adaptée à un niveau sonore le plus élevé.

Les quatre tableaux ci-dessous représentent les résultats obtenus pour les catégories N-1, N-2, N-3 et N-4 (où N représente le nombre de catégories total). Ils répertorient le nombre de sujets ayant choisi une certaine couleur à affecter à la catégorie associée. Seules les couleurs les plus choisies sont sélectionnées. Autrement dit, le nombre total de sujets dans chaque tableau n'est donc pas le nombre total de sujets de notre échantillon.

Donnons un exemple de lecture du premier tableau, en observant la case entourée en rouge pointillé. Nous constatons que 2 personnes ont établi 5 catégories et ont affecté à la catégorie n°4 la couleur rose-violet foncé. En d'autres termes, ces sujets ont choisi cette couleur pour représenter le bruit de l'avant-dernière catégorie.

Catégorie à laquelle la couleur est affectée	Nombre de catégories total	Noir	Rose-violet foncé	Rouge clair	Rouge foncé	Orange clair	Orange foncé	Rouge vif	Total
2	3	0	0	0	0	0	1	1	2
3	4	2	3	0	0	5	2	0	12
4	5	0	2	0	2	5	5	1	15
5	6	0	5	1	0	0	5	0	11
6	7	1	0	1	1	0	1	1	5
7	8	0	0	0	1	0	1	0	2
Total		3	10	2	4	10	15	3	47

Tableau 2 : Nombre de sujets ayant choisi une certaine couleur pour l'avant-dernière catégorie

Catégorie à laquelle la couleur est affectée	Nombre de catégories total	Rose clair	Orange clair	Orange foncé	Jaune clair	Jaune foncé	Vert foncé	Rouge vif	Total
2	4	2	2	2	3	1	1	1	12
3	5	1	6	0	1	5	0	0	13
4	6	0	5	2	0	1	2	0	10
5	7	0	1	1	1	0	0	1	4
6	8	0	1	0	0	0	1	0	2
Total		3	15	5	5	7	4	2	41

Tableau 3 : Nombre de sujets ayant choisi une certaine couleur pour l'antépénultième catégorie

Catégorie à laquelle la couleur est affectée	Nombre de catégories total	Bleu clair	Bleu foncé	Orange clair	Jaune clair	Jaune	Vert clair	Vert foncé	Total
2	5	1	1	1	2	1	5	4	15
3	6	1	3	1	0	4	1	0	10
4	7	0	0	2	0	1	0	0	3
5	8	0	0	0	0	2	0	0	2
Total		2	4	2	2	8	6	4	30

Tableau 4 : Nombre de sujets ayant choisi une certaine couleur pour la catégorie N-3

Catégorie à laquelle la couleur est affectée	Nombre de catégories total	Rouge clair	Jaune clair	Vert clair	Vert foncé	Total
2	6	1	3	5	2	11
3	7	0	3	0	0	3
4	8	0	0	0	1	1
Total		1	6	5	3	15

Tableau 5 : Nombre de sujets ayant choisi une certaine couleur pour la catégorie N-4

Représentation cartographique (Q9 et Q10)

D'après les résultats obtenus, 53,8% des personnes interrogées déclarent ne pas aimer la représentation en 3D, contre 42,3% qui apprécient. On retrouve les mêmes proportions au sein de la catégorie des femmes. En revanche, le résultat est plus contrasté chez les hommes, avec une grande majorité d'entre eux (66,7%) déclarant ne pas aimer la représentation en 3D. Ce rejet de la représentation cartographique en 3D va à l'encontre de l'idée préconçue que l'on aurait pu avoir à ce sujet, à savoir que les personnes interrogées auraient une préférence pour ce mode de représentation car il permettrait une visualisation plus proche de la réalité. Les éléments qui ressortent comme n'étant pas appréciés par les personnes interrogées sont donc principalement la 3D, mais également les illustrations/dessins⁸ représentés sur la carte ainsi que les bâtiments colorés. Ceci est valable quel que soit le type de personne étudié. Dans les autres éléments non appréciés sur les cartes, il y a notamment la densité d'informations trop élevée sur la carte de Tours, mais peu d'autres éléments sont cités de nombreuses fois.

Les pictogrammes (travaux, zone festive...) sont quant à eux appréciés par une majorité de personnes : 50% contre seulement 15,4% qui déclarent ne pas les apprécier, les autres n'ayant pas d'opinion à ce sujet. On peut noter que davantage d'étudiants (54,3% d'entre eux) que de professionnels (41,2% d'entre eux) apprécient ces pictogrammes. Les zones tampons (ou « buffers ») et les informations sur les plaintes de bruit sont également davantage citées comme éléments positifs que négatifs : seulement respectivement 3,8% et 9,6% d'avis négatifs. Mais la population interrogée n'a en majorité pas d'avis prononcé sur ces deux éléments : respectivement 59% et 65% sont sans opinion. Les autres éléments appréciés qui ressortent des commentaires des sujets sont : une préférence forte pour la carte de Paris en 2D et pour l'ensemble de ses couleurs, puis une préférence, un peu moins forte, pour la carte de Tours et pour ses couleurs. Suite à des tests réalisés à l'aide de la méthode du χ^2 (khi-deux), il n'existe pas de relation significative entre le choix de la représentation cartographique et les variables caractérisant les personnes interrogées. Les résultats obtenus restent donc des résultats statistiques valables uniquement pour notre échantillon et ne peuvent pas être généralisés.

Sur la totalité des personnes interrogées, une très grande majorité souhaite que les bars et les boîtes de nuit (90,4%) ainsi que les trajets des transports de fret (86,5%) soient représentés sur une carte de bruit. Le résultat est plus mitigé concernant la représentation des écoles, souhaitée par seulement 51,9% des personnes interrogées. Après analyse, le choix de la représentation de ces éléments apparaît comme étant indépendant de toute autre variable propre aux individus. Il est possible que ces résultats dépendent davantage du vécu de chacun et des précédents lieux d'habitation, et plus précisément des différentes sources de bruit auxquelles les personnes ont déjà été confrontées. Les autres sources de bruit que les personnes ont déclaré souhaiter voir apparaître sur une carte de bruit sont principalement les aéroports, les grands axes routiers, les usines et les trains. Ce sont effectivement des éléments qui ont déjà été ciblés par la directive européenne et qu'on doit donc retrouver sur les cartes de bruit actuelles. Néanmoins, même si certaines propositions n'ont pas été mentionnées de nombreuses fois, il pourrait quand même être intéressant de les prendre en compte puisqu'elles peuvent être source de nuisances sonores ; citons les lieux touristiques, les commissariats, les complexes sportifs, les ateliers de menuiserie, le tramway, les casernes de pompiers, les couloirs aériens. Il ne s'agit pas d'identifier toutes ces sources de bruit sur une seule et même carte, au risque de rendre la carte illisible en raison du nombre d'informations trop important. Il s'agirait plutôt de faire une sélection des sources sonores les plus gênantes et nuisibles.

⁸ Cf. Annexe n°4 : codage pour la représentation cartographique

Échelle (Q11)

Sur la totalité des personnes interrogées, 42,3% déclarent trouver l'échelle de la ville plus adaptée à leurs besoins personnels, 30,8% préfèrent l'échelle de l'îlot et seulement 26,9% ont choisi l'échelle du quartier. Il ressort clairement des résultats qu'il n'existe pas de catégorie de personnes préférant l'échelle du quartier, le choix de l'ensemble des individus variant uniquement entre les deux échelles extrêmes. Les femmes ont une très nette préférence pour l'échelle « ville » (53% d'entre elles). La préférence est assez marquée également pour les hommes, avec 41,7% d'entre eux choisissant l'échelle « îlot ». Il y a cependant moins de différence entre les étudiants et les professionnels. En effet, ces derniers apprécient autant l'échelle « ville » et l'échelle « îlot », tandis que les étudiants préfèrent la première. La fréquence d'utilisation des cartes, quant à elle, n'influe pas sur les résultats. Le tableau suivant présente une synthèse des résultats obtenus pour notre échantillon. Cependant, ils ne peuvent pas être facilement généralisés à l'ensemble de la population française car nos tests à l'aide de la méthode du χ^2 n'ont pas permis de déceler de relation significative entre les variables prises deux à deux.

Catégories de personnes	Échelle adaptée aux besoins personnels
Homme	îlot
Femme	ville
Étudiants	ville
Professionnels	ville ou îlot

Tableau 6 : Échelles préférées au sein de l'échantillon

Légende (Q12)

Les personnes interrogées pouvaient choisir plusieurs éléments qu'elles trouvaient utiles au sein des différentes légendes de carte de bruit que nous leur propositions⁹ (cf. Annexe n°5 : codage de la légende). En observant les résultats, nous obtenons que plus de la moitié des personnes interrogées apprécient la présence d'illustrations symbolisant le niveau de bruit à l'aide d'un objet connu. Ensuite, la majorité des personnes préfèrent le dégradé de couleurs aux classes de couleurs. En revanche, concernant les autres réponses, un grand nombre d'éléments sont cités aussi souvent : les mots dans la flèche horizontale, la colonne « conversation », la colonne (ou cartouche) « ambiance extérieure », la forme de flèche horizontale, la forme de flèche logarithmique¹⁰ etc. Tous ces éléments ne peuvent pas être représentés sur une même légende, il y aurait en effet trop d'informations ; de plus, certains d'entre eux ne sont pas compatibles. Il nous faut par conséquent établir une sélection de ces éléments pour obtenir une légende lisible. Pour réaliser cette sélection, nous pouvons nous intéresser aux préférences en matière de légende selon les types de personnes interrogées (hors réponses sur les illustrations/dessins et sur le dégradé ou les classes de couleurs). Les résultats que nous présentons dans le tableau suivant découlent d'une analyse statistique sur notre échantillon, mais ils ne sont pas généralisables d'après nos tests réalisés selon la méthode du χ^2 .

⁹ Cf. Annexe n°2 : page 10 du dossier cartographique

¹⁰ Cf. Annexe n°6 : dépouillement des réponses au questionnaire

Catégories de personnes	Éléments de légende préférés
Étudiants	Forme de flèche horizontale Mots dans la flèche horizontale Colonne conversation
Professionnels	Forme de flèche logarithmique
Jamais lu de carte de bruit	Colonne ambiance extérieure Mots dans la flèche horizontale
Déjà lu une carte de bruit	Information sur les seuils
Utilise très peu souvent les cartes	Forme de flèche horizontale Colonne ambiance extérieure Colonne conversation
Utilise les cartes une fois par semaine	Forme de flèche horizontale Mots dans la flèche horizontale Colonne conversation
Utilise les cartes plusieurs fois par semaine	Forme de flèche logarithmique Mots dans la flèche horizontale Information sur les seuils

Tableau 7 : Éléments de légende préférés au sein de l'échantillon

Ainsi, il semble qu'une forme de flèche logarithmique soit plus adaptée à des personnes utilisant très souvent les cartes ou par des professionnels, tandis que les étudiants et les personnes utilisant moins souvent les cartes préfèrent une forme de flèche horizontale, plus classique. De même, l'information sur les seuils convient mieux aux personnes familières des cartes, alors que les autres préféreront les colonnes « ambiance extérieure » ou « conversation ». Les résultats en fonction du sexe des personnes ne sont pas significatifs et posent le même problème de réponses incompatibles qu'initialement.

Les commentaires

Le commentaire le plus fréquent qui nous a été fait est que la personne interrogée n'avait jamais vu de carte de bruit auparavant et n'avait donc « pas l'habitude » de ce type de carte. Les personnes ont alors souligné l'intérêt d'« éduquer » les gens au bruit pour remédier à la méconnaissance des cartes de bruit, et du bruit lui-même, de façon plus générale. D'autres personnes ont mis en relief le fait que la perception du bruit dépend de chacun et de son vécu. De façon plus précise concernant les cartes, il nous a été suggéré de faire apparaître les pics sonores lors d'une journée et de faire possiblement une carte spéciale pour représenter uniquement les sources de bruit. Enfin, pour certains, les nuisances sonores ne sont pas un critère de sélection pour trouver un logement.

	NOMBRE DE CLASSES	COULEURS	REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE	ÉCHELLE	LÉGENDE ¹¹
Homme	La majorité compose 5 classes. Viennent ensuite le choix de 4 ou 6 classes.	Dégradé de couleurs : - Couleurs froides et claires, - Puis couleurs chaudes et claires, - Puis couleurs chaudes et foncées Couleur pour le bruit gênant : Orange foncé	Carte 2D + pictogrammes (travaux, zone festive...) et localisation des bars, boîtes de nuit, écoles, trajet des transports de fret	îlot	-
Femme				ville	-
Étudiants					Mots dans la flèche horizontale ; Forme de flèche horizontale ; Colonne conversation
Professionnels	La majorité compose 4 ou 6 classes.		Carte 2D + localisation des bars, boîtes de nuit, écoles, trajet des transports de fret	ville ou îlot	Forme de flèche logarithmique
Jamais lu de carte de bruit	La majorité compose 5 classes. Viennent ensuite le choix de 4 ou 6 classes.		Carte 2D + pictogrammes (travaux, zone festive...) et localisation des bars, boîtes de nuit, école, trajet des transports de fret	ville	Colonne ambiance extérieure ; Mots dans la flèche horizontale
Déjà lu une carte de bruit					Information sur les seuils
Utilise très peu souvent les cartes					Colonne ambiance extérieure ; Forme de flèche horizontale ; Colonne conversation
Utilise les cartes une fois par semaine					Mots dans la flèche horizontale ; Forme de flèche horizontale ; Colonne conversation
Utilise les cartes plusieurs fois par semaine					Mots dans la flèche horizontale ; Forme de flèche logarithmique ; Information sur les seuils

Tableau 8 : Synthèse des résultats

¹¹ Quelle que soit la catégorie de personne, les illustrations/dessins et le dégradé de couleurs sont des éléments de légende à faire figurer pour une carte de bruit

Du tableau de synthèse précédent, nous pouvons envisager de faire uniquement deux catégories de personnes. En effet, de nombreux éléments de sémiologie graphique sont appréciés par les mêmes types d'individus. Il est ainsi possible de considérer, d'une part, les professionnels de plus de 29 ans, et d'autre part les étudiants de 18-29 ans, indépendamment de leur pratique des cartes ou de leur sexe. Il est toutefois envisageable d'adapter la légende davantage en fonction de la fréquence d'utilisation des cartes.

DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

Approche critique de l'enquête

Suite aux résultats de notre enquête, nous pouvons tout d'abord souligner les points forts et les limites de certains éléments cartographiques étudiés précédemment.

Comme nous l'avons vu, le nombre de classes de couleurs à représenter sur une carte de bruit s'élève au nombre de cinq, d'après la majorité des sujets interrogés. L'avantage d'employer seulement cinq couleurs, contrairement aux cartes de bruit existantes qui en utilisent en général plus ou moins huit, est de limiter le nombre de couleurs, et donc l'information. Cela favorise ainsi une meilleure lisibilité pour les lecteurs. L'inconvénient de ce choix concerne l'information en elle-même. Le bruit étant un phénomène physique continu dans le temps et dans l'espace, le fait d'avoir recours à des classes implique une représentation simpliste et réductrice du phénomène, d'autant plus lorsque le nombre de classes est peu élevé. Il peut donc y avoir deux catégories d'individus : ceux qui souhaitent qu'on leur donne directement l'information simplifiée, ou ceux qui souhaitent avoir l'information la plus juste et qui veulent l'analyser eux-mêmes.

Par ailleurs, si cinq classes de couleurs sont choisies dans une carte de bruit, il s'agit de trouver un dégradé de couleurs adapté. Comme vu précédemment, les couleurs devraient passer des couleurs froides aux couleurs chaudes, avec un contraste plus faible pour les premières et plus fort pour les dernières. Ce résultat est plutôt cohérent avec les résultats obtenus par Schiewe et Weninger (2013) qui ont proposé un dégradé allant des couleurs jaune/vert clair au rouge foncé, pour symboliser le danger potentiel des valeurs les plus fortes. Avec cinq classes, un dégradé de couleurs ne serait pas parfait. Il le serait néanmoins si une seule teinte de couleur était utilisée : du rouge très clair au rouge très foncé par exemple. Mais l'usage de multiples teintes permet à l'utilisateur d'une carte de repérer plus facilement la couleur à partir de laquelle le niveau sonore devient élevé. Les couleurs ont des connotations différentes. Il est donc plus aisé d'identifier une différence entre deux couleurs plutôt qu'entre deux contrastes d'une seule couleur. En plus de jouer sur la luminosité et le contraste, la teinte est une composante supplémentaire pour identifier une certaine couleur à un certain niveau de bruit.

Les cartes de bruit actuelles représentent, en milieu urbain, les émissions sonores des transports routiers, ferroviaires et aériens. Une telle carte peut sembler inutile lorsque l'on observe qu'il existe une corrélation entre l'intensité du bruit et l'importance du flux routier. En d'autres termes, dire, par exemple, que l'intensité du bruit est élevée là où il y a une autoroute serait redondant. Il suffit de savoir qu'il y en a une pour pouvoir anticiper le bruit. Mais le bruit en milieu urbain n'est pas essentiellement lié aux réseaux de transports. D'autres sources sonores locales plus ponctuelles interviennent dans la gêne liée au bruit : le bruit de voisinage, les voix humaines, les cris d'animaux, le bruit dû aux activités économiques, etc. A l'inverse des réseaux de transports, le niveau sonore de ces sources de bruit est très variable. On ne peut donc pas d'emblée les identifier par un calcul. Les représenter, si elles sont régulières, apporterait pourtant des informations supplémentaires sur le niveau sonore d'un lieu. Les résultats précédents montrent d'ailleurs que la grande majorité des sujets interrogés pensent que les lieux bruyants, comme les boîtes de nuit ou les bars, ou les lieux proches des trajets de transports de fret sont des éléments à représenter sur une carte de bruit, grâce à un système de pictogrammes. Mais indiquer sur une carte à la fois le bruit émis par les transports et celui émis par des lieux bruyants générerait une carte avec un nombre d'informations important. Il s'agirait

alors d'établir, pour les personnes qui n'apprécient pas le système de pictogrammes, différentes cartes avec chacune un calque thématique différent : l'une avec le transport, l'autre avec les lieux bruyants.

En outre, la lisibilité d'éléments potentiellement bruyants nous amène à la question de l'échelle spatiale. Si les résultats de l'enquête n'ont pas permis de discriminer une seule et unique échelle qui aurait été appréciée en majorité par les sujets (42,3% apprécient l'échelle de la ville, 30,8% apprécient celle de l'îlot et 26,9% apprécient celle du quartier), c'est parce que les informations à grande et petite échelle (îlot et ville) semblaient plus lisibles : la carte à l'échelle de la ville représente davantage le bruit émis par les transports, celle à l'échelle de l'îlot représente des lieux potentiellement bruyants. Cela explique le rejet de la carte à moyenne échelle (à l'échelle d'un quartier) qui ne montre précisément ni le bruit des transports, ni les lieux bruyants. La précision - et donc l'efficacité - d'une carte se rapporte donc à ces éléments, mais également à l'échelle temporelle. Car le bruit est un phénomène physique continu dans l'espace, mais aussi dans le temps. Les bruits ne sont pas les mêmes selon le moment de la journée. Il est admis que l'échelle temporelle, pour une carte de bruit, est divisée en trois moments de la journée : le jour, de 6h à 18h, le soir, de 18h à 22h, et la nuit, de 22h à 6h ; c'est-à-dire qu'il existe trois calques d'informations pour un certain lieu dans une carte de bruit. La perception du bruit est différente selon le moment de la journée. Le besoin de tranquillité est plus important le soir, et encore davantage la nuit, d'où le choix de ces tranches horaires. Cependant, si le bruit urbain est lié aux transports, il est également lié au trafic et au flux de circulation. Il y a, en une journée, trois pics de trafic. Le premier s'étend environ de 6h à 9h - il correspond au trajet domicile-travail, le deuxième s'étend de 12h à 14h - il concerne l'heure du déjeuner, et le troisième s'étend de 18h à 20h ; il s'agit du trajet travail-domicile. Enfin, la période 22h-3h peut aussi être bruyante non en termes de trafic, mais en termes de bruits liés à des événements festifs. Ces informations ne sont pas lisibles sur un découpage d'une journée en trois parties avec les bornes d'horaires de 6h, 18h et 22h. D'autant plus que l'information sonore pendant la nuit manque en précision, quand on sait qu'elle est une moyenne du niveau sonore sur la période 22h-6h alors que le niveau de bruit est moins élevé sur la période 3h-6h que sur la période 22h-3h. Enfin, les bruits des transports routiers varient en fonction de la journée de la semaine, mais aussi en fonction des périodes de congés. Le niveau de bruit émis par les transports sera moins élevé le dimanche, alors qu'il le sera davantage un samedi. De même, le niveau de bruit sera moins élevé pendant les mois de juillet et d'août que pour le reste de l'année, si l'on se trouve dans un lieu non touristique.

Si notre enquête permet de tirer quelques résultats intéressants pour la conception d'une carte de bruit plus efficace, elle revêt néanmoins quelques limites et nécessiterait de prendre en compte d'autres caractéristiques liées au bruit, tels que la fréquence acoustique et l'occurrence du bruit dans un certain lieu, à un certain moment. Ces diverses caractéristiques du bruit, phénomène physique complexe, sont effectivement à la source des différences de perception de chacun. De plus, chaque individu ne se représente pas le bruit de la même manière du fait de son expérience, ses habitudes ou de sa sensibilité sonore. La perception du bruit dépend donc aussi de la connotation qu'un certain bruit a pour chaque personne. La représentation cartographique du bruit est donc complexe puisqu'elle nécessite de prendre en compte de nombreuses variables, physiques, spatiales et humaines.

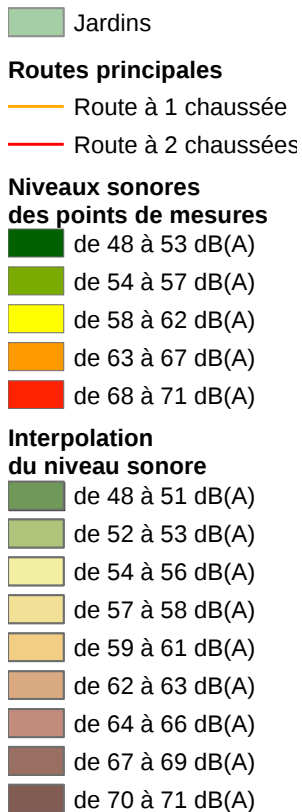
Dimension urbaine du bruit

De nombreuses méthodologies existent à ce jour pour la conception de cartes de bruit. Elles sont produites à partir de méthodes de calcul, via des logiciels, qui s'appuient sur le phénomène physique d'une onde sonore. Picaut *et al.* (2012) nous informent que recourir à des outils de modélisation de la propagation acoustique est nécessaire pour établir des cartes de bruit ou pour déterminer l'impact sonore d'une infrastructure de transport. Plusieurs méthodes ont été proposées pour le milieu extérieur "ouvert" (i.e. très faiblement bâti), mais aucune ne satisfait exactement les exigences pour le milieu urbain (i.e. fortement bâti). La propagation acoustique en milieu extérieur est donc un sujet scientifique complexe.

Le bruit est une thématique de l'aménagement urbain et une problématique politique. Des mesures ont été mis en œuvre en matière de prévention : la réduction du bruit à la source (véhicules moins bruyants, politique de gestion du trafic), et le développement de dispositifs de protection des habitants contre les nuisances sonores (murs anti-bruits, revêtements de chaussées moins bruyants, isolation acoustique des bâtiments). Mais le bruit dans l'environnement urbain reste prépondérant. L'objectif, ici, est de mettre en relief les différents éléments urbains qui influent sur les niveaux sonores, afin d'orienter les recherches et de donner des préconisations sur la conception des cartes et sur la politique de réduction du bruit dans le milieu urbain.

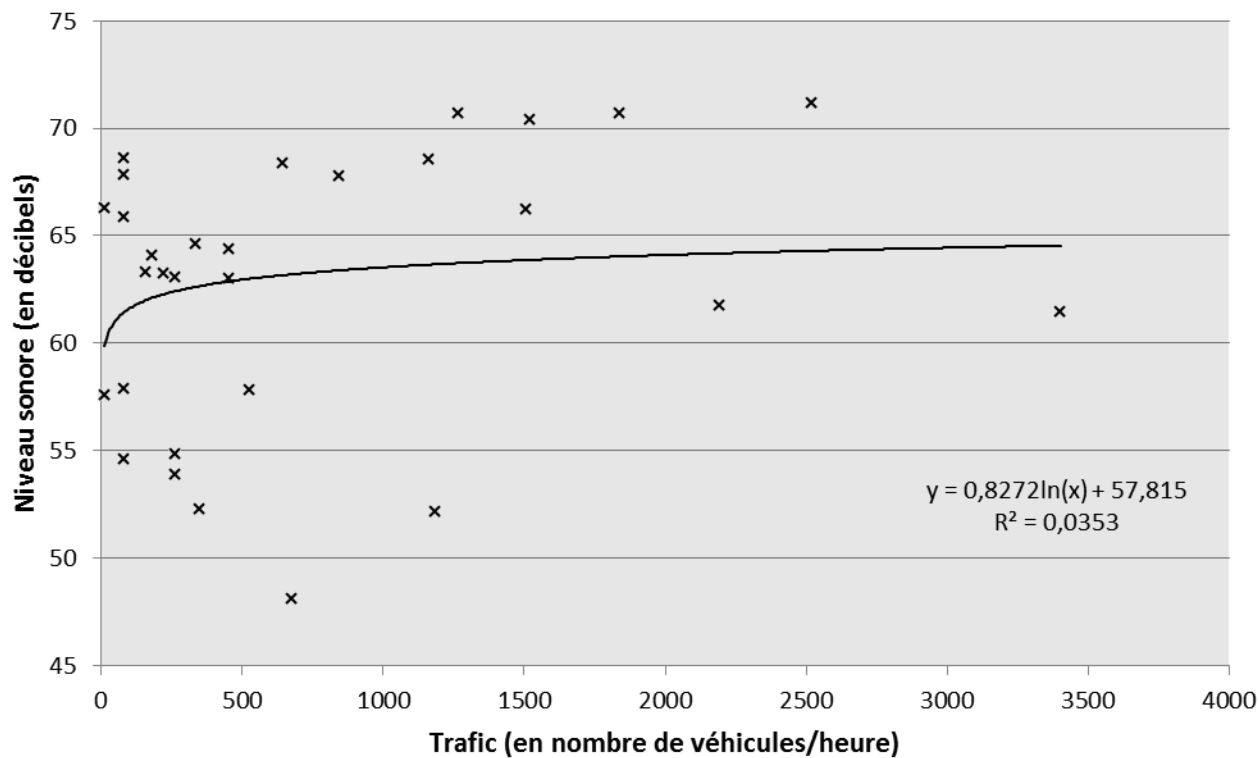
Des données de mesures du bruit et des données urbaines nous ont été fournies. Le territoire concerné est celui des 13^{ème} et 14^{ème} arrondissements de Paris. Nous avons d'abord généré une interpolation des trente points de mesures du bruit par rapport au niveau sonore mesuré le jour. Remarquons que les points de mesures du bruit se situent sur des routes. Le premier objectif a été d'observer s'il existait des corrélations particulières entre l'intensité sonore et les données liées au réseau routier. Comme le montre la carte n°6, il semblerait que les niveaux sonores les plus élevés se situent sur les grands axes routiers, et en particulier dans les grandes intersections. Les niveaux sonores les moins élevés se situent quant à eux plutôt à proximité des jardins. Le faible nombre de points de mesure ne nous permet pas d'en établir une vérité générale. En outre, nous constatons sur la carte que deux points de mesures se situent à 228 mètres l'un de l'autre, et que la différence d'intensité sonore entre ces deux points est d'au moins de 15 décibels. L'un des deux points représente la classe d'intensité sonore la plus faible, et l'autre la plus forte. Il faut savoir qu'en champ libre, le niveau de bruit diminue de 6 dB(A) lorsque la distance est doublée. Autrement dit, la fonction qui relie la distance au niveau sonore est le logarithme népérien. Ainsi, pour avoir une différence d'intensité sonore de 5 dB(A) entre deux points - cette différence se retrouvant sur l'ensemble des cartes de bruit actuelles, il faudrait au moins établir les mesures à environ 75 mètres d'écart. Nous préconisons donc que les mesures de bruit doivent se faire au plus tous les 75 mètres.

Carte n°6 : L'intensité sonore des points de mesures en milieu urbain
 Dans les 13^{ème} et 14^{ème} arrondissements de Paris

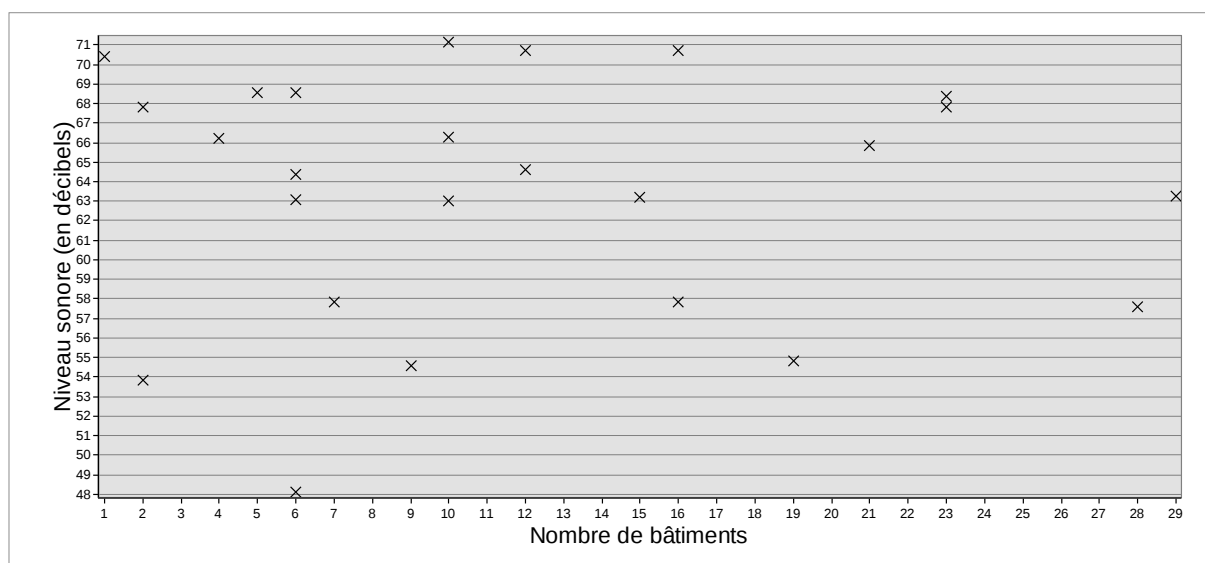


Réalisation : Lafitte C. & Willemin A.

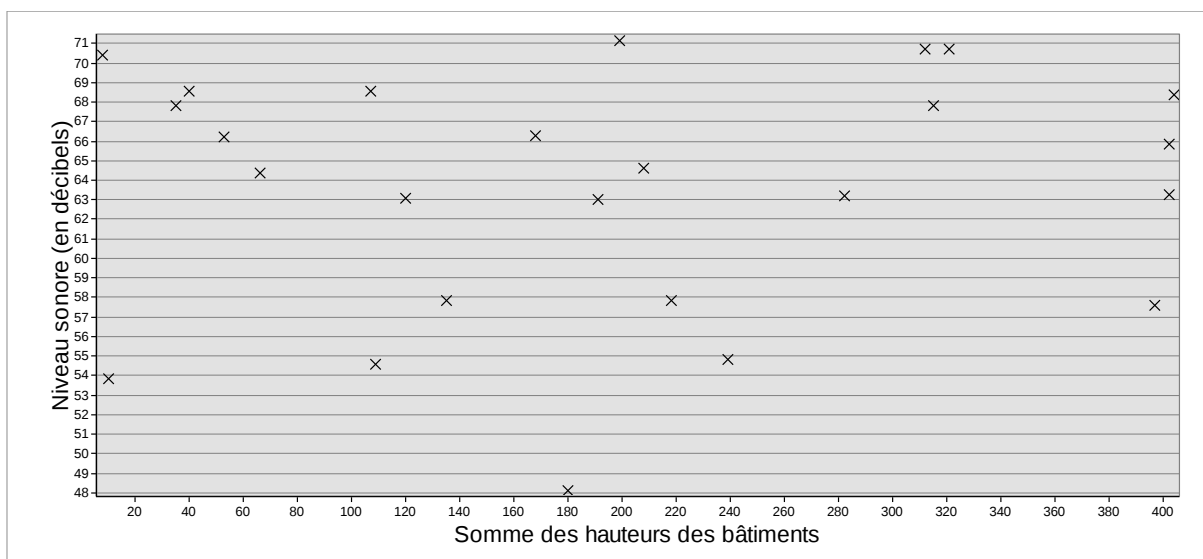
Comme le disent Servigne *et al.* (1999), « une représentation réaliste de l'environnement sonore nécessite de prendre en compte les éléments de l'architecture urbaine : la hauteur et la forme d'un immeuble, les matériaux des façades, les parcs et les jardins des maisons. Ces éléments ont une influence sur la diffusion du son ». Nous avons donc étudié la corrélation entre le bruit et différents éléments urbains, à savoir le trafic, la densité urbaine (nombre de bâtiments), la somme de la hauteur des bâtiments, et la somme de la surface au sol des bâtiments. Concrètement, nous avons dessiné une zone tampon - un cercle - autour des points de mesures dont le rayon est de 43m. Ce chiffre provient d'une mesure établie à partir de la largeur des rues. Nous avons ensuite affecté à cette zone tampon les variables énumérées précédemment. Les résultats obtenus montrent qu'il n'existe pas de corrélation avec ces différentes variables urbaines, excepté celle du trafic. Les tableaux ci-dessous représentent ces résultats. Il semble exister une corrélation entre le niveau sonore et le trafic : à partir de 600 véhicules par heure, le niveau sonore reste élevé. Finalement, l'intensité du bruit semble dépendre du trafic mais ne dépend ni de la densité urbaine, ni de la hauteur des bâtiments, ni de la surface au sol des bâtiments. Nous allons vérifier ces résultats en allant plus loin dans le raisonnement.



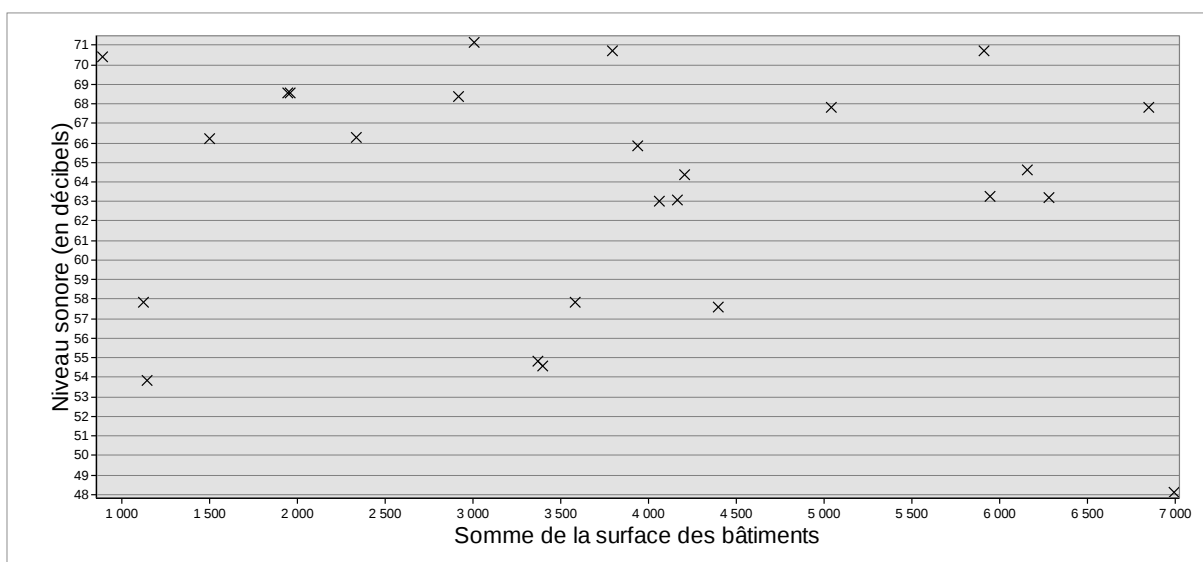
Graphique n°5 : Niveau sonore en fonction du trafic moyen horaire le jour (6h-18h)



Graphique n°6 : Niveau sonore en fonction de la densité



Graphique n°7 : Niveau sonore en fonction de la somme des hauteurs des bâtiments



Graphique n°8 : Niveau sonore en fonction de la somme des surfaces des bâtiments

La dispersion d'une onde dépend de la géométrie de l'environnement dans laquelle elle se trouve. Par exemple, une onde acoustique se disperse plus rapidement dans un environnement sans obstacle. La manière dont est réverbéré le bruit dépend de la forme de l'obstacle, ce dernier permettant la réverbération du bruit. C'est pour cela qu'il est admis, d'après le Certu (2006), que le niveau du bruit est plus fort dans une rue dite en « U » (c'est-à-dire une rue étroite et dont la hauteur des bâtiments de cette rue est grande). Le niveau de bruit dans le milieu urbain dépend donc de la géométrie de l'espace. Mais pour que le bruit soit réellement fort dans une rue en « U », il est également nécessaire qu'il existe un nombre suffisant de sources de bruit dans un temps imparti. En d'autres termes, l'importance de l'intensité sonore devrait aussi dépendre de la fréquence d'occurrence du bruit, et donc du trafic. Cependant, une voiture n'émet pas le même niveau sonore selon la vitesse à laquelle elle roule. Le bruit dépend donc également de la vitesse du moyen de transport. D'autres variables sont certainement à prendre en compte dans l'influence du niveau de bruit ; la signalisation par exemple. Mais nous pouvons d'ores et déjà établir quelques conclusions sur ce sujet.

Pour résumer, le bruit dépend de la géométrie de l'espace, de la fréquence d'occurrence du bruit et de la vitesse du moyen de transport qui passe dans un certain lieu. Cependant, en réalité, ce ne sont généralement pas dans les rues étroites que le trafic est important. Et inversement, le trafic est généralement important dans des rues larges. De même, la vitesse d'un moyen de transport est généralement plus élevée dans une rue large plutôt que dans une rue étroite. Le bruit dépend donc de variables qui, elles aussi, dépendent des autres. Nous pouvons donc élaborer deux hypothèses selon les trois variables identifiées :

- Le niveau de bruit est moins élevé lorsque la rue est large, le trafic peu important, et la vitesse des moyens de transports élevée.
- Le niveau de bruit est plus élevé lorsque la rue est étroite, le trafic important, et la vitesse des moyens de transports faible.

En dehors des lieux qui correspondent à l'état de l'environnement urbain des hypothèses, nous ne pouvons évaluer d'emblée l'intensité sonore. Nous pouvons toutefois observer le lien entre le niveau de bruit de chaque point de mesures et l'environnement du lieu où les mesures ont été faites. L'environnement désigne ici les trois variables étudiées.

Nous classons l'ensemble des points de mesures de niveaux sonores selon cinq niveaux d'intensité de bruit. Les documents fournis par les partenaires du projet Cart-ASUR nous renseignent sur les types de lieux où ont été faites les mesures. Les images fournies par l'application web Google Map nous permettent d'établir quelques observations. Nous pouvons ainsi identifier les caractéristiques de l'environnement des différents lieux selon les trois variables étudiées précédemment. Le tableau suivant répertorie ces observations.

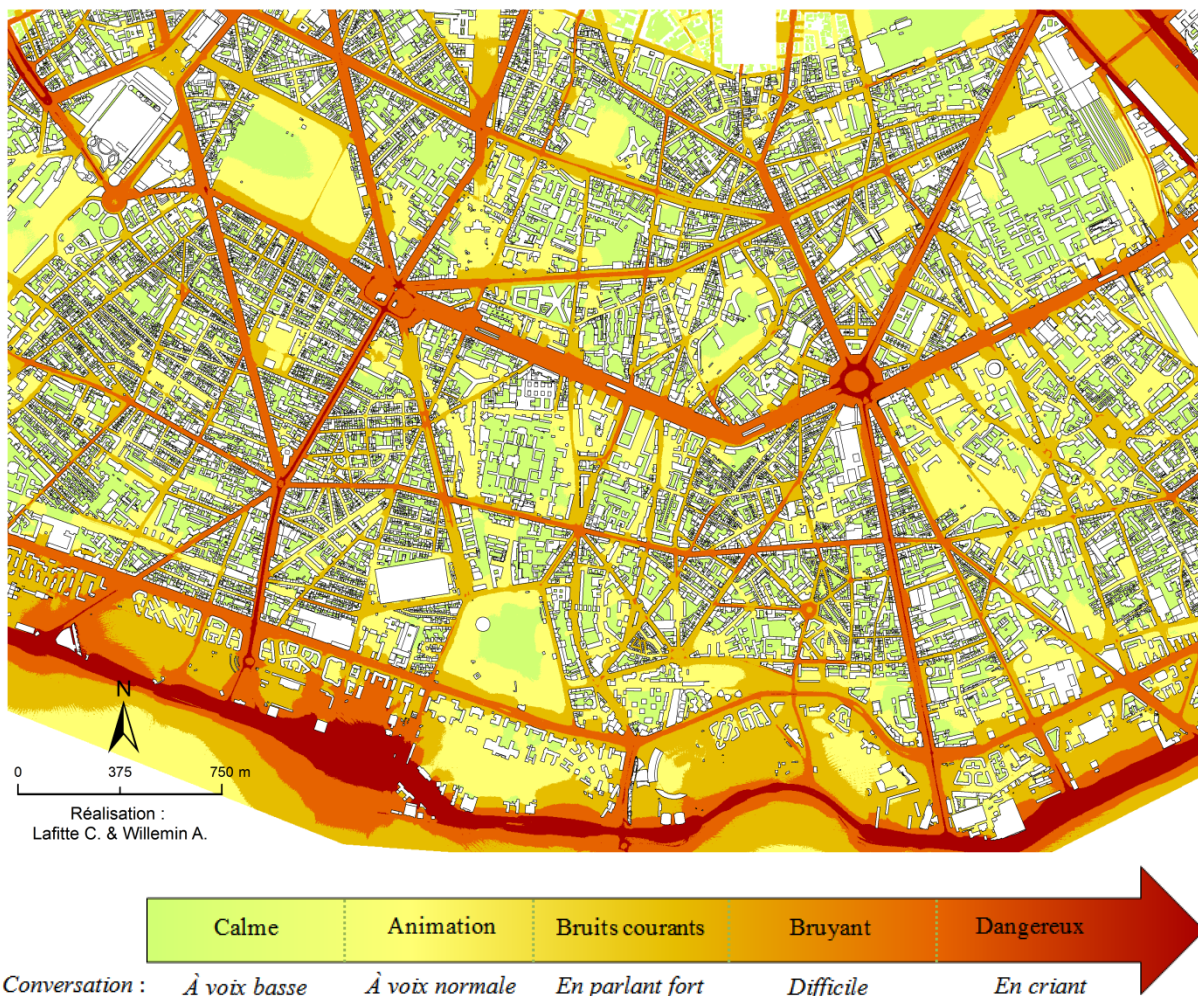
Niveaux sonores	Types de lieux	Observations
68 à 71 décibels	boulevards, carrefours, marchés, commerces, rues	• La plupart des lieux sont des rues très larges et où la hauteur des bâtiments est, proportionnellement à la largeur de la rue, élevée. • Lorsque ce n'est pas le cas, nous observons que c'est le trafic qui semble dense. • Sinon, il s'agit d'une rue très étroite avec commerces.
63 à 67 décibels	carrefours, zones de transition, rues, cimetière, marché, école, restaurants	• Lorsque les rues sont larges, le trafic semble dense, et la hauteur des bâtiments n'est pas très élevée. • Lorsque la rue n'est pas large, la hauteur des bâtiments est proportionnellement à la largeur de la rue, élevée. Le trafic n'est pas spécialement dense.
58 à 62 décibels	jardins, zones de transition, passages, école, restaurants	• Les rues ne sont pas très larges et accueillent des lieux d'activités économiques ou scolaires. • Lorsque ce n'est pas le cas, il s'agit d'un lieu espacé, près d'un parc, à l'intersection de routes. • Sinon, ce sont des passages très étroits, avec des bâtiments hauts.
54 à 57 décibels	jardins, passages	• Les rues sont étroites, et les bâtiments peu élevés. La mesure est souvent prise près d'un jardin.
48 à 53 décibels	parcs, jardins, zones commerciales	• Ces informations parlent d'elles-mêmes.

Nous constatons que le niveau de bruit ne dépend pas seulement du trafic en lui-même, mais aussi d'autres variables liées au tissu urbain. Le lien entre les niveaux sonores mesurés et l'environnement montre toutefois une ambiguïté par rapport au lieu précis et à l'heure précise où les mesures ont été prises. Il est nécessaire de savoir si le niveau sonore a été mesuré près d'un mur, ou au milieu d'une rue, ou lorsqu'il y a beaucoup d'activités ou non. De plus, une mesure ponctuelle dans le temps n'indique pas nécessairement le niveau sonore réel. Le degré d'activité dans une rue influe sur le niveau de bruit et cette activité dure dans le temps.

CONCLUSION

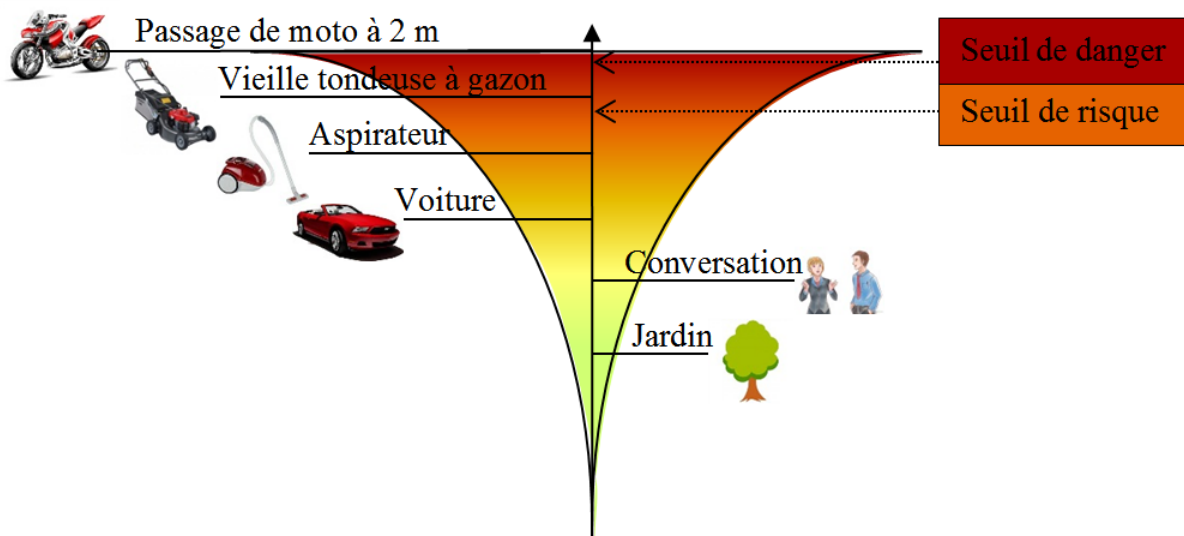
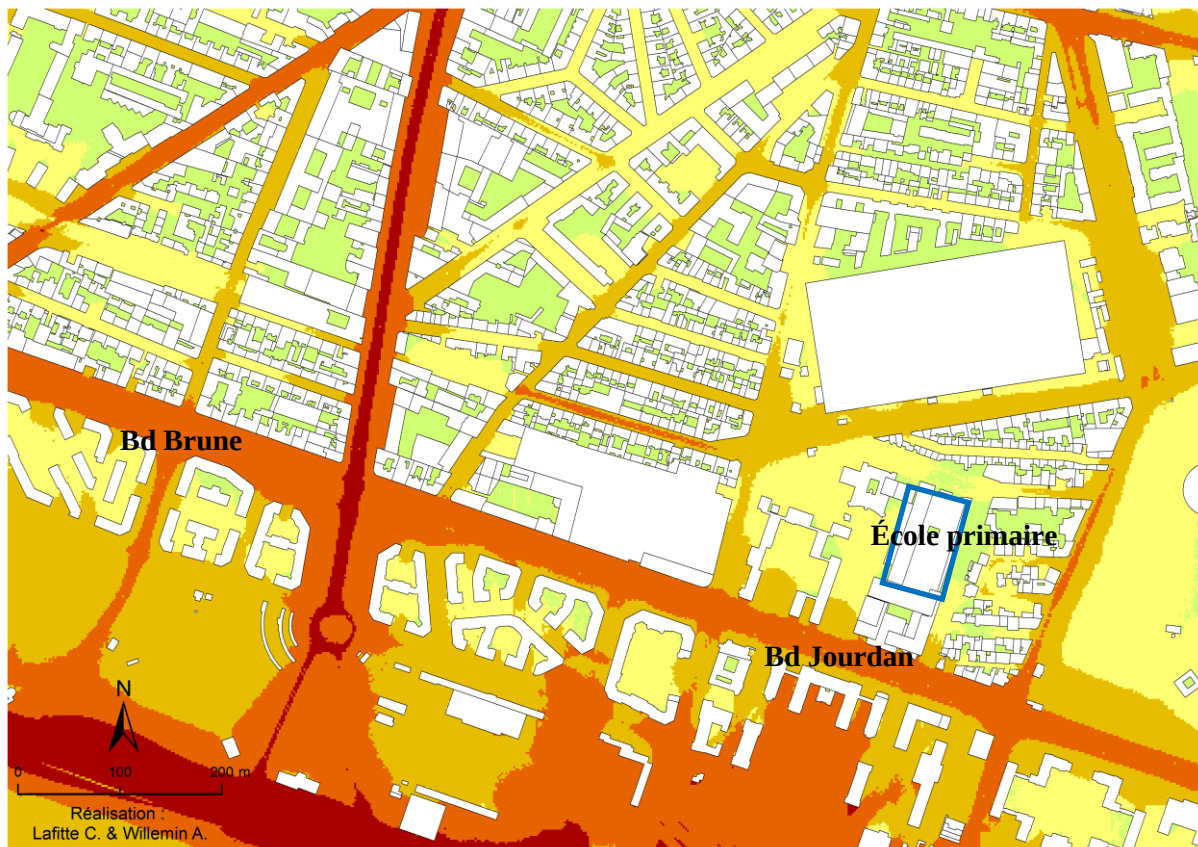
La nuisance due au bruit dans le milieu urbain étant une thématique de plus en plus présente dans la politique et dans l'aménagement urbain, cette présente étude avait pour objectif de déterminer comment l'outil de la carte de bruit pouvait être plus efficace. Parce qu'une carte est efficace lorsqu'elle convient au lecteur et lorsqu'elle lui apporte des informations utiles, nous avons élaboré une enquête auprès d'un panel afin de pouvoir comprendre, en observant les préférences visuelles et informatives des personnes interrogées, quels étaient les éléments les plus appropriés à l'efficacité d'une carte de bruit. Les recommandations que nous avons exposées par rapport aux différents éléments caractéristiques d'une carte de bruit, selon les différentes catégories de personnes constituées, permettront donc de remettre en question les cartes de bruit actuelles, et d'orienter la réalisation de cartes de bruit selon nos préconisations. Les cartes suivantes constituent l'ensemble des cartes de bruit qui seraient, d'après notre enquête, adaptées à chaque utilisateur, autrement dit, efficaces. Il convient néanmoins de rappeler que l'échantillon auprès duquel nous avons réalisé l'enquête n'a inclus ni les décideurs politiques ni les aménageurs de l'espace urbain. Une étude pourrait ainsi être réalisée auprès de ces publics en particulier.

Le niveau sonore en milieu urbain *Dans les XIII^{ème} et XIV^{ème} arrondissements de Paris*



Le niveau sonore en milieu urbain

Dans le XIV^{ème} arrondissement de Paris, Quartier Petit-Montrouge



Le bruit est un phénomène physique complexe car la perception de son niveau d'intensité dépend de nombreuses variables, physiques mais également cognitives. Le niveau sonore et la perception du niveau sonore sont deux concepts différents. Le premier est une mesure, exprimée en décibels, sur laquelle sont fondées les cartes de bruit, ainsi que notre enquête. Mais la perception du niveau sonore est un concept plus subjectif et donc plus complexe. Les aspects qui y sont liés, mais aussi ceux liés au phénomène physique du bruit ne sont pas pris en compte dans la conception des cartes de bruit. La perception du bruit dépend d'une part de l'individu : l'oreille humaine, l'habitude, l'expérience et la connotation que le bruit a pour cet individu ; d'autre part, elle dépend des autres

aspects physiques du bruit : la fréquence exprimée en hertz, la fréquence d'occurrence d'une certaine source sonore et l'environnement duquel elle est issue. Ce sont toutes ces variables qui rendent aussi problématique la représentation cartographique du bruit. Les prochaines recherches liées au bruit pourront reposer sur ces questionnements. En outre, une enquête cognitive pourrait être réalisée à l'aide du test des mouvements oculaires. Ce test permet de mesurer les durées de fixations ou la position du regard. Les résultats de l'étude RiskMap, réalisée par Serrhini *et al.* (2011), ont montré des corrélations entre la description que les sujets faisaient des cartes et le mouvement oculaire. Ce test a aussi permis de mettre en relief les éléments les plus significatifs dans les cartes. Cette étude pourra de la même manière être élaborée pour les cartes de bruit.

Parce que le niveau de bruit dans le milieu urbain dépend de l'environnement dans lequel on se trouve, il est pertinent de parler d'aménagement du territoire. En considérant les variables physiques citées précédemment, nous avons formulé quelques perspectives quant au lien entre le niveau sonore mesuré et la taille des rues, le trafic et la vitesse des sources sonores - les transports. En élaborant un aperçu de ce qui pourrait être réalisé dans les futures recherches, nous avons donné quelques pistes et recommandations, comme le fait que les mesures du bruit prises sur les lieux devraient respecter quelques principes afin d'en tirer des résultats plus précis. De même, la description que nous donnons des lieux pourra servir de base pour diminuer le bruit via des orientations d'aménagement.

Aujourd'hui, le bruit est un sujet de plus en plus au cœur des préoccupations politiques, bien qu'il commence à peine à être réellement reconnu, de la part de la population, comme étant une forte nuisance pour la santé. Les risques sanitaires autour du bruit devraient faire l'objet d'un plan de communication plus important de la part des villes, notamment en accentuant la communication autour des risques, mais aussi autour de l'existence des cartes de bruit et de l'endroit où on peut les consulter. Dans d'autres perspectives, lors de l'achat d'un bien immobilier, le bruit pourrait faire partie des risques obligatoirement portés à connaissance de l'acquéreur par le notaire. Cela étant, nous pouvons supposer que la prise en compte du bruit va d'une certaine manière influencer sur les prix immobiliers, créant une plus-value pour les biens situés dans des zones calmes et diminuant la valeur des biens situés dans des zones trop bruyantes.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

Certu. « Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération », Lyon : Éditions Lavoisier, 2006, 120 p.

Certu, « Classement sonore des infrastructures de transports terrestres », 1998, 112 p.

Certu/Setra (2001)

Certu/Setra, « Bruit et études routières », manuel du chef de projet, Lyon : Éditions Lavoisier, 2001, 235 p.

DESABIE J., « Théorie et pratique des sondages », Dunod, 1971, 483 p.

FABUREL G. POLACK J-D., BEAUMONT J., « Bruit des transports - État et perspectives scientifiques », [recherche menée par le Predit, Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres], 2007, 115 p.

JAVEAU C. « L'enquête par questionnaire : manuel à l'usage du praticien », Bruxelles : Ed. de l'Université de Bruxelles, Paris : Editions d'Organisation, 1990, 158 p.

LE FUR A. « Pratiques de la cartographie », Paris : Éditions Armand Colin, 2004, 96 p.

Organisation de coopération et de développement économiques, « Le bruit dû à la circulation urbaine », Une stratégie pour l'amélioration de l'environnement, 1971, 179 p.

Pumain (1997)

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., « L'analyse spatiale, localisations dans l'espace », Paris : Éditions Armand Colin (Collection Cursus), 1997, 167 p.

Thèse / Recherches universitaires

Arlaud (2001)

ARLAUD B., « Vers une infographie de l'ambiance sonore urbaine », Thèse de doctorat, Université de Nantes, 2001, 249 p.

De Coensel (2007)

DE COENSEL B., BOTTELDOOREN D., BERGLUNG B., NILSSON M. E., DE MUER T., LERCHER P., « Experimental investigation of noise annoyance caused by high-speed trains », soumis à Acta Acustica united with Acustica, 2007, 8 p., chapitre 11 de la thèse de Bert DE COENSEL, « Introducing the temporal aspect in environmental soundscape research », thèse de l'université de Gent, directeur de thèse Dick BOTTELDOOREN, 2007, 298 p.

Defreville (2005)

DEFREVILLE B., Thèse de doctorat de l'Université de Cergy Pontoise, « Caractérisation de la qualité de l'environnement sonore urbain : une approche physique et perceptive basée sur l'identification des sources sonores », dirigée par G. IGNAZI, décembre 2005, 293 p.

Serrhini et al. (2010)

SERRHINI K., PALKA G., « Improving Flood Risk Maps as a Means to Foster Public Participation and Raising Flood Risk Awareness: Toward Flood Resilient Communities », RISKMAP. ERA-NET CRUE Funding Initiative, 2010, 72 p.

Articles

Alberts et Rubio Alferez (2012)

ALBERTS W., RUBIO ALFEREZ J. The use of colours in END noise mapping for major roads. Prague, 2012, 5 p.

Bonnefond (2003)

BONNEFOND A, ROHMER O, HOEFT A, MUZET A and TASSI P., « Interaction of age with time of day and mental load in different cognitive tasks », *Perceptual and Motor Skill*, Vol 96, 2003, 13 p.

Commissariat Général au Développement Durable. RéférenceS, « Modélisation urbaine : de la représentation au projet », In : PICAUT J., GUILLAUME G., DUTILLEUX G. (éd.), *Ambiances sonores urbaines et interaction ville-bâtiment*, Septembre 2012, 17 p.

DIBIASE D., « Visualization in the earth sciences. Earth and mineral sciences », 1990, Vol.59, No. 2, consultable sur : <http://www.geovista.psu.edu/publications/others/dibiase90/swoopy.html> [consulté le 15/05/14]

Engnath *et al.* (2001)

ENGNATH V., KOCH W.-G., Lärmkarten', in *GIS und Kartographie im Umweltbereich*, ed. by Braun, G., Buzin, R. and Wintges, T., Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2001, 18 p.

Guski (1999)

GUSKI R., « Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance », *Noise and Health*, Vol. 1(3), 1999, 11 p.

Kornfeld *et al.* (2011)

KORNFELD A.-L., SCHIEWE J., DYKES J., « Audio cartography : visual encoding of acoustic parameters. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography », 2011, 18 p.

Leobon (1995)

LEOBON A., « La qualification des ambiances sonores urbaines », *Natures et société*, Vol. 3(1), 1995, 15 p.

Schiewe et Weninger (2013)

SCHIEWE J., WENINGER B., « Visual encoding of acoustic parameters - Framework and application to noise mapping », *The Cartographic Journal*, Vol. 50 No. 4, 2013, 12 p.

Servigne *et al.* (1999)

SERVIGNE S., LAURINI R., KANG M.A., LI K.J., « First specifications of an information system for urban soundscape », Florence, 1999, 4 p.

Weninger (2013)

WENINGER B., « The effects of colour on the interpretation of traffic noise in strategic noise maps », HafenCity University Hamburg, 2013, 11 p.

Ouvrages électroniques

Can (2006)

CAN A., DEFREVILLE B., LAVANDIER C., « Caractérisation in situ du désagrément sonore urbain, basé sur l'identification des sources », CD-ROM des proceedings du 8ème Congrès Français d'Acoustique, Tours, 2006.

Sites Internet

Centre d'information et de documentation sur le bruit, [consulté le 14/05/14]

www.bruit.fr (cartographie qualité ambiance sonore)

Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement - Déclaration de la Commission au sein du comité de conciliation concernant la directive relative à l'évaluation et à la gestion du bruit ambiant ; Journal officiel n° L 189 du 18/07/2002 p. 12 - 26. [consulté le 07/05/14]

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0049:FR:HTML>

La carte stratégique de bruit de l'agglomération de Tours(s)plus, [consulté le 14/05/14]

<http://www.bruit.agglo-tours.fr>

Le Blogue. « Déterminer la taille optimale d'un échantillon ». [consulté le 10/04/14]

<http://blogue.som.ca/determiner-taille-optimale-echantillon/>

NoiseTube, [consulté le 14/05/14]

<http://noisetube.net>

Observatoire du bruit, Île de France, [consulté le 14/05/14]

www.bruitparif.fr

ANNEXES

<u>ANNEXE N°1 : QUESTIONNAIRE EXPÉRIMENTAL</u>	<u>45</u>
<u>ANNEXE N°2 : DOSSIER CARTOGRAPHIQUE</u>	<u>49</u>
<u>ANNEXE N°3 : CODAGE DES COULEURS</u>	<u>58</u>
<u>ANNEXE N°4 : CODAGE POUR LA REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE.....</u>	<u>59</u>
<u>ANNEXE N°5 : CODAGE POUR LA LÉGENDE</u>	<u>60</u>
<u>ANNEXE N°6 : DÉPOUILLEMENT DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE</u>	<u>61</u>

ANNEXE N°1 : QUESTIONNAIRE EXPÉRIMENTAL

Claire LAFITTE - Alice WILLEMIN

15/04/14

LA CARTOGRAPHIE EFFICACE DU BRUIT

Nous sommes deux étudiantes en aménagement du territoire, et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous travaillons sur l'évaluation de la cartographie du bruit. Pour cette étude s'inscrivant dans un programme de recherche, nous aurions besoin de vos réponses à ce questionnaire. Les résultats seront anonymes et ne seront pas utilisés à d'autres fins que celle de la recherche.

Afin de rendre les résultats anonymes, nous utiliserons un code composé de six caractères plutôt que vos nom et prénom.

J J M M p m

JJ : jour de naissance

MM : mois de naissance

pm : deux premières lettres du prénom de votre mère

Partie 1 : Relation à la carte

1. À quelle fréquence utilisez-vous les cartes en général ? (cartes routières, google maps, géoportail, etc.)

- ☐ Moins d'une fois par an
- ☐ Environ une fois par an
- ☐ Environ une fois par mois
- ☐ Environ une fois par semaine
- ☐ Plusieurs fois par semaine

2. Avez-vous déjà lu une carte de bruit ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

3. Si oui, vous arrive-t-il d'utiliser les cartes de bruit dans un cadre professionnel ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

4. Si oui, dans quelle situation en particulier ?

Partie 2 : Avis sur les cartes de bruit

5. Avant tout, nous aurions besoin de savoir si vous avez un défaut visuel majeur (daltonisme...) : (test page 1)

NOMBRE DE CLASSES : (Page 2)

Voici différentes illustrations classées selon leur niveau de bruit du moins élevé au plus élevé.

6. Parmi les différentes illustrations, quelle est celle à partir de laquelle le bruit vous semble gênant ?

--

7. Entourez les illustrations qui représentent pour vous un même niveau de bruit.

Classement	Catégories faites par l'interviewé	Couleurs
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

COULEURS : (Pages 2 et 3)

8. Veuillez entourer, selon vous, la ou les couleur(s) correspondant à l'intensité du bruit de chaque catégorie.

Numérotez chaque catégorie et indiquez le numéro correspondant dans les cases de couleurs.

REPRESENTATION DU BRUIT SUR LA CARTE : (Pages 4 à 6)

9. Parmi les différentes cartes, précisez les éléments qui vous permettent de comprendre facilement la carte, puis ceux qui vous semblent inutiles ou encombrants.

<i>Ce qui est apprécié :</i> Forme de la carte ☐ 3D ☐ 2D ☐ Buffer ☐ Bâtiments colorés Symboles ☐ Les illustrations/dessins ☐ Pictogrammes Couleurs ☐ Les couleurs : ☐ Le nombre de couleurs : Autres ☐ Informations sur les plaintes de bruit ☐ Autres :	<i>Ce qui n'est PAS apprécié :</i> Forme de la carte ☐ 3D ☐ 2D ☐ Buffer ☐ Bâtiments colorés Symboles ☐ Les illustrations/dessins ☐ Pictogrammes Couleurs ☐ Les couleurs : ☐ Le nombre de couleurs : Autres ☐ Informations sur les plaintes de bruit ☐ Autres :
---	---

10. Pensez-vous que la représentation sur une carte des informations suivantes est utile pour vous ?

	Oui	Non
Carte avec boîtes de nuit		
Carte avec bars		
Carte avec écoles		
Carte avec trajets des transports de fret		
Autre :		
Autre :		

ECHELLE : (Pages 7 à 9)

11. Quelle échelle vous semble la plus adaptée à vos besoins ?

	<u>Carte à l'échelle d'une ville</u>	<u>Carte à l'échelle d'un quartier</u>	<u>Carte à l'échelle d'un îlot</u>
Besoins personnels			
(Si c'est le cas) Besoins professionnels			

LEGENDE : (Page 10)

12. Au sein des différentes légendes, entourez les éléments qui vous semblent les plus utiles.

Catégories : ☐ Les illustrations/dessins Texte ☐ Les mots dans la flèche horizontale ☐ La colonne "conversation" ☐ La colonne "ambiance extérieure" Forme ☐ La forme de flèche horizontale ☐ La forme verticale logarithmique ☐ La forme de flèche verticale Couleurs ☐ Le dégradé de couleurs ☐ Les classes de couleurs	Seuils ☐ L'information sur les seuils Décibels ☐ L'information sur les décibels ☐ La correspondance "décibels-couleurs" ☐ Autres :
---	---

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES :

13. Avez-vous des commentaires ?

--

14. Vous êtes :

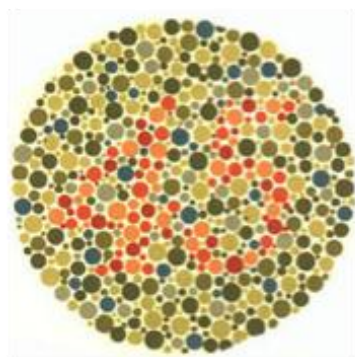
- ☐ une femme
- ☐ un homme

15. Votre tranche d'âge :

- ☐ moins de 18 ans
- ☐ 18-29 ans
- ☐ 30-39 ans
- ☐ 40-49 ans
- ☐ 50-59 ans
- ☐ 60 ans et plus

16. Quelle est votre catégorie socio-professionnelle ?

- ☐ Artisan, commerçant et chef d'entreprise
- ☐ Cadre, profession intellectuelle supérieure
- ☐ Profession Intermédiaire
- ☐ Employé
- ☐ Étudiant en :
- ☐ Autre :





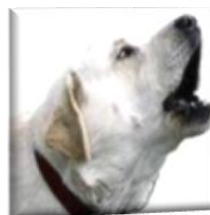
Une chambre



Un parc



Au bureau en
open space



Un chien
qui aboie



Une cantine à
l'heure du repas



Une voiture roulant
à 60 km/h passant
à 2 m de vous



Une tondeuse
à gazon à 10 m



Un camion roulant
à 60 km/h passant
à 2 m de vous



Un train roulant à 90
km/h à 20 m de vous

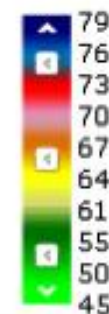


Un avion à réaction
à hauteur de 90 m

Carte de bruit du 16^{ème} arrondissement de Paris
Niveau sonore moyen sur 24h



Légende

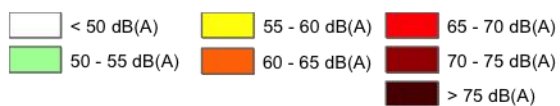
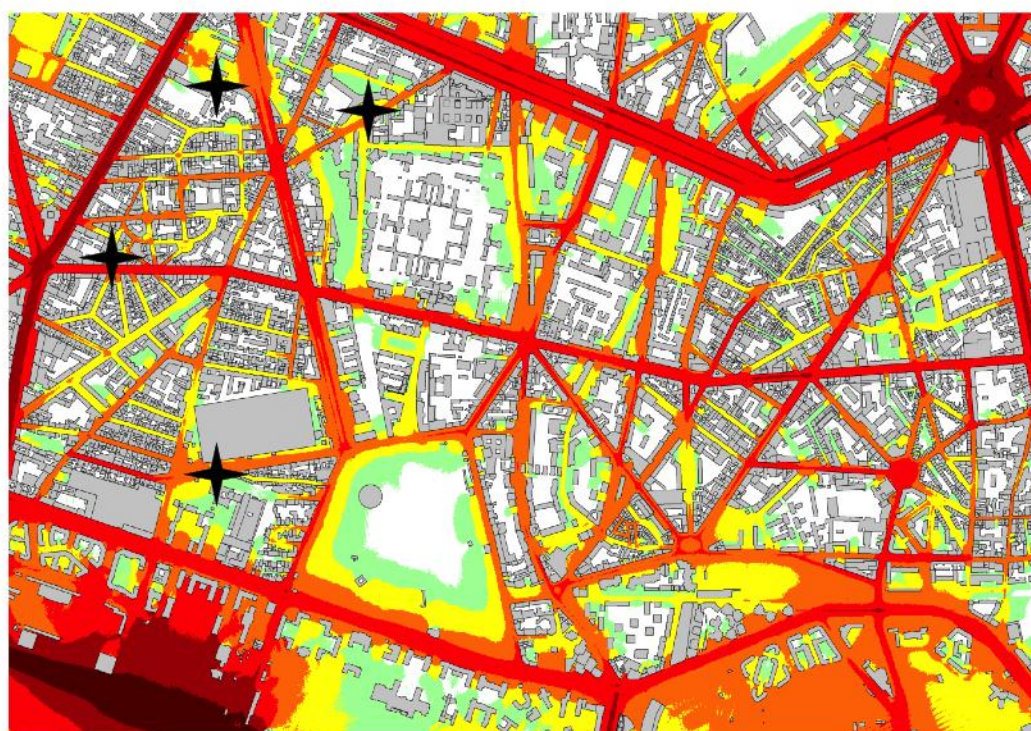


en dB(a)



Carte de bruit dans les 13^{ème} et 14^{ème} arrondissements de Paris

Niveau sonore moyen sur 6h - 18h



Plainte déposée
due au bruit

Carte de bruit du centre-ville de Tours

Niveau sonore moyen sur 24h



Niveaux sonores



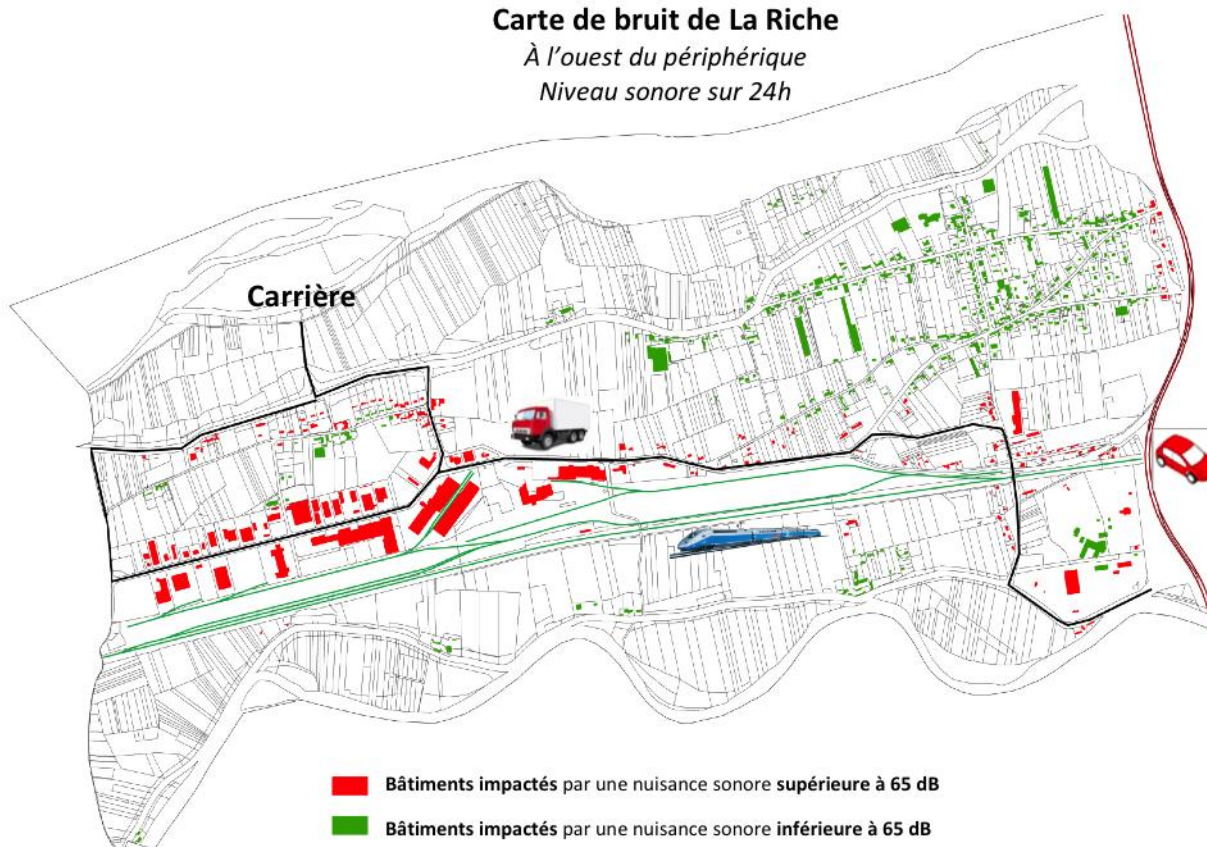
Zone festive la nuit

Chantier (du 01/06/14
au 31/12/14)

Carte de bruit de La Riche

À l'ouest du périphérique

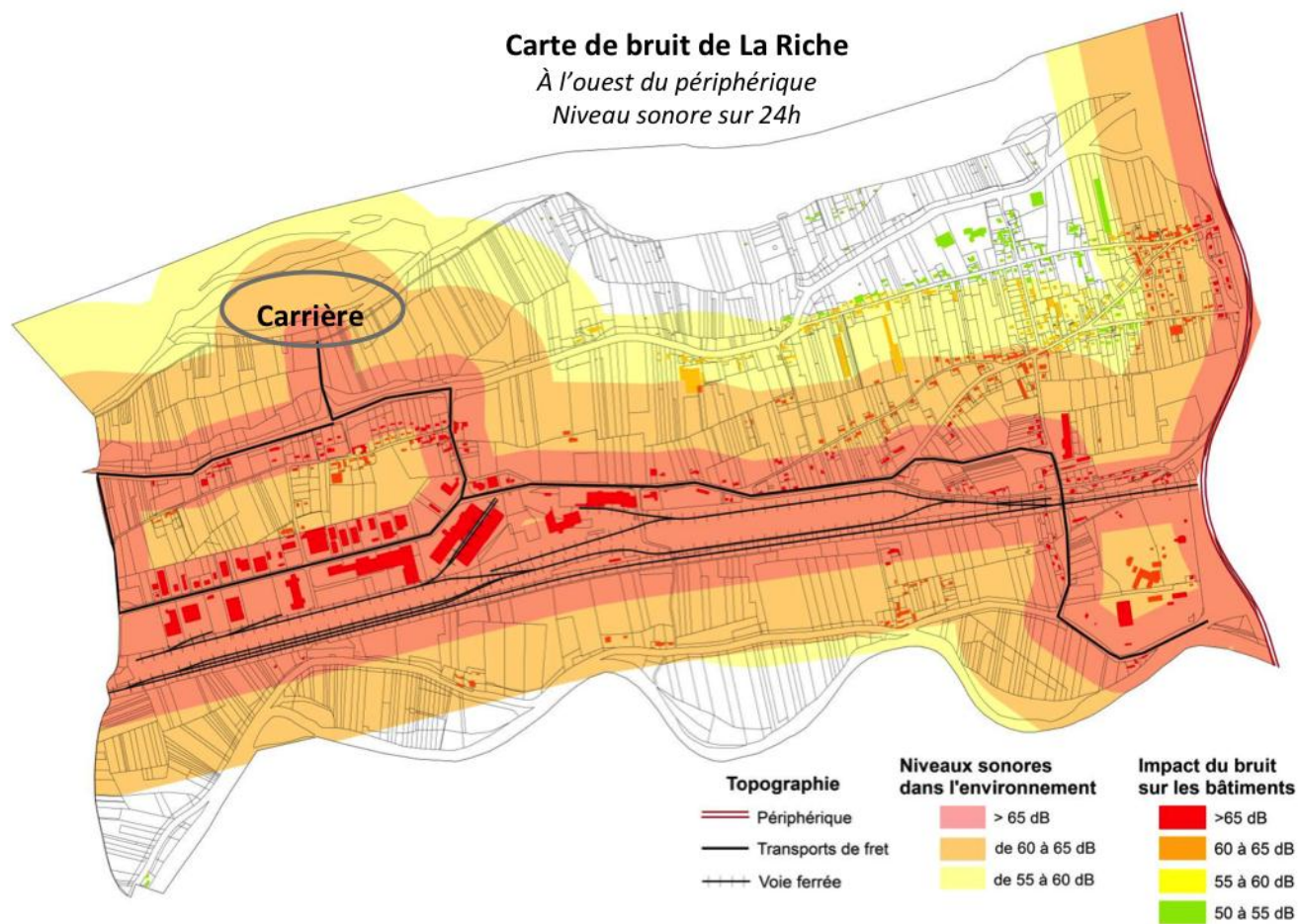
Niveau sonore sur 24h

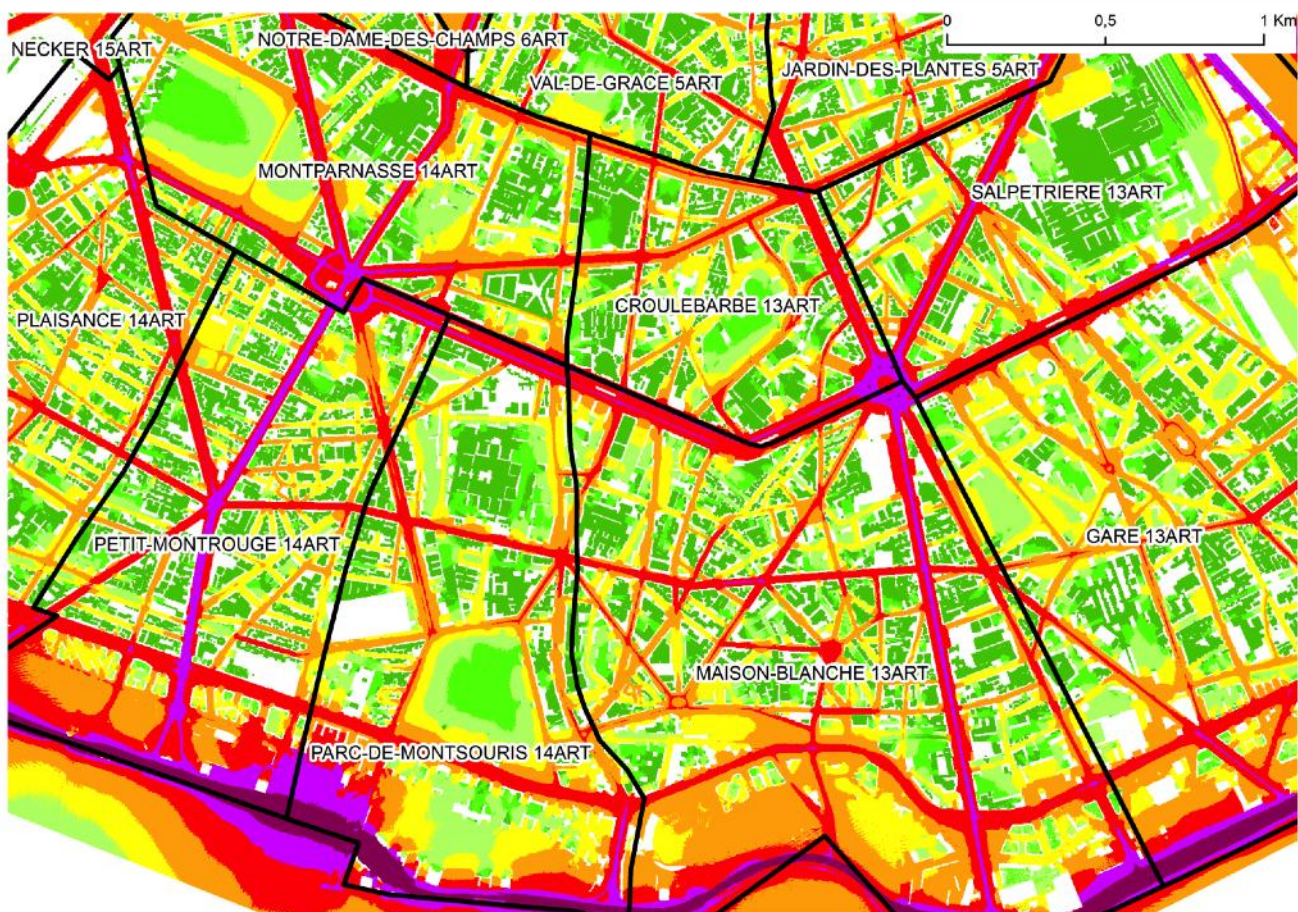


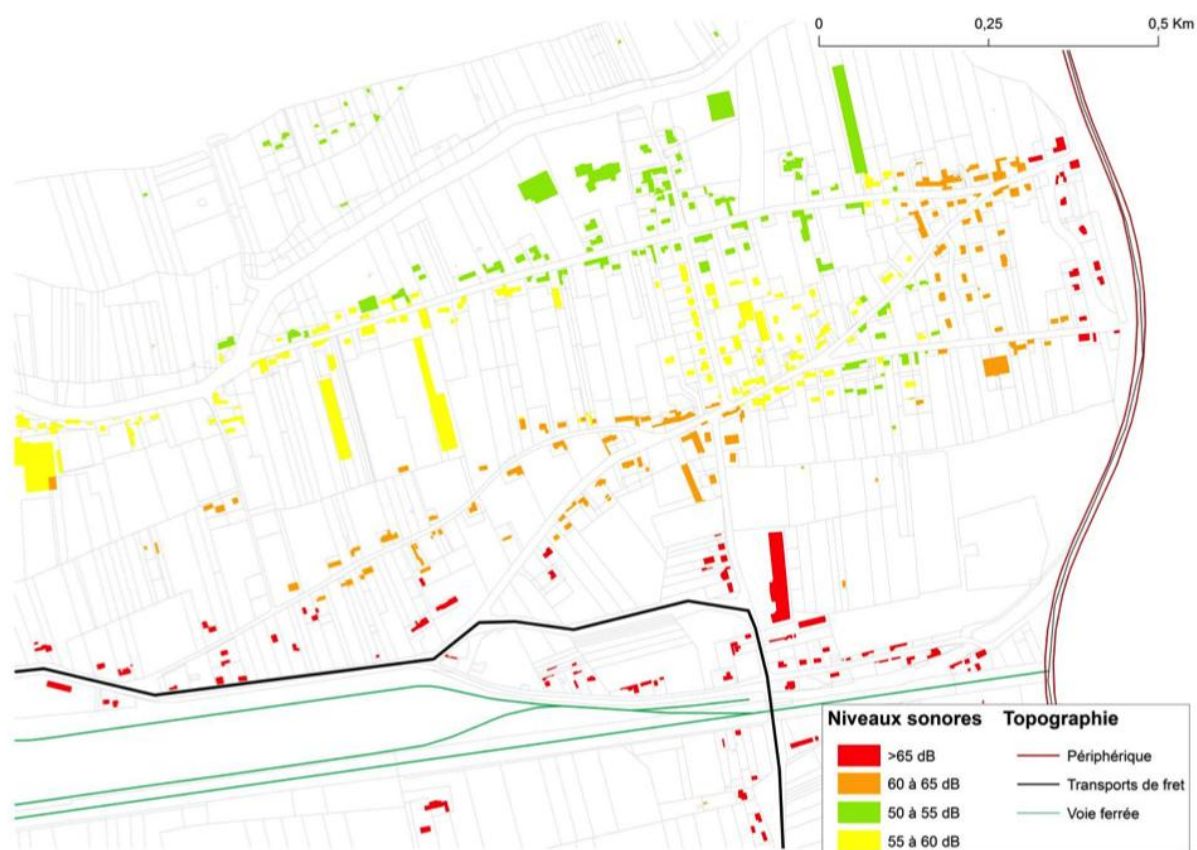
Carte de bruit de La Riche

À l'ouest du périphérique

Niveau sonore sur 24h







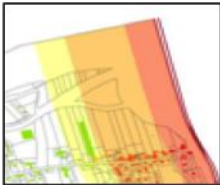
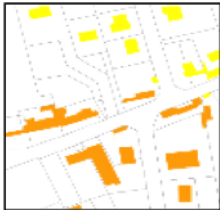
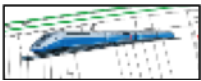




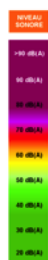
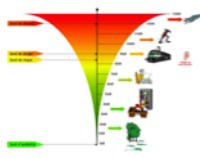
ANNEXE N°3 : CODAGE DES COULEURS

N3	B3	Rs3	Rg3	O3	J3	V3
N2	B2	Rs2	Rg2	O2	J2	V2
N1	B1	Rs1	Rg1	O1	J1	V1
N0	B0	Rs0	Rg0	O0	J0	V0

ANNEXE N°4 : CODAGE POUR LA REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE

Codage employé pour l'analyse	Représentation cartographique correspondante
3D	Carte page 4 de l'annexe n°2
2D	Cartes pages 5 et 6 de l'annexe n°2
Buffer	
Bâtiments colorés	
Illustrations/dessins	  
Pictogrammes	 Zone festive la nuit  Chantier (du 01/06/14 au 31/12/14)
Informations sur les plaintes de bruit	 Plainte déposée due au bruit

ANNEXE N°5 : CODAGE POUR LA LÉGENDE

Codage employé pour l'analyse	Éléments de légende correspondants
Illustrations / dessins	  ...
Mots dans la flèche horizontale	Très calme ; calme ; animation ; bruits courants ; bruyant ; dangereux
Colonne « conversation »	Conversation : impossible, en criant, difficile, en parlant fort, à voix normale, à voix basse.
Colonne « ambiance extérieure »	Passage de moto à 2 mètres, passage d'un poids lourd sur autoroute à 10 mètres, bord d'autoroute, rue animée, ... , désert
Forme de flèche horizontale	
Forme de flèche verticale	
Forme verticale logarithmique	
Dégradé de couleurs	Voir les trois flèches ci-dessus
Classes de couleurs	 ...
Informations sur les décibels	10dB, 25dB, 35dB ...
Informations sur les seuils	 ...
Correspondance « décibels couleurs »	 ...

ANNEXE N°6 : DÉPOUILLEMENT DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE

À quelle fréquence utilisez-vous les cartes en général ?

	Nb	% cit.
Moins d'une fois par an	0	0,0%
Environ une fois par an	2	3,8%
Environ une fois par mois	13	25,0%
Environ une fois par semaine	14	26,9%
Plusieurs fois par semaine	23	44,2%
Total	52	100,0%

Avez-vous déjà lu une carte de bruit ?

	Nb	% cit.
oui	19	36,5%
non	33	63,5%
Total	52	100,0%

Si oui, vous arrive-t-il d'utiliser les cartes de bruit dans un cadre professionnel ?

	Nb	% cit.
oui	10	52,6%
non	9	47,4%
Total	19	100,0%

Si oui, dans quelle situation en particulier ?

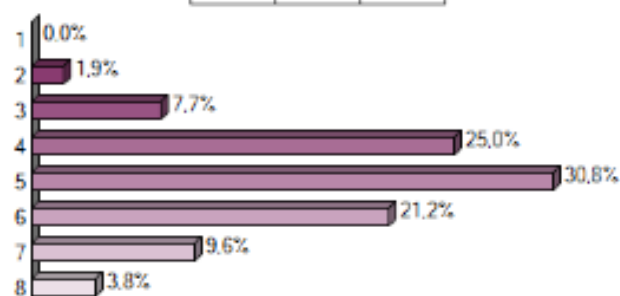
	Nb	% cit.
études	9	52,9%
curiosité	2	11,8%
article	1	5,9%
colloques	1	5,9%
encadrant	1	5,9%
recherche	1	5,9%
sensibilisation bruit	1	5,9%
Tours	1	5,9%

Que voyez-vous ?

	Nb	% cit.
29 - 45 - rien	51	98,1%
autre	1	1,9%
Total	52	100,0%

Combien de catégories faites-vous ?

	Nb	% cit.
1	0	0,0%
2	1	1,9%
3	4	7,7%
4	13	25,0%
5	16	30,8%
6	11	21,2%
7	5	9,6%
8	2	3,8%
Total	52	100,0%

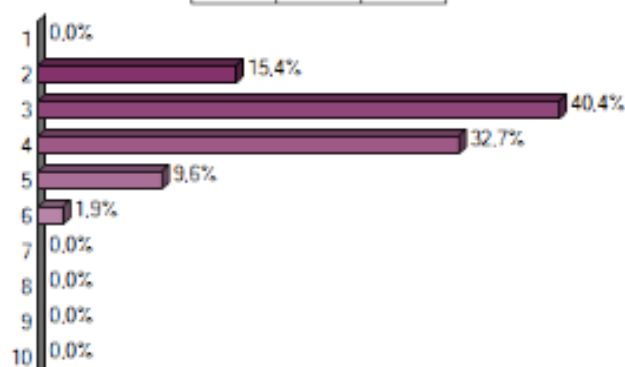


classe

	chambre	parc	bureau	chien	cantine	voiture	tondeuse	camion	train	avion	catégorie inexistante	Total
classe 1	52	28	8	0	1	1	0	0	0	0	0	90
classe 2	0	22	30	24	16	9	6	2	2	1	0	112
Classe 3	0	0	11	21	24	13	17	8	6	6	1	107
Classe 4	0	1	2	5	10	21	18	23	13	11	5	109
Classe 5	0	1	1	2	1	7	9	10	17	16	18	82
Classe 6	0	0	0	0	0	1	2	9	11	11	34	68
Classe 7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	45	53
Classe 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	50	52
Classe 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	52
Classe 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	52
Total	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	257	777

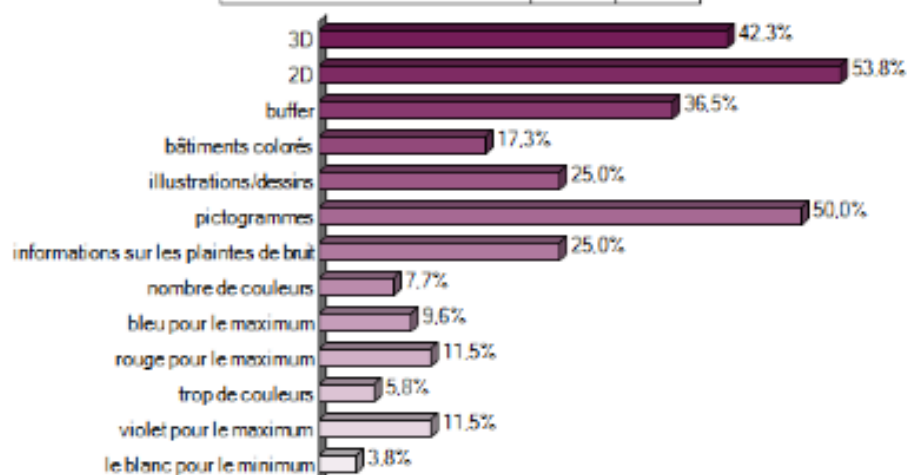
À partir de quelle catégorie le bruit vous semble gênant ?

	Nb	% cit.
1	0	0,0%
2	8	15,4%
3	21	40,4%
4	17	32,7%
5	5	9,6%
6	1	1,9%
7	0	0,0%
8	0	0,0%
9	0	0,0%
10	0	0,0%
Total	52	100,0%



Ce qui est apprécié :

	Nb	% obs.
3D	22	42,3%
2D	28	53,8%
buffer	19	36,5%
bâtiments colorés	9	17,3%
illustrations/dessins	13	25,0%
pictogrammes	26	50,0%
informations sur les plaintes de bruit	13	25,0%
nombre de couleurs	4	7,7%
bleu pour le maximum	5	9,6%
rouge pour le maximum	6	11,5%
trop de couleurs	3	5,8%
violet pour le maximum	6	11,5%
le blanc pour le minimum	2	3,8%
Total	52	



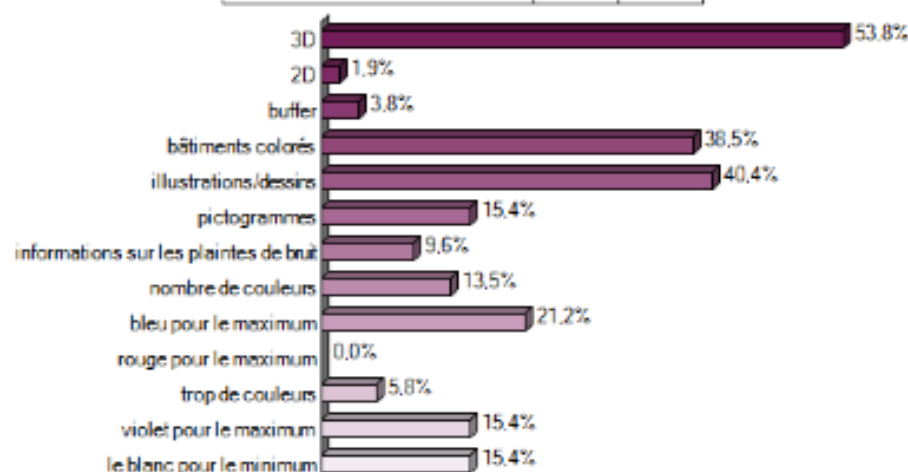
Somme des pourcentages différente de 100 du fait des réponses multiples et des suppressions.

Autres éléments appréciés :

	Nb	% cit.
carteParis2D	11	20,4%
couleurs_carteParis2D	10	18,5%
carteTours	6	11,1%
couleurs_carteTours	6	11,1%
topologie_transports	3	5,6%
échelle_carteTours	2	3,7%
bâti_visible	2	3,7%
CarteAtelier2	2	3,7%
couleurs_carte3D	2	3,7%
échelle_carteParis2D	1	1,9%
bleu_ou_vert_en_minimum	1	1,9%
couleurs_carteParis	1	1,9%
info_ciblée_CartesAtelier1et2	1	1,9%
nbr_infos	1	1,9%
nombre_élevé_couleurs	1	1,9%
vert_et_rouge	1	1,9%
voies_de_circulation	1	1,9%
volonté_davoir_une_meilleure_idée_de_la_ville	1	1,9%
vue_globale	1	1,9%

Ce qui n'est pas apprécié :

	Nb	% obs.
3D	28	53,8%
2D	1	1,9%
buffer	2	3,8%
bâtiments colorés	20	38,5%
illustrations/dessins	21	40,4%
pictogrammes	8	15,4%
informations sur les plaintes de bruit	5	9,6%
nombre de couleurs	7	13,5%
bleu pour le maximum	11	21,2%
rouge pour le maximum	0	0,0%
trop de couleurs	3	5,8%
violet pour le maximum	8	15,4%
le blanc pour le minimum	8	15,4%
Total	52	



Autres éléments non appréciés :

	Nb	% cit.
peu_d'info_géographique_par_ex_routes_ville	5	13,9%
trop_infos_carteTours	4	11,1%
CarteAtelier2_bâti_peu_lisible	2	5,6%
carteParis2D	2	5,6%
carteTours	2	5,6%
24h_non_adapté	1	2,8%
4couleurs_peu	1	2,8%
bâti_colorés_ok_pour_dautres_besoins	1	2,8%
bruit_des_routes_pas_utile	1	2,8%
CarteAtelier1_légende_pas_claire	1	2,8%
CarteAtelier2	1	2,8%
cause_bruit_inconnue_carteTours	1	2,8%
couleurs_carteTours	1	2,8%
couleurs_pastel	1	2,8%
info_db	1	2,8%
nbr_couleurs_carteTours	1	2,8%
on_distingue_mal_les_parcelles	1	2,8%
préciser_info_sources_de_bruit	1	2,8%
routes_peu_lisibles	1	2,8%
topographie_transports	1	2,8%
topologie_transports	1	2,8%
trop_infos	1	2,8%
trop_infos_carteParis2D	1	2,8%
trop_ou_trop_peu_de_couleurs	1	2,8%
trop_simple_CarteAtelier1	1	2,8%
...	1	2,8%

représentations supplémentaires

	oui	non	Total
boîtes de nuit	47	5	52
bars	47	5	52
écoles	27	25	52
frêt	45	7	52
Total	166	42	208

Autre chose d'utile à représenter ?

	Nb	% cit.
aéroport	18	17,6%
grands axes	18	17,6%
usines	9	8,8%
train	7	6,9%
complexes sportifs	4	3,9%
gares	4	3,9%
tramway	4	3,9%
couloirs aériens	3	2,9%
grands centres commerciaux	3	2,9%
motos_scooters	3	2,9%
ateliers_de_menuiserie	2	2,0%
événements	2	2,0%
lieux_de_charge_décharge_camions	2	2,0%
parcs	2	2,0%
TEC	2	2,0%
transports routiers	2	2,0%
éléments circulation	1	1,0%
bruits_voisinage	1	1,0%
carrières	1	1,0%
casernes	1	1,0%
centrale nucléaire	1	1,0%
chantiers	1	1,0%
commissariats	1	1,0%
environnement urbain	1	1,0%
lieux touristiques	1	1,0%
...	8	7,8%

Besoin personnels ?

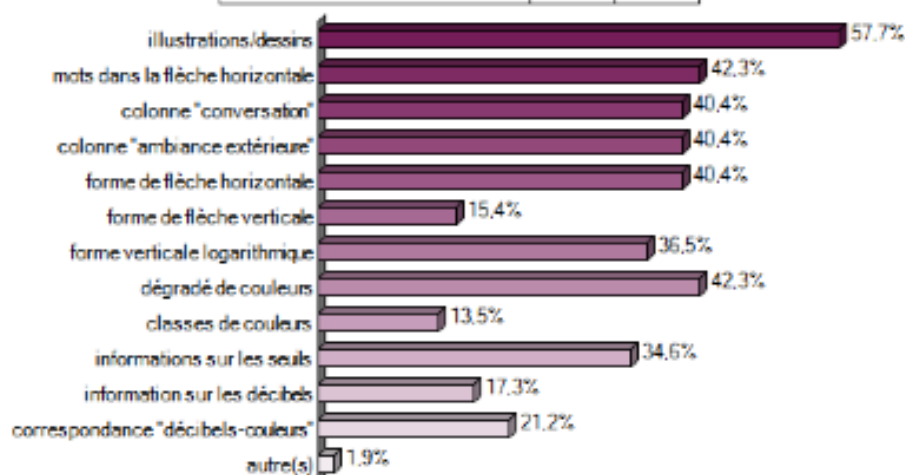
	Nb	% obs.	Imp.
ville	22	42,3%	1,27
quartier	14	26,9%	0,81
flot	16	30,8%	0,92
Total	52	100,0%	



L'importance varie de 0 à 3, elle est calculée comme le rang moyen auquel la modalité a été citée.

Au sein des différentes légendes, quels éléments vous semblent les plus utiles ?

	Nb	% obs.
illustrations/dessins	30	57,7%
mots dans la flèche horizontale	22	42,3%
colonne "conversation"	21	40,4%
colonne "ambiance extérieure"	21	40,4%
forme de flèche horizontale	21	40,4%
forme de flèche verticale	8	15,4%
forme verticale logarithmique	19	36,5%
dégradé de couleurs	22	42,3%
classes de couleurs	7	13,5%
informations sur les seuils	18	34,6%
information sur les décibels	9	17,3%
correspondance "décibels-couleurs"	11	21,2%
autre(s)	1	1,9%
Total	52	



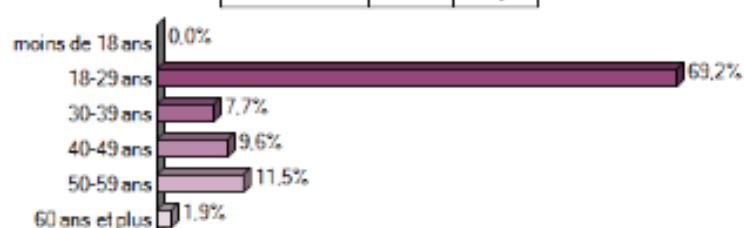
Somme des pourcentages différente de 100 du fait des réponses multiples et des suppressions.

Vous êtes :

	Nb	% cit.
femme	28	53,8%
homme	24	46,2%
Total	52	100,0%

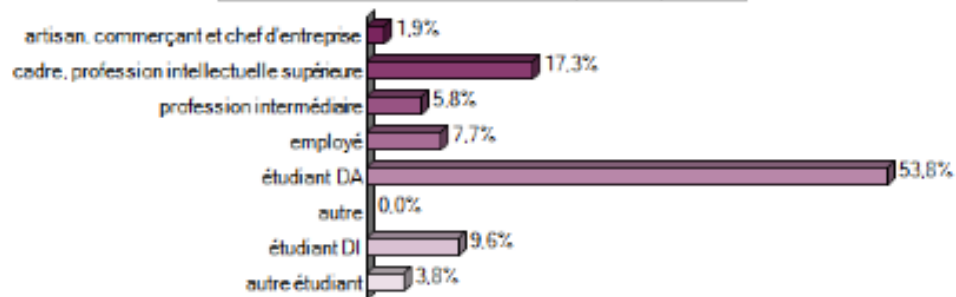
Votre tranche d'âge :

	Nb	% cit.
moins de 18 ans	0	0,0%
18-29 ans	36	69,2%
30-39 ans	4	7,7%
40-49 ans	5	9,6%
50-59 ans	6	11,5%
60 ans et plus	1	1,9%
Total	52	100,0%



Quelle est votre catégorie socio-professionnelle ?

	Nb	% cit.
artisan, commerçant et chef d'entreprise	1	1,9%
cadre, profession intellectuelle supérieure	9	17,3%
profession intermédiaire	3	5,8%
employé	4	7,7%
étudiant DA	28	53,8%
autre	0	0,0%
étudiant DI	5	9,6%
autre étudiant	2	3,8%
Total	52	100,0%



CITERES

UMR 6173
*Cités, Territoires,
Environnement et
Sociétés*

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement,
Paysage,
Environnement



Département Aménagement
35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Lafitte Claire – Willemin Alice

Directeurs de recherche :
SERRHINI Kamal
PALKA Gaëtan

Projet de Fin d'Etudes
DA5
2013-2014

Vers une cartographie efficace du bruit en milieu urbain : Cartographie spatio-perceptive du bruit

Résumé :

Les nuisances sonores sont actuellement ressenties par les populations comme étant une gêne majeure. La thématique du bruit est ainsi de plus en plus au cœur des préoccupations, entraînant un besoin croissant en termes de communication sur le sujet. Or, si les cartes de bruit existantes tiennent compte des règles de sémiologie graphique, elles laissent de côté la perception des utilisateurs. De ce fait, les informations qu'offrent ces cartes ne peuvent pas être bien comprises par tous et l'objectif d'instruction de la population n'est alors pas atteint. Nous nous sommes ainsi fixé l'objectif de répondre à la question de recherche suivante : « Comment établir des cartes de bruit plus efficaces prenant en compte la perception des utilisateurs ? », en faisant l'hypothèse que les besoins en termes de sémiologie graphique variaient en fonction du type d'individu. Pour répondre à cette problématique, nous avons réalisé un questionnaire expérimental relatif aux cartes de bruit et à la perception des individus, et nous avons également envisagé d'autres représentations cartographiques possibles. Nos résultats ont permis d'établir une liste de préconisations en matière de sémiologie graphique pour la réalisation de cartes de bruit plus efficaces, ainsi que la possibilité de distinguer deux catégories différentes de personnes en fonction de leurs besoins. Nous avons également pu montrer que, en plus du trafic, il existait d'autres éléments liés au tissu urbain qui influaient sur le niveau sonore. Pour conclure, notre travail participe à l'avancement de la recherche, en proposant une meilleure prise en compte de la perception des utilisateurs, et en ébauchant une réflexion sur le lien entre le bruit et l'aménagement du territoire.

Mots Clés : Cartographie, bruit, intensité sonore, carte efficace, catégories d'individus, panel, enquête expérimentale, couleurs, classes, représentation, échelle, légende, information, perception, données de Paris