Caractérisation de l'environnement sonore urbain : Proposition de nouveaux indicateurs de qualité

Laurent Brocolini

▶ **To cite this version:**

Laurent Brocolini. Caractérisation de l'environnement sonore urbain : Proposition de nouveaux indicateurs de qualité. Autre. Université de Cergy Pontoise, 2012. Français. NNT : 2012CERG0617 . tel-00855265

HAL Id: tel-00855265

https://theses.hal.science/tel-00855265

Submitted on 27 Nov 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Cergy-Pontoise

Ecole doctorale Sciences et Ingénierie

Thèse

Caractérisation de l'environnement sonore urbain : Proposition de nouveaux indicateurs de qualité

Présentée par **Laurent BROCOLINI**

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Cergy-Pontoise

en Génie Civil

Spécialité : Acoustique

Soutenance prévue le 13 décembre 2012

Membres du jury :

Catherine LAVANDIER, Directrice de thèse

Mathias QUOY, Co-directeur de thèse

Dick BOTTELDOOREN, Rapporteur

Jean-Hugh THOMAS, Rapporteur

Catherine MARQUIS-FAVRE, Membre du jury

Jérôme DEFRANCE, Membre du jury

Mathieu LAVANDIER, Invité

UNIVERSITÉ
de Cergy-Pontoise

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement Catherine Lavandier pour m'avoir permis de réaliser cette thèse, pour sa disponibilité, son soutien, ses idées, ses conseils, son énergie, ...

Merci à Mathias Quoy pour la touche informatique apportée à cette thèse et pour m'avoir parfaitement guidé dans le domaine des réseaux de neurones artificiels.

Je souhaite remercier Dick Botteldooren et Jean-Hugh Thomas pour me faire l'honneur d'être les rapporteurs de ce travail de thèse. Je remercie également Catherine Marquis-Favre, Jérôme Defrance et Mathieu Lavandier d'avoir accepté de faire partie du jury et d'évaluer mon travail.

Je remercie tous ceux qui ont participé à ces travaux, que ce soit pour des mesures in situ, des dépouillements, des études parallèles ou encore pour faire passer les entretiens : Carlos Ribeiro, Valentin Le Bescond, Lory Waks, Quentin Delorme, Jean-Philippe Clavier et Baptiste Le Bescond.

Merci également à tous les membres du laboratoire Mobilités, Réseaux, Territoires, Environnements(MRTE), de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) et à Bruitparif pour m'avoir accueilli sur des périodes plus ou moins longues au cours de cette thèse.

Merci aussi à Benoit Barbot à côté de qui j'ai fait mes premiers pas dans ce travail. Merci à Pauline Delaitre et Jonathan Terroir pour avoir partagé le bureau durant ces années, pour nos échanges, pour nos discussions et pour la bonne ambiance qui a régné entre nous trois.

J'ai également une pensée pour toutes les personnes (avec qui il a fallu parfois négocier) qui ont accepté de donner 10 à 15 minutes de leur temps pour répondre au questionnaire.

Un grand merci à mes parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études universitaires (qu'elles se déroulent tout près de chez eux ou a plusieurs milliers de kilomètres). Merci également à toute ma famille, en particulier ma sœur et ses enfants, et à mes oncles et tantes qui n'ont pas toujours compris le sens de mon travail mais qui m'ont toujours encouragé néanmoins.

Enfin, je remercie, la dernière mais non la moindre, celle qui à l'heure où j'écris ces mots ne porte pas encore le même nom que moi (mais ce n'est qu'une question de temps), ma

femme, Marjorie Pierrette. Merci pour avoir fait irruption dans ma vie au cours de cette thèse. Merci pour ton soutien, pour tes encouragements et pour m'avoir libérer un peu temps pour rédiger. Merci pour tous les moments passés ensemble et pour tous ceux à venir. Merci de partager mon quotidien (personnel et professionnel). Merci pour ton amour tout simplement.

Je dédie cette thèse à Diégo (et peut-être à ses frères et sœurs qui naîtront un jour) qui est sans nul doute possible le résultat le plus important obtenu au cours de ces années de travail.

Caractérisation de l'environnement sonore urbain : Proposition de nouveaux indicateurs de qualité

RESUME

A l'heure actuelle, les seuls moyens d'informer les usagers de la ville de l'environnement sonore dans lequel ils vivent consistent en des indicateurs de niveaux sonores moyens et annuels obtenus par modélisation acoustique des principales infrastructures de transports. Or, ces indicateurs sont difficilement compris et de ce fait mal interprétés par les usagers de la ville car ils ne reflètent pas la signification des bruits perçus et la diversité des situations que les citadins rencontrent. Le but de ce travail de recherche est donc d'analyser la façon dont les usagers de la ville perçoivent le paysage sonore urbain afin de définir des indicateurs de qualité sonore qui pourront être à terme intégrés dans une représentation territoriale cartographique. Pour ce faire, il a tout d'abord été nécessaire de s'attacher à déterminer un pas temporel et spatial de mesure permettant de caractériser des ambiances urbaines d'un point de vue acoustique. A partir d'enregistrements longue durée (trois mois environs) en six points fixes à Paris, il a été possible de déterminer à travers des classifications ascendantes hiérarchiques de Ward associées à des cartes auto-organisatrices de Kohonen qu'une durée de dix minutes semble dans la plupart des cas être suffisante pour caractériser différentes ambiances sonores. Grâce aux mêmes méthodes de classification, l'analyse du maillage spatial a permis de définir quatre zones homogènes qui correspondent (1) au parc, (2) au boulevard, (3) à la rue piétonne puis (4) une zone que l'on qualifiera de zone de transition. La suite de l'étude s'est attachée à construire des modèles de prédiction de la qualité sonore. A partir d'enquêtes de terrain réalisées à Paris et à Lyon, il a été possible d'établir des modèles à la fois locaux (caractérisant le lieu même où le questionnaire a été évalué) et globaux basés d'une part sur des régressions linéaires multiples et d'autre part sur des réseaux de neurones artificiels. La comparaison de ces deux types de modèles a permis entre autre de mettre en évidence l'apport des réseaux de neurones artificiels devant les régressions linéaires multiples en termes de prédiction. Par ailleurs il est ressorti de ces modèles l'importance de variables telles que le silence, l'agrément visuel ou encore la présence de sources sonores particulières comme les véhicules légers pour expliquer la qualité sonore de l'environnement.

MOTS CLES

Soundscape; Maillage temporel ; Maillage spatial ; Classification hiérarchique ascendante; Cartes de Kohonen; Indicateurs de qualité sonore ; Régressions linéaires multiples ; Réseaux de neurones artificiels;

Characterization of the urban soundscape with new indicators of quality

ABSTRACT

At present, the only ways to inform city dwellers about the sound environment in which they live are annual and average sound level indicators using acoustic modeling of main transport infrastructure. However, these indicators are difficult to understand and therefore misinterpreted by city dwellers because they do not reflect the significance of perceived noise and the diversity of the situations. The aim of this research is therefore to analyze how the city dwellers perceive the urban soundscape in order to characterize sound quality indicators which can be used into mapping. To do this, it was first of all necessary to determine a temporal and spatial resolution to characterize urban environment from an acoustic point of view. From long period recordings (almost three months) at six locations in Paris it was possible to determine through hierarchical ascendant Ward classifications combined with self-organizing Kohonen maps that duration of ten minutes for measurements seems to be enough to characterize in most cases different acoustic environments. Thanks to the same classification methods, spatial study made it possible to define four homogeneous areas which correspond (1) to the park, (2) to the boulevard, (3) to the pedestrian street and (4) to an area which can be considered as a transition one. Then this study focused on building sound quality predictive models. Thanks to field surveys in Paris and Lyon, it was possible to establish local models (characterizing the location where the questionnaire has been evaluated) and overall models based on one hand on multiple linear regressions and on the other hand on artificial neural networks. The comparison of both models highlighted the advantages of artificial neural networks compared to multiple linear regressions in terms of prediction. Moreover, according to these models, variables such as silence, the visual pleasantness or even the presence of specific sound sources as light vehicles explain the sound quality of the environment.

KEY WORDS

Soundscape; Time resolution; Space resolution; Ascending hierarchical classification; Kohonen maps; Sound quality indicators; Multiple linear regression; Artificial neural networks;

TABLES DES MATIERES

1 INTRODUCTION ---------- 1

2 BIBLIOGRAPHIE ET METHODES ---------- 7

2.1 MESURE DE L'ENVIRONNEMENT SONORE 7

2.2 CARACTERISATION SUBJECTIVE DU PAYSAGE SONORE 8

2.3 CARACTERISATION OBJECTIVE DU PAYSAGE SONORE 9

2.3.1 INDICATEURS DE NIVEAUX ACOUSTIQUES 11

2.3.2 INDICATEURS D'EMERGENCE 13

2.3.3 INDICATEURS SPECIFIQUES AU BRUIT ROUTIER 13

2.3.4 INDICATEURS DE BRUIT FLUCTUANT 14

2.4 QUALITE DES INDICATEURS 15

2.5 METHODES D'ANALYSES 17

2.5.1 CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE 17

2.5.2 CLASSIFICATION DE KOHONEN 19

2.5.3 CLASSIFICATION CONJOINTE 20

2.5.4 TEST D'INDEPENDANCE DU CHI-DEUX 20

2.5.5 REGRESSIONS LINEAIRES MULTIPLES 23

2.5.6 MODELES DE RESEAUX DE NEURONES 26

2.5.7 VALIDATION CROISEE 31

2.5.8 ANALYSE DE VARIANCE 32

2.6 CONCLUSION ET PRESENTATION DU PLAN DE TRAVAIL 33

3 MAILLAGE TEMPOREL ---------- 35

3.1 METHODOLOGIE 35

3.1.1 CAMPAGNE DE MESURE 35

3.1.2 INDICATEURS 37

3.1.2.1 Indicateurs énergétiques 38

3.1.2.2 Indicateurs événementiels 40

3.1.3 PROCEDURE 41

3.2 RESULTATS 42

3.2.1 CARREFOUR (CARR) 42

3.2.1.1 Rythme des jours (24h) 42

3.2.1.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 44

3.2.1.3 Optimisation 46

3.2.1.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 47
3.2.2 PARC (SEU) 50
3.2.2.1 Rythme des jours (24h) 50
3.2.2.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 51
3.2.2.3 Optimisation 52
3.2.2.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 53
3.2.3 BOULEVARD JOSEPH KESSEL (PASS) 56
3.2.3.1 Rythme des jours (24h) 56
3.2.3.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 56
3.2.3.3 Optimisation 58
3.2.3.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 58
3.2.4 RUE DE BERCY (BERC) 61
3.2.4.1 Rythme des jours (24h) 61
3.2.4.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 61
3.2.4.3 Optimisation 63
3.2.4.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 64
3.2.5 RUE DE L'EPEE DE BOIS (EPEE) 67
3.2.5.1 Rythme des jours (24h) 67
3.2.5.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 68
3.2.5.3 Optimisation 69
3.2.5.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 69
3.2.6 RUE MOUFFETARD (MOUF) 71
3.2.6.1 Rythme des jours (24h) 71
3.2.6.2 Classification conjointe sur les mesures de 1 h 72
3.2.6.3 Optimisation 73
3.2.6.4 Interprétation des classes sur la durée minimisée 74
3.2.7 SYNTHESE DES RESULTATS DE TOUS LES POINTS DE MESURE 77
3.3 CONCLUSION 79

4 MAILLAGE SPATIAL ----- 80
4.1 METHODOLOGIE 80
4.1.1 CAMPAGNE DE MESURES 80
4.1.2 INDICATEURS 82
4.1.2.1 Indicateurs énergétiques 82
4.1.2.2 Indicateurs événementiels 83

4.1.3 PROCEDURE 87
4.1.4 RESULTATS 89
4.1.4.1 Répartition des classes 89
4.1.4.2 Interprétation des classes 91
4.2 CONCLUSION 94

5 MODELES DE PREDICTION 95
5.1 METHODOLOGIE 95
5.1.1 TERRAIN D'ETUDE 95
5.1.2 SUJETS 96
5.1.3 QUESTIONNAIRE 98
5.1.4 PROCEDURE 102
5.1.4.1 Sélection des variables 102
5.1.4.2 Optimisation des bases de donnees et déroulement des calculs 104
5.1.4.3 Algorithme pas à pas 105
5.2 RESULTATS 105
5.2.1 PARC (PARC) 106
5.2.1.1 Sélection des variables 106
5.2.1.2 Equation de la régression linéaire multiple 108
5.2.1.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 109
5.2.2 TRANSITION COTE PARC (TPARC) 113
5.2.2.1 Sélection des variables 113
5.2.2.2 Equation de la régression linéaire multiple 113
5.2.2.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 114
5.2.3 TRANSITION COTE BOULEVARD (TBLVL) 116
5.2.3.1 Sélection des variables 116
5.2.3.2 Equation de la régression linéaire multiple 116
5.2.3.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 117
5.2.4 BOULEVARD A LYON (BLVL) 119
5.2.4.1 Sélection des variables 119
5.2.4.2 Equation de la régression linéaire multiple 119
5.2.4.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 120
5.2.5 BOULEVARD A PARIS (BLVP) 122
5.2.5.1 Sélection des variables 122
5.2.5.2 Equation de la régression linéaire multiple 122

5.2.5.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 123
5.2.6 TRANSITION COTE RUE CIRCULEE (TRUE) 125
5.2.6.1 Sélection des variables 125
5.2.6.2 Equation de la régression linéaire multiple 125
5.2.6.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 126
5.2.7 TRANSITION COTE RUE PIETONNE (TPIETON) 128
5.2.7.1 Sélection des variables 128
5.2.7.2 Equation de la régression linéaire multiple 128
5.2.7.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 129
5.2.8 RUE PIETONNE (PIETON) 131
5.2.8.1 Sélection des variables 131
5.2.8.2 Equation de la régression linéaire multiple 131
5.2.8.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 132
5.2.9 DISCUSSION SUR LES MODELES LOCAUX 134
5.2.10 MODELE GLOBAL 138
5.2.11 MODELE GLOBAL REDUIT A 13 VARIABLES 142
5.2.11.1 Réduction du modèle 142
5.2.11.2 Equation de la régression linéaire multiple 144
5.2.11.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 145
5.2.11.4 Analyse de la variance (ANOVA) 152
5.2.11.4.1 Agrément visuel 153
5.2.11.4.2 Animation 155
5.2.11.4.3 Enveloppement 156
5.2.11.4.4 Temps de présence des activités (%) 158
5.2.11.4.5 Temps de présence de présence humaine (%) 159
5.2.11.4.6 Temps de présence des éléments naturels (%) 161
5.2.11.4.7 Temps de présence des oiseaux (%) 162
5.2.11.4.8 Temps de présence des véhicules légers (%) 164
5.2.11.4.9 Silence 165
5.2.11.4.10 Niveau perçu des klaxons 167
5.2.11.4.11 Niveau perçu des cyclomoteurs 169
5.2.11.4.12 Niveau perçu des poids lourds 170
5.2.11.4.13 Aspect surprenant 171

5.2.11.4.14 Corrélations entre valeurs de pentes moyennes et valeurs moyennes estimées pour chaque variable 173
5.2.11.4.15 Comparaison entre les valeurs Moyennes de pente et les valeurs calculées à partir des deux réseaux de neurones 177
5.2.12 MODELE GLOBAL REDUIT A 6, PUIS 5 VARIABLES 178
5.2.12.1 Réduction du modèle 178
5.2.12.2 Equation de la régression linéaire multiple 179
5.2.12.3 Comparaison entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones 180
5.3 CONCLUSION 181
5.4 CORRELATIONS ENTRE VARIABLES PHYSIQUES ET VARIABLES PERCEPTIVES 184

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES ---------- 187

BIBLIOGRAPHIE ---------- 190

LISTE DES PUBLICATIONS ET VALORISATION DE LA RECHERCHE ---------- 200

ANNEXES ---------- 201

ANNEXE 1 – MAILLAGE TEMPOREL 202
1.1 PARC DE BERCY (SEU) 203
1.2 BOULEVARD JOSEPH KESSEL (PASS) 208
1.3 CARREFOUR (CARR) 213
1.4 RUE DE BERCY (BERC) 218
1.5 RUE DE L'EPEE DE BOIS (EPEE) 223
1.6 RUE MOUFFETARD (EPEE) 228
ANNEXE 2 - BASE DE DONNEES UTILISEE POUR LE MAILLAGE SPATIAL 233
ANNEXE 3 – QUESTIONNAIRE 235
ANNEXE 4 – CORRELATIONS 243
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – INTERIEUR DU PARC A LYON (PARC) 244
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION COTE PARC (TPARC) 245
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION COTE BOULEVARD (TBLVL) 246
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – BOULEVARD A LYON (BLVL) 247
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – RUE PIETONNE (PIETON) 248
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION RUE CIRCULEE (TPIETON) 249
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION RUE PIETONNE (TRUE) 250
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – BOULEVARD A PARIS (BLVP) 251
TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – ENSEMBLE DES LIEUX 252

1 INTRODUCTION

Les ambiances sonores auxquelles nous sommes confrontées de nos jours sont diverses et variées. Si l'on demande à une personne de décrire son quotidien sonore, elle parle souvent des sources qu'elle entend, des moments de la journée ainsi que des lieux où elles apparaissent. D'un point de vue perceptif, ces descriptions peuvent aller de très agréables (pour des chants d'oiseaux dans un parc par exemple) à très désagréables (pour un cyclomoteur passant dans une rue de quartier). Pourtant, il n'existe à l'heure actuelle aucun outil opérationnel permettant de refléter correctement ces caractéristiques. Les seuls outils disponibles étant des indicateurs de niveaux sonores moyens et annuels obtenus par modélisation acoustique des principales infrastructures de transports (surtout utiles à la résorption des points noirs dus au bruit). Or, ces indicateurs sont difficilement compris et de ce fait mal interprétés par les usagers de la ville car ils ne reflètent pas la signification des bruits perçus et la diversité des situations que les citadins rencontrent.

Développé dans le cadre du Groupe opérationnel 7 du PREDIT 3 (programme de recherche et innovation dans les transports terrestres) le travail de recherche "Indicateurs de qualité sonore en situation urbaine pour une représentation cartographique" a pour but d'aborder la perception sonore du paysage urbain aux différentes échelles de la ville (différentes ambiances) et ce afin de proposer un ou des indicateurs qui permettent de caractériser de façon objective la qualité des ambiances sonores perçues par les populations concernées. A terme, ces indicateurs devraient pouvoir permettre d'établir des cartes de qualité sonore lisibles par les populations elles-mêmes ainsi que par les services techniques des municipalités. Le travail lié à ce projet de recherche consiste donc à trouver des indicateurs de qualité en s'appuyant sur des mesures in situ ainsi que des enquêtes auprès des populations (à Paris et à Lyon), mais également à déterminer un maillage temporel et spatial des mesures de ces indicateurs.

Avant de s'attacher à déterminer ces indicateurs de qualité du paysage sonore, il convient d'apporter des précisions sur le concept de paysage sonore.

En France, plusieurs termes tels que "ambiances sonores", "paysages sonores", "environnements sonores" ou encore "environnements acoustiques" sont souvent utilisés sans réelle distinction comme traduction du mot anglais "soundscape". Mais que se cache-t-il derrière le terme de "soundscape" ? Introduit pour la première fois par SCHAFER R. M. à la fin des années 1960 et repris dans son ouvrage de référence *The Tuning of the World*

[SCHAFER 1977], le concept de "soundscape" est né de la volonté des compositeurs de voir l'environnement sonore d'un point de vue positif et non pas comme la communauté scientifique qui travaillait alors sur l'environnement sonore du point de vue de la gêne ou de la nuisance. Ce néologisme fondé sur la contraction du mot "landscape" et "sound" traduit la représentation d'un environnement sonore et nécessite donc la prise en compte des aspects humains et non plus des seules mesures acoustiques lorsque l'on tente d'appréhender cet environnement sonore [LAVANDIER 2010]. Dès lors, l'approche de l'environnement sonore par le concept de "soundscape" est devenue grandissante pour plusieurs acteurs du domaine sonore (acousticiens, compositeurs, architectes, designers, psychologues ...). Aussi, depuis plusieurs années, la communauté scientifique tente de s'accorder sur le concept de "soundscape". Au niveau européen, le réseau de recherche COST TD0804 "Soundscape of European Cities and Landscapes" a proposé non pas une définition du "soundscape" mais des idées généralement admises sur le sujet qui sont reprises ci-après [BOTTELDOOREN 2011] :

- Le "soundscape" est évoqué par l'environnement sonore physique appelé désormais l'environnement acoustique, mais il n'est pas équivalent et ne peut donc pas être mesuré par les seuls équipements de mesures acoustiques classiques.

- Le "soundscape" est dépendant d'un contexte. Ce contexte est façonné par les stimulations sensorielles – parmi lesquelles les observations visuelles sont les plus importantes [PHEASANT 2010] – et par la connaissance que les personnes ont de l'espace, de son utilisation, de son but, de sa signification culturelle, de leurs propres motivations ou de celle des autres et leurs buts d'être là, des activités associées, *etc.*.

- Le concept de "soundscape" tend à être utilisé principalement dans les espaces en plein air, mais a aussi des applications pour les espaces intérieurs, principalement publics [SEMIDOR 2012] mais aussi privés [DÖKMECI 2012]. Mais il comporte toujours un sentiment d'espace. Les sons environnementaux pénétrant dans les espaces privés entraînent des effets différents suivant le niveau de contrôle qui est un facteur important.

- L'échelle de temps liée aux "soundscapes" est de l'ordre de la minute à quelques heures. La qualité du "soundscape" dans certaines parties de lieu de vie peut néanmoins avoir des effets à long terme sur la qualité de vie [BOWLES 2008] et la santé de la population.

Au niveau international, le groupe de travail ISO/TC 43/SC 1/WG 54 "Perceptual assessment of soundscape quality" a pour but de comprendre comment les individus perçoivent les "soundscapes" et tente d'uniformiser la procédure d'évaluation de leur qualité en s'appuyant sur la définition du "soundscape" donnée par TRUAX B. dans le livre "Handbook for Acoustic Ecology" [TRUAX 1978] qui décrit le "soundscape" comme *"An environment of sound (or sonic environment) with emphasis on the way it is perceived and understood by the individual, or by a society", soit "un environnement de son (ou environnement sonore) mettant l'accent sur la façon dont il est perçu et compris par une personne ou une société"* selon un certain point de vue. Dans cette définition du "soundscape", on imagine que ce point de vue est un lieu d'écoute qui est un point fixe d'observation.

Dans la dernière version proposée par la norme ISO [ISO/CD 12913-1], le "soundscape" est défini, toujours à partir de la version originale proposé par TRUAX B., comme *"an acoustic environment as perceived and experienced and understood by people, in context"*. *"Acoustic environment"* étant lui-même défini comme *"the in situ sound from all sound sources as modified by the physical environment" (le son in-situ de toutes les sources sonores modifiées par l'environnement physique").* La traduction française de la définition du "soundscape" proposée par la norme ISO serait donc *"un environnement acoustique tel qu'il est perçu et vécu et compris par les personnes, dans un contexte"*. Cette nouvelle définition introduit donc le terme *"experienced"*. Autrement dit, le "soundscape" n'est plus seulement perçu, il est aussi vécu, et il ne s'agit plus d'un paysage sonore perçu depuis un point d'observation mais d'une ambiance sonore vécue. Le point d'observation n'est plus un point fixe mais devient une surface d'observation. Dans le cadre de notre étude, précisons que nous nous sommes placés plutôt dans le cadre de la version originale de la définition du "soundscape", c'est-à-dire que le "soundscape" a été évalué plutôt du point de vue du paysage sonore, en un point de l'espace, même silla frontière entre "perçu" et "vécu" reste finalement difficile à définir.

La définition même du "soundscape" inclut par ailleurs le terme *"context"*. Ainsi, les "soundscapes" sont donc perçus et vécus dans un contexte global qui inclut des informations sonores auxquelles s'ajoutent d'autres modalités sensorielles ainsi que le contexte psychologique (âge, motivation, *etc.*). Dans une étude récente [BROWN 2011], BROWN *et al.* ont proposé des contextes pertinents dans l'évaluation du "soundscape" comme le lieu / emplacement, les dimensions physiques de l'environnement (vent, température, lumière,

trafic), l'activité personnelle dans le lieu et les activités dans les autres lieux, les dimensions de l'environnement social (voisinage par exemple) et les dimensions personnelles (motivations, attentes). Par ailleurs, toujours dans le cadre du groupe ISO/TC 43/SC 1/WG 54, SCHOMER P. a proposé une représentation schématique du processus de perception mis en jeu dans l'évaluation du "soundscape" [SCHOMER 2010] qui est constitué des sources sonores (niveau de pression acoustique; spectre; variation avec le moment de la journée, le jour ou la saison ; durée ; *etc.*) et de l'environnement acoustique du lieu (réverbération, ambiance générale et ce en quoi elle consiste, *etc.*), du contexte (lieu, heure, saison, motivations, attentes, autres facteurs environnementaux tels que le visuel, l'olfactif, *etc.*) et des ressentis humains, directs (activité orientée vers l'écoute de l'environnement sonore / calme, agréable, *etc.*) et indirects (activité non orientée vers l'écoute de l'environnement sonore / sentiment de bien être lié à une activité, lecture, détente, *etc.*). Cette représentation schématique a été reprise dans la norme ISO [ISO/CD 12913-1] et est présentée sur la Figure 1.

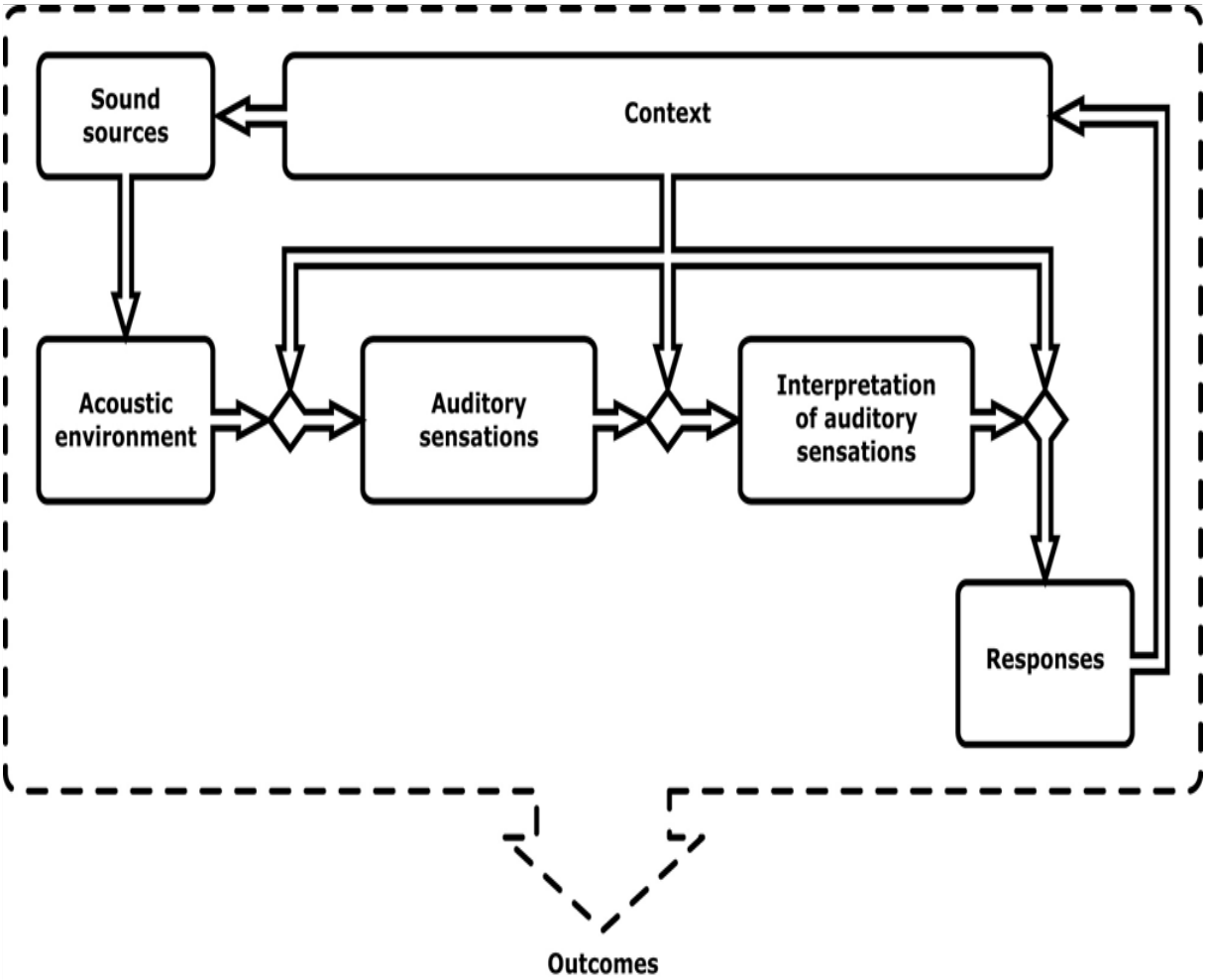


Figure 1 : Représentation schématique du "soundscape".

Pour chaque élément de cette représentation, une explication et un/des exemples sont donnés dans la norme. Ainsi :

- Les sources sonores (Sound sources) sont par exemple le trafic routier, les oiseaux, les pas, les voix, *etc.*

- L'environnement acoustique (Acoustic environment) est défini comme précédemment, c'est-à-dire comme le son *in-situ* de toutes les sources sonores modifiées par l'environnement physique. Les modifications par l'environnement physique incluent les effets de propagation sonore, résultants des conditions météorologiques, d'absorption, de diffraction, *etc.*

- Le contexte (Context) inclut les relations entre la personne, l'activité et le lieu, dans l'espace et le temps, et peut influencer le "soundscape" à trois niveaux : (1) les sensations auditives (auditory sensations), (2) l'interprétation des sensations auditives (the interpretation of the auditory) et (3) les réponses à l'environnement acoustique (the responses to the acoustic environment). A titre d'exemple, les facteurs qui peuvent influencer les sensations auditives (1) sont les conditions météorologiques (qui varient selon la saison) ou les handicaps auditifs. Les facteurs qui peuvent influencer l'interprétation des sensations auditives (2) sont l'expérience et les attentes (incluant le passé culturel, les intentions ou les raisons pour lesquelles les personnes se trouvent à un endroit donné), ainsi que d'autres facteurs sensoriels comme l'impression visuelle ou l'odeur. Enfin, les facteurs qui peuvent influencer les réponses à un environnement acoustique (3) sont par exemple l'état émotionnel, les ressources psychologiques et physiologiques pour remédier à la situation, la capacité perçue à contrôler son exposition aux sons, *etc.*

- Les réponses (Responses) sont une part du processus et incluent la réaction à court terme, l'émotion et le comportement qui peut changer le contexte relatif à l'environnement sonore. Par exemple, une personne A s'asseyant dans une aire de jeux de jeunes enfants peut répondre avec émotions et enthousiasme, et choisir de rester plus longtemps. Une personne B, s'asseyant sur la même aire de jeux peut répondre avec des sentiments de colère et d'irritation, et choisir de partir immédiatement**.**

Les résultats (Outcomes) sont un résultat global à long terme du processus et incluent des attitudes (*i.e.* des croyances, des jugements, des habitudes). Par exemple, une personne A

(celle de l'exemple précédent) peut décider de retourner le week-end suivant ou fréquemment sur l'aire de jeux. La personne B peut au contraire décider de ne jamais y retourner.

Pour conclure sur la norme ISO [ISO/CD 12913-1], notons que cette norme se compose de deux parties. La première partie s'attache à donner une définition du "soundscape" et a été présentée ci-dessus. La seconde partie prévoit de travailler sur des méthodes de mesures du "soundscape", et donc sur des indicateurs qui sont en cours de développement.

2 BIBLIOGRAPHIE ET METHODES

2.1 MESURE DE L'ENVIRONNEMENT SONORE

Malgré les nombreuses expériences qui ont été menées sur la qualité sonore, très peu d'études ont été réalisées sur la pertinence des échantillonnages choisis en temps et en espace. Ainsi, les échantillonnages temporels se sont appuyés sur des écoutes allant de 10 secondes [CERMAK 1976] jusqu'à 30 minutes [KUWANO 1988]. Plus récemment, les études portant sur le "soundscape" se sont basées sur des mesures de durée assez variable, c'est-à-dire 1 minute [MA 2010], 5 minutes [JEDOVNICKY 2009] ou encore 15 minutes [DE COENSEL 2010]. Les études sur la perception du niveau sonore se sont basées sur des stimuli allant de quelques secondes [LITTLE 1969] [PAULSEN 1997] jusqu'à 80 minutes [NAMBA 1988]. Un travail exploratoire sur l'influence de l'échelle temporelle sur la pertinence des indicateurs a été mené au Laboratoire de géographie Mobilités, Réseaux, Territoires, Environnements (MRTE) de l'Université de Cergy-Pontoise [LAVANDIER 2003]. Dans cette étude, LAVANDIER C. et BARBOT B. ont mesuré l'environnement sonore en cinq lieux (un jardin, une rue piétonne, un marché couvert et deux boulevards) durant 24 heures, et ont tenté de déterminer quelle était la durée de mesure appropriée pour discriminer les différents lieux, en fonction de différents indicateurs tels que le L_{Aeq}, la sonie de Zwicker, des émergences ou encore des indicateurs psycho-acoustiques comme l'acuité ("sharpness"), la rugosité("roughness") et la force de fluctuation("fluctuation strengh"). De l'analyse en composantes principales, il est ressorti que le calcul d'indicateurs classiques tels que le L_{Aeq}, la sonie ou encore l'écart-type du L_{Aeq} sur 15 minutes permettait de caractériser objectivement un lieu et que ce calcul devait être fait sur cinq périodes de la journée : la nuit, au réveil de la ville, le matin, l'après-midi et enfin sur la période d'endormissement de la ville. En revanche, les indicateurs psycho-acoustiques comme l'acuité et la rugosité n'ont pas été pertinents et n'ont pas apporté d'information permettant de discriminer les lieux.

Quant au choix du maillage spatial nécessaire à la caractérisation des lieux, il a suivi plutôt les typologies architecturales des lieux sans en étudier une justification acoustique [JEON 2010] [MARRY 2010] [SEMIDOR 2010].

Dans le travail présenté ici, la pertinence des choix temporels et spatiaux pour les mesures acoustiques en site urbain va être systématiquement étudiée, afin de fixer les durées, les moments et les lieux nécessaires aux enquêtes perceptives. Le but de ce double maillage,

temporel et spatial, est donc d'optimiser les campagnes de mesures. Quelle est la durée nécessaire pour caractériser l'environnement sonore d'un lieu afin qu'elle ne soit ni trop longue pour éviter de perdre du temps au cours des mesures, ni trop courte pour éviter de perdre de l'information acoustique ? Quelle est aussi la distance à respecter entre les points de mesures afin de caractériser des lieux appartenant à des zones différentes d'un point de vue acoustique ?

2.2 CARACTERISATION SUBJECTIVE DU PAYSAGE SONORE

Dans leur étude évoquée dans l'introduction [BOTTELDOOREN 2011], le réseau de recherche COST TD0804 "Soundscape of European Cities and Landscapes" a également recensé différents facteurs perceptifs qui caractérisent le paysage sonore.

Parmi eux se trouve un premier groupe d'indicateurs qui sont des descripteurs verbaux globaux et tentent de décrire l'expérience sonore dans son ensemble. Des attributs globaux comme apaisant et agréable ou gênant et bruyant ont été utilisés [BERGLUND 2006]. Lors d'une étude en composantes principales [CAIN 2010], ces nombreux multiples attributs ont pu être regroupés en deux axes étiquetés "Calme" ("Calmness") et "Vitalité' ("Vibrancy"). Plus généralement, ces deux axes sont nommés "Agrément" ("Pleasantness") et "Animation" ("Eventfulness") comme le précisent AXELSSON O. *et al.*. A ces deux dimensions, vient s'ajouter une troisième composante nommée "Familiarité" [AXELSSON 2010]. Ces résultats sont concordants avec ceux trouvés par VIOLLON S. qui avait également trouvé trois axes nommés alors "Affective impressions, preferences" ("impressions affectives, préférences") pour le premier et corrélé à 98% avec l'adjectif "pleasant" ("agréable"), "Activity due to sound presence of human beings" ("activité due à la présence sonore des comportements humains") pour le second, corrélé avec l'adjectif "bustling" ("animé") et enfin "Auditory expectations" ("attentes auditives") pour le troisième, corrélé avec l'adjectif "unexpected" (inattendu") [VIOLLON 2000a].

Cependant, ces descripteurs globaux de l'environnement sonore ne donnent que peu d'informations sur la description du paysage sonore. De plus, ils ne sont valides que pour un groupe particulier de personnes et dans le contexte particulier de l'étude. Aussi des descriptions plus détaillées sont nécessaires pour passer entre les différents contextes et sous-groupes de populations.

Un autre moyen de décrire les paysages sonores est de se focaliser sur les sources sonores qui composent l'environnement [DUBOIS 2006]. Dans leur étude [LAVANDIER 2006] portant sur la contribution des caractéristiques des sources sonores sur le jugement du paysage sonore urbain, LAVANDIER C. et DEFREVILLE B. ont décrit les sources sonores avec des attributs tels que "Proximité", "Prégnance" et "Présence" en considérant les travaux de WOLOSZYN P. et SIRET D. [WOLOSZYN 1998]. Ces attributs étant respectivement reliés à l'espace, à l'énergie et au temps.

Outre les descripteurs holistiques ou analytiques, une façon de décrire un "soundscape" est d'utiliser une méthode narrative [SCHULTE-FORTKAMP 2006]. Dans ces conditions, le "soundscape" est vécu à travers des séquences d'écoute ciblée de l'environnement sonore auxquelles se mêlent des moments d'écoute plus globale. Ainsi, la narration fournit essentiellement le sens que les personnes donnent aux différentes composantes de l'environnement sonore. Une dimension spatiale peut également être ajoutée à travers un parcours commenté, en combinant la description narrative de l'environnement sonore avec un parcours au sein de celui-ci [SEMIDOR 2010].

Enfin, alors que les méthodes narratives tentent d'évoquer les "soundscapes" par des descriptions verbales (écrites ou orales), un relevé acoustique ou sonore essaie plutôt d'enregistrer un environnement sonore typique ou non et de le présenter avec une description adéquate du contexte afin de suggérer le "soundscape" dans l'esprit des personnes qui l'écoutent.

2.3 CARACTERISATION OBJECTIVE DU PAYSAGE SONORE

Les indicateurs décrits ci-dessus s'appuient sur des mesures perceptives relatives aux êtres humains. Il existe beaucoup de situations où des indicateurs basés sur les enregistrements acoustiques ou des simulations sont les seules possibilités : surveillance, création de cartes, *etc.* Des mesures globales de l'environnement sonore telles que le L_{Aeq}, le L_{A50} ou L_{A90}, des mesures spectrales ou encore de dynamique (écart-type du L_{Aeq} par exemple) sont alors nécessaires. A première vue, ces mesures globales ne traduisent pas la présence de sources sonores particulières. Cependant, compte tenu d'un contexte particulier, ces indicateurs globaux peuvent témoigner de la présence de sources caractéristiques. Par exemple, les hautes fréquences dans les parcs urbains pourraient indiquer la présence d'oiseaux et de sons humains alors que le L_{A90} sera représentatif du trafic lent lointain. L'interprétation de ces

mesures globales peut donc fournir des informations importantes sur la nature des sources présentes et permettre une meilleure compréhension de l'environnement sonore étudié.

Enfin des mesures analytiques de l'environnement sonore devraient mieux correspondre aux évènements présents dans l'environnement sonore que les mesures holistiques. Toutefois, ces indicateurs sont parfois très difficiles à extraire du signal global capté par le microphone et une reconnaissance "à l'oreille" des sources sonores dans un flux continu s'avère souvent être un travail fastidieux. Bien que toujours en développement, des outils de reconnaissance automatique des sources peuvent aider à identifier l'apparition de sons caractéristiques mêlés à un flux sonore global dans un enregistrement long. Quoiqu'il en soit, des indicateurs comme le nombre d'évènements, le temps de présence de ces évènements ou le niveau sonore durant lequel ces évènements sont émergeants sont nécessaires à la caractérisation du paysage sonore. Ainsi, le temps de présence et le niveau de plusieurs sources prédominantes dans un environnement sonore sont au cœur d'un outil de description d'un "soundscape" développé par MATSUI T.*et al.* [MATSUI 2009]. Le concept de "Time-Component Matrix Chart" (ou "TM Chart" en abrégé), dont une représentation est donnée Figure 2, consiste à représenter visuellement dans un espace à deux dimensions, le pourcentage de temps de présence de plusieurs sources prédominantes et les niveaux de celles-ci ramenés en pourcentage de temps d'apparition. Ainsi, plusieurs environnements sonores peuvent être comparés à travers leur représentation en "TM Chart".

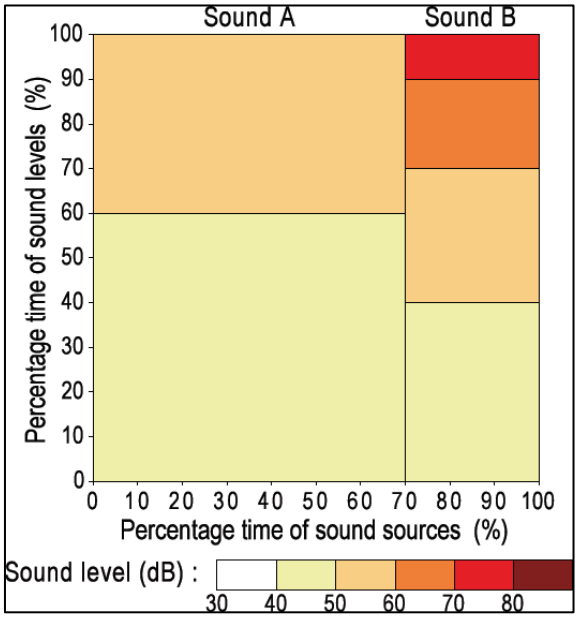


Figure 2 : Exemple de Time-Component Matrix Chart (TM Chart).

Qu'ils s'agissent d'indicateurs globaux ou plus spécifiques aux sources, quoiqu'il en soit, caractériser l'environnement sonore nécessite donc de toute évidence des moyens de le mesurer de façon objective. Dans le cadre du projet de recherche "ANR Eval-PDU" et en particulier dans la cadre de la tâche 4 sur le développement d'une méthodologie d'évaluation de l'impact d'un PDU (Plan de Déplacement Urbain) sur le bruit, PICAUT J. a rédigé une synthèse bibliographique sur l'évaluation du bruit dans l'environnement [PICAUT 2011]. Dans sa version actuelle 1.3 datant du 21 février 2011, ce document présente une synthèse d'indicateurs physiques pour la caractérisation du bruit dans l'environnement de manière générale, ainsi que d'autres plus spécifiques sur la caractérisation du bruit routier, du bruit des avions et du bruit ferroviaire. Notre étude ne portant pas sur le trafic aérien ou ferroviaire, nous ne citerons que les indicateurs spécifiques liés au trafic routier.

Issus de la communauté scientifique et de la normalisation, notamment [NF S 31-010 1996] [NF S 31-085 2002], on trouve parmi les indicateurs présentés dans cette synthèse, des indicateurs de niveaux acoustiques, des indicateurs d'émergence, des indicateurs de bruit fluctuant et enfin des indicateurs spécifiques au bruit routier.

2.3.1 INDICATEURS DE NIVEAUX ACOUSTIQUES

Niveau de pression acoustique continu équivalent ($L_{eq,T}$)

Le niveau de pression acoustique équivalent ($L_{eq,T}$) se définit comme la valeur du niveau de pression acoustique d'un son continu stable qui, au cours d'une période spécifiée T = t2 -t1, a la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie au cours du temps. Mathématiquement, ce niveau de pression acoustique continu équivalent s'écrit comme suit :

$L_{eq,T} = 10 \log\left[\frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{P^2(t)}{P_0^2}dt\right]$ où P_0 est la pression acoustique de référence (20 µPa) et P(t) est la pression acoustique instantanée du signal.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré ($L_{Aeq,T}$)

Si la pression acoustique est pondérée en fréquence par une pondération par exemple A, le niveau acoustique continu équivalent pondéré A, noté $L_{Aeq,T}$ s'écrit alors suivant la relation $L_{Aeq,T} = 10 \log\left[\frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{P_A^2(t)}{P_0^2}dt\right]$ où $P_A(t)$ est la pression acoustique instantanée pondérée A du signal.

Niveau de pression acoustique continu équivalent "court" ($L_{Aeq,\tau}$)

On parle également d'un niveau de pression acoustique continu équivalent court, noté $L_{Aeq,\tau}$, qui se définit comme le niveau de pression acoustique continu équivalent sur un intervalle de temps T, plus court, noté τ. La durée d'intégration dépend de ce que l'on cherche à mesurer mais est généralement de 1 s.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A d'un bruit particulier ($L_{Aeq,Tpart}$)

A partir du calcul de L_{eq} courts (de même durée) il est possible dans le cas d'un bruit particulier, de calculer le niveau continu équivalent pondéré A du bruit équivalent sur une durée T_{part} d'apparition du bruit particulier, à partir du calcul de L_{eq} courts (de même durée):$L_{Aeq,T_{Part}} = 10\log\left[\frac{1}{T_{part}}\sum_{i=1}^{N}\tau \times 10^{\frac{L_{Aeq,\tau}}{10}}\right]$.

Valeurs maximale et minimale du niveau de pression acoustique pondéré A

Les indicateurs L_{Amax} et L_{Amin} correspondent respectivement au niveau maximum et minimum de la pression acoustique pondérée A mesurée.

Niveaux fractiles

Les niveaux acoustiques fractiles (ou indices fractiles) permettent à partir d'une analyse statistique des niveaux de pression acoustique continu équivalent "courts" (en général $L_{Aeq,1s}$) de mesurer les niveaux de pression acoustique dépassé N% du temps considéré et sont notés L_{AN} lorsque la pondération A est utilisée. Les plus courants sont le L_{A95}, le L_{A90}, le L_{A50}, le L_{A10} et le L_{A5}. En règle générale, le L_{A10} représente une moyenne des niveaux sonores maximaux alors que le L_{A95} ou le L_{A90} symbolisent le bruit de fond.

Ecart type

L'écart type des niveaux de pression continu équivalent "court" $L_{Aeq,1s}$ permet de caractériser l'amplitude des variations des$L_{Aeq,1s}$ sur une durée donnée et se détermine par la formule suivante : $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{1}^{N}\left(L_{Aeq,1s} - \bar{L}_{Aeq,1s}\right)^2}$ avec $\bar{L}_{Aeq,1s}$ qui est la moyenne arithmétique des $L_{Aeq,1s}$.

2.3.2 INDICATEURS D'EMERGENCE

Dans la synthèse bibliographique sur les indicateurs du bruit dans l'environnement, deux indicateurs d'évènements sont proposés. Le premier consiste à comparer le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A $L_{Aeq,Tpart}$ du bruit ambiant en présence d'un bruit particulier (le niveau est déterminé pendant les périodes d'apparition du bruit particulier, sur une durée cumulée T_{part}), avec le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A $L_{Aeq,Tres}$ du bruit résiduel (ce niveau est déterminé pendant les périodes de disparition du bruit particulier, sur une durée cumulée T_{res}). Le second mesure quant à lui la différence entre le niveau sonore maximal $L_{Aeq,5s}$max mesuré sur une période de 5 s pendant un évènement et le L_{A50} calculé en prenant en compte le bruit ambiant observé avant l'apparition de l'évènement concerné, sur une période de 5 minutes.

Dans notre cas, nous avons choisi une autre façon de calculer l'émergence, à savoir la différence entre le niveau de pression acoustique dépassé 10% du temps du bruit particulier pondéré A $L_{A10,Tpart}$ et le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A L_{Aeq} global mesuré sur la durée de la mesure. Cette émergence s'écrit donc $E = L_{A10,T_{part}} - L_{Aeq}$.

2.3.3 INDICATEURS SPECIFIQUES AU BRUIT ROUTIER

Dans le cas particulier du bruit routier, hormis la plupart des indicateurs cités précédemment, deux autres indicateurs peuvent être utilisés.

Traffic noise index

Le traffic noise index ou TNI, basé sur les indices fractiles L_{10} et L_{90} permet d'évaluer la part des fluctuations de bruit liée au trafic routier et se calcule suivant la formule suivante : $TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$.

Noise pollution level

Le noise pollution level L_{NP} ou NPL est quant à lui basé sur l'écart-type σ des $L_{Aeq,1s}$ et s'exprime comme suit : $L_{NP} = L_{Aeq} + \sigma$.

2.3.4 INDICATEURS DE BRUIT FLUCTUANT

Outre les indicateurs de niveaux sonores et d'émergence, il existe des indicateurs dits "dynamiques" permettant de quantifier un certain nombre de caractéristiques temporelles, en particulier concernant le trafic routier en milieu urbain.

Une liste non exhaustive de ces indicateurs peut être trouvée dans le projet de recherche [LECLERQ 2008]. Citons par exemple des indicateurs comme l'étalement sonore, le rythme sonore ou encore la tranquillité. Au moment où nous avons commencé notre étude nous n'avions pas accès à ce projet de recherche. En conséquence de quoi, ces indicateurs de bruit fluctuant n'ont pas été utilisés pour la discrimination temporelle et spatiale (chapitres 3 et 4). Toutefois, MARRY S. a montré à travers une analyse en composantes principales portant sur 174 évaluations de différentes ambiances sonores que des indicateurs comme IDAS (Degré de l'augmentation sonore) par exemple étaient très corrélés avec l'écart-type du L_{Aeq} ou encore avec le L_{A10}-L_{A90} [MARRY 2011]. Par ailleurs, les indicateurs de rythme ou d'étalement sonore n'apportent que très peu d'information par rapport à des indicateurs plus classiques comme le L_{Aeq}, le L_{A10} ou le L_{A90}.

Aussi, dans l'étude du maillage temporel (§ 3) et du maillage spatial (§ 4) nous avons principalement utilisé des indicateurs de niveaux acoustiques, d'émergence ainsi que des indicateurs de bruyance (dont la définition est donnée ci-après).

Bruyance

Les indicateurs de bruyance permettent de quantifier le temps et le nombre de fois où une séquence sonore dépasse un seuil α. Afin de distinguer les pics de bruit (impulsionnels) et les séquences sonores, ces dernières doivent avoir une durée d'au moins 4 secondes. Notons également que les indicateurs de bruyance sont définis pour une période d'évaluation de 15 minutes. Ainsi quatre indicateurs peuvent être calculés. Le $N_{>L_1}$ est le nombre de séquences d'au moins 4 secondes dont le niveau sonore dépasse L_1, évalué sur une période de 15 minutes de $L_{Aeq,1s}$. Le $N_{>70}$est le nombre de séquences d'au moins 4 secondes dont le niveau sonore dépasse 70 dB(A), évalué sur une période de 15 minutes de $L_{Aeq,1s}$. Enfin le $T_{>L_1}$ et le $T_{>70}$ sont respectivement la durée moyenne en seconde de ces séquences.

2.4 QUALITE DES INDICATEURS

Le but de ce travail de recherche est d'établir des indicateurs de qualité sonore en situation urbaine en s'appuyant sur deux modèles d'élaboration (les régressions linéaires multiples et les réseaux de neurones artificiels). Outre les avantages et les inconvénients liés à ces deux méthodes d'élaboration, il est important de déterminer les qualités que doivent présenter ces modèles.

Dans le rapport final sur les "Indicateurs de durabilité environnementale dans les transports" [JOUMARD 2010], le groupe de recherche COST 356 "Towards the definition of a measurable Environmentally Sustainable Transport" fournit une liste de 14 propriétés que doivent posséder des indicateurs dans les transports et dans l'environnement. Parmi ces 14 propriétés, une liste plus sélective de 10 critères est également donnée. Cette seconde liste ainsi que la définition associée à chaque critère est présentée ci-après en français et dans leur version originale en anglais.

Validité (Validity) :

Un indicateur valide doit mesurer réellement le résultat ou le facteur qu'il est supposé mesurer (A valid indicator must actually measure the issue or factor it is supposed to measure).

Fiabilité (Reliability) :

Un indicateur fiable doit donner la même valeur si sa mesure est répétée de la même façon sur la même population et presque en même temps (A reliable indicator must give the same value if its measurement were repeated in the same way on the same population and at almost the same time).

Sensibilité (Sensitivity) :

Un indicateur sensible doit être en mesure de révéler des changements importants dans le facteur d'intérêt (A sensitive indicator must be able to reveal important changes in the factor of interest).

Mesurabilité (Measurability) :

Un indicateur mesurable devrait être simple et relativement peu coûteux de mesurer (A measurable indicator should be straight-forward and relatively inexpensive to measure).

Disponibilité des données (Data availability) :

Les indicateurs avec des données disponibles sont des indicateurs fondés sur les données (entrées) qui devraient être facilement accessibles ou disponibles avec un temps et un coût raisonnable (Data available indicators are Indicators based on (input) data that should be readily available or made available at reasonable cost and time).

Préoccupation éthique (Ethical concerns) :

Un indicateur doit respecter les droits fondamentaux humains et doit exiger seulement des données qui sont compatibles avec les mœurs, les croyances ou les valeurs de la population (An indicator must comply with fundamental human rights and must require only data that are consistent with morals, beliefs or values of the population).

Transparence (Transparency) :

Un indicateur transparent est celui qu'il est possible de comprendre et possible de reproduire pour des utilisateurs qui le souhaitent (A transparent indicator is one which is feasible to understand and possible to reproduce for intended users).

Interprétabilité (Interpretability) :

Un indicateur interprétable permet une lecture intuitive et sans ambiguïté. (An interpretable indicator allows an intuitive and unambiguous reading).

Pertinence (Target relevance) :

Un indicateur pertinent doit mesurer la performance en accord avec les objectifs énoncés. (A target relevant indicator must measure performance with regard to articulated goals objectives, targets or thresholds).

Faisabilité (Actionability) :

Un indicateur faisable est celui qui mesure des facteurs qui peuvent être modifiés ou influencés directement par l'action politique ou de management (An actionable indicator is one which measure factors that can be changed or influenced directly by management or policy action).

Ainsi, dans la suite du travail, lorsqu'un indicateur de qualité sonore aura été développé, nous nous attacherons à regarder dans quelle mesure cet indicateur respecte chacun des paramètres évoqués ci-dessus (*cf.* § 5.3).

2.5 METHODES D'ANALYSES

Au cours des travaux de recherche qui sont présentés dans ce document, diverses méthodes d'analyses des données ont été utilisées. Sans systématiquement entrer en détails dans le formalisme mathématique qui se cache derrière chacune de ces méthodes, une description plus ou moins avancée de chacune d'elles est donnée dans les paragraphes suivants (§ 2.5.1 à 2.5.8).

2.5.1 CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE

La classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification fréquemment utilisée qui permet de regrouper N individus en un nombre de regroupements ou classes plus ou moins réduit. Ces N individus (qui forment initialement N groupes) sont successivement réunis en N-1 groupes jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un seul groupe de N individus.

La première étape dans l'algorithme de cette méthode consiste à définir une mesure de similarité qui caractérise la distance entre les objets à classer. Puis, une fois cette distance choisie, il s'agit ensuite de définir un critère d'agrégation afin de regrouper les objets les plus proches dans une nouvelle classe.

Au cours de cette étude, la mesure de similarité, ou plus exactement, la mesure de "dissimilarité" est simplement la distance euclidienne entre les objets. Soient deux objets p et q caractérisés par n variables, la distance euclidienne entre ces deux objets est donnée par la formule suivante : $d(p,q) = d(q,p) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(q_i - p_i)^2}$.

Afin de réunir les objets entre eux il existe de nombreux critères d'agrégation ("saut minimal ou plus petite distance", "saut maximal ou plus grande distance", "distance moyenne", "Ward", etc. …) [NAKACHE 2004]. Un des plus couramment utilisés est le critère de Ward. Il s'agit d'un critère d'agrégation basé sur l'inertie calculée à chaque étape du processus d'agrégation et revient à minimiser l'inertie intra-classes ou à maximiser l'inertie inter-classes.

Une fois la classification de Ward réalisée, se pose généralement la question du choix du nombre de classes à retenir. Dans cette optique il n'existe pas de règle précise mais de nombreux critères peuvent aider ce choix. Tout d'abord, l'arbre hiérarchique qui représente les regroupements à chaque étape peut donner une première idée du nombre de classes à choisir, même si cela n'est pas toujours pertinent. Il existe alors de nombreux indices utiles à la décision. Parmi tous ces indices, quatre sont basés sur le calcul de la somme des carrés des écarts entre les objets et la moyenne de la classe à laquelle ils appartiennent. Il s'agit du rapport entre l'inertie inter-classes et l'inertie totale $\left(\frac{I_{Inter}}{I_{Totale}}\right)$, du "R-Square" (RSQ), du "Semi-Partial R-Square" (SPRSQ) et du "Root-Mean-Square Standard Deviation" (RMSSTD). Enfin, un autre indice est aussi calculé : le "Quality Index" (QI) basé sur la largeur moyenne des silhouettes. Le calcul de ces cinq indices est donné ci-après.

Supposons que lors de la classification s classes soient formées à l'étape h de l'agrégation, alors l'étape suivante h+1 fournira donc s-1 classes. Soient n objets caractérisés par p variables, X_i est le $i^{ème}$ objet et le vecteur des p moyennes sur les n objets est noté $\overline{X}$.

- C_k est la $k^{ème}$ classe parmi les s classes, composée de n_k objets et le vecteur des p moyennes dans la classe k est noté $\overline{X}_k$,
- W_k est la somme des carrés des différences des objets X_j à $\overline{X}_k$ dans la classe k :$W_k = \sum_{j=1}^{n_k} \|X_j - \overline{X}_k\|^2$,
- T est la somme calculée pour les n objets : $T = \sum_{i=1}^{n} \|X_i - \overline{X}\|^2$.

Le calcul du "R-Square" (RSQ) est alors donnée par la formule suivante : $RSQ = 1 - \frac{W_s}{T}$où $W_s = \sum_{i=1}^{s} W_k$. Le "Semi-Partial R-Square" (SPRSQ) représente la perte d'homogénéité lorsque deux classes sont agrégées et est mesuré par la réduction du RSQ avant et après l'agrégation des classes C_k et $C_{k'}$. Enfin, le "Root-Mean-Square Standard Deviation" (RMSSTD) se calcule comme la racine carrée de la variance de la nouvelle classe $C_{k''}$ formée par l'agrégation des classes C_k et $C_{k'}$: $RMSSTD = \sqrt{\frac{W_{k''}}{p(n_{k''}-1)}}$.

Concernant le "Quality Index" (QI), celui-ci est basé sur les largeurs de silhouettes. La silhouette se calculant ainsi : pour chaque objet X_i on note A la classe à laquelle il appartient et N_A le nombre d'éléments dans cette classe A. Ainsi, on définit :

- $a(X_i) = moy(d(X_i, X_{i'}))$ la dissimilarité (distance euclidienne) moyenne entre l'objet X_i et tous les autres objets $X_{i'}$ de A,

- $c(X_i) = moy(d(X_i, X_{i''}))$ la dissimilarité moyenne entre l'objet X_i et tous les objets $X_{i''}$ d'une classe C quelconque différente de A,

- B la classe telle que $b(X_i) = \min(c(X_i))$ est la classe la plus voisine de l'objet X_i ($2^{ème}$ meilleure classe pour X_i).

La largeur de silhouette se calcule alors de la façon suivante : $s(X_i) = \frac{b(X_i)-a(X_i)}{\max(a(X_i),b(X_i))}$. Si $s(X_i) \sim 1$ alors X_i est bien classé (dans A), si $s(X_i) \sim 0$ alors X_i se situe entre les classes A et B et si $s(X_i) \sim -1$ alors X_i est mal classé (plus proche de B que de A).

Ainsi, le "Quality Index" (QI) est la moyenne globale des largeurs des silhouettes dans les différentes classes qui composent la partition. Si la partition est composée de k classes, alors $QI(k) = \frac{1}{n}\sum_{r=1}^{k} n_r \bar{s}_r$.

Le nombre de classes à retenir est observé par une "cassure" dans la représentation du ratio de l'inertie inter-classes, du RSQ et du SPRSQ. Le RMSSTD doit être minimal alors que le QI doit lui être maximal.

Il est à noter que bien que tous ces indices puissent se révéler fort utiles, l'interprétation des classes obtenues lors de la classification reste cependant un critère significatif quant au choix du nombre optimal de classes à retenir [NAKACHE 2004].

2.5.2 CLASSIFICATION DE KOHONEN

Outre la classification ascendante hiérarchique, une autre classification basée sur le modèle de Kohonen a été utilisée. Il s'agit d'une méthode de réseaux de neurones non supervisée [KOHONEN 2001]. L'algorithme de construction des cartes auto-organisatrices de Kohonen est très proche de celui des "k-means" mais la différence est que la topologie des données d'entrée est respectée. Ainsi, les objets les plus proches dans l'espace d'entrée le sont également sur la carte.

Considérons chaque objet p_i (c'est-à-dire une mesure) de dimension n comme une entrée et chaque neurone de la carte comme un vecteur de poids W_j avec la même dimension n. Il est alors nécessaire de définir :

- une mesure de distance entre les objets et les neurones. Dans notre cas il s'agit de la distance euclidienne,

- un nombre de neurones. Aucune règle n'existe quant au nombre de neurones à choisir, mais une solution consiste à utiliser la formule heuristique $M = \sqrt{N}$ où M est le nombre de neurones à retenir et N est le nombre d'objets [VESANTO 1999],

- une topologie de carte (hexagonale dans le cadre de cette étude).

L'algorithme peut être décrit comme ceci : de façon aléatoire un objet p_i est présenté au réseau. Le neurone "g" de la carte, dont le vecteur poids est le plus proche de l'objet présenté en termes de distance euclidienne, $g = \text{argmin}_{j=1\ldots M}\ d(p_i, W_j)$ est désigné comme le neurone gagnant, c'est-à-dire que c'est lui qui code l'objet. Les poids de ce neurone sont alors modifiés de telle sorte que la distance entre lui et l'objet présenté diminue. Les poids des neurones voisins sont également modifiés dans une moindre mesure. Puis les objets suivants sont présentés un à un et la même opération est répétée jusqu'à ce que les poids ne varient plus de façon significative.

2.5.3 CLASSIFICATION CONJOINTE

Une fois la classification de Kohonen réalisée, il s'avère parfois très utile d'effectuer une classification ascendante hiérarchique (Ward par exemple) sur les neurones afin de les rassembler en "super-classes" [LETREMY 2004]. L'avantage d'appliquer la classification de Ward sur les neurones plutôt que sur les objets directement est le nombre réduit de neurones par rapport aux objets initiaux, ce qui facilite l'interprétation de la classification. De plus, le poids final des neurones peut expliquer quelles variables sont principalement responsables du regroupement des données dans les différentes classes.

Enfin, un autre avantage d'utiliser au préalable une classification de Kohonen est qu'une fois le réseau construit, il est possible d'apporter de nouvelles données au modèle et observer à quelles classes elles appartiennent [COTTRELL 2004].

2.5.4 TEST D'INDEPENDANCE DU CHI-DEUX

Développé par Karl Pearson, le test d'indépendance du Chi-deux, Khi-deux ou χ^2 permet de vérifier si deux caractères (qualitatifs ou regroupés en classes) d'une population donnée sont indépendants ou non. Ce test consiste à évaluer si la répartition des effectifs observés est

significativement différente de celle des effectifs théoriques calculés sous l'hypothèse d'indépendance des deux variables.

Dans la pratique, on pose les hypothèses suivantes :

- H_0 : les deux caractères sont indépendants,
- H_1 : les deux caractères ne sont pas indépendants.

Soit deux variables A et B représentées sous forme d'un tableau de contingence :

		Caractère A					
		Modalité 1		Modalité i		Modalité p	Total
Caractère B	Modalité 1	n_{11}	…	n_{i1}	…	n_{p1}	N_{B1}
	…		…		…		
	Modalité j	n_{1j}	…	n_{ij}	…	n_{pj}	N_{Bj}
	…		…		…		
	Modalité q	n_{1q}	…	n_{iq}	…	n_{pq}	N_{Bq}
	Total	N_{A1}	…	N_{Ai}	…	N_{Ap}	N

avec:

- n_{ij} le nombre d'individus ayant la modalité i du caractère A et la modalité j du caractère B,
- $N_{Ai} = \sum_{j=1}^{q} n_{ij}$ (somme des effectifs de la colonne i),
- $N_{Bj} = \sum_{i=1}^{p} n_{ij}$ (somme des effectifs de la colonne j),
- N l'effectif total de la table de contingence.

Le tableau des effectifs théoriques attendus sous l'hypothèse H_0 est alors le suivant :

		Caractère A					
		Modalité 1		Modalité i		Modalité p	Total
Caractère B	Modalité 1	e_{11}	…	e_{i1}	…	e_{p1}	E_{B1}
	…		…		…		
	Modalité j	e_{1j}	…	e_{ij}	…	e_{pj}	E_{Bj}
	…		…		…		
	Modalité q	e_{1q}	…	e_{iq}	…	e_{pq}	E_{Bq}
	Total	E_{A1}	…	E_{Ai}	…	E_{Ap}	E

avec:

$$e_{ij} = \frac{N_{Bj} \times N_{Ai}}{N}$$

Le calcul du χ^2_{Obs} s'obtient par la formule suivante :

$$\chi^2_{Obs} = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{q} \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

La valeur de χ^2 est comparée avec la valeur seuil, χ^2_{Seuil}lue sur une table du χ^2 (Figure 3) pour (p-1) x (q-1) degrés de liberté et pour un risque d'erreur α fixé.

Si $\chi^2_{Obs} > \chi^2_{Seuil}$ l'hypothèse H_0 est rejetée au risque d'erreur α : il n'y a pas indépendance statistique entre les deux caractères étudiés dans la population.

Si $\chi^2_{Obs} \leq \chi^2_{Seuil}$ l'hypothèse H_0 est acceptée : les deux caractères étudiés dans la population sont statistiquement indépendants.

Remarque : La statistique du χ^2 ne peut être calculée que si tous les effectifs théoriques e_{ij} sont supérieurs ou égaux à 5.

ddl \ seuil	0,200	0,100	0,050	0,020	0,010	0,005	0,001
1	1,642	2,706	3,842	5,412	6,635	7,879	10,828
2	3,219	4,605	5,992	7,824	9,210	10,597	13,816
3	4,642	6,251	7,815	9,837	11,345	12,838	16,266
4	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277	14,860	18,467
5	7,289	9,236	11,071	13,388	15,086	16,750	20,515
6	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812	18,548	22,458
7	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475	20,278	24,322
8	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090	21,955	26,125
9	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666	23,589	27,877
10	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209	25,188	29,588
11	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725	26,757	31,264
12	15,812	18,549	21,026	24,054	26,217	28,300	32,910
13	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688	29,820	34,528
14	18,151	21,064	23,685	26,873	29,141	31,319	36,123
15	19,311	22,307	24,996	28,260	30,578	32,801	37,697
16	20,465	23,542	26,296	29,633	32,000	34,267	39,252
17	21,615	24,769	27,587	30,995	33,409	35,719	40,790
18	22,760	25,989	28,869	32,346	34,805	37,157	42,312
19	23,900	27,204	30,144	33,687	36,191	38,582	43,820
20	25,038	28,412	31,410	35,020	37,566	39,997	45,315
21	26,171	29,615	32,671	36,343	38,932	41,401	46,797
22	27,302	30,813	33,924	37,660	40,289	42,796	48,268
23	28,429	32,007	35,173	38,968	41,638	44,181	49,728
24	29,553	33,196	36,415	40,270	42,980	45,559	51,179
25	30,675	34,382	37,653	41,566	44,314	46,928	52,620
26	31,795	35,563	38,885	42,856	45,642	48,290	54,052
27	32,912	36,741	40,113	44,140	46,963	49,645	55,476
28	34,027	37,916	41,337	45,419	48,278	50,993	56,892
29	35,139	39,088	42,557	46,693	49,588	52,336	58,301
30	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892	53,672	59,703

Figure 3 : Table du χ^2.

2.5.5 REGRESSIONS LINEAIRES MULTIPLES

Méthode d'exploration des données couramment utilisée, la régression linéaire multiple a pour but d'expliquer la relation et la dépendance entre une variable Y dite dépendante (dans notre cas il s'agira de l'agrément sonore) et une ou plusieurs variables X_i appelées indépendantes ou explicatives [SAPORTA 1990] [HOWELL 2009] (ici il s'agira donc par exemple de l'agrément visuel, du silence, de la présence des véhicules légers ou de tout autre variable que nous aurons sélectionnée pour établir le modèle).

La régression linéaire multiple se traduit par une équation du modèle de régression multiple du type :

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{p-1} (X_{ij}\beta_j) + \epsilon_i \qquad i = 1, \dots, n$$

où :

- Y_i est la variable dépendante,
- X_{ij} $j = 1, \dots, p-1$,sont les variables indépendantes,
- β_j $j = 0, \dots, p-1$,sont les paramètres à estimer,
- ϵ_i $i = 1, \dots, n$,est la valeur des résidus. Ce terme d'erreur traduit l'écart entre les valeurs observées de la variable dépendante et les valeurs prédites par le modèle.

Dans le cas de la méthode des moindres carrés il s'agira donc de trouver les paramètres β_i qui minimisent ce terme d'erreur ou plus précisément la somme des carrés des résidus, c'est à dire, $\min \ (\sum_{i=1}^{n} \epsilon_i^2)$.

Sous forme matricielle, le modèle de régression s'écrit $Y = X\beta + \epsilon$

où :

- $\mathbf{Y}$ est le vecteur $(n \times 1)$ des observations relatives à la variable dépendante (n observations),
- $\boldsymbol{\beta}$ est le vecteur $(p \times 1)$ des paramètres à estimer,
- $\boldsymbol{\epsilon}$ est le vecteur $(n \times 1)$ des erreurs,
- $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \dots & X_{1(p-1)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & \dots & X_{n(p-1)} \end{bmatrix}$ est la matrice $(n \times p)$ ayant trait aux variables indépendantes.

A partir de la méthode des moindres carrés, l'estimation $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ du vecteur $\boldsymbol{\beta}$ s'obtient par le calcul matriciel suivant : $\widehat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$. Ainsi, la valeur estimée $\widehat{\mathbf{Y}}$ de Y est : $\widehat{\mathbf{Y}} = \mathbf{X}\widehat{\boldsymbol{\beta}}$, et le vecteur $\mathbf{e}$ des résidus est :$\mathbf{e} = \mathbf{Y} - \widehat{\mathbf{Y}}$.

Une fois le modèle de régression réalisé, il convient d'estimer la fiabilité de ce modèle qui peut être estimée par le coefficient de détermination du modèle noté R^2. Cette grandeur mesure la qualité de l'ajustement des estimations de l'équation de régression et s'appuie sur l'équation d'analyse de variance, $SCT = SCE + SCR$ avec SCT la somme des carrés totale, SCE la somme des carrés expliquée par le modèle et SCR la somme des carrés résiduelle. Le

coefficient de détermination R^2 correspond au pourcentage de la variance expliquée par le modèle par rapport à la variance totale et se calcule de la façon suivante :

$$R^2 = \frac{SCE}{SCT} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

avec$\bar{y}$ la moyenne des valeurs de y_i.

Le coefficient de détermination R^2 ou coefficient de corrélation multiple au carré est toujours compris entre 0 et 1. Par conséquent un bon modèle de régression doit avoir un coefficient R^2 élevé. Cependant, le coefficient R^2 présente l'inconvénient d'augmenter mécaniquement avec l'ajout de nouvelles variables dans le modèle. Par conséquent, un autre critère pertinent est le coefficient R^2_{aj} ajusté, définit comme ceci :

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

avec :

- n le nombre d'observations,
- p le nombre de variables explicatives,
- R^2 le coefficient de détermination.

Le coefficient R^2_{aj} est inférieur au coefficient R^2 mais doit être le plus proche possible de celui-ci pour assurer une bonne validité du modèle prédictif proposé. Le R^2_{aj} permet ainsi de comparer différents modèles de régression ne comportant pas le même nombre de variables, ni le même nombre d'observations.

Dans le cadre de ce travail de recherche, la comparaison a été menée entre les régressions linéaires multiples et les réseaux de neurones artificiels qui chaque fois comportaient le même nombre de variables. Aussi, le R^2_{aj} n'a pas été utilisé et la comparaison s'est faite sur la base du R^2.

2.5.6 MODELES DE RESEAUX DE NEURONES

Contrairement à la méthode présentée au paragraphe 2.5.2 où les réseaux de neurones utilisés étaient de type non supervisés avec les réseaux de Kohonen, il s'agit cette fois de faire appel à un perceptron multicouche avec rétro-propagation des erreurs. Ce type de réseau s'avère fort utile et efficace pour traiter notamment des problèmes d'approximation de fonction. Bien que complexe compte tenu du nombre de paramètres utilisés dans l'établissement d'un modèle de perceptron multicouche, le principe de fonctionnement peut être décrit de façon relativement simple. Il s'agit de présenter une base de données composée d'entrées (les variables explicatives) et de cibles connues (dans notre cas l'agrément sonore). Le réseau de neurones approxime par une fonction non linéaire le lien qui existe entre les entrées et les cibles et peut ainsi par ajustement améliorer cette approximation de façon à minimiser l'erreur, c'est-à-dire minimiser la différence entre les sorties calculées et les cibles.

S'il n'est pas aisé de résumer en quelques lignes tout le formalisme mathématique inhérent aux réseaux de neurones artificiels, de nombreux cours et explications peuvent nous éclairer sur le sujet [BLAYO 1996] [GURNEY 1997] [PARIZEAU 2006]. Il existe différentes architectures (perceptrons, réseaux à fonction radiale, cartes auto-organisatrices, …) faisant elles-mêmes appel à diverses méthodes d'apprentissage associées à différents critères d'arrêt.

Mathématiquement, un neurone artificiel peut être représenté sur la Figure 4. Globalement, un neurone se comporte comme une somme pondérée n des entrées à laquelle est appliquée une fonction de transfert f qui produit la sortie a du neurone.

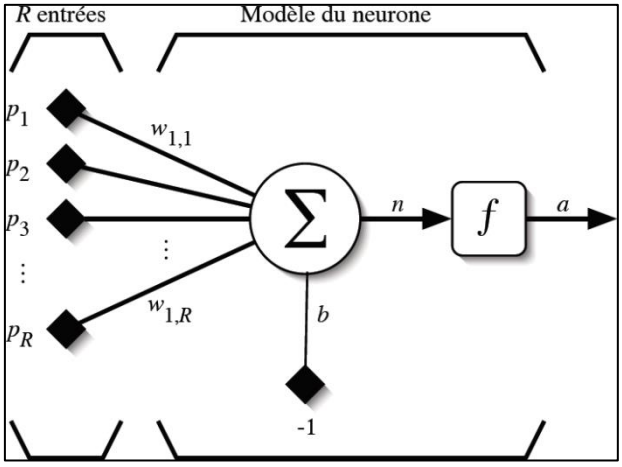


Figure 4 : Modèle d'un neurone artificiel.

Autrement dit,$a = f(n), n = \sum_{j=1}^{R} w_{1,j} p_j - b$, où

- $p_1, \ldots, p_R$ sont les entrées,
- $w_{1,1}, \ldots, w_{1,R}$ sont les poids sur les entrées,
- b est le biais,
- n est le niveau d'activation,
- f est la fonction de transfert,
- a est la sortie du neurone.

Sous forme matricielle, un modèle de neurone artificiel peut être représenté sur la Figure 5.

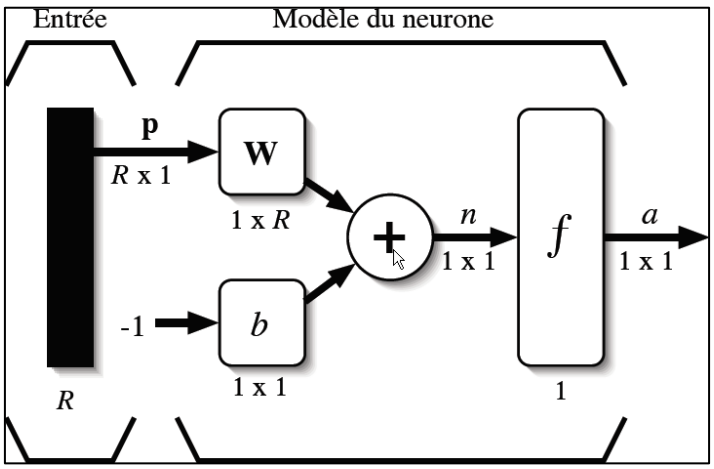


Figure 5 : Représentation matricielle d'un neurone artificiel.

La sortie a du neurone s'écrit alors $a = f(\mathbf{W}\mathbf{p} - b)$ avec :

- $\mathbf{W} = [w_{1,1} \quad w_{1,2} \quad \cdots \quad w_{1,R}]$,
- $\mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_R \end{bmatrix}$.

Concernant la fonction de transfert, il en existe de nombreuses. A titre d'exemple, citons trois d'entre elles parmi les plus utilisées : la fonction seuil, la fonction linéaire et la fonction sigmoïde. Les représentations graphiques de ces trois fonctions de transfert sont données sur la Figure 6 et la relation entrées / sorties de chacune est présentée dans le Tableau I.

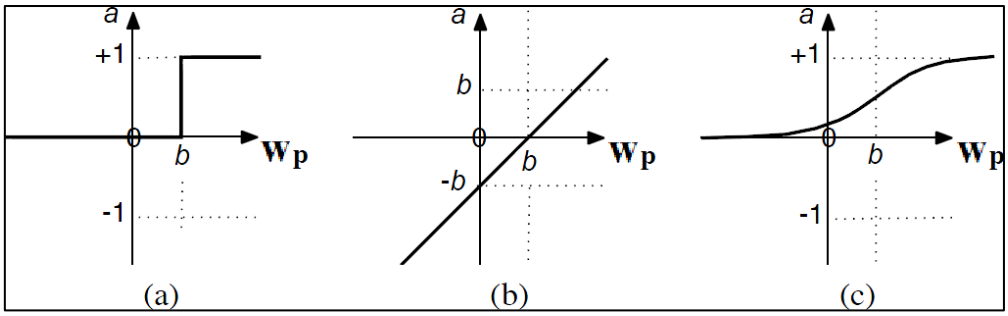


Figure 6 : Fonctions de transfert : (a) du neurone "seuil" ; (b) du neurone "linéaire", et (c) du neurone "sigmoïde".

Tableau I : Fonctions de transfert a=f(n).

Nom de la fonction de transfert	Relation entrée / sortie
seuil (harlim)	$a = 0$ si $n < 0$ $a = 1$ si $n > 0$
linéaire (purelin)	$a = n$
sigmoïde (logsig)	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$

A partir de la définition d'un neurone artificiel, un réseau de neurones consiste donc en l'association de plusieurs neurones, généralement organisés en couches. Une couche de neurones peut donc se représenter comme sur la Figure. Dans une même couche, chaque neurone est connecté à chaque entrée et un poids $w_{i,j}$ est associé à chaque connexion. Sur la Figure 8 est représentée cette même couche de S neurones, cette fois-ci sous forme matricielle. Ainsi, la sortie a du réseau est toujours donnée par la relation $a = f(\mathbf{Wp} - \mathbf{b})$ avec :

- $\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \cdots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \cdots & w_{2,R} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \cdots & w_{S,R} \end{bmatrix}$,

- $\mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_R \end{bmatrix}$,

- $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_S \end{bmatrix}$

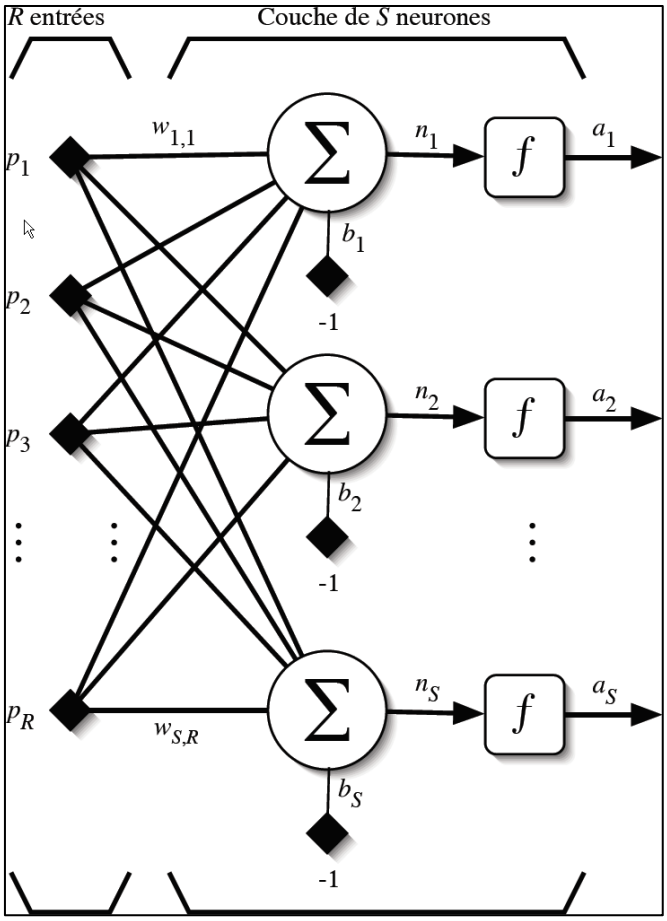


Figure 7 : Couche de S neurones.

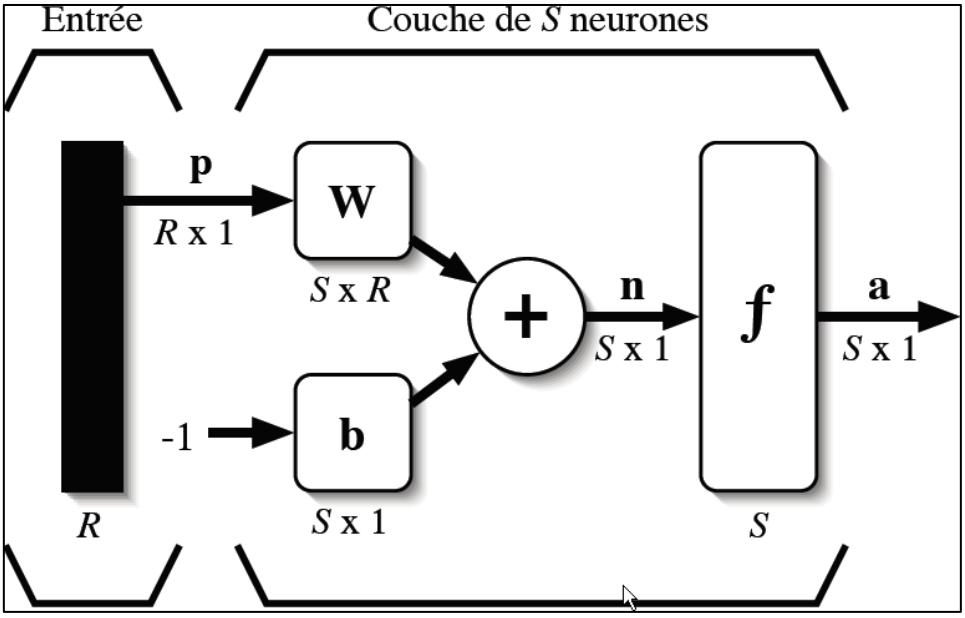


Figure 8 : Représentation matricielle d'une couche de S neurones.

Dans le cas de notre étude nous avons donc utilisé un perceptron multicouche qui peut se décrire comme l'association d'une couche cachée de S neurones et une couche de sortie de k neurones. La taille de la couche de sortie est définie par le nombre de sorties

que l'on veut calculer, dans notre cas k = 1 puisque l'on cherchera à calculer seulement l'agrément sonore. Parmi tous les paramètres du modèle, il est donc possible d'agir notamment sur la taille de la couche cachée ainsi que sur les fonctions de transfert de chacune des couches.

Comme c'est souvent le cas dans les problèmes d'approximation de fonction, nous avons utilisé un réseau de neurones avec une fonction de transfert sigmoïde ("logsig" dans le logiciel Matlab) pour la couche cachée et une fonction de transfert linéaire ("linear" dans Matlab) pour la couche de sortie. La représentation de ce perceptron multicouche est donnée sur la Figure 9.

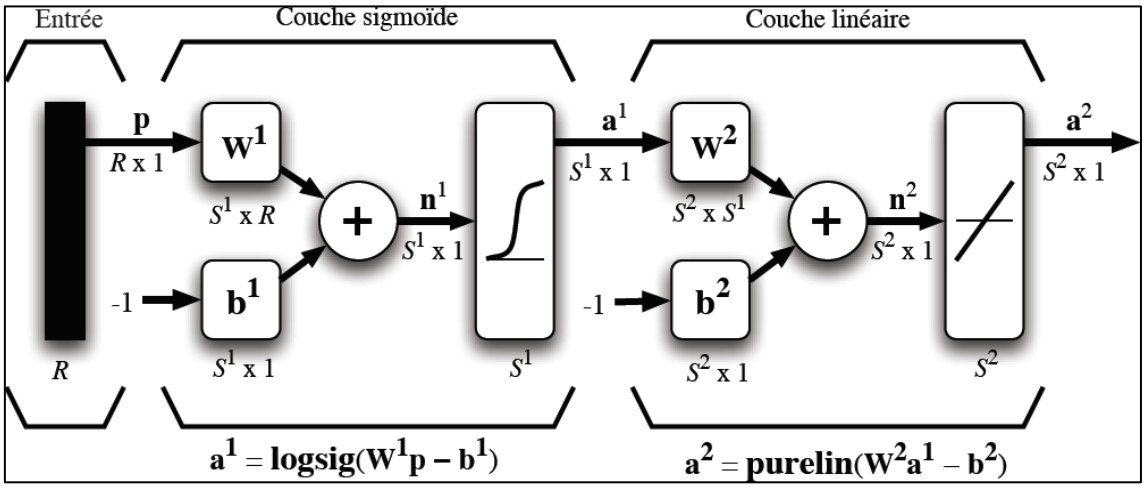


Figure 9 : Perceptron multicouche utilisé pour faire de l'approximation de fonction.

Concernant la taille de la couche cachée, tout comme pour les cartes de Kohonen, il n'existe pas de règle pour déterminer le nombre de neurones à utiliser. A partir de plusieurs essais réalisés en amont et afin de garder une certaine logique tout au long des analyses, nous avons décidé de choisir un nombre de neurones égal au nombre de variables présentes dans le modèle. Après les différents essais effectués, il est apparu que les différences obtenues avec chaque modèle étaient dues à l'aspect "aléatoire" de l'initialisation des réseaux de neurones plus qu'à une éventuelle mauvaise optimisation de la taille de la couche cachée.

En effet, le principe de fonctionnement du perceptron multicouche nécessite une initialisation des poids et des biais des neurones. Or cette initialisation de façon aléatoire peut entrainer une variabilité des résultats d'une exécution à l'autre du modèle, pour une même topologie de réseau et les mêmes entrées.

Ainsi, tous les réseaux de neurones utilisés dans l'élaboration de modèles de prédiction (§5) peuvent être décrits schématiquement par la Figure 10 où x est le nombre de variables utilisées dans chaque modèle.

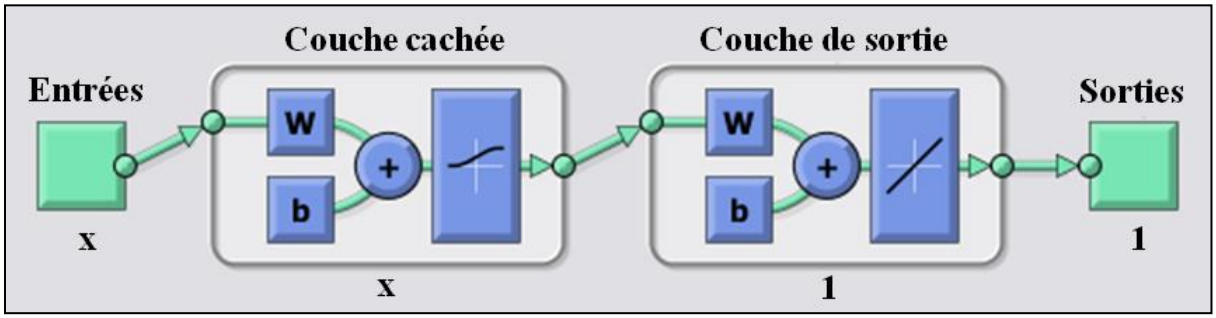


Figure 10 : Architecture des réseaux de neurones utilisés dans l'étude des modèles de prédiction.

2.5.7 VALIDATION CROISEE

Afin d'établir et tester les modèles de prédiction, une méthode de validation croisée a été utilisée. Cette technique consiste à diviser la base de données initiale en deux bases de données distinctes : une pour construire le modèle (base de construction) et une pour le tester (base de test). Dans le cas particulier des réseaux de neurones, la base de construction doit être elle-même divisée en deux, une base d'apprentissage et une base de validation. La proportion (de l'effectif total) de ces trois bases de données (apprentissage, validation et test) peut varier selon l'utilisation qui en est faite. Dans notre cas, nous avons choisi respectivement 50-20-30 % [PARIZEAU 2006].

Initialement utilisée pour parer à des problèmes propres aux réseaux de neurones (sur-apprentissage), cette technique de validation croisée s'est révélée en réalité fort utile pour comparer les différents modèles établis (régression linéaire multiple et réseau de neurones artificiels). En effet, comme mentionné au paragraphe 2.5.5, un modèle de régression linéaire multiple peut être caractérisé par son coefficient de détermination R^2. Or, une autre façon de caractériser la qualité du modèle est de calculer le coefficient r élevé au carré de la corrélation entre les sorties établies par le modèle et les valeurs mesurées. Si (a_1, ..., a_i, ..., a_n) sont les sorties du modèles et (d_1, ..., d_i, ..., d_n) les valeurs mesurées, le coefficient de corrélation r est alors données par la formule suivante :

$$r = \frac{\sum_1^n d_i a_i}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n d_i^2)(\sum_{i=1}^n a_i^2)}}$$

Dans toute la suite du manuscrit, les coefficients de corrélation élevés au carré entre les sorties calculées par les différents modèles et les valeurs mesurées seront notés R^2.

La méthode de validation croisée permet donc d'avoir à disposition deux bases de données, une pour construire le modèle et une pour le tester. A partir de ces deux bases de données, il est donc possible de calculer pour chaque modèle (Mod) établi, un coefficient de corrélation au carré R^2 pour la base de construction $R_c^2(\mathrm{Mod})$ et un coefficient de corrélation au carré R^2 pour la base de test $R_t^2(\mathrm{Mod})$. Un troisième coefficient de corrélation au carré peut même être calculé pour l'ensemble des données (construction + test) en réintroduisant l'intégralité de la base de données dans chaque modèle établi.

Dans le chapitre5, les différents coefficients de corrélation au carré, R_c^2, R_t^2 et R_{all}^2 (pour l'ensemble de la base de données) serviront de base à la comparaison entre les régressions linéaires multiples et les réseaux de neurones artificiels.

2.5.8 ANALYSE DE VARIANCE

L'analyse de la variance ou ANOVA à un facteur est une méthode exploratoire qui permet de tester l'influence d'une variable indépendante discrète que l'on appelle facteur sur une variable dépendante. Dans notre cas nous avons testé au paragraphe 5.2.11.4 le facteur "lieu" qui comporte 8 niveaux sur la variable dépendante "pente". Concrètement, ceci revient à comparer les moyennes de plusieurs populations normales et de même variance à partir d'échantillons aléatoires et indépendants les uns des autres. Le nom d'analyse de variance provient de la façon de procéder : la variance totale de l'échantillon est décomposée en deux variances partielles à comparer, la variance intra-classes et la variance inter-classes.

Dans la pratique supposons que l'on ait un facteur A qui présente p modalités ($1 \leq i \leq p$). Le nombre de répétitions j pour une modalité i est noté n_i. La valeur prise par la variable aléatoire Y pour la modalité i du facteur et la répétition j est notée y_{ij} et les valeurs moyennes pour chaque modalité notée$\bar{y}_i$, soit, sous forme de tableau :

Facteur A				
Modalité 1		Modalité i		Modalité p
y_{11}	…	y_{i1}	…	y_{p1}
	…		…	
y_{1j}	…	y_{ij}	…	y_{pj}
	…		…	
y_{1n1}	…	y_{ini}	…	y_{pnp}
$\bar{y}_1$	…	$\bar{y}_i$	…	$\bar{y}_p$

Le principe de l'analyse de variance est de comparer la variabilité à l'intérieur de chaque groupe avec la variabilité entre les groupes [DODGE 2007]. L'équation de décomposition de la variance totale $SC_{Tot} = SC_{Inter} + SC_{Intra}$ s'écrit alors :

$$\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{p} n_i(\bar{y}_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

A partir du calcul de ces sommes des carrés, la variance totale vaut alors $\frac{SC_{Tot}}{N-1}$, la variance inter-classes est égale à $CM_{Inter} = \frac{SC_{Inter}}{p-1}$ et la variance intra-classes est égale à$CM_{Intra} = \frac{SC_{Intra}}{N-p}$.

Dès lors, il est possible de comparer le ratio $F_{Obs} = \frac{CM_{Inter}}{CM_{Intra}}$ avec la valeur critique F_{seuil} de la loi de Fisher-Snedecor de degrés de liberté (p-1, N-p) pour le risque α voulu (généralement α = 0.05). Si la variable de test est supérieure à la valeur critique, alors on rejette l'hypothèse que les distributions sont identiques, donc elles sont significativement différentes.

Les résultats issus de l'analyse de variance ont été complétés par un test post-hoc de type HSD de Tukey qui permet de voir quels sont les groupes pour lesquels les différences sont significatives.

2.6 CONCLUSION ET PRESENTATION DU PLAN DE TRAVAIL

L'ensemble des chapitres1et 2 a permis de voir que la notion de "soundscape" établie dans les années 70 est plus que jamais au cœur des discussions qui animent la communauté scientifique, qui cherche aujourd'hui à s'accorder sur la définition même de "soundscape" et donc sur la mesure et la caractérisation de celui-ci. Un "soundscape" se définit comme vu précédemment comme un environnement acoustique tel qu'il est perçu, vécu et compris par les personnes, dans un contexte.

Dans le but de développer un indicateur de qualité sonore en milieu urbain, nous nous sommes avant tout poser la question, dans le cadre de la caractérisation des "soundscapes", où doit-on se placer dans le temps et dans l'espace ? Pour répondre à cette question, nous avons dans un premier temps tenté dans le chapitre"3 - Maillage temporel" de savoir quelle était la durée de mesure optimale et le moment de la journée permettant de caractériser différents environnements sonores, le tout à partir d'indicateurs à la fois énergétiques mais également événementiels.

De la même façon, nous avons cherché dans le chapitre"4 - Maillage spatial" à savoir où se placer pour déterminer un indicateur de qualité sonore, non plus dans le temps; mais cette fois-ci dans l'espace. Toujours à travers des indicateurs énergétiques et événementiels, cette fois-ci liés aux sources sonores, nous avons cherché à savoir si un parcours continu pouvait être discriminé en plusieurs environnements, d'un point de vue acoustique.

Enfin, pour terminer, à partir de la durée de mesure optimale et de la discrimination spatiale, nous avons voulu établir dans le chapitre"5 - prédiction" un indicateur de qualité sonore à partir d'enquêtes de terrain (dont la durée a été déterminée avec le maillage temporel) que nous avons soumis à des passants (en des lieux déterminés à partir du maillage spatial). Ces enquêtes portaient donc sur l'évaluation de l'environnement en un lieu et à un moment précis en se basant sur la perception de critères tout d'abord globaux, liés au contexte ou non, comme par exemple, l'agrément visuel de l'environnement, le sentiment d'enveloppement ressenti face à l'environnement sonore ou encore l'impression d'animation, de vie, fournies par ce dernier. Puis le questionnaire soumis portait ensuite sur des paramètres plus spécifiques de l'environnement sonore, à savoir les sources qui le composent. Chacune des sources évaluées l'a été sous deux formes : le temps de présence et la force sonore de celle-ci.

En s'appuyant sur des méthodes de calculs basées à la fois sur des régressions linéaires multiples et sur des réseaux de neurones artificiels, nous avons établi des modèles de prédiction de la qualité sonore urbaine pour chacun des lieux étudiés, mais aussi un modèle global correspondant à l'ensemble des lieux.

3 MAILLAGE TEMPOREL

3.1 METHODOLOGIE

3.1.1 CAMPAGNE DE MESURE

Dans le cadre de l'étude du maillage temporel puis du maillage spatial (§ 4) nous avions besoin de réunir des lieux présentant des ambiances sonores différentes mais que l'on pourrait qualifier de "typiques". Si Paris regorge de sites aux ambiances sonores très variées nous devions cependant faire face à certaines contraintes, notamment pour l'étude du maillage spatial (§ 4), à savoir regrouper des ambiances sonores différentes (parc, boulevard, école, rue piétonne, marché, *etc.*) sur une distance raisonnablement réduite. Suite à de nombreuses visites de sites et en concertation avec la ville de Paris, Bruitparif et l'Université de Cergy-Pontoise nous avons sélectionné deux sites d'étude à Paris. Le premier se trouve dans le 12ème arrondissement et le second dans le 5ème arrondissement. Pour réaliser l'étude du maillage temporel, nous avons pu déployer six stations de mesures fixes, quatre dans le 12ème arrondissement et deux dans le 5ème arrondissement. Ces six points de mesure correspondent à des ambiances sonores *a priori* différentes (parc, boulevard, école, marché, *etc.*).

Le premier point de mesure se situe dans le parc de Bercy et correspond à une ambiance typique de parc urbain.

Le deuxième emplacement se trouve à la limite visuelle du parc et d'un boulevard. Il s'agit du boulevard Joseph Kessel. Ce boulevard est très utilisé et se compose de quatre voies de circulation dont deux dédiées aux bus.

La troisième station de mesure a été fixée au niveau du carrefour entre le boulevard Joseph Kessel et la rue de Pommard. A cet endroit, l'ambiance sonore est *a priori* semblable à un boulevard mais compte tenu des feux de signalisation, les flux de trafics s'en trouvent modifiés.

Enfin, dans le 12ème arrondissement, le quatrième lieu de mesure se trouve dans la rue de Bercy. Il s'agit d'une rue circulée avec une voie unique. La station de mesure a été placée sur un réverbère à proximité d'une école afin de capter une ambiance sonore liée à cet établissement scolaire.

Concernant le 5ème arrondissement, le point de mesure n°5 se situe rue de l'Epée de Bois. Il s'agit également d'une voie unique circulée dont les caractéristiques sont proches de la rue de Bercy. Là encore, la station de mesure fixe a été placée à proximité d'une école.

Enfin, le dernier lieu d'étude se trouve au bas de la rue Mouffetard, au niveau de la place sur laquelle se tient régulièrement un marché alimentaire. La rue Mouffetard étant pour sa part une rue piétonne où seuls quelques deux roues et quelques véhicules autorisés peuvent parfois circuler.

Le Tableau II regroupe pour chacun des points de mesure la dénomination utilisée, l'adresse, le numéro d'identification du réverbère sur lequel la station de mesure a été fixée ainsi que la ou les ambiances sonores correspondantes (*a priori*). Un plan avec la localisation exacte de chaque point de mesure est également donné Figure 11 et Figure 12.

Tableau II : Liste des 6 points de mesures utilisés pour le maillage temporel.

Nom	Ambiance sonore	Adresse	Numéro du réverbère
SEU	Parc	Parc de Bercy	Service de l'écologie urbaine de Paris
PASS	Parc / Boulevard	Rue Joseph Kessel	XII-17243
CARR	Carrefour	Rue Joseph Kessel	XII-17257
BERC	Rue circulée	Rue de Bercy	XII-6135
EPEE	Rue circulée	Rue de l'Epée de Bois	V-2307
MOUF	Rue piétonne / marché	Rue Mouffetard	V-1960

Pour le point de mesure n°1 situé dans le parc de Bercy (SEU) nous avons utilisé une station de mesure déjà mise en place et exploitée par le Service de l'Ecologie Urbaine de la ville de Paris. Il s'agit d'une station de mesure 01dB-Metravib de type Oper@-Ex. En ce qui concerne tous les autres lieux, ils ont nécessité le déploiement de stations de mesures autonomes en énergie. Il s'agit de stations de mesure solaires LadyBird® développées par la société Azimut Monitoring. Ces stations de mesure ont donc été fixées sur des réverbères

publics, après autorisation de la ville de Paris, à une hauteur d'environ 4 mètres par rapport au sol, et ont mesuré le niveau sonore par pas de 1 seconde durant une période d'environ trois mois.

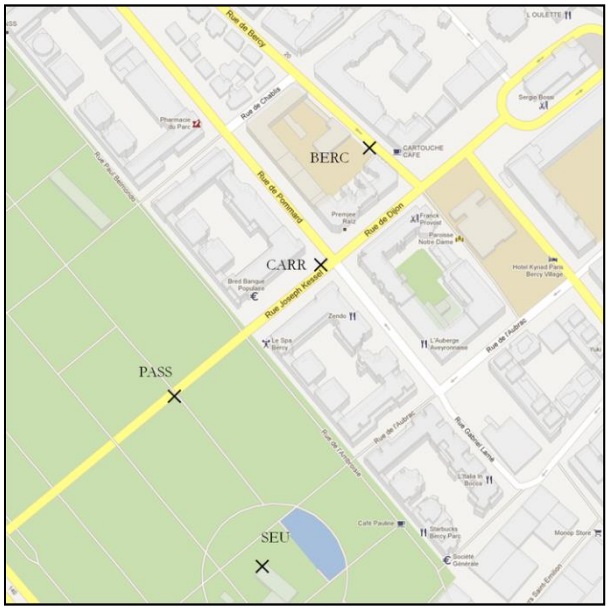


Figure 11: Disposition des points fixes dans le 12ème arrondissement de Paris.

Figure 12 : Disposition des points fixes dans le 5ème arrondissement de Paris.

3.1.2 INDICATEURS

A partir du niveau de pression acoustique $L_{Aeq,1s}$, plusieurs indicateurs acoustiques peuvent être calculés. Ces indicateurs constituent des descripteurs acoustiques des environnements sonores étudiés. Deux types d'indicateurs ont donc été calculés : d'une part des indicateurs énergétiques associés à un calcul d'une dose de bruit, et d'autre part des indicateurs événementiels associés au nombre d'événements émergeant significativement d'un certain niveau fixé pendant une période d'analyse. A partir des enregistrements de trois mois, tous les indicateurs ont été calculés pour six bases de données, correspondant aux six points de mesures, contenant des échantillons de différentes longueurs : 5 minutes (21502 échantillons), 10 minutes (10752 échantillons), 15 minutes (7168 échantillons), 20 minutes (5377 échantillons), 30 minutes (3585 échantillons) et 1 heure (1793 échantillons). Au total, les 50177 échantillons ont tous été caractérisés par 21 indicateurs acoustiques pour chaque lieu.

Notons qu'aucun indicateur psycho-acoustique n'a été utilisé dans le cadre du maillage temporel. La durée de mesure relativement longue (trois mois) impliquait qu'il était difficilement possible de stocker le spectre et donc rendait la mesure de la sonie difficile. De

plus, certaines études ont montré que la sonie pouvait être estimée de façon satisfaisante par la mesure du L_{Aeq} [NAMBA 2004]. Concernant les indicateurs comme l'acuité ou la rugosité, comme mentionné au paragraphe 2.1, ils ne sont pas apparus pertinents pour discriminer différents lieux [LAVANDIER 2003].

3.1.2.1 INDICATEURS ENERGETIQUES

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

$$L_{Aeq,\Delta T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]$$

avec P_A (t) la pression acoustique instantanée pondérée A et P_0 la pression acoustique de référence (20 μPa).

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

Très souvent le L_{A10} est utilisé pour caractériser les niveaux élevés alors que le L_{A90} permet d'estimer le bruit de fond. Par ailleurs, il s'avère que le L_{A50} et L_{A95} se révèlent parfois plus judicieux que le L_{Aeq} pour caractériser des ambiances calmes [BOTTELDOOREN 1999] [DE COENSEL 2006].

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

L'ensemble des indicateurs énergétiques calculés dans le cadre de l'étude du maillage temporel à partir des données $L_{Aeq,1s}$ sont synthétisés dans le Tableau III. Ces indicateurs sont calculés pour six durées d'analyse T (5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 30 minutes et 1 heure) pour l'ensemble des données enregistrées, afin de pouvoir disposer des données nécessaires à la détermination du pas temporel le mieux adapté à la caractérisation des ambiances sonores.

Tableau III : Liste des indicateurs énergétiques calculés dans le cadre de l'étude du maillage temporel.

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

3.1.2.2 INDICATEURS EVENEMENTIELS

Si les indicateurs énergétiques sont utiles pour caractériser la qualité de l'environnement sonore, il arrive parfois que des indicateurs prenant en compte l'occurrence des événements sonores semblent plus pertinents pour traduire cette notion de qualité sonore. En ce sens, ce ne sont plus des indicateurs énergétiques seuls qui interviennent, mais des indicateurs temporels [BONNEFOND 2003]. Ainsi des indicateurs permettant de prendre en compte les événements tels que le $NNE_{L > L\alpha}$ qui est le nombre d'événements dépassant un seuil L_α ont été calculés pour différents valeurs de L_α. Afin de pouvoir comparer les différentes durées de mesure acoustique (1 h, 30 min, 20 min, …), ce nombre d'événements a toujours été ramené sur une durée de 5 minutes. Autrement dit, quelle que soit la durée de mesure acoustique, le nombre d'événements correspond au nombre moyen d'événements sur une durée de 5 minutes. On définit également le "Mask Index" $MI_{L > L\alpha}$ [BEAUMONT 2005] [CAN 2008] qui est le temps durant lequel les niveaux $L_{Aeq,1s}$ dépassent la valeur seuil L_α. Il s'exprime en seconde ou en pourcentage de temps.

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

L'ensemble des indicateurs événementiels calculés dans le cadre de l'étude du maillage temporel à partir des niveaux $L_{Aeq,1s}$ sont synthétisés dans le Tableau IV. Ces indicateurs sont également calculés pour six durées d'analyse T (5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 30 minutes et 1 heure) pour l'ensemble des données enregistrées.

Tableau IV : Liste des indicateurs événementiels calculés dans le cadre de l'étude du maillage temporel.

Indicateur	Définition
$NNE_{L>L\alpha}$	Nombre d'événements dépassant un seuil Lα pendant la période T avec Lα : 75 dB(A), 80 dB(A), L_{A10}, $L_{Aeq,T}$ + 10 dB(A), $L_{Aeq,T}$ + 15 dB(A)
$MI_{L>L\alpha}$	"Mask Index", noté $MI_{L > L\alpha}$: temps ou pourcentage de temps durant lequel le $L_{Aeq,1s}$ dépasse Lα pendant la période T ramenée à 5 minutes

3.1.3 PROCEDURE

Définir une durée de mesure minimum à partir de plus de 50000 échantillons nécessite de porter attention tout d'abord aux échantillons eux-mêmes. Chacun d'entre eux, caractérisé par 21 variables, peut être nommé de plusieurs façons par rapport au début de l'enregistrement : la date (jj/mm/aa), le jour de la semaine (lundi, mardi, …) ou encore le moment de la journée (h-min-sec). Afin de déterminer le rythme typique des différents jours de la semaine (lundi, mardi, …, dimanche) une classification ascendante hiérarchique (classification de Ward) a été appliquée sur les échantillons d'une heure, jour par jour, choisis comme référence. On peut en effet supposer qu'une mesure de 1 h est suffisamment longue pour caractériser l'environnement acoustique d'un lieu. Ainsi les classes créées représentent des périodes homogènes d'une journée de 24 heures. Les jours dont les rythmes sont similaires sont regroupés (§ 3.2.1.2).

L'idée de l'optimisation est de déterminer la durée de mesure minimale qui contient la même quantité d'information acoustique que la mesure de 1 h ou du moins qui s'en rapproche le plus (§ 3.2.1.3).

Ensuite, la durée de mesure optimale est étudiée en détail afin de mettre en évidence les indicateurs acoustiques qui peuvent expliquer les différences entre les classes obtenues (périodes différentes de la journée) (§ 3.2.1.4).

Tout au long de cette étude, l'identification et l'interprétation de la durée de mesure minimum a nécessité deux types de classification, utilisés soit individuellement soit de façon conjointe : une classification ascendante hiérarchique (classification de Ward) et une classification basée sur des réseaux de neurones artificiels (classification de Kohonen) telles que définies aux paragraphes 2.5.1, 2.5.2 et 2.5.3.

En résumé, la démarche utilisée dans cette partie de l'étude est la suivante :

- Classification de Ward sur tous les échantillons de 1 h, jour par jour, afin de déterminer et rassembler les jours similaires (suivant le rythme de la journée),
- Classification de Kohonen sur tous les échantillons de 1 h issus des jours précédemment réunis,

- Classification de Ward sur la carte de Kohonen résultante en retenant k "super-classes" afin de déterminer la durée de mesure minimum (m_{min}) des échantillons qui ressemblent le plus aux échantillons de 1 h,

- Classification conjointe (Kohonen et Ward) sur tous les échantillons de m_{min} afin de déterminer les variables importantes qui permettent d'expliquer les différences entre les classes.

3.2 RESULTATS

3.2.1 CARREFOUR (CARR)

3.2.1.1 RYTHME DES JOURS (24H)

Avant de mener une analyse sur les mesures acoustiques il est important de porter un regard sur les jours de la semaine. On peut supposer que certains jours de la semaine n'ont pas le même rythme que d'autres. De fait il est utile de rassembler ceux qui ont un rythme similaire, afin d'augmenter le nombre d'objets à classer. Pour cela, sept bases de données de 1 h correspondantes à chaque jour de la semaine (lundi, mardi, …, dimanche) sont extraites. Chacune de ces bases de données est analysée avec une classification de Ward. D'après les indices aidant au choix du nombre de classes à retenir, il semble que le fait de retenir trois classes soit un choix judicieux pour chaque jour. L'arbre hiérarchique ainsi que le "SPRSQ" pour les jeudis sont représentés sur la Figure 13. En effet, sur l'ensemble de tous les indices calculés (présentés en Annexe 1.3), seuls ces deux indices ont été les plus cohérents (et facile d'interprétation) pour choisir le nombre de classes à retenir.

Pour avoir une idée du rythme d'un jeudi type par exemple il est intéressant de regarder de quelle façon les objets sont regroupés. Pour cela, nommons les objets par leur heure de commencement de mesure (00:00, 01:00, 02:00, …, 22:00, 23:00). Il est alors possible de compter le pourcentage de créneaux horaires qui appartiennent à chacune des trois classes précédemment établies.

Ainsi, le rythme des jeudis est facilement observable sur la Figure 14. Les trois classes formées peuvent être clairement définies comme les mesures de la période de jour pour la classe 3, commençant à 07:00 et se terminant à 20:00, les mesures ayant été réalisées la nuit pour la classe 2, de 01:00 à 05:00 et pour finir la classe 1 qui correspond aux autres mesures, réalisées entre la nuit et le jour et entre le jour et la nuit.

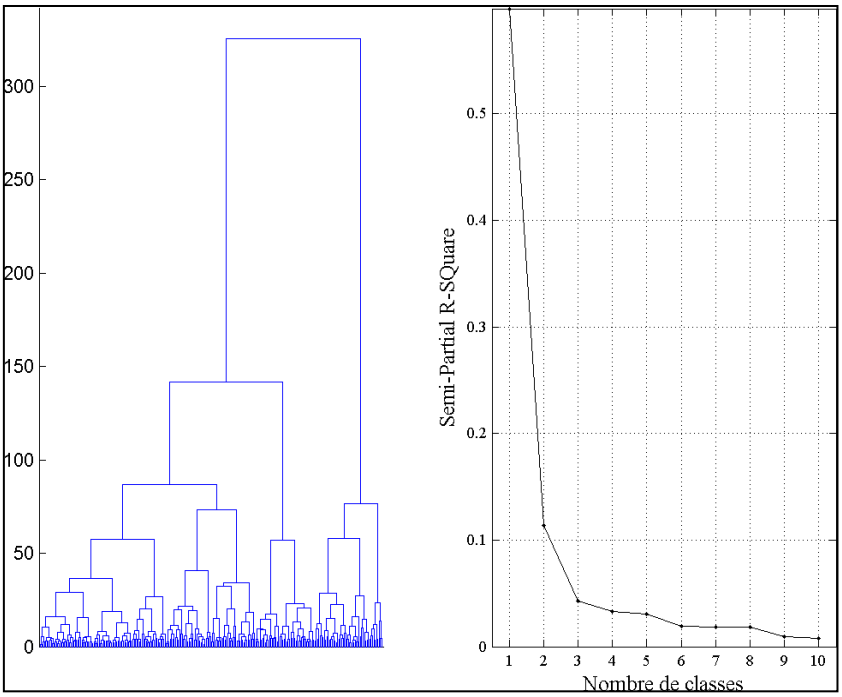


Figure 13:Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur les mesures de 1 h réalisées les jeudis.

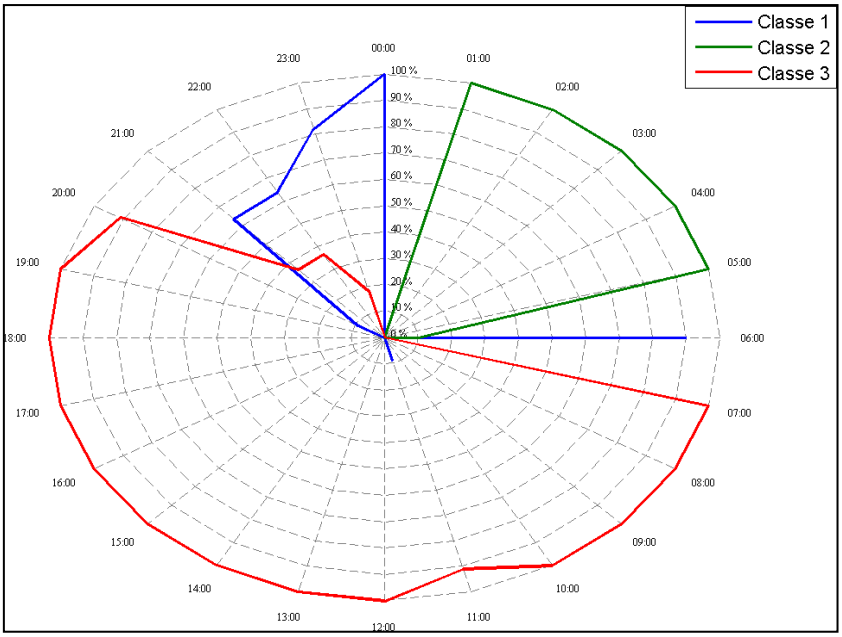


Figure 14 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jeudis qui appartiennent à chaque classe établie à partir de la classification de Ward. Ce graphique représente le rythme des jeudis.

En appliquant cette méthode à chacun des jours de la semaine et en comparant les différents rythmes, il apparaît clairement sur la Figure 15 que le rythme des samedis et dimanches est différent des autres jours de la semaine.

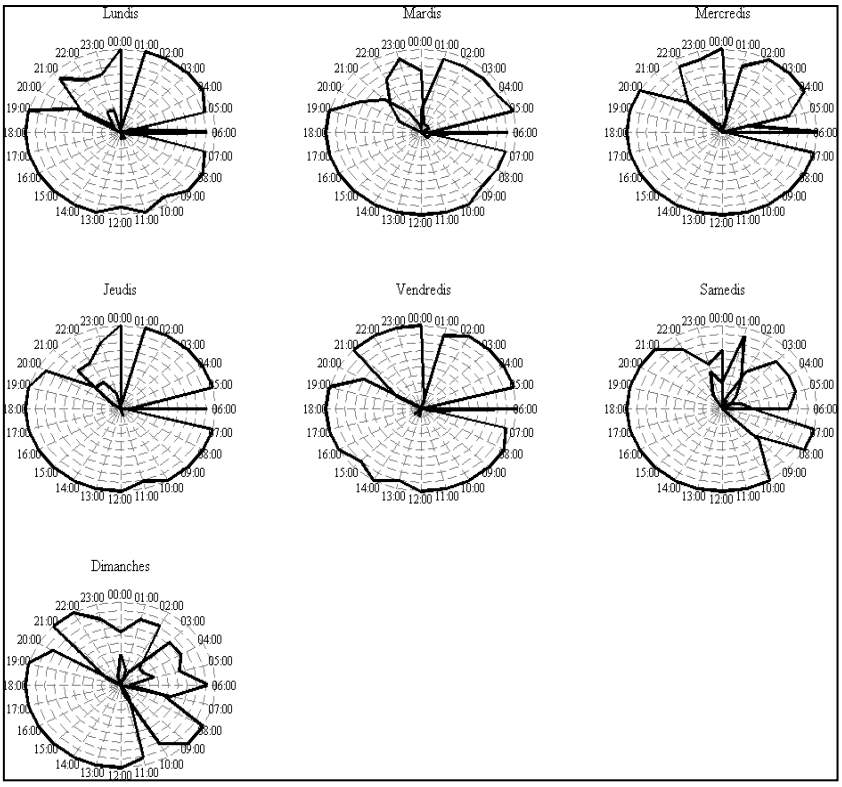


Figure 15 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

En effet, les trois classes établies correspondent à la nuit d'une part qui globalement commence à 01:00 et se termine à 05:00, au jour d'autre part qui débute vers 07:00 pour se conclure à 19:00 ou 20:00 selon le jour. Enfin une classe représente le réveil (06:00 du lundi au vendredi) et l'endormissement de la ville entre le jour et la nuit. Cependant, pour les samedis et dimanches, la forme générale du rythme est différente des autres jours avec en particulier un réveil plus long et une journée qui commence plus tard. Compte tenu de cette observation, dans la suite de l'étude, les cinq jours de la semaine ont été rassemblés et les samedis et dimanches exclus.

3.2.1.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

Les objets de 1 h issus du lundi au vendredi (15262 objets avec 21 variables) sont analysés avec une classification de Kohonen. Puis les neurones de la carte établie sont regroupés à travers une classification de Ward en trois super-classes comme le suggèrent les indices sur la Figure 16.

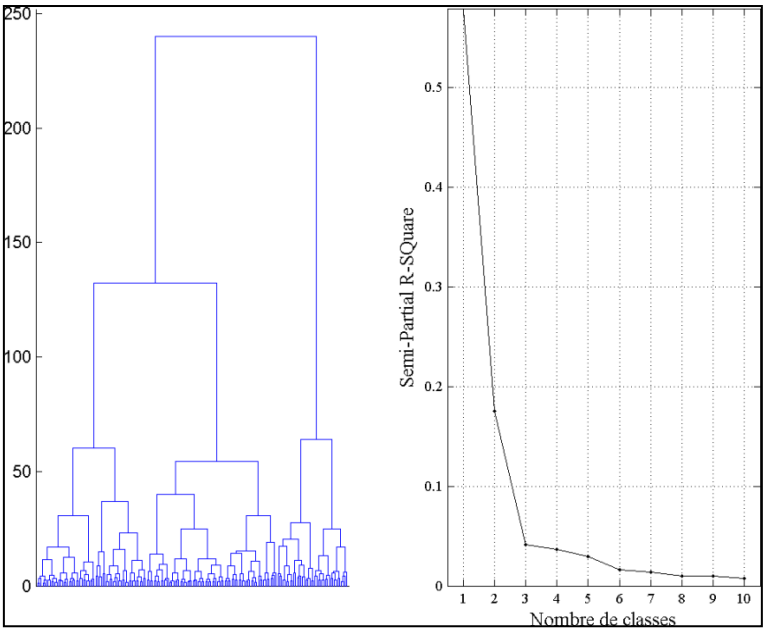


Figure 16 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Comme chaque neurone code des objets d'une durée d'une heure, il est possible de représenter les trois classes obtenues non pas par le nom de chaque neurone, mais par le nom des objets codés. Ainsi, on peut observer sur la Figure 17 que 90% des mesures qui ont commencé à 01:00 appartiennent à la Classe 2 de même que les mesures qui ont débuté à 02:00, 03:00, 04:00 et 05:00. Il en va de même pour l'interprétation des deux autres classes.

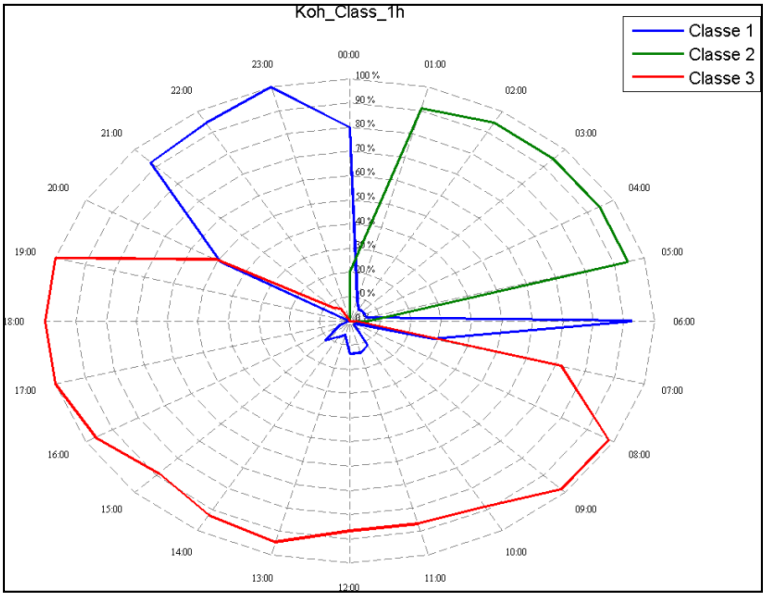


Figure 17 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

On retrouve assez logiquement un rythme moyen, construit sur les jours de la semaine, qui ressemble au rythme de chacun des jours.

3.2.1.3 OPTIMISATION

La durée de mesure optimale est la durée de mesure minimum (m_{min}) dont les indicateurs sont similaires à ceux de durée 1 h choisie comme référence. Ainsi les mesures de m_{min} et de 1 h devraient appartenir aux mêmes classes.

Une fois la carte de Kohonen réalisée à partir des échantillons de 1 h, il est possible de présenter à cette carte de nouvelles données et de voir quels neurones codent ces nouvelles entrées. L'idée est donc de présenter à la carte de Kohonen toutes les mesures de 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes et 30 minutes et de compter le nombre d'objets (en pourcentage) qui sont correctement classés. Mais qu'est-ce qu'un objet bien classé ? Il faut pour cela définir pour chaque créneau horaire d'une heure à quelle classe il appartient. Dans le cas où tous les objets d'un créneau horaire n'appartiennent qu'à une seule classe cela est assez clair. On peut par exemple voir sur la Figure 17 que pour 08:00, 09:00, 17:00, 18:00, 19:00 et 23:00, 100% des objets n'appartiennent qu'à une seule classe. Mais qu'en est-il pour le créneau horaire [20:00 21:00[pour lequel 49% des objets appartiennent à la Classe 1 et 51 % à la Classe 3 ? Dans ces cas-là, il a été décidé qu'un créneau horaire est défini par toutes les classes dont plus de 33.33 % des objets appartiennent à celle-ci. Ce chiffre de 33.33 % a été choisi à partir des 100% d'objets qui peuvent être répartis au maximum en trois classes, c'est-à-dire 33.33% dans chaque classe. Ainsi, lorsqu'un nouvel objet dont la mesure commence à 20:30 par exemple sera "testé" dans le réseau, il sera bien classé s'il appartient à la Classe 1 ou à la Classe 3.

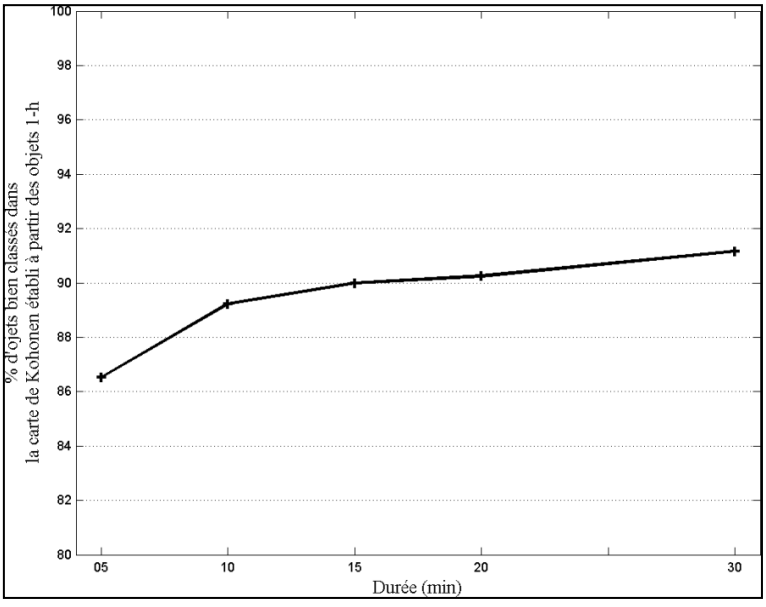


Figure 18 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

La Figure 18 montre en pourcentage le nombre d'objets de 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes et 30 minutes bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des objets de 1 heure.

Tout d'abord il apparaît sur cette figure que plus la durée de mesure est grande, plus le nombre d'objets bien classés est élevé. Ceci parait assez logique dans le sens où la durée de mesure se rapproche de la durée de référence 1 h. Mais cette croissance n'est pas linéaire. En effet, le graphe montre une première cassure à 10 minutes et une seconde plus petite à 15 minutes.

Le but de cette étude étant en premier lieu de définir une durée de mesure acoustique minium, on peut donc dire que 10 minutes est une solution minimale, c'est-à-dire qu'une mesure de 10 minutes est suffisante pour obtenir une classification relativement proche de celle obtenue avec des mesures de 1 heure. Si nous ne prenions que 5 minutes, nous augmenterions le risque de ne pas mesurer des situations représentatives de la période correspondante.

3.2.1.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

Une fois la durée de mesure minimale trouvée, une classification conjointe (Kohonen – Ward) a été menée sur les objets de 10 minutes (samedis et dimanches exclus). Au regard de la Figure 19, il apparaît qu'une segmentation de la carte de Kohonen (31 x 14) en quatre super-classes semble appropriée.

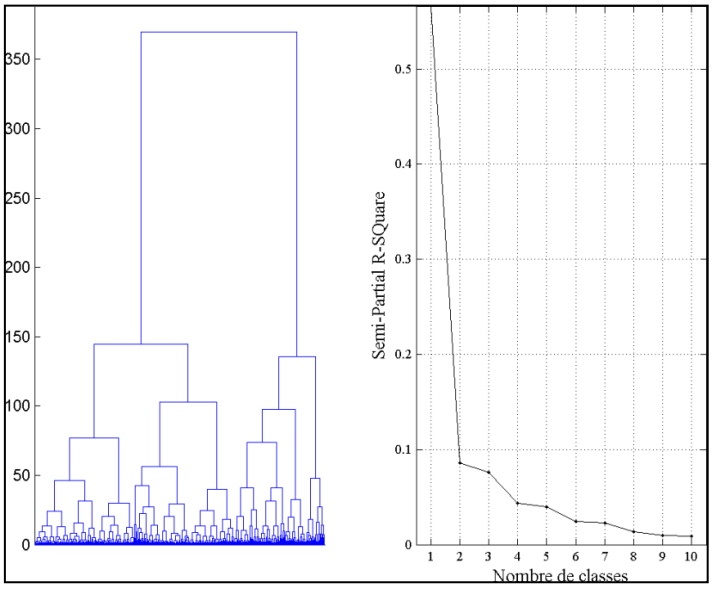


Figure 19 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Représentées sur la Figure 20, on peut voir que parmi ces quatre super-classes, deux caractérisent la nuit (Classe 1 et Classe 2) : une pour la nuit profonde (approximativement entre 03:00 et 04:30) et une autre pour le début et la fin de la nuit (approximativement entre 00:00 et 03:00 puis entre 04:30 et 06:30). La Classe 4 correspond à la période de jour qui commence à 07:30 et se termine aux alentours de 20:20. Et pour finir, la dernière classe (Classe 3) correspond à tous les autres échantillons et caractérise les périodes de transition entre le jour et la nuit.

Un des principaux avantages de la classification de Kohonen est la possibilité de représenter chaque variable sur la carte. En comparant cette représentation avec le découpage des neurones de la carte (ici en 4 classes) il est alors possible d'identifier quelles variables sont responsables de ce découpage. Sur les différentes cartes représentées sur la Figure 21, chaque point est un neurone de la carte. La couleur du neurone correspond à la valeur de la composante de son vecteur poids (avec l'échelle correspondante à côté de la carte). Par exemple la Figure 21(a) montre les valeurs de L_{Aeq} pour chaque neurone, la Figure 21(b) les valeurs de L_{Amax}, *etc.*. Il en va de même pour les 21 autres indicateurs. Le dernier diagramme (Figure 21(f)) représente le découpage de la carte de Kohonen en quatre super-classes (issues de la classification de Ward) correspondant aux classes de la Figure. Comme on peut le voir sur la Figure 21, la Classe 4 qui correspond à la période de jour est bien caractérisée par des valeurs élevées de L_{A90} (Figure 21(c)) alors que la nuit représentée par les Classe 1 et Classe 2 est bien caractérisée par des valeurs faibles du bruit de fond (faibles niveaux de L_{A90}). Il est également remarquable que la frontière entre la Classe 3 et la Classe 4 suit en partie les valeurs élevées de nombre d'événements (Figure 21(e)). Cela signifie globalement qu'au cours de la période de jour il y a plus de 10 événements dont le niveau dépasse le L_{A10} durant chaque intervalle de 10 minutes (dans cette zone-là, le L_{A10} correspond à 75dB(A) environ), ce qui n'est pas le cas pour les autres périodes.

En ce qui concerne la séparation de la période de nuit en deux classes (Classe 1 pour le début et la fin de la nuit et Classe 2 pour la nuit profonde) le découpage est dû à un nombre d'événements moins important au cours de la nuit profonde qu'au début et à la fin de la nuit (Figure 21(e)) ce qui part ailleurs minimise le L_{Aeq} (Figure 21(a)) et le L_{A10} (Figure 21(d)) durant la nuit profonde.

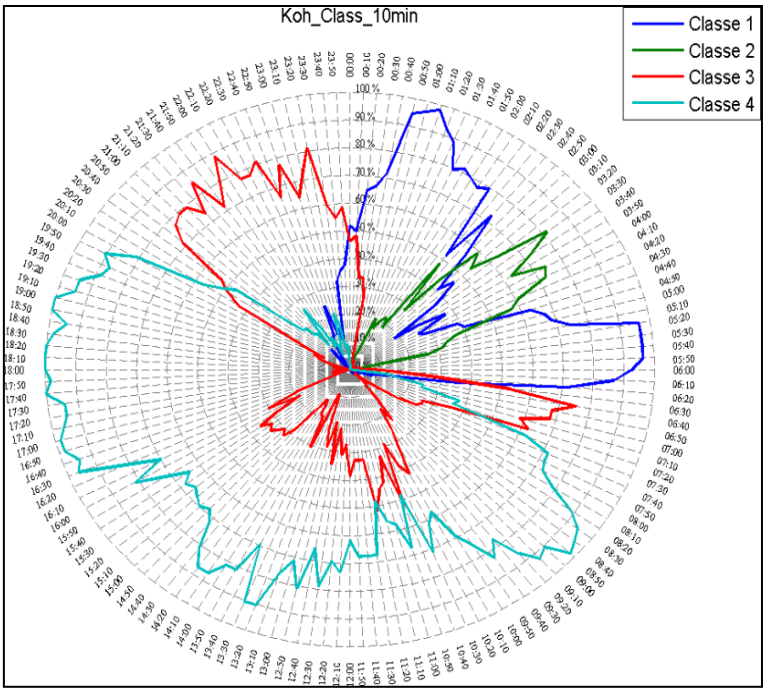


Figure 20 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Enfin la Classe 3 est caractérisée par des valeurs moyennes de chaque indicateur. En effet, cette classe regroupe toutes les séquences sonores qui ne sont pas typiques. Elles correspondent à des périodes qui se trouvent entre la nuit et le jour avec un nombre d'événements moyen. Cette période de transition est plus longue en fin de soirée au cours de l'endormissement de la ville que le matin au cours du réveil. De plus, sur la Figure 20on peut voir que de nombreuses mesures réalisées le jour (approximativement entre 09:00 et 16:30) sont également regroupées dans cette Classe 3. La différence entre les mesures de jour appartenant à la Classe 3 et celles appartenant à la Classe 4 est due aux événements comme on peut le voir sur la Figure 21(b) et la Figure 21(e). En effet, le nombre des événements dont le niveau est supérieur au L_{A10} ainsi que les niveaux L_{Amax} sont plus élevés dans la Classe 4 que dans la Classe 3. En d'autres termes, les mesures réalisées le jour ont des caractéristiques acoustiques similaires exceptées pour certaines périodes aléatoires sans événement fort particulier.

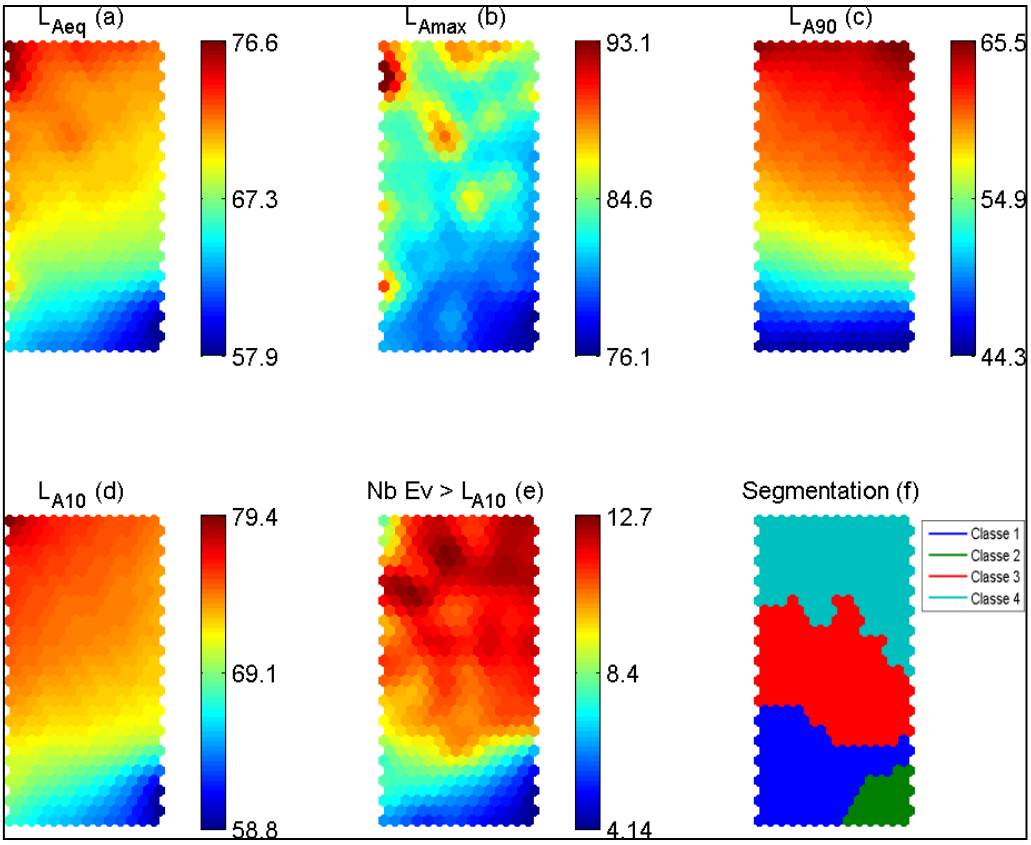


Figure 21 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

Il est également intéressant de constater sur la Classe 4, que le jour est caractérisé par un nombre élevé d'évènements dont le niveau est supérieur au L_{A10} alors que le L_{A10} est lui-même fort (supérieur à 75 dB(A)) alors que dans la Classe 3, le L_{A10} est plutôt moyen. Le jour est donc bien défini par un nombre d'évènements, mais ce nombre d'évènements est dépendant du seuil fixé (dans ce cas précis, le L_{A10}).

3.2.2 PARC (SEU)

3.2.2.1 RYTHME DES JOURS (24H)

En reprenant la même méthode que précédemment, il apparait sur la Figure 22 que dans le parc, lorsque chaque jour est séparé en deux classes cette fois ci, les rythmes sont assez identiques pour les lundis, mardis, mercredis, jeudis et vendredis. Seuls les samedis et dimanches sont différents.

De ce fait, nous avons donc réunis comme pour le carrefour les cinq jours de la semaine.

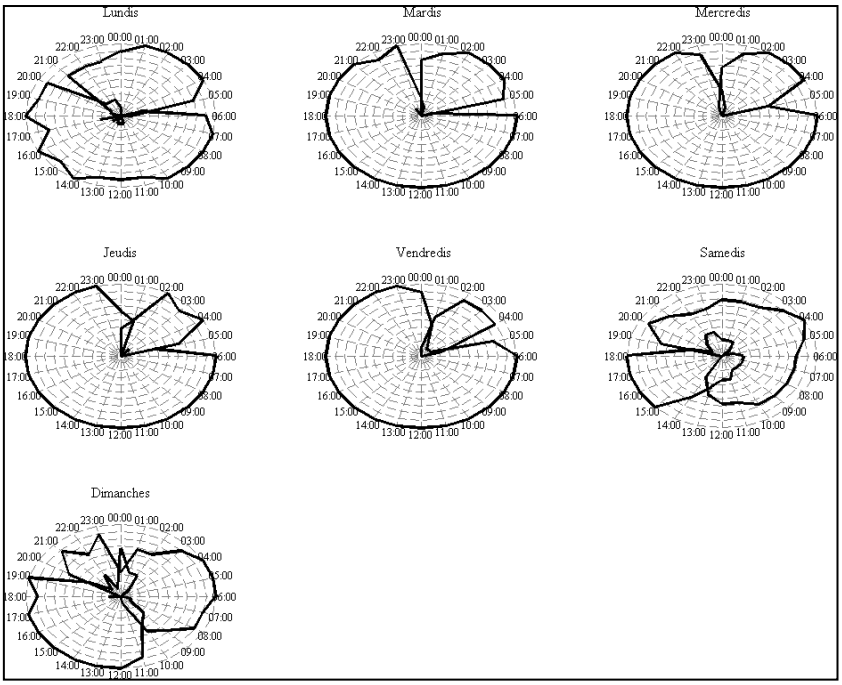


Figure 22 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

3.2.2.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

Une fois les mesures de 1 h issues des cinq jours de la semaine réunies, une classification conjointe a été menée. La Figure 23 qui présente l'arbre hiérarchique et le SPRSQ de cette classification laisse supposer que ces mesures de 1 h peuvent être réparties en trois classes.

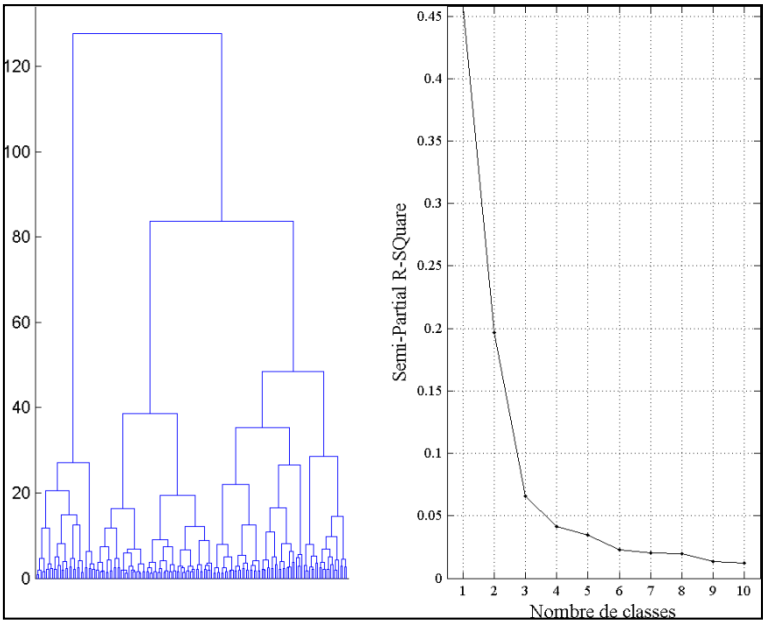


Figure 23 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

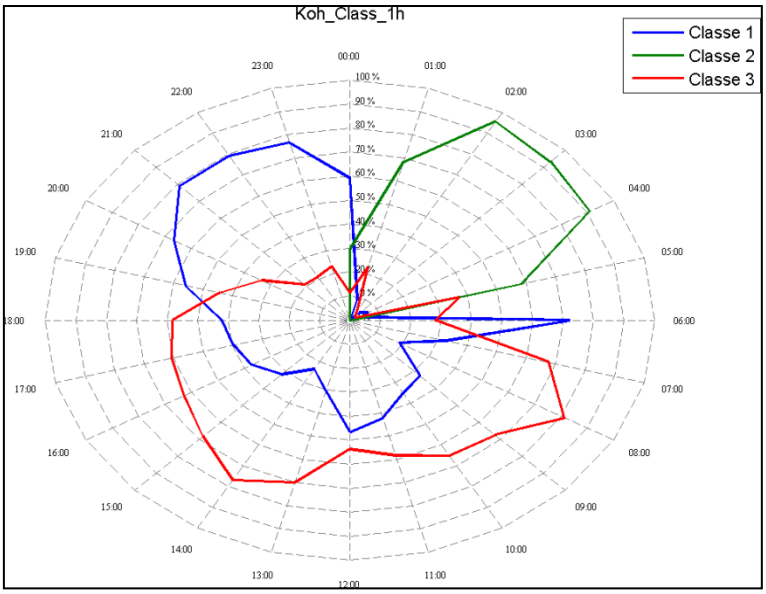


Figure 24 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Dans le parc il apparait cette fois que le découpage d'un jour moyen peut se faire en trois classes avec toujours une partie qui caractérise la nuit (Classe 2), entre 01:00 et 06:00. Les deux autres classes représentent là aussi le jour pour la Classe 3 puis les passages de la nuit au jour et du jour à la nuit pour la Classe 1. Cependant, si au niveau du carrefour, ces deux dernières classes étaient assez homogènes, ceci est moins le cas ici. En effet, entre 08:00 et 21:00, la confusion entre les Classe 1 et Classe 3 est assez importante.

3.2.2.3 OPTIMISATION

A partir de la classification conjointe sur les mesures de 1 h, il est donc possible de déterminer quelle est la durée de mesure minimale qui contient assez d'informations acoustiques pour être représentative (*cf.* § 3.2.1.3).

Sur la Figure 25 il semble que dans le parc une mesure de 10 minutes soit également assez longue pour obtenir une classification assez similaire à celle obtenue avec des mesures de 1 heure puisqu'une légère cassure apparait au niveau de cette durée de mesure.

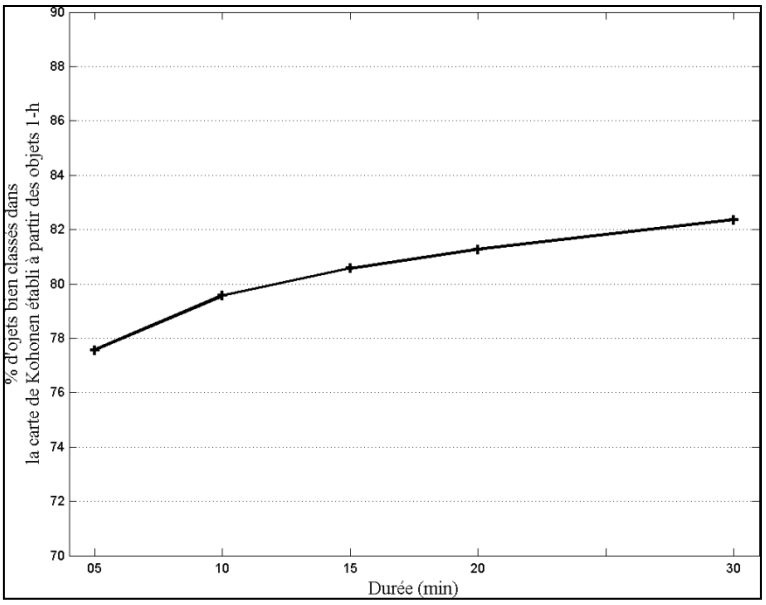


Figure 25 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

3.2.2.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

Une fois la durée de 10 minutes déterminée nous avons réalisé une nouvelle classification conjointe sur cette durée de mesure. La carte de Kohonen établie à partir des mesures de 10 min dans le parc peut être segmentée en trois super-classes comme le laissent penser les indices présentés sur la Figure 26.

On retrouve à partir des mesures de 10 minutes (Figure 27) un schéma semblable au rythme moyen établi à partir des mesures de 1 heure (Figure 24). La Classe 2 représente la nuit, la Classe 3 représente le jour alors que la Classe 1 caractérise les passages de l'un à l'autre. Il est à noter que l'interprétation de ces trois classes pour une durée de mesure de 10 minutes est donc la même que pour une durée de 1 heure, cependant, 10 minutes apporte plus de détails puisque le pas est plus réduit.

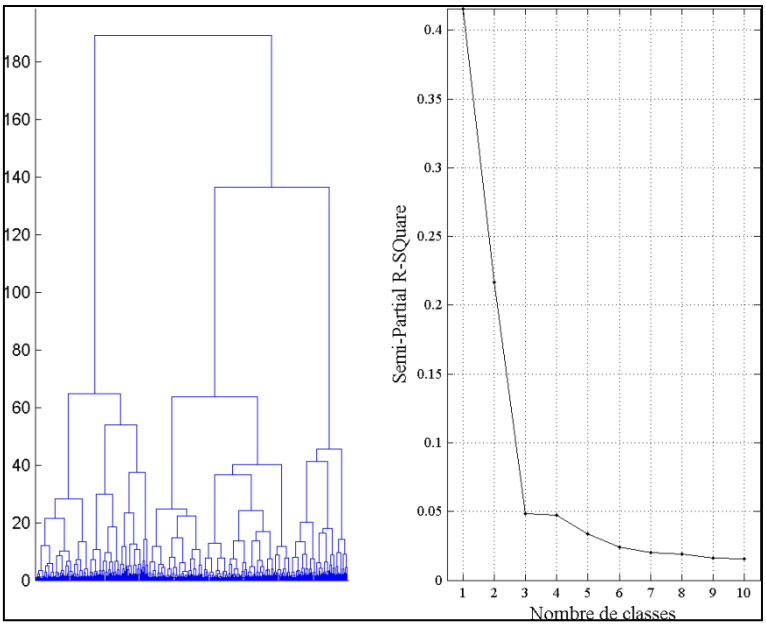


Figure 26 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

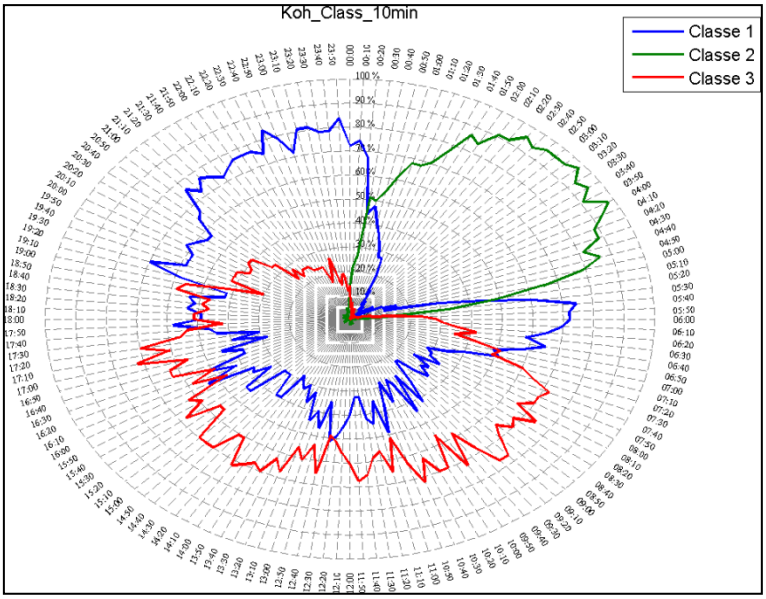


Figure 27 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Concernant l'interprétation de ces trois super-classes, on peut voir sur la Figure 28 que la nuit (Classe 2) est relativement bien définie par des valeurs de L_{Aeq} faibles (Figure 28(a)). La Classe 3, qui représente le jour est caractérisée à la fois par des valeurs de L_{Aeq} fortes mais également par des valeurs de L_{A5} élevées (Figure 28(d)). On constate également que la forme de cette classe, telle qu'elle est représentée sur la Figure 28(f) est également en partie dictée par le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{A10} (Figure 28(e)) qui est faible alors que le niveau L_{A10} est lui élevé. On retrouve ici un cas légèrement différent de ce qui a été vu

au paragraphe 3.2.1.4 puisque le jour, dans le parc le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{A10} est faible (Figure 28(e)) et le L_{A10} (Figure 28(c)) est fort alors qu'au niveau du carrefour, le nombre d'évènements dont le niveau est supérieur au L_{A10} (Figure 21(e)) est fort, de même que le L_{A10} (Figure 21(d)). Ainsi, le nombre d'évènements dont le niveau dépasse un certain seuil (dans le cas du parc et du carrefour, le seuil est donc le L_{A10}) permet bien de dissocier des classes (donc des périodes de la journée) mais n'est pas toujours fort. L'interprétation du nombre d'évènements est donc très liée au seuil choisi.

Enfin, la Classe 1 qui représente la transition entre la nuit et le jour puis le jour et la nuit est principalement déterminée par des niveaux L_{Aeq} (Figure 28(a)) faibles à moyen, mais également par un écart-type de ces niveaux moyen, alors que la nuit ou le jour, cet écart-type est plutôt fort (Figure 28(b)).

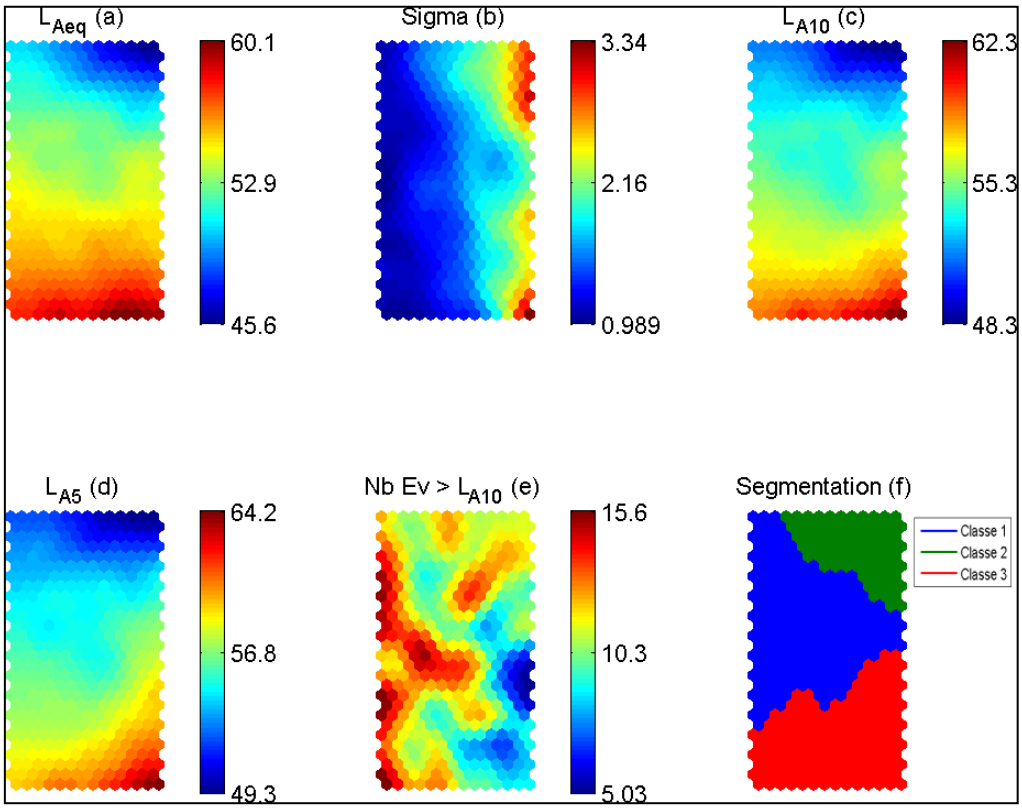


Figure 28 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

3.2.3 BOULEVARD JOSEPH KESSEL (PASS)

3.2.3.1 RYTHME DES JOURS (24H)

Pour le point de mesure situé sur le boulevard, chaque jour de la semaine a pu être divisé en deux classes comme cela est visible sur la Figure 29. A partir de ces rythmes de journée, nous avons décidé de rassembler encore une fois les mesures réalisées les lundis, mardis, mercredis, jeudis et vendredis et d'exclure celles ayant été faites les samedis et dimanches.

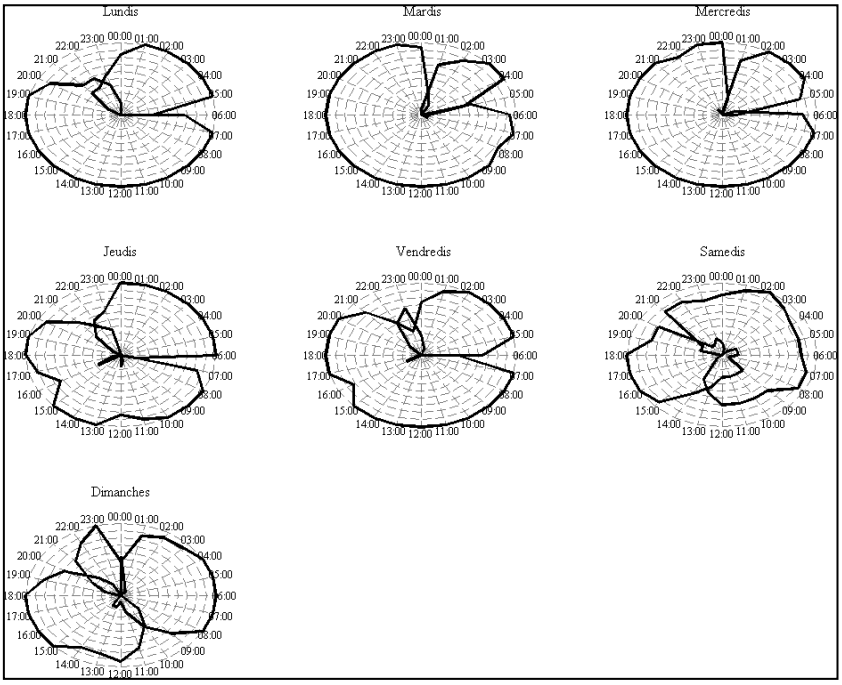


Figure 29 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

3.2.3.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

Après une classification conjointe sur les mesures de 1 h, nous avons retenu quatre super-classes d'après l'indice SPRSQ présenté sur la Figure 30.

Le but d'établir une carte de Kohonen représentative d'un jour moyen à partir des mesures de 1 h est en premier lieu de pouvoir déterminer une durée de mesure plus courte qui s'en rapproche d'un point de vue acoustique. Cependant, il est intéressant de noter ici (Figure 31) qu'en faisant apparaitre quatre super classes sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h (alors que seulement trois super classes étaient présentes au niveau du carrefour et dans le parc), deux d'entre elles correspondent à la nuit, une pour la nuit profonde (Classe 2) et une pour le début et la fin de la nuit (Classe 1). Par ailleurs, pour le parc et le carrefour, une classe correspondait à la transition entre la nuit et le jour puis entre le jour et la

nuit alors que dans le cas présent, on constate que ces transitions appartiennent à la même classe que le jour (Classe 3).

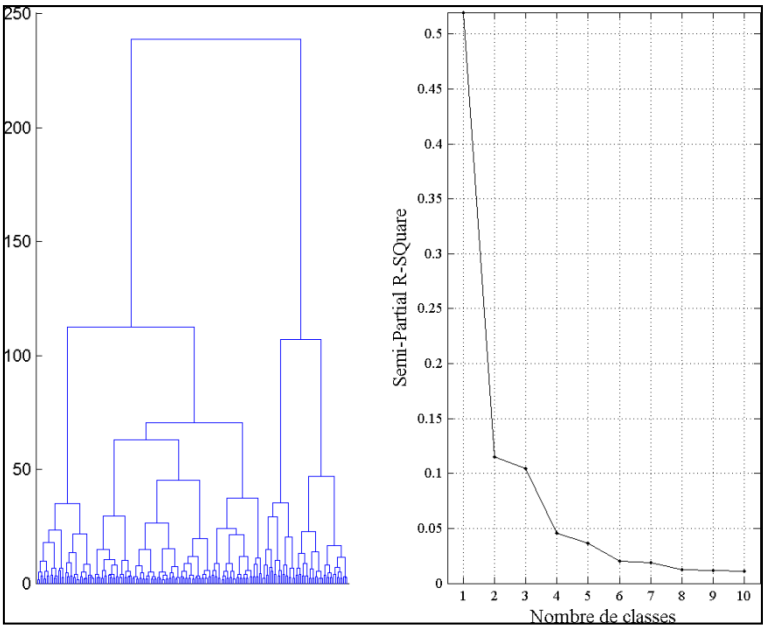


Figure 30 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

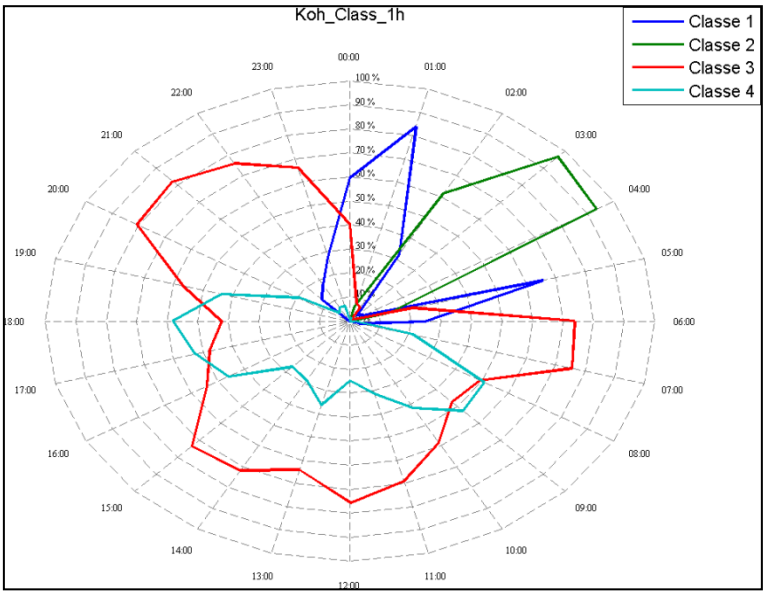


Figure 31 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

3.2.3.3 OPTIMISATION

Dans le cas du Boulevard Joseph Kessel, le pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h varie entre 87 % pour les mesures de 5 min et 89 % pour les mesures de 30 min et la cassure qui permet de déterminer une durée de mesure optimale n'est pas aussi évidente que pour le carrefour. Cependant, 10 min semble être encore une fois la durée de mesure la plus adéquate comme on peut le voir sur la Figure 32 où une légère cassure apparait.

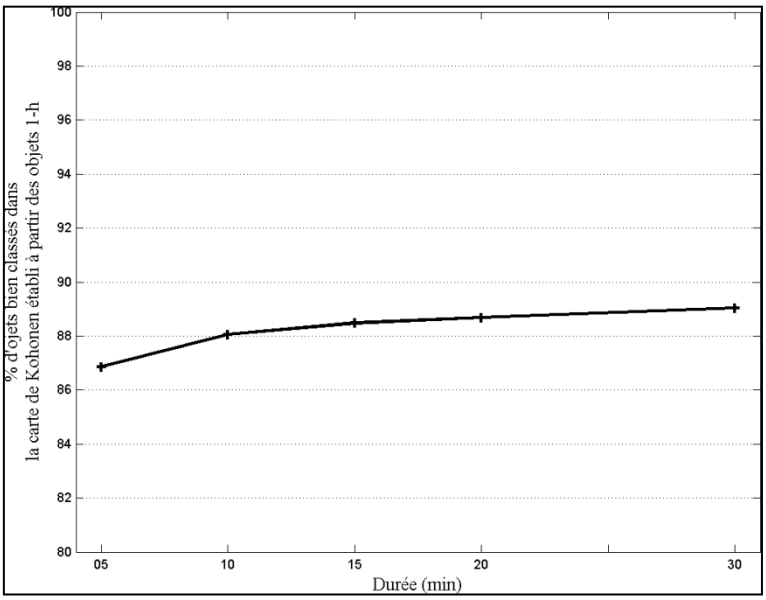


Figure 32 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

3.2.3.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

Trois super-classes sont à retenir sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 10 min comme on peut le voir sur la Figure 33.

En ne retenant que trois super-classes sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 10 min, se pose un problème d'interprétation comparativement à celle établie à partir des mesures de 1 h. En effet, nous avons vu sur la Figure 31 qu'avec les mesures de 1 h, deux super-classes correspondaient à la nuit et que les transitions entre nuit et jour étaient assimilées à la même super-classe que le jour. Or, ici, avec seulement trois super-classes comme on peut le voir sur la Figure 34, la question suivante se pose : est-ce que les Classe 1 et Classe 2 représentent la nuit et auquel cas il n'y a pas de classe de transition entre nuit et jour puis jour et nuit ou est-ce que la Classe 1 représente effectivement ces transitions mais alors la nuit est très courte (environ 02:40 jusqu'à environ 05:00) ?

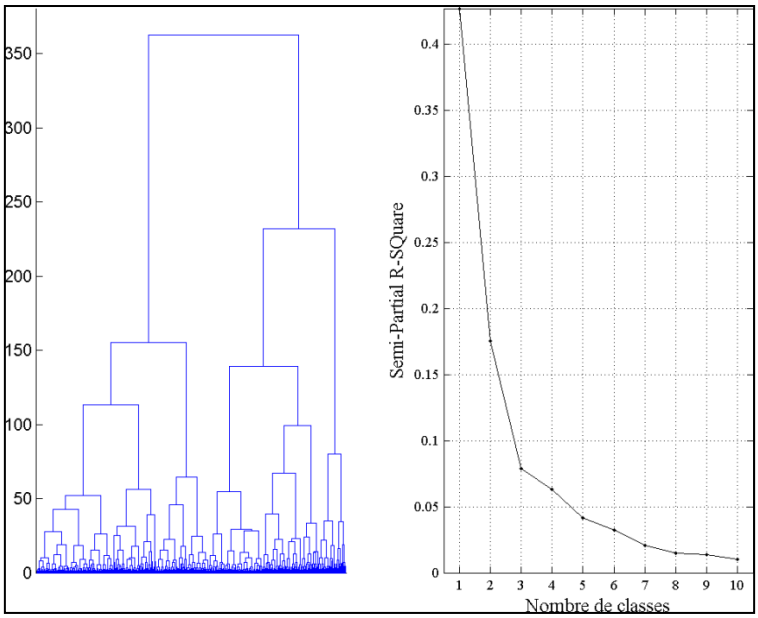


Figure 33 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

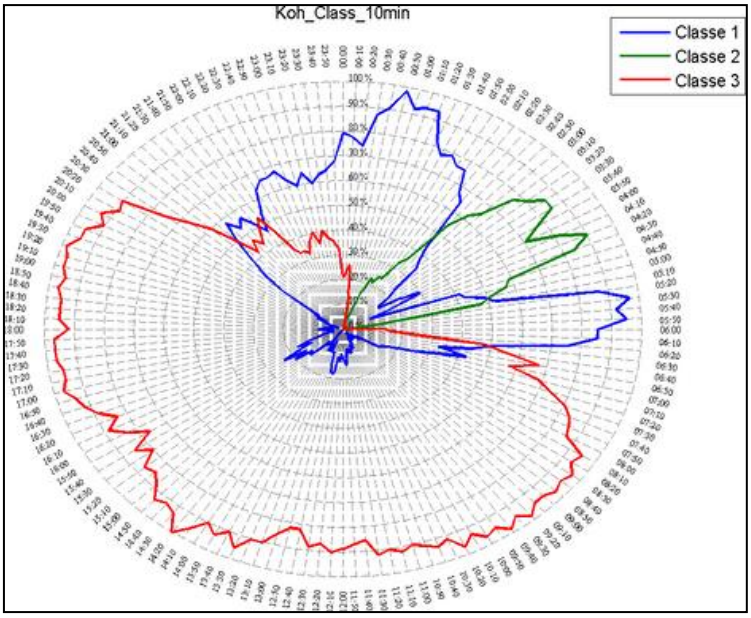


Figure 34 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Compte tenu des autres points de mesures où une super-classe de transitions est toujours visible (hormis sur le site de Bercy qui présente des caractéristiques particulières), parmi les deux suppositions évoquées précédemment, il semblerait que la seconde soit à privilégier, à savoir une transition entre la nuit et le jour puis entre le jour et la nuit (Classe 1) puis une nuit relativement courte (Classe 2).

Toutefois, le type de lieu considéré peut expliquer le nombre de classes. Si on compare la Figure 20 qui représente le rythme au niveau du carrefour avec une durée de 10 minutes et la

Figure 34, la seule différence réside dans l'apparition d'une classe supplémentaire pour le carrefour (Classe 3). Cette classe supplémentaire est sans doute due à la nature même du carrefour, où le flux de trafic alterné, avec des démarrages et des arrêts successifs des véhicules, permet de faire apparaitre cette classe (notamment aux alentours de 06h30). Au contraire, au niveau du boulevard, le flux *a priori* continu des véhicules ne permet pas de faire apparaitre de classe de transition entre le "réveil" et la "journée".

Concernant l'interprétation des classes (Figure 35), encore une fois le L_{Aeq} est encore assez représentatif des trois périodes avec en toute logique des niveaux allant de 59,5 dB(A) pour le plus faible la nuit à 76,6 dB(A) au plus fort de la journée. Pour la nuit et la transition qui suit le L_{A90} est faible (Figure 35(c)) avec un L_{A10} (Figure 35(d)) plus élevé pour la Classe 1 (transition). En revanche, pour le jour et pour la transition entre le jour et la nuit, les niveaux de L_{A10} sont assez forts (de 70 dB(A) à 79,4 dB(A)). La frontière entre ces deux périodes est déterminée par la combinaison de plusieurs variables, à savoir un L_{A90} (Figure 35(c)) faible pour la Classe 1 (transition) et fort pour la Classe 3 (jour), un L_{Amax} (Figure 35(b)) faible pour la transition et moyen pour le jour, et un nombre d'évènements supérieurs au L_{Aeq} + 10 dB(A) (Figure 35(e)) moyen pour la transition et faible pour le jour.

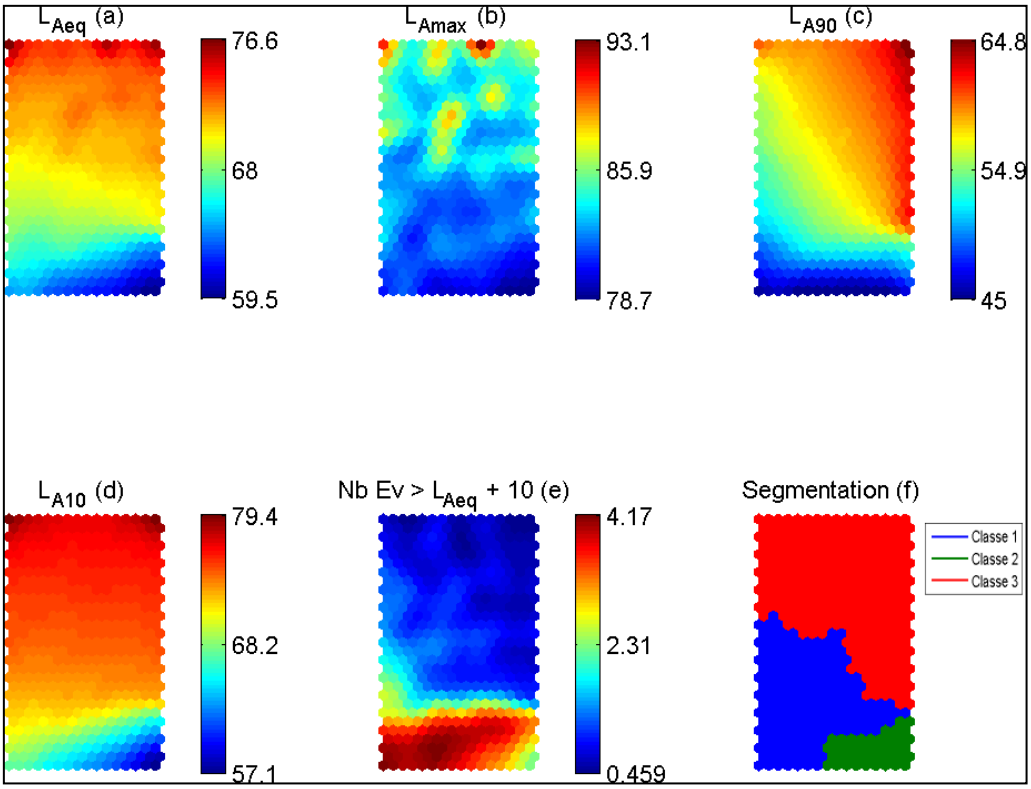


Figure 35 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

3.2.4 RUE DE BERCY (BERC)

3.2.4.1 RYTHME DES JOURS (24H)

Comparativement aux autres sites de mesures, celui de la rue de Bercy est celui qui présente le plus de particularités dans le découpage des jours et *a fortiori* dans les cartes de Kohonen qui en découlent. Jusqu'à présent le schéma était à quelques détails près le suivant : une partie pour la nuit, une autre pour le jour, et enfin une troisième regroupant les deux passages entre chaque classe. Ce découpage a permis systématiquement de regrouper les cinq jours de la semaine, samedi et dimanche exclus. Dans le cas de la rue de Bercy, nous avons choisi en nous appuyant sur les résultats de chaque jour de la semaine visible sur la Figure 36 de regrouper cette fois-ci les jours suivants : lundis, mardis, jeudis et vendredis. En effet, si les samedis et dimanches sont toujours différents, il en est de même pour les mercredis.

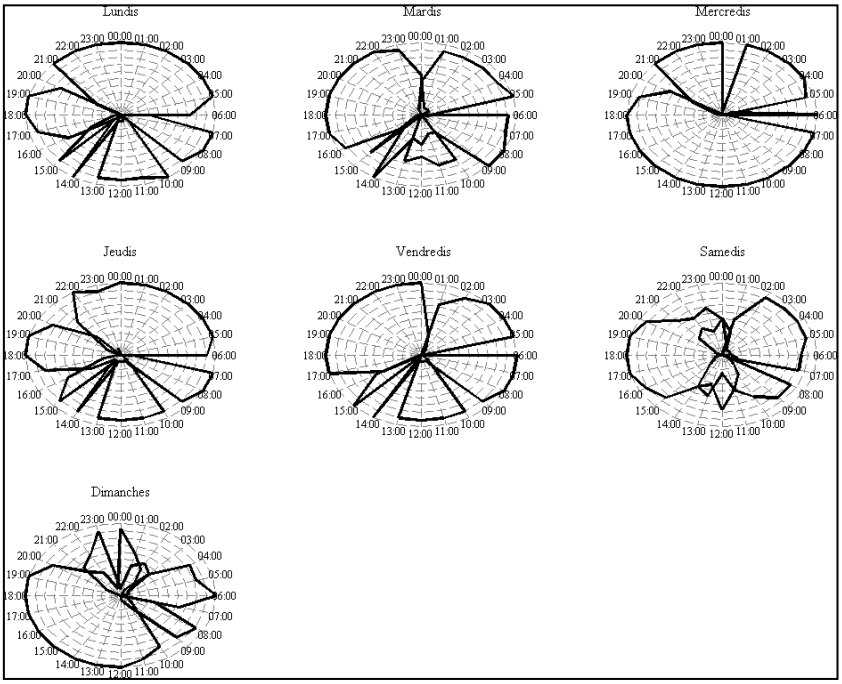


Figure 36 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

3.2.4.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

Ce constat fait, une classification conjointe a donc été menée sur ces quatre jours et a conduit à retenir trois super-classes comme le laisse supposer le dendrogramme et le SPRSQ visibles sur la Figure 37.

Une division en cinq super-classes aurait également été envisageable mais l'apport de deux super-classes supplémentaires est négligeable en termes d'informations interprétables. Par

ailleurs cela n'est d'aucune influence quant à l'optimisation et la détermination de la durée optimale, les résultats obtenus étant tout à fait similaires. Pour cette raison, nous nous contenterons de trois super-classes pour la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h relevées les lundis, mardis, jeudis et vendredis dans la rue de Bercy.

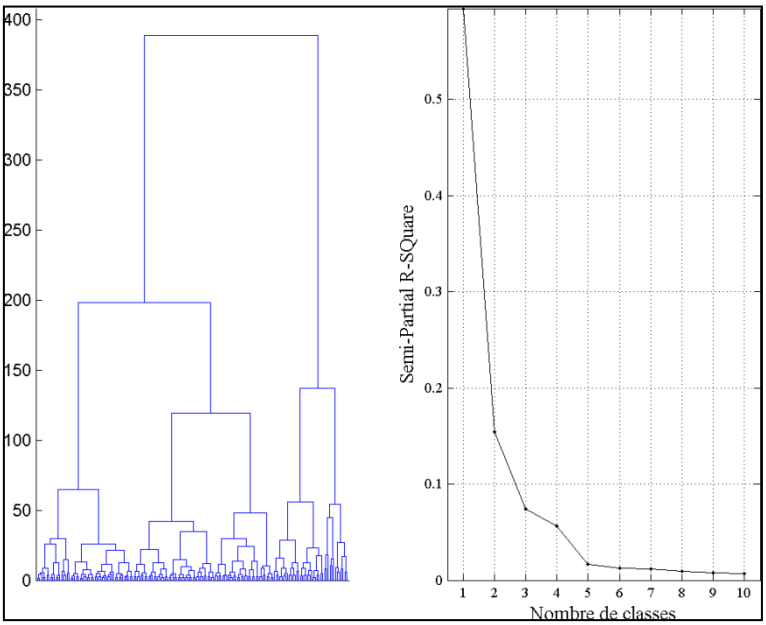


Figure 37 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Ce découpage en trois super-classes est donc représenté sur la Figure 38. Comme mentionné précédemment, le découpage sur ce site de mesure est quelque peu différent des trois autres lieux étudiés jusqu'ici. En effet, parmi les trois super-classes retenues, la Classe 1 est toujours représentative de la nuit mais avec une durée nettement plus longue puisque celle-ci débute sans ambiguïté à 20:00 et se termine à 07:00 (06:00 + 1 h). Pour les deux autres super-classes, il est toujours possible d'évoquer une représentation du jour et des transitions mais là aussi les horaires s'en trouvent modifiés comparativement à l'allure générale des autres sites. En effet, la Classe 3 est représentative du jour, mais celui-ci démarre à 10:00, s'arrête à 14:00 (13:00 + 1 h) pour laisser place à une période correspondant à la Classe 2, puis reprend à 15:00 pour seulement 1 h et finit par se mêler de nouveau avec la Classe 2 à 16:00. Cette Classe 2, qui peut donc être considérée comme une super-classe regroupant des transitions regroupe donc les transitions entre la nuit et le jour puis entre le jour et la nuit, mais également une période au sein même du jour (14:00 – 15:00).

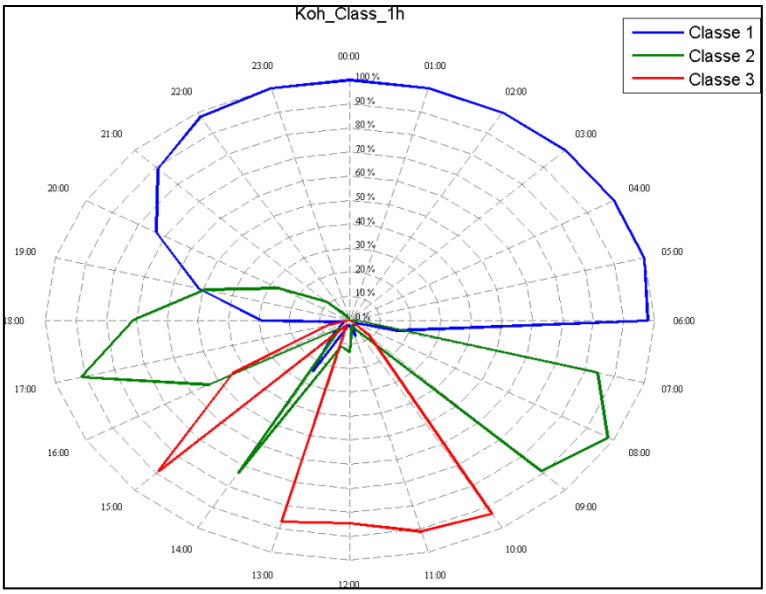


Figure 38 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

3.2.4.3 OPTIMISATION

A partir de ce découpage de la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h, nous avons donc cherché la durée de mesure optimale en utilisant toujours la même procédure, c'est-à-dire envoyer des mesures de différentes durées dans cette carte de 1 h et compter le nombre de ces mesures qui sont bien classées au regard de leur heure de début d'enregistrement.

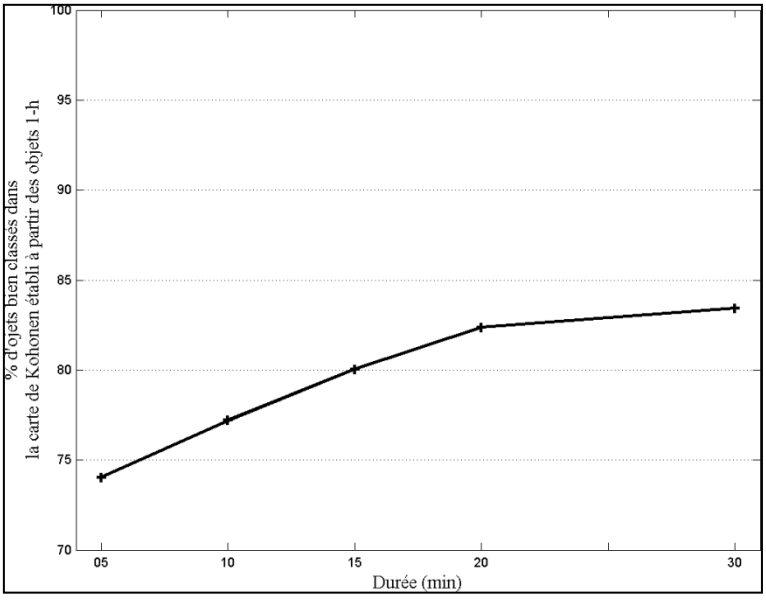


Figure 39 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Ainsi, il apparait sur la Figure 39 que si pour les sites SEU, PASS et CARR étudiés précédemment une longueur de dix minutes semblait être suffisante, il faut dans le cas de la rue de Bercy plutôt vingt minutes pour obtenir une quantité d'information acoustique proche de celle contenue dans une heure d'enregistrement. En effet, prendre trente minutes de mesure n'apporte seulement qu'un pourcent de données bien classées par rapport à vingt minutes, en revanche une durée de vingt minutes présente deux pourcents de mesures bien classées comparativement à quinze minutes et plus de cinq pourcents par rapport à dix minutes.

3.2.4.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

Les mesures de 20 minutes ont été analysées à travers une classification conjointe, celle-ci permettant de retenir quatre super-classes dans la carte de Kohonen ainsi établie comme cela est visible sur la Figure 40.

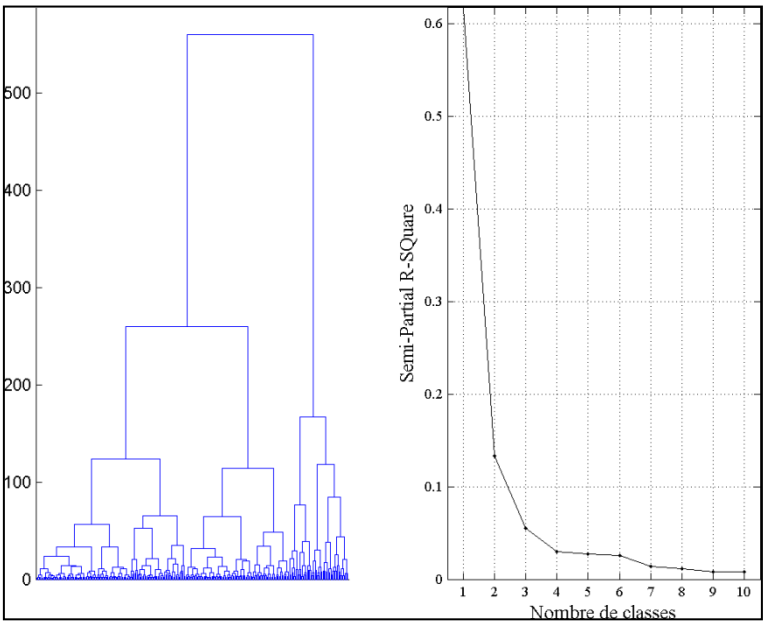


Figure 40 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Tout comme sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h, celle issue des mesures de 20 min laisse apparaitre un découpage avec une super-classe regroupant les mesures réalisées la nuit (Classe 1) comme cela est visible sur la Figure 41. Pour continuer avec l'analyse de cette super-classe, il est intéressant de constater qu'elle est caractérisée par des valeurs faibles de L_{Aeq} (Figure 42(a)), de L_{A90} (Figure 42(b)), de L_{A10} (Figure 42(c)) et de nombre d'évènements dont le niveau est supérieur à 75 dB(A). En revanche, le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{Aeq} + 15 (Figure 42(e)) est quant à lui élevé (il est à

noter que ce nombre n'est élevé que comparativement aux autres périodes, puisque dans l'absolu il n'est que de 0,69 au maximum).

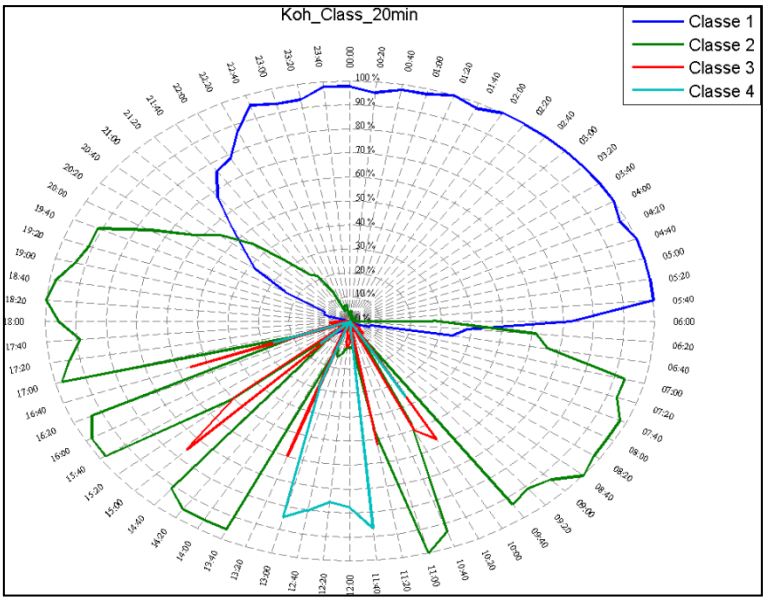


Figure 41 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (20 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Concernant les trois autres super-classes, notons tout d'abord que pour faciliter l'interprétation de celles-ci, la Classe 3 et la Classe 4 peuvent être assimilées comme cela est visible notamment sur le dendrogramme présenté Figure 40 (nœuds situés à droite sur l'arbre hiérarchique). La différenciation entre les deux super-classes se faisant principalement par un niveau de bruit de fond (Figure 42(b)) et un nombre d'évènements supérieurs à 75 dB(A) (Figure 42(d)) plus important durant la période représentée par la Classe 4, c'est-à-dire entre 11:40 et 13:20. Toutefois, même en agrégeant ces deux périodes (Classe 3 et Classe 4) il semble difficile dans le cas de la rue de Bercy de parler de période de jour et de période de transitions. En effet, les Classe 2, Classe 3 et Classe 4 apparaissent alternativement entre 07:00 et presque 21:00. Il est fort probable que cette alternance soit due à la grande proximité entre la station de mesure et l'école présente sur le site. En regardant de près la figure, l'apparition des Classe 3 et Classe 4 peut correspondre à une présence des enfants à l'extérieur voire une présence accrue aux alentours à l'heure de la sortie, entre 16:40 et 17:00. Cette supposition se confirme par les variables présentées sur la Figure 42 puisque la frontière entre la Classe 2 et la Classe 3 est marquée par des niveaux (Figure 42(a) et Figure 42(c)) et un nombre d'évènements (Figure 42(d)) plus élevés dans le cas de la Classe 3. Ce nombre d'évènements dépassant 75 dB(A) étant par ailleurs maximal comme mentionné précédemment pour la Classe 4, qui correspond à l'heure du repas (Figure 41).

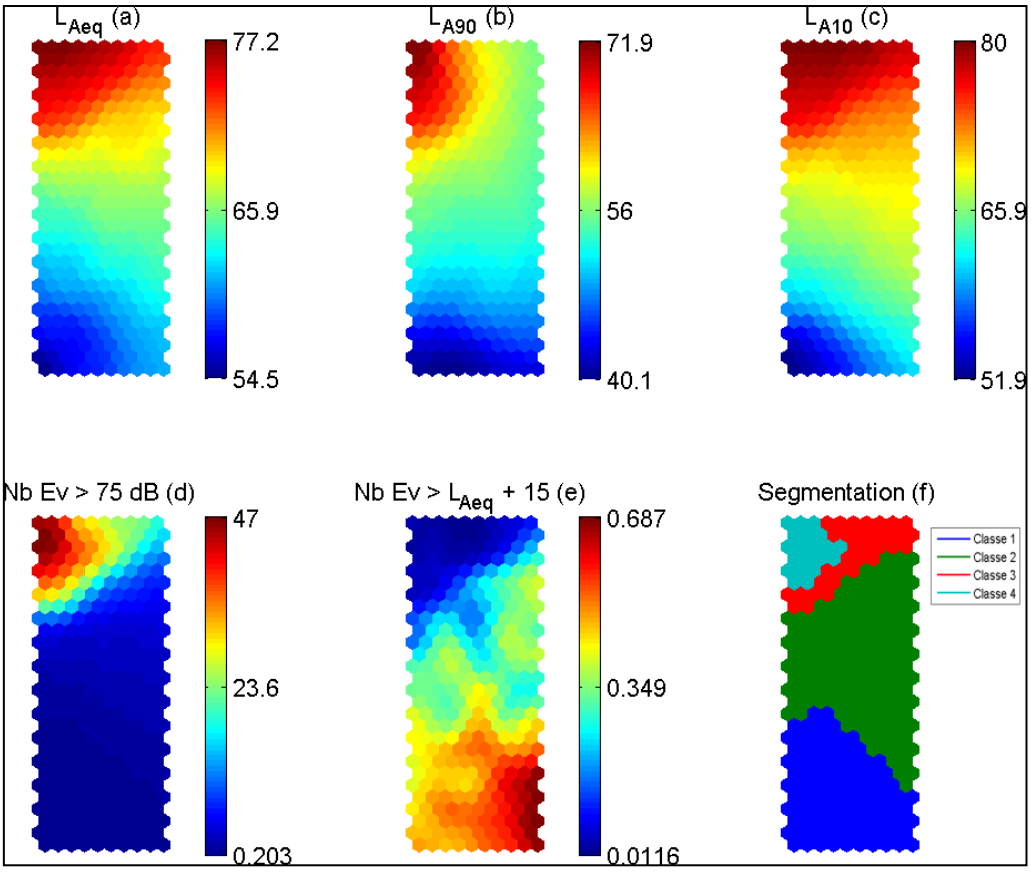


Figure 42 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c : dB(A); d, e : nombre d'évènements en 5 min).

De plus il est également intéressant de constater sur la Figure 42 que le nombre d'évènements dont le niveau dépasse un seuil permet de discriminer des classes mais cela est très dépendant du seuil comme cela a déjà été vu sur les sites précédents. En effet, le nombre d'évènements dont le niveau dépasse 75 dB(A) (Figure 42(d)) permet de dissocier les Classe 3 et Classe 4 alors que le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{Aeq} + 15 dB(A) (Figure 42(e)) ne le permet pas car à ces moments de la journée, le L_{Aeq} + 15 dB(A) est toujours supérieur à 75 dB(A). Au contraire, la nuit, le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{Aeq} + 15 dB(A) (Figure 42(e)) permet de mettre en évidence la Classe 1 alors que le nombre d'évènements dont le niveau dépasse 75 dB(A) (Figure 42(d)) ne le permet pas car la nuit le L_{Aeq} est très faible.

Enfin, pour conclure sur le site de Bercy, une remarque s'impose quant au choix de la durée de 20 minutes. Sur les trois autres lieux vus précédemment, le rythme établi à partir de la durée optimale (10 minutes) est relativement similaire à celui établi avec une durée de 1 heure. Or, dans le cas de la rue de Bercy, la durée optimale de 20 minutes permet de mettre en évidence des pics d'activités qui n'étaient pas (ou peu) visibles avec la durée de 1 heure.

Aussi, 20 minutes suffisent à interpréter les différentes classes car il y a plus de finesse dans le rythme de la journée qu'avec une durée de 1 heure. Cette dernière durée semble bien quand le rythme est continu mais est trop longue pour mettre en évidence un rythme plus saccadé. Aussi, il se pourrait que dans le cas précis de la rue de Bercy, la durée de 1 heure choisie comme référence ne soit pas adéquate.

3.2.5 RUE DE L'EPEE DE BOIS (EPEE)

3.2.5.1 RYTHME DES JOURS (24H)

Dans la rue de l'Epée de Bois le rythme de chaque jour ressemble de nouveau aux autres sites étudiés jusqu'à présent avec toujours les mêmes périodes, à savoir la nuit, le jour et des transitions. Au regard de la Figure 43, les mardis, mercredis, jeudis et vendredis se ressemblent fortement. Les lundis présentent également un rythme semblable bien que la transition entre la nuit et le jour soit moins marquée. De même que les samedis dont le rythme est également similaire aux autres jours mais avec une période de jour qui commence et se termine plus tard, comme cela était déjà le cas lors de l'étude du carrefour (§ 3.2.1.1). En conséquence, pour l'étude de la rue de l'Epée de Bois, nous avons choisi de nouveau de regrouper les cinq jours de la semaine : lundi, mardi, mercredi, jeudi et vendredi.

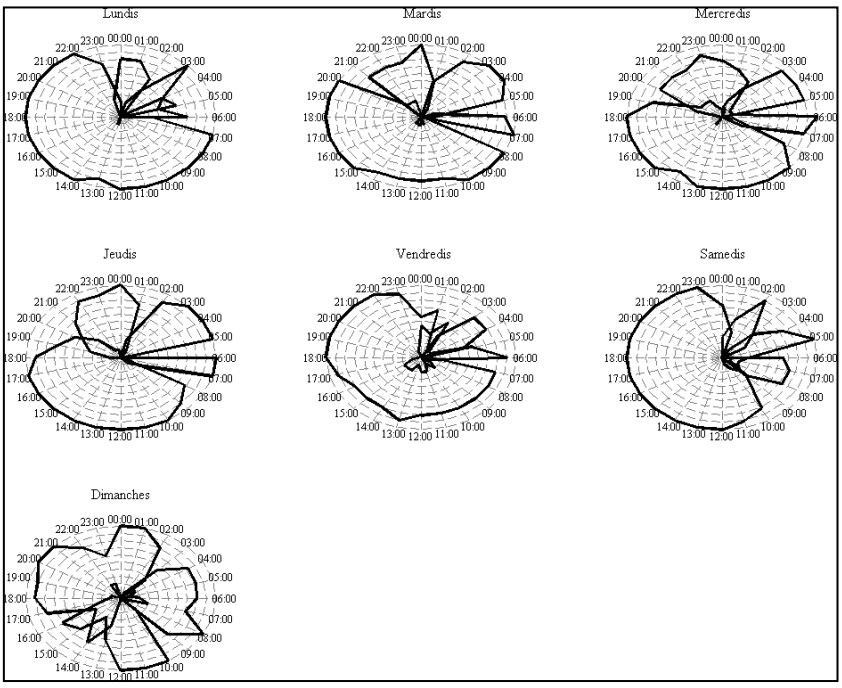


Figure 43 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

3.2.5.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

La classification conjointe menée sur les mesures de 1 h réalisées ces cinq jours permet de retenir trois super-classes comme le laisse supposer les indices présentés sur la Figure 44. On retrouve donc sur la Figure 45, comme précisé pour chacun des jours, une répartition de ces trois super-classes assez proche de celle obtenue pour le carrefour. Une période correspond à la nuit (Classe 2) de 02:00 à 06:00, une autre au jour de 08:00 à 21:00 de façon certaine (Classe 3), et enfin la troisième super-classe (Classe 1) correspond aux passages entre les deux périodes précédemment citées.

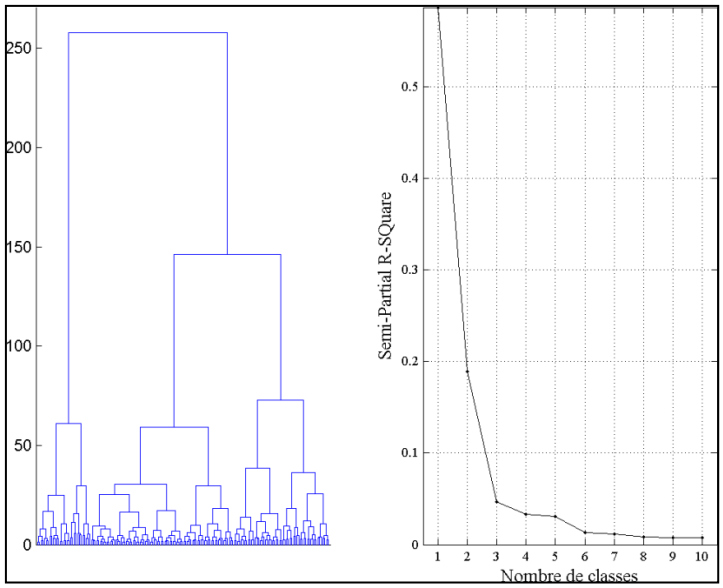


Figure 44 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

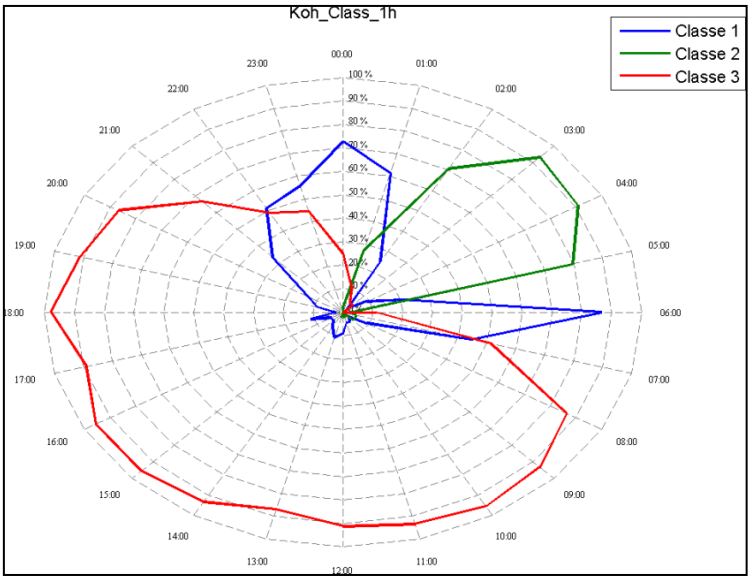


Figure 45 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

3.2.5.3 OPTIMISATION

La recherche de la durée de mesure optimale sur le site de la rue de l'Epée de Bois amène à une conclusion que 10 minutes est de nouveau une durée suffisante pour enregistrer assez d'informations acoustiques comme cela est visible sur la Figure 46 sur laquelle une cassure assez nette apparait pour une durée de 10 minutes.

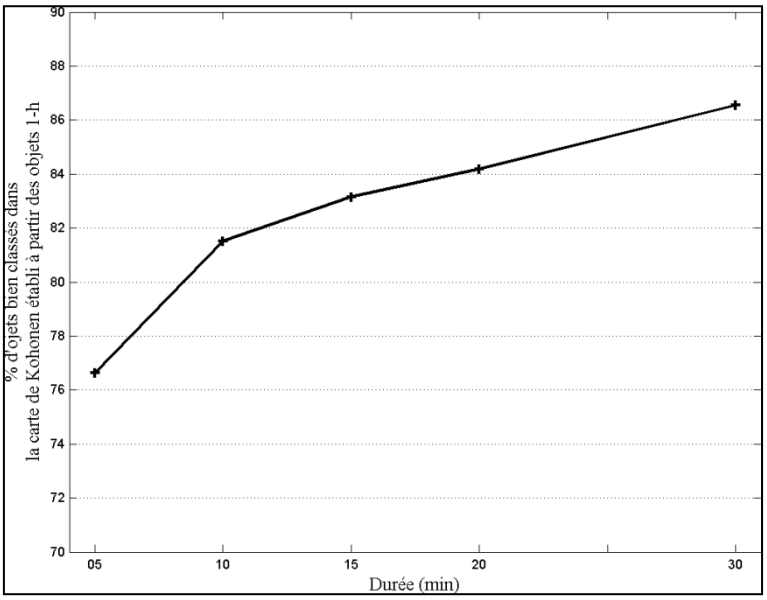


Figure 46 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

3.2.5.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

La classification conjointe menée sur les données d'enregistrement de durée 10 min conduit à une carte de Kohonen dont le nombre de super-classes à retenir n'est pas aisé à déterminer. En effet, au regard des indices à disposition (Figure 47 et Figure 202 en Annexe 1.5) plusieurs choix possibles : deux, trois, quatre ou cinq super-classes. Cependant, comme précisé au paragraphe 2.5.1, l'interprétation des classes retenues reste un élément déterminant dans le choix du nombre. C'est pourquoi, dans le cas de la rue de l'Epée de Bois, trois super-classes ont été choisies pour segmenter la carte de Kohonen établie à partir des données de 10 minutes. La répartition de ces trois super-classes présentée sur la Figure 48 montre toujours les trois mêmes périodes (nuit, jour et transitions) mais les zones de transitions ne sont pas aussi homogènes que sur d'autres sites et se trouvent mêler avec le jour et la nuit.

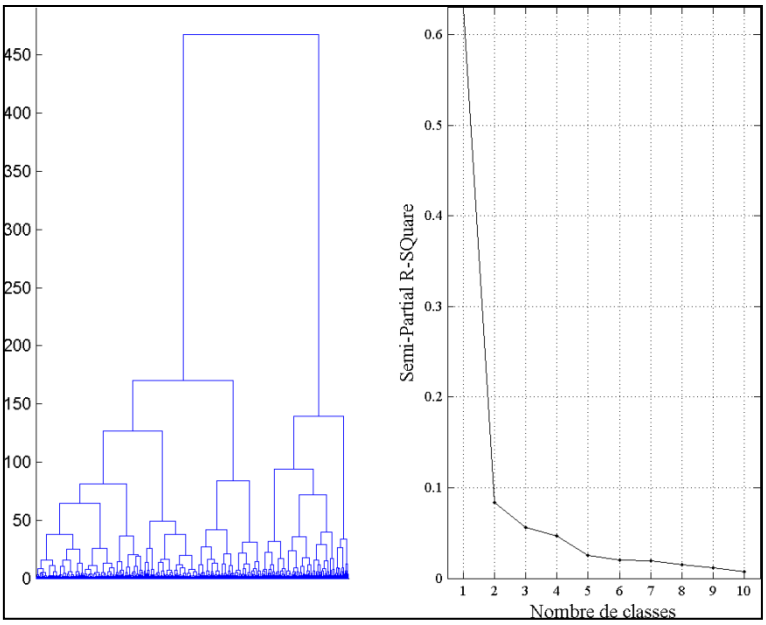


Figure 47 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

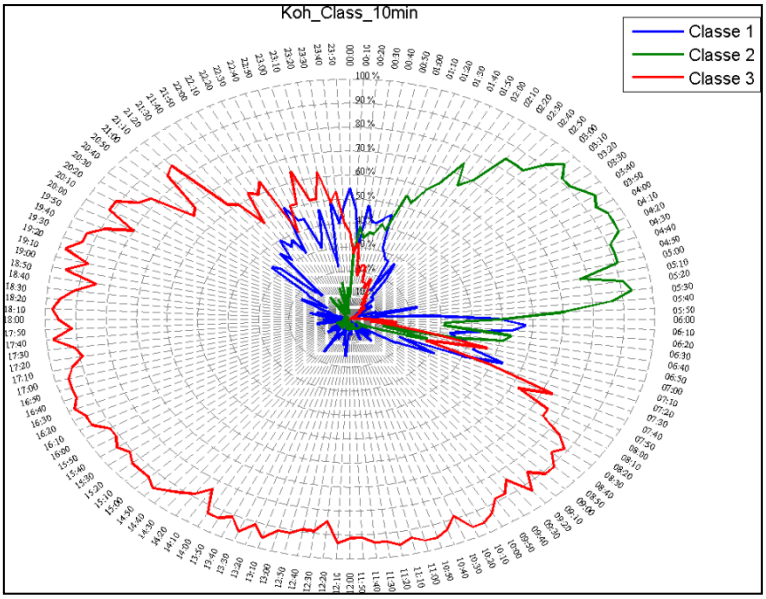


Figure 48 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Cette confusion se retrouve d'ailleurs sur le poids de chaque neurone dans la carte de Kohonen où les variables influentes sur le découpage de la carte n'est pas aussi clair que sur d'autres sites. En effet, le L_{Aeq} (Figure 49(a)) est faible à moyen pour la nuit, moyen dans les zones de transition (Classe 1) et fort le jour mais avec certaines périodes avec un niveau moyen. La confusion entre ces trois super-classes est donc assez grande au regard du L_{Aeq}. Le L_{A10} (Figure 49(b)) semble un peu mieux représenter les trois périodes avec des niveaux faibles pour la nuit, forts pour le jour et moyens pour les transitions. Le nombre d'évènements

dont le niveau dépasse le L_{A10} (Figure 49(c)) peut quant à lui décrire la frontière entre la Classe 1 (transition) et la Classe 3 (jour).

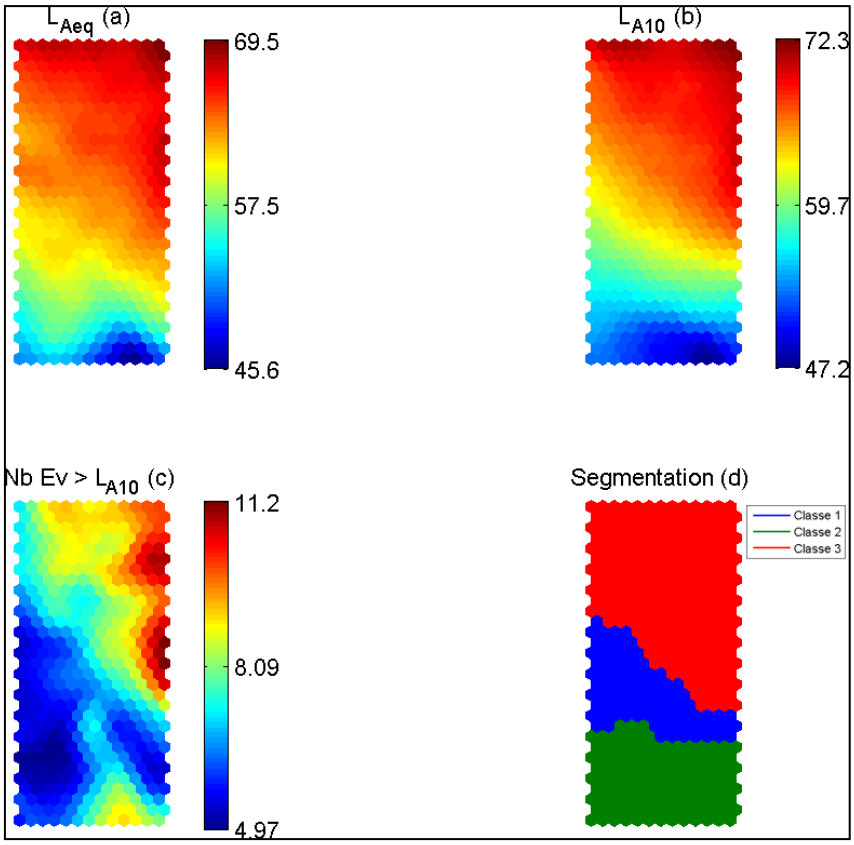


Figure 49 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b : dB(A); c : nombre d'évènements en 5 min).

3.2.6 RUE MOUFFETARD (MOUF)

3.2.6.1 RYTHME DES JOURS (24H)

Le dernier site retenu dans l'étude du maillage temporel qui se situe dans la rue Mouffetard, présente un rythme de chaque jour assez singulier, avec notamment un pic qui apparait à 14:00 tous les jours à l'exception du lundi (Figure 50). De plus, la nuit continue les dimanches nous a amené à sélectionner comme jours d'étude pour ce site les mardis, mercredis, jeudis, vendredis et samedis.

Le type même du lieu permet sans doute d'expliquer la différence de rythme observée les dimanches et les lundis. En effet, la rue Mouffetard est une rue piétonne dont le rythme est principalement dicté par les commerces qui s'y trouvent. Or, en ce lieu, dimanche et lundi sont les jours de fermeture de ces commerces. Ce qui explique les rythmes différents constatés ces deux jours.

Il est intéressant de noter que parmi les six lieux d'études sélectionnés, la rue Mouffetard est le seul site ou les samedis ont été gardés pour les analyses car semblables aux autres jours de la semaine.

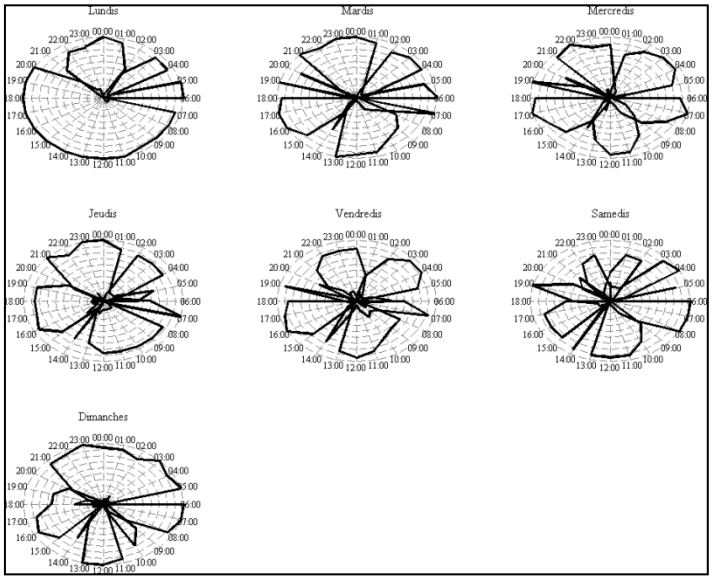


Figure 50 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

3.2.6.2 CLASSIFICATION CONJOINTE SUR LES MESURES DE 1 H

Au regard des indices aidant au choix du nombre de classes à retenir (Figure 51), six super-classes auraient pu être déterminées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h, mais un nombre trop élevé de super-classes reste difficilement interprétable. Aussi, seulement quatre super-classes ont été retenues.

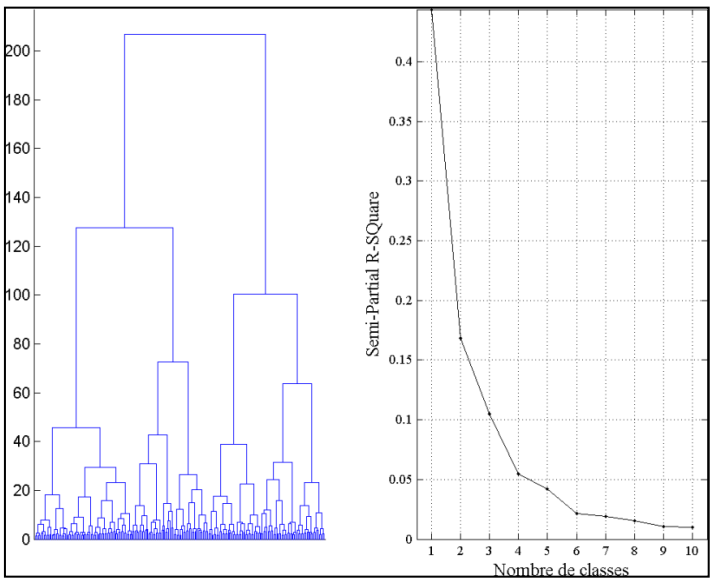


Figure 51 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Sur la répartition de ces quatre super-classes de mesures de 1 h (Figure 52), deux sont clairement identifiables comme la nuit (Classe 2) et le jour (Classe 4). Pour les deux autres, nous pouvons supposer que la Classe 1 représente la transition entre le jour et la nuit alors que la Classe 3 est caractéristique du passage de la nuit au jour avec toute fois deux apparitions de cette super-classe à 14:00 et 19:00 (comme déjà remarqué sur le rythme de chacun des jours). La rue Mouffetard étant une zone où les commerces sont très présents, il est fortement probable que cette Classe 3 soit liée à l'ouverture et la fermeture éventuelles de grilles de magasins, voire à certaines livraisons qui pourraient avoir lieu le matin (entre 06:00 et 07:00).

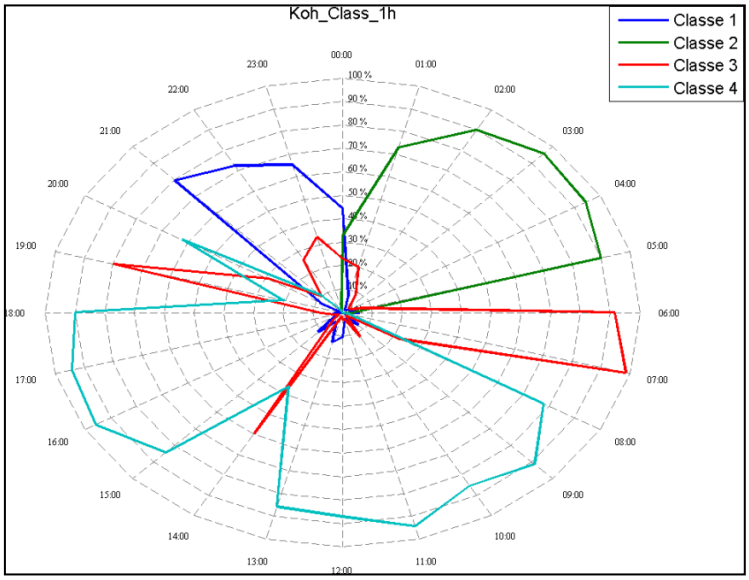


Figure 52 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

3.2.6.3 OPTIMISATION

A partir de la carte de Kohonen construite sur les mesures de 1 h et découpée en quatre super-classes, l'identification des mesures de 5, 10, 15, 20 et 30 min semblables à celle de 1 h conduit aux résultats présentés sur la Figure 53. Ces résultats peuvent prêter à discussion puisque dans le cas de la rue Mouffetard, aucune "cassure" nette n'apparait. Cependant, en regardant le pourcentage d'objets bien classés pour chaque durée de mesure, le gain le plus important se fait en passant de 5 à 10 minutes (+2,2 %) à l'exception bien sûr de la durée de 30 minutes qui présente bien évidement le meilleur pourcentage d'objets bien classé (comme sur tous les autres sites). Autrement dit, une durée de 30 minutes semble être le meilleur choix possible, mais cette durée étant relativement longue, si nous devions abaisser cette durée, et pour être cohérent avec les autres lieux étudiés, 10 min peut être une durée de mesure adéquate.

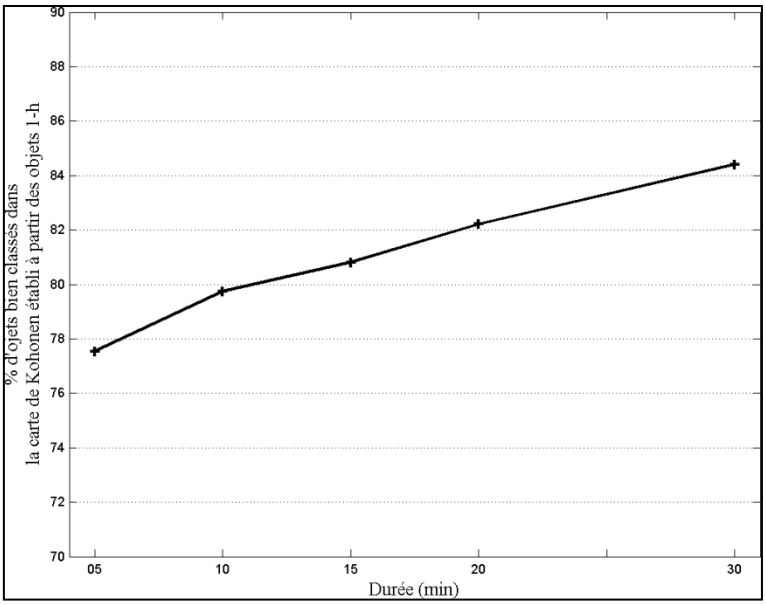


Figure 53 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

3.2.6.4 INTERPRETATION DES CLASSES SUR LA DUREE MINIMISEE

A partir des mesures de 10 minutes la carte de Kohonen établie peut être divisée en quatre super-classes comme le montre les indices présentés sur la Figure 54.

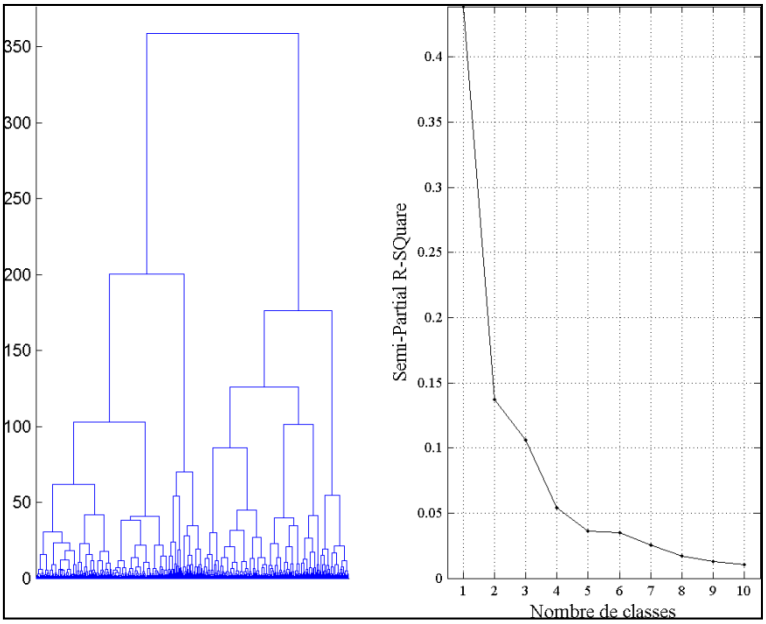


Figure 54 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

Trois de ces super-classes correspondent à un rythme tout à fait classique vis-à-vis de ce qui a été déjà vu jusqu'à présent puisque la Classe 2 est caractéristique de la nuit profonde, d'environ 02:30 à 05:00, la Classe 4 correspond au jour, de 07:30 à près de 21:30, et enfin la

Classe 1 équivaut aux transitions (Figure 55). En revanche la Classe 3 décrit trois pics d'apparition à environ 07:00, 14:00 et 19:00.

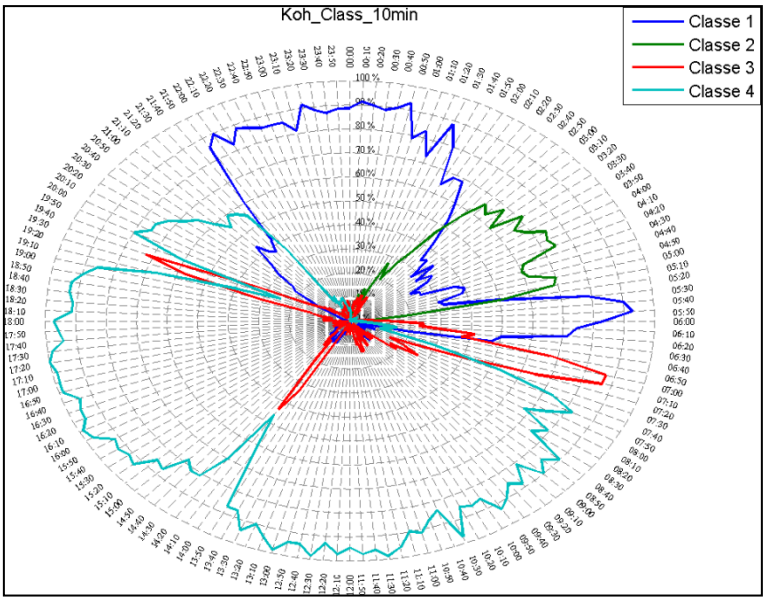


Figure 55 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Compte tenu du positionnement de la station de mesure dans une zone commerçante, il est fort probable que ces apparitions correspondent à des pics d'activités. En effet comme cela est visible sur la Figure 56, c'est au sein de cette super-classe que le L_{A10} est le plus élevé (Figure 56(c)). Compte tenu du type de commerces à proximité de la station de mesure (boucherie, primeur et restaurant) et des heures d'apparition de ces pics (environ 07h00, 14h00 et 19h00), il est fort probable que ces pics correspondent à l'ouverture et à la fermeture des grilles de ces commerces, comme cela a déjà été mentionné sur le rythme établi à partir des mesures de 1 heure au paragraphe 3.2.6.2.

Par ailleurs, il est intéressant de constater sur le poids des neurones de chaque variable que si le L_{Aeq} décrit assez bien la période de nuit avec des niveaux faibles (Figure 56(a)) et que le L_{A90} (figure 56(b)) permet notamment de marquer la frontière entre la Classe 1 et la Classe 4 (niveaux faibles pour la transition et forts pour le jour), le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{Aeq} + 10 dB(A) (Figure 56(d)) présente à lui seul une représentation très proche de la segmentation de la carte elle-même. Ce nombre d'évènements est faible à moyen pour le jour et la nuit, et moyen à fort pour la transition et pour la Classe 3, caractéristique d'évènements ponctuels comme mentionné au paragraphe précédent.

Encore une fois, il convient de noter l'importance du seuil choisi puisque si le nombre d'évènements dont le niveau dépasse le L_{Aeq} + 10 dB(A) permet presque à lui seul de définir toutes les classes, ceci n'est pas le cas lorsque le seuil choisi est le LA10 ou encore 80 dB(A) (*cf.* Annexe 1.6, Figure 225).

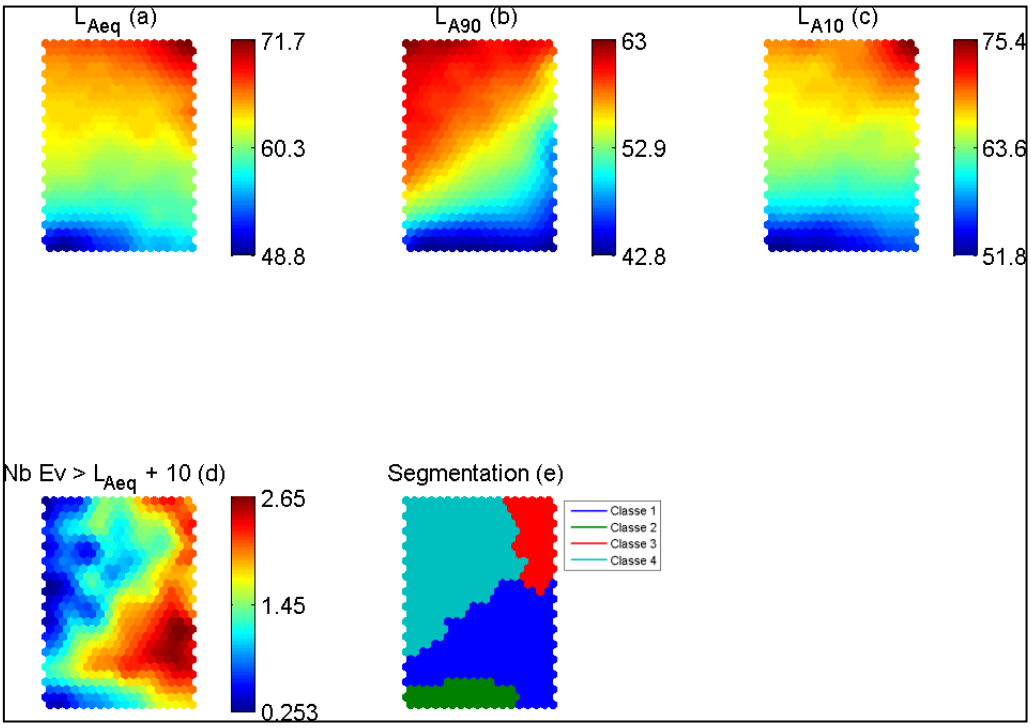


Figure 56 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c : dB(A); d : nombre d'évènements en 5 min).

3.2.7 SYNTHESE DES RESULTATS DE TOUS LES POINTS DE MESURE

Tous les résultats issus de chaque point de mesure sont repris en Annexe 1 (rythme des jours, répartition des classes de la carte de Kohonen établie sur les objets de 1 h, graphique des mesures de durées inférieures bien classées dans la carte de 1 h, répartition des classes de la carte de Kohonen établie sur les objets de durée optimale, représentation des variables et segmentation de la carte de Kohonen établie à partir de la durée optimale).

Le Tableau V regroupe une partie de ces résultats pour chacun des lieux d'étude, à savoir :

- les jours de la semaine utilisés dans l'analyse,
- la durée de mesure optimale,
- le pourcentage de mesures de cette durée optimale bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h,
- les variables importantes pour la segmentation de cette carte de Kohonen.

Tableau V : Synthèse des résultats pour le maillage temporel.

Lieu	Jours de la semaine utilisés	Durée optimale	% de mesures de durée optimale bien classées	Variables importantes
SEU	Lun, Mar, Mer, Jeu, Ven	10 min	79,6	L_{Aeq}, L_{A5}, σ, Nb Ev > L_{A10}
PASS	Lun, Mar, Mer, Jeu, Ven	10 min	88,1	L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{A90}, L_{A10}, Nb Ev > L_{Aeq}+10
CARR	Lun, Mar, Mer, Jeu, Ven	10 min	89,2	L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{A90}, L_{A10}, Nb Ev > L_{A10}
BERC	Lun, Mar, Jeu, Ven	20 min	82,4	L_{Aeq}, L_{A90}, L_{A10}, Nb Ev > 75 dB, Nb Ev > L_{Aeq} + 15
EPEE	Lun, Mar, Mer, Jeu, Ven	10 min	81,5	L_{Aeq}, L_{A10}, Nb Ev > L_{A10}
MOUF	Mar, Mer, Jeu, Ven, Sam	10 min	79,8	L_{Aeq}, L_{A90}, L_{A10}, Nb Ev > L_{Aeq}+10

Dans le Tableau V ci-dessus il est possible de voir les jours qui ont été retenus pour établir une durée de mesure optimale selon le lieu étudié. La sélection de ces jours a été faite en fonction des rythmes de journée de chacun des sept jours de la semaine. En comparant les lieux entre eux (Figure 15, Figure 22, Figure 29, Figure 36, Figure 43 et Figure 50) il apparaît

que ces rythmes sont fortement dépendants du lieu. Si pour les lieux SEU (parc) et PASS (boulevard) il n'a pas été possible d'aller au-delà de deux classes (nuit et jour) en revanche pour les sites CARR (carrefour) et EPEE (rue circulée) une troisième classe aura permis de mettre en évidence une transition entre la nuit et le jour et inversement. Pour les deux autres sites, BERC (rue circulée à proximité d'une école) et MOUF (marché, rue piétonne) où les voix sont omniprésentes, il aura fallu quatre classes pour définir le rythme des journées mettant en évidence des moments particuliers comme par exemple ce qui correspond probablement aux moments de récréation au niveau de l'école.

Pour ce qui est des variables importantes à retenir, les mêmes reviennent quasiment sur tous les sites, à savoir les indicateurs L_{Aeq}, L_{A90} et L_{A10}. Dans le parc seulement il semble que l'écart-type du L_{Aeq} (σ) ne soit pas à négliger puisqu'il permet de mettre en évidence la transition entre la nuit et le jour. Enfin, une variable liée au nombre d'événements dépassant un certain niveau est systématiquement nécessaire. Ce seuil est d'ailleurs à déterminer avec précaution en fonction du lieu considéré. Un seuil fixe quel que soit le lieu, parfois trop élevé, implique une perte d'information. Par exemple dans le parc (Figure 28) les seuils de 75 dB(A) et 80 dB(A) étant trop forts, aucun événement n'a pu être détecté. Il semble donc plus pertinent de prendre un seuil relatif au lieu étudié. Les seuils de L_{A10} ou L_{Aeq} + 10 sont donc à retenir pour l'ensemble des lieux étudiés. Par ailleurs, compte tenu des observations, il semble que le nombre d'événements soit plus représentatif que le pourcentage de temps d'apparition. Cependant, l'interprétation de ce nombre d'évènements dont le niveau dépasse un certain seuil mérite une attention toute particulière puisqu'il est très relatif au seuil choisi. Pour de mêmes périodes, ce nombre d'évènements, bien que caractéristique, peut être parfois élevé et parfois faible. Quoiqu'il en soit, les événements ne sont pas à négliger. Dans le cadre de cette étude temporelle, les événements n'ont pu être définis qu'à partir d'un niveau seuil, mais à l'avenir, une reconnaissance des événements en fonction de la source sonore peut s'avérer fort utile.

Enfin, concernant le temps de mesure acoustique optimale, il apparaît qu'une durée de 10 minutes est assez longue pour caractériser l'environnement sonore de tous les lieux étudiés à l'exception de la rue de Bercy (BERC). Il est bien entendu que cette durée est une longueur optimale, c'est-à-dire suffisamment longue pour contenir toute l'information nécessaire mais assez courte pour gagner du temps dans la pratique. Dans le cas particulier de la rue de Bercy, la durée optimale est donc plutôt de 20 minutes. La Figure 39 tend à montrer qu'une mesure de plus courte durée serait effectivement préjudiciable, bien que la référence de 1 heure ne soit pas forcément la bonne.

3.3 CONCLUSION

Le but principal de cette partie de l'étude était de déterminer la durée optimale pour mesurer les indicateurs caractéristiques de différents environnements acoustiques. A partir de séquences de mesure de différentes durées (une heure, trente minutes, vingt minutes, quinze minutes, dix minutes et cinq minutes) nous avons pu établir à travers des classifications de Ward et de Kohonen qu'en se basant sur des mesures de 1 heure comme référence, une durée de 10 minutes semble suffire pour distinguer les différentes périodes des vingt-quatre heures de la journée. Toutefois, pour un seul site, celui de BERCY principalement rythmé par les activités d'une école, la durée de mesure optimale est plutôt de l'ordre de 20 minutes. Cette durée permet de mettre en évidence des phénomènes qui n'apparaissent pas avec des mesures de 1 heure, ce qui nous laisse penser que dans ce cas précis, les mesures de 1 heure n'était peut-être pas la bonne référence.

En outre, des indicateurs d'énergie comme le L_{Aeq}, le L_{A10} ou le L_{A90} et des indicateurs d'événements sont nécessaires afin de caractériser les classes. Dans l'étude du maillage temporel, ces indicateurs d'évènements étaient un nombre d'évènements dont le niveau dépassait un certain seuil. Les seuils les plus pertinents sont souvent le L_{A10} ou le L_{Aeq} + 10 ou 15 dB(A). Toutefois, le nombre d'évènements est donc très relatif au seuil lui-même.

Les résultats obtenus sur la durée optimale sont en concordance avec une étude réalisée à Aix-en-Provence [LAVANDIER 2003] qui conclut notamment que pour des boulevards, une durée de 5 minutes d'enregistrement est suffisante, alors que pour des enceintes plus calmes, des mesures de 15 minutes sont plus appropriées.

En conclusion, pour la suite de l'étude, nous avons donc choisi d'effectuer des mesures de durée située entre 10 et 20 minutes, à savoir 15 minutes quel que soit le lieu étudié.

4 MAILLAGE SPATIAL

4.1 METHODOLOGIE

4.1.1 CAMPAGNE DE MESURES

Comme mentionné au paragraphe 3.1.1, les lieux choisis pour le maillage spatial étaient principalement liés à la contrainte suivante : réunir plusieurs ambiances sonores typées sur une distance raisonnable afin de pouvoir réaliser des mesures acoustiques, espacées régulièrement d'un point de vue spatial et selon un pas suffisamment réduit pour déterminer la distance qui différencie deux situations distinctes. Pour ces raisons les lieux d'étude choisis pour le maillage spatial sont les mêmes que pour le maillage temporel. Il s'agit de deux quartiers de Paris, un dans le 12ème arrondissement et un dans le 5ème arrondissement (*cf.* § 3.1.1). En ces lieux 70 enregistrements acoustiques de 15 minutes ont été réalisés tous les 7 à 8 mètres, soit une distance totale couverte d'environ 600 mètres. Parmi ces 70 enregistrements, 46 ont été conduits sur le site de Bercy (12ème arrondissement) et 24 sur le site de Mouffetard (5ème arrondissement).

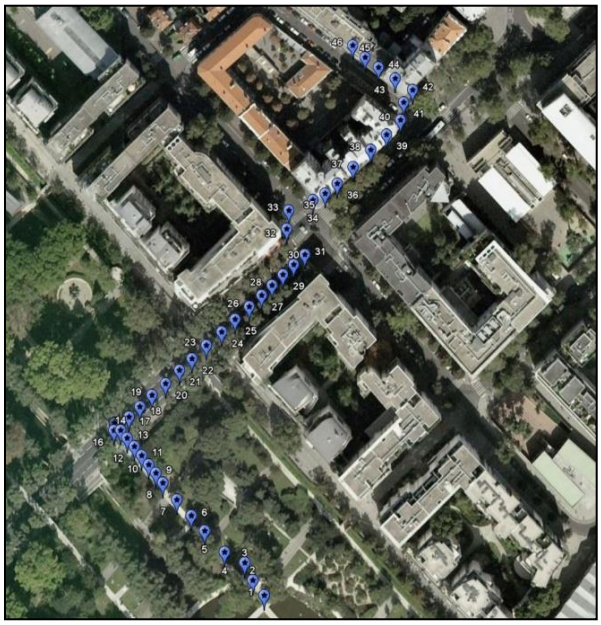


Figure 57 : Description du parcours sur le site de Bercy (12ème arrondissement).

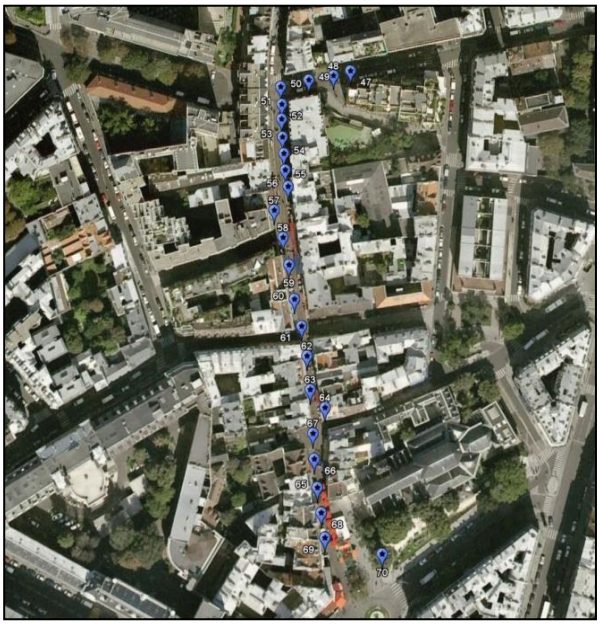


Figure 58 : Description du parcours sur le site de Mouffetard (5ème arrondissement).

Comme on peut le voir sur la Figure 57 et Figure 58, le parcours suivi allait du Parc de Bercy jusqu'à la rue de Bercy en longeant le boulevard Joseph Kessel en ce qui concerne le premier site. Il démarrait dans la rue de l'Epée de Bois et redescendait jusqu'au bas de la rue Mouffetard pour ce qui est du second site.

Les matériels utilisés pour cette campagne de mesure étaient des sonomètres de type BlueSolo de la société 01dB-Metravib que nous avons placés sur trépied à une hauteur d'environ 1,70 mètre. Les Figure 59, Figure 60 et Figure 61 présentent quelques exemples de lieux sur le site "Bercy" et les Figure 62, Figure 63 et Figure 64 présentent quelques exemples de lieux sur le site "Mouffetard".

Puisque nous voulions étudier dans cette partie de l'étude l'effet du maillage spatial, nous devions être sûrs que la différence entre deux mesures provenait de la distance qui les sépare dans l'espace et non pas dans le temps. Autrement dit, deux points sont différents parce qu'ils ne sont pas situés au même endroit et non parce qu'ils n'ont pas été mesurés en même temps. Idéalement, pour s'affranchir de cette contrainte temporelle, il aurait fallu réaliser les 70 mesures acoustiques au même moment. Cette solution n'étant bien sûr pas réalisable, nous avons choisi en nous appuyant sur la partie précédente de l'étude (maillage temporel) d'effectuer des enregistrements sonores de 15 minutes au cours des mois de juillet, septembre et octobre durant des périodes relativement homogènes sur tous les sites de mesure, c'est-à-dire les mardis, mercredis et jeudis entre 9h et 11h du matin en évitant le mercredi pour les points de mesures 44 à 46. Ces points de mesure correspondent au lieu de mesure longue durée BERC (§ 3.2.4.1).

Figure 59 : Parc de Bercy.

Figure 60 : Boulevard Joseph Kessel.

Figure 61 : Rue de Bercy.

Figure 63 : Rue Mouffetard.

Figure 62 : Rue de l'épée de bois.

Figure 64 : Place Mouffetard.

4.1.2 INDICATEURS

De même que pour le maillage temporel, deux types d'indicateurs ont été retenus, à savoir des indicateurs énergétiques et des indicateurs événementiels.

4.1.2.1 INDICATEURS ENERGETIQUES

Parmi tous les indicateurs énergétiques utilisés dans l'étude précédente (maillage temporel), quatre ont été retenus pour discriminer l'espace. Il s'agit des indices L_{Aeq}, L_{A90}, L_{A10} et de l'écart-type σ. Lors de l'étude du maillage temporel, le L_{A95} et le L_{A5} comparés respectivement aux L_{A90} et au L_{A10} ne se sont pas révélés être de meilleurs indicateurs. De la même façon, le $L_{A10} - L_{A90}$ ainsi que le TNI n'apportaient pas d'information supplémentaire. En conséquence, ces quatre indicateurs énergétiques n'ont pas été retenus lors de l'étude du maillage spatial.

4.1.2.2 INDICATEURS EVENEMENTIELS

L'analyse du maillage temporel a permis de constater que les événements avaient une importance dans la caractérisation des environnements sonores. Au cours de cette analyse, la longue durée des mesures (3 mois) couplée à l'absence de reconnaissance automatique des sources sonores nous a contraints à n'utiliser que des indicateurs d'événements sur seuil. Or, dans l'étude du maillage spatial, la durée totale des enregistrements (70 x 15 minutes) est moindre. Bien que fastidieux et très long, il a été possible de coder (identifier) manuellement les sources sonores sur chaque enregistrement. Mais quelles étaient donc ces sources sonores ?

Les sources sonores les plus généralement citées en environnement urbain sont généralement les voitures, les cyclomoteurs, les motos, les autobus, les voix d'adultes et les voix d'enfants [LEOBON 1995]. La plupart des études qui portent sur l'environnement sonore urbain nécessitent donc une classification des sources sonores qui le composent. En 2009, dans une étude présentant un outil de caractérisation d'un ou plusieurs environnements sonores composés de différentes sources sonores [MATSUI 2009], MATSUI T. *et al.* Ont mesuré plusieurs environnements sonores en différents points de Kyoto, Japon, et ont re-classifié les sources sonores suivant cinq catégories de sources : les véhicules (voitures, motos), les oiseaux (petits oiseaux, corbeaux), les insectes, les sources diverses et variées, et enfin les inconnues (sources non identifiables).Plus récemment encore, MOREL J. *et al.* ont montré à travers une tache de catégorisation que 57 passages de véhicules (définis *a priori* comme des véhicules légers, des poids lourds et des deux-roues) pouvaient être regroupés en 7 classes, dépendant du type de véhicule et "des conditions d'allure". Ces 7 catégories sont les suivantes : passage de deux-roues à vitesse constante; passage de deux-roues en accélération : passage de véhicules légers et de poids lourds à vitesse constante; passage de deux-roues en décélération; passage de véhicules légers et de poids lourds en décélération; passage de véhicules légers en accélération; passage de poids lourds en accélération [MOREL 2012]. Enfin, en 2011, BROWN A.L. *et al.* ont proposé une classification possible des sources qui composent un environnement acoustique urbain [BROWN 2011]. La représentation schématique de cette classification est donnée sur la Figure 65. Dans cette classification, l'environnement sonore urbain est composé de deux catégories de sons, les sons générés par l'activité humaine et les sons non générés par l'activité humaine. Chacune de ces catégories est divisée en deux sous-catégories pour les sons non générés par l'activité humaine et en six sous-catégories pour les sons générés par l'activité humaine. Chaque sous-catégorie est

également divisée en plusieurs sous-classes. Par exemple, les sons générés par l'activité humaine se décomposent en sons produits par les transports motorisés (trafic routier, trafic ferroviaire, ...), par les mouvements humains (pas), les voix (amplifiées ou non), les sons "électro-mécaniques" tels que les bruits de chantiers, de nettoyage, de ventilation, *etc*. Quant aux sons non générés par l'activité humaine, il s'agit par exemple des animaux domestiques ou des sons de la nature (vent, eau, vie sauvage, ...).

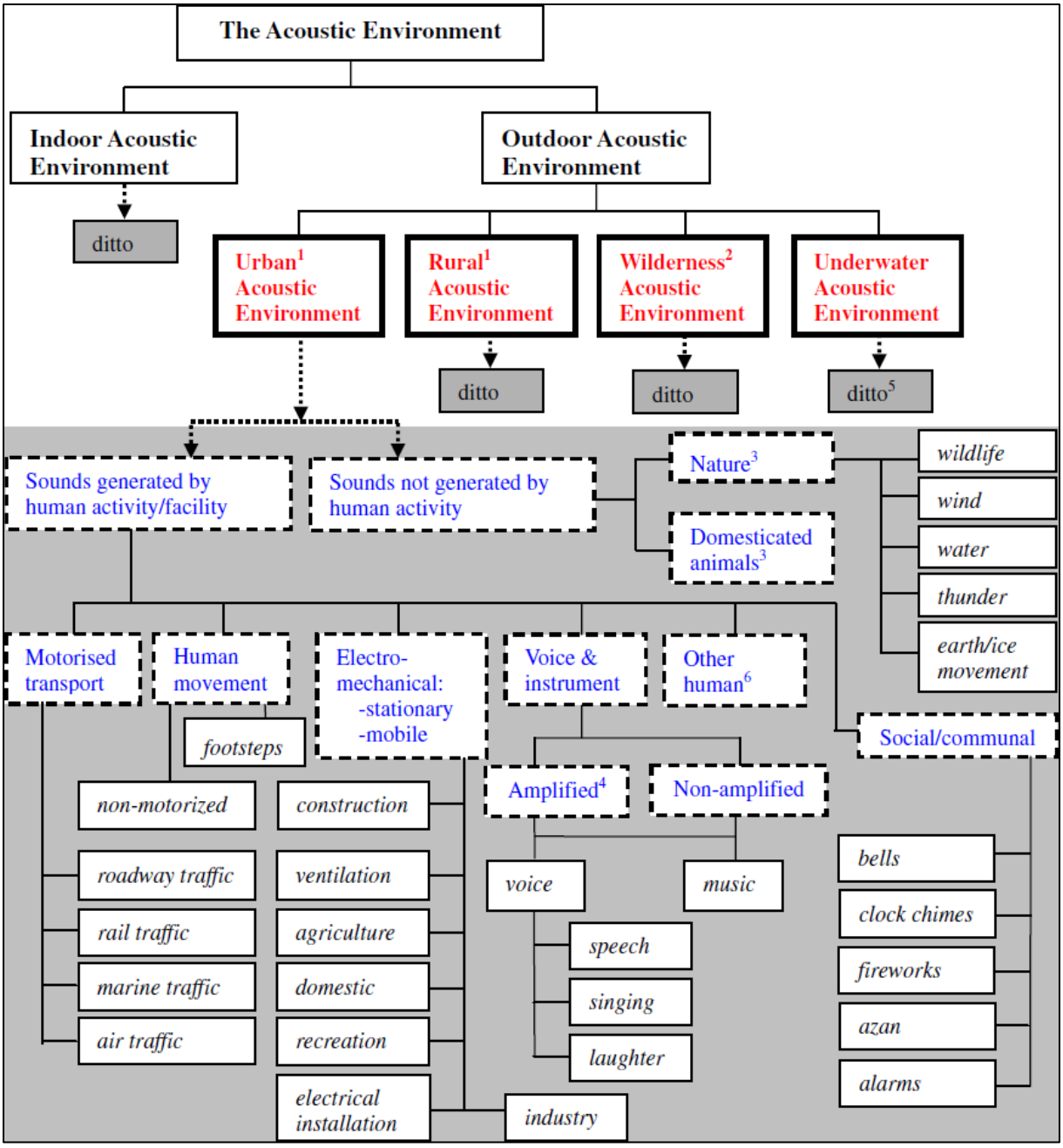


Figure 65 : Classification possible des sources sonores pour l'étude du "soundscape" développée par BROWN A.L *et al.* [BROWN 2011].

Dans le cas de l'étude du maillage spatial, bien qu'antérieure à la classification possible proposée ci-dessus, la plupart des sources citées par BROWN A.L. *et al.* ont été identifiées en s'appuyant notamment sur le travail de doctorat de DEFREVILLE B., qui avait par ailleurs montré, lors de l'évaluation de la présence, de la prégnance et de la proximité de sources sonores telles que les voitures, les motos, les poids lourds, *etc.*, que des confusions existaient entre voitures et motos [DEFREVILLE 2005]. Aussi, dans nos travaux, les sources sonores suivantes ont donc été caractérisées : les véhicules légers (voitures et motos), les poids lourds, les cyclomoteurs, les klaxons et sirènes, les voix, les oiseaux et les activités diverses (livraisons de marchandises, activités commerciales, activités de travail, etc. …). La Figure 66 montre un exemple de ce codage.

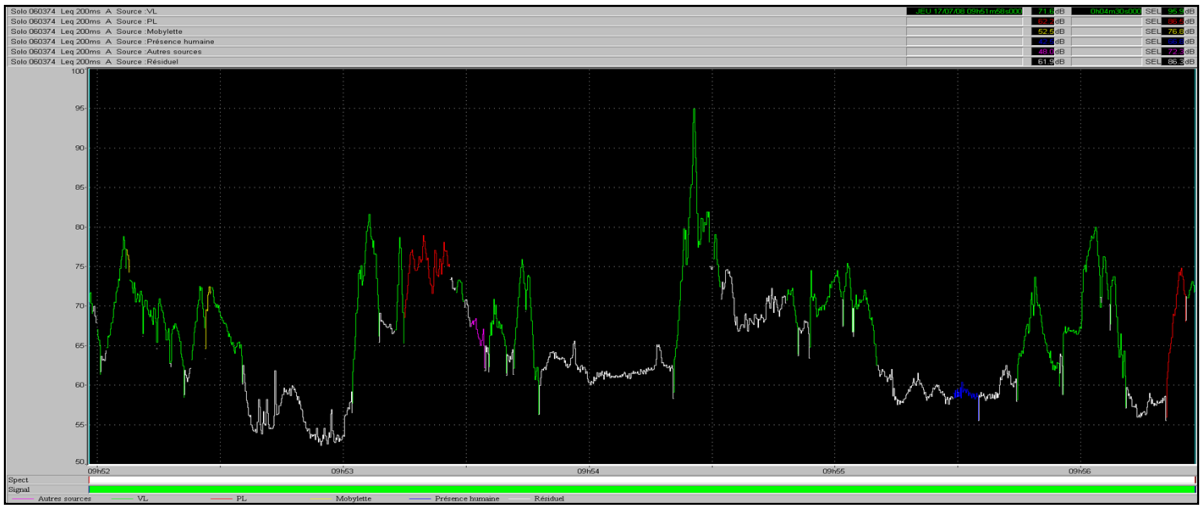


Figure 66 : Exemple d'identification des sources à partir de l'évolution temporelle du $L_{Aeq,1s}$.

Sur l'évolution temporelle du L_{Aeq} apparait en vert le passage de véhicules légers, en rouge les poids lourds, en bleu la présence humaine, etc. …

Des indicateurs spécifiques à chaque type de source ont été calculés à partir de l'évolution du $L_{Aeq,1s}$: le pourcentage de temps de présence %T, qui est le pourcentage du temps où un seul type de source est présent durant les 15 minutes d'enregistrement, et l'émergence calculée comme la différence entre le L_{A10} particulier pour un type de source et le niveau global L_{Aeq}, soit $Em = L_{A10_{part}} - L_{Aeq}$. Chaque source ayant été identifiée en réécoute par un auditeur "expert".

Une remarque particulière est à souligner pour la source "Oiseaux" : s'il est relativement aisé de coder le passage d'un véhicule, il n'en est pas de même pour les chants d'oiseaux. Les chants d'oiseaux ne sont pas assez forts pour masquer les autres sources, mais ils sont

clairement remarqués par les auditeurs. Aussi il a été décidé de noter ces variables de façon globale sur la durée de l'enregistrement. Le pourcentage de temps de présence a été globalement et subjectivement estimé par l'expert, variant de 0 % à 100 % et l'émergence a été distribuée suivant six unités perceptives de 0 à 5.

Tableau VI : Extrait de la base de données utilisée pour le maillage spatial.

Sources	Indicateurs \ Mesures	01	02	…	47	48	…
Indicateurs globaux	L_{Aeq} (dB(A))	54,0	56,8	…	63,5	64,4	…
	Ecart-type (dB(A))	2,1	3,3	…	6,2	4,8	…
	L_{A90} (dB(A))	51,2	51,2	…	49,3	55,0	…
	L_{A10} (dB(A))	56,3	58,0	…	66,4	67,5	…
Véhicules légers (VL)	%T	0,0	0,0	…	9,9	8,9	…
	Emergence (dB(A))	-15,0	-15,0	…	6,4	4,9	…
Poids lourds (PL)	%T	0,0	0,0	…	14,4	5,1	…
	Emergence (dB(A))	-15,0	-15,0	…	6,1	6,1	…
Cyclomoteurs (Mob)	%T	0,0	0,0	…	5,6	4,0	…
	Emergence (dB(A))	-15,0	-15,0	…	11,0	8,7	…
Klaxons / Sirènes (Klax)	%T	11,6	1,2	…	0,3	0,0	…
	Emergence (dB(A))	4,6	-2,5	…	9,2	-15,0	…
Voix (Voix)	%T	1,6	11,7	…	20,2	77,9	…
	Emergence (dB(A))	3,4	-2,3	…	-3,4	2,2	…
Oiseaux (Ois)	%T	100,0	100,0	…	100,0	25,0	…
	Em. (unités perceptives)	5	5	…	3,0	4,0	…
Activités (Act)	%T	8,8	17,2	…	7,9	0,0	…
	Emergence (dB(A))	6,0	9,6	…	63,5	64,4	…

En outre, lorsqu'une source n'est pas entendue, le pourcentage de temps de présence a été évidemment fixé à 0. L'émergence a été déterminée en appliquant une valeur de -15 dB(A), car il a été supposé qu'une source qui est de 15 dB (A) inférieure au niveau équivalent n'est

pas entendue. Nous avons donc au final une base de 18 indicateurs pour chacun des 70 lieux d'enregistrements, comme présenté dans le Tableau VI montrant un échantillon des 18 indicateurs extraits des enregistrements. En Annexe 2 est présentée la totalité de la base de données.

4.1.3 PROCEDURE

La procédure utilisée pour obtenir des résultats à partir de l'analyse du maillage spatial est, à quelques détails près, la même que celle suivie lors de l'analyse du maillage temporel. Concrètement, une classification conjointe (Kohonen / Ward) a été menée sur les données présentées précédemment dans le Tableau VI. Une description de cette méthode a été donnée dans les paragraphes 2.5.1, 2.5.2 et 2.5.3.

Compte tenu du nombre de données relativement faible pour cette étude il aurait été tout à fait possible d'appliquer uniquement une classification de Ward sur les données initiales afin de discrétiser l'espace. Cependant, l'apport des cartes de Kohonen n'est pas négligeable. D'une part les cartes de Kohonen permettent une meilleure compréhension des variables utiles à la discrétisation de l'espace et d'autre part elles permettent de tester de nouvelles données dans le modèle établi. Cette technique est au centre de l'analyse du maillage temporel et sera utilisée plus tard dans l'étude en vérifiant à quel environnement sonore appartiennent les nouveaux terrains d'études exploités sur la ville de Lyon (§ 5.1.1).

De plus, la simple classification de Ward dont les résultats sont visibles sur les Figure 67 et Figure 68 a été testée et a donné des résultats tout à fait similaires à la classification conjointe Kohonen / Ward. Un seul lieu de mesure sur les 70 étudiés (n°45) est classé différemment selon que l'on utilise une classification Ward simple (Figure 68) ou une classification conjointe (Figure 70 dans le paragraphe 4.1.4.1 suivant). Pour comprendre la différence de classification de ce lieu selon la méthode utilisée, il est nécessaire de se projeter dans les paragraphes suivants (§ 4.1.4.1 et § 4.1.4.2) sur la répartition et l'interprétation des classes. Le lieu n°45 se situe dans la rue de Bercy (qui est une rue circulée), à proximité de l'école. Une seule de ces deux particularités de ce site a été révélée par chacune des deux méthodes. En effet, la classification de Ward simple à classer le lieu n°45 dans la Classe 3 qui correspond à une ambiance de boulevard ou de rue circulée (*cf.* § 4.1.4.2) alors que la classification conjointe a plutôt fait ressortir les "voix" présentes sur ce site (dues à la proximité de l'école) en le classant dans la Classe 4, qui correspond à une zone piétonne (*cf.* § 4.1.4.2).

Quoiqu'il en soit, en conséquence de l'extrême similitude entre les deux méthodes, la procédure utilisée a été une classification conjointe, c'est-à-dire une première classification de Kohonen sur les 70 échantillons de mesures de 15 minutes puis une classification de Ward sur la carte de Kohonen résultante en retenant k "super-classes" afin de discrétiser l'espace.

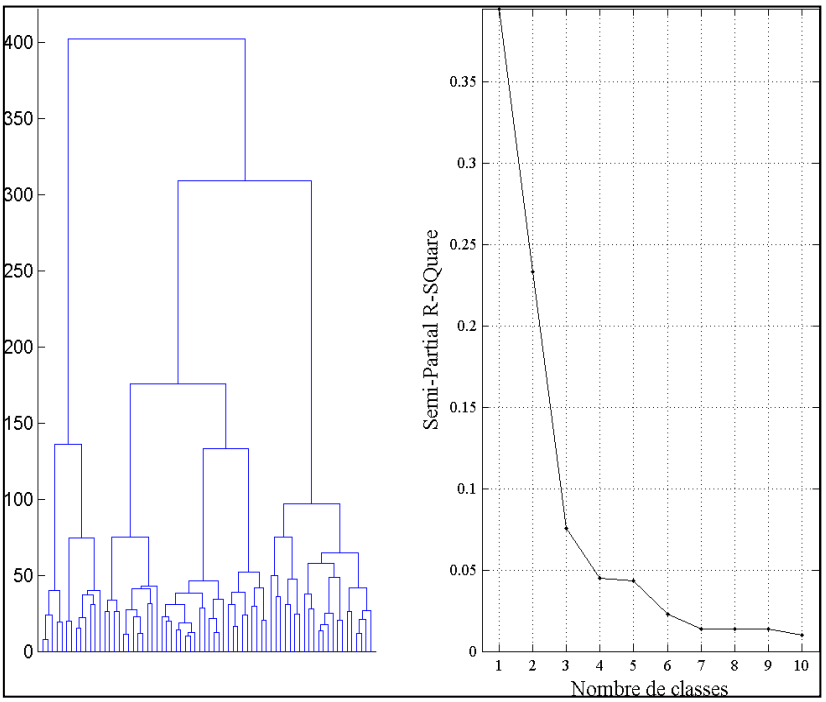


Figure 67 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur les 70 mesures acoustiques de 15 min.

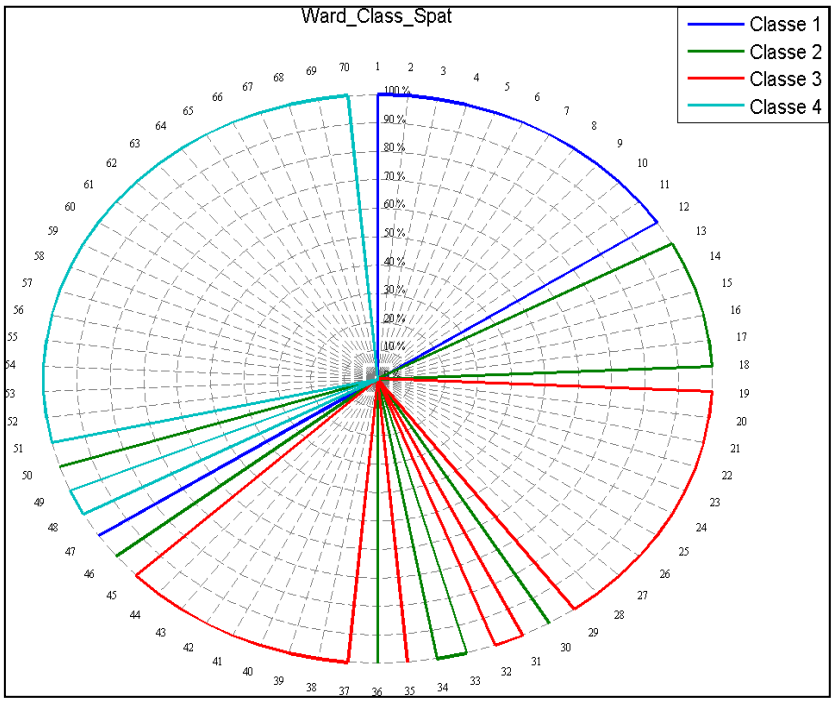


Figure 68 : Répartition des 70 lieux dans les quatre classes issues de la classification de Ward sur les mesures acoustiques de 15 min.

4.1.4 RESULTATS

4.1.4.1 REPARTITION DES CLASSES

La première étape de la classification conjointe a donc été de faire une classification de Kohonen sur la base de données. Pour cela nous avons utilisé une carte de 40 neurones (8 x 5). A partir de la carte de Kohonen, la classification de Ward permet de regrouper les neurones en quatre "super-classes" comme on peut le voir sur la Figure 69.

Tout comme cela a été fait pour le maillage temporel, il est cette fois aussi possible de regarder les quatre super-classes et voir non pas quels neurones ont été regroupés mais les lieux qui ont été codés par ces neurones. On peut donc voir sur la Figure 70 que les lieux 1 à 11 sont regroupés dans la Classe 1 de même que le site 47. Les lieux 51 à 70 qui se trouvent tous sur la rue Mouffetard sont regroupés dans la Classe 4 ainsi que les sites 45, 48 et 49. La Classe 3 est-elle composée des sites 19 à 29, 31,32, 35 et 37 à 43 qui sont tous situés sur le boulevard Joseph Kessel. Enfin, la Classe 2 rassemble les sites 13 à 18, puis des lieux qui sont plus éloignés d'un point de vue géographique, à savoir les lieux 30, 33, 34, 36, 46 et 50.

De cette première analyse, on peut d'ores et déjà conclure que la classification conjointe a conduit au découpage de l'espace sonore étudié en quatre zones distinctes, avec trois zones relativement homogènes qui correspondent globalement à une ambiance de parc (Classe 1), de boulevard circulé (Classe 3) puis de rue piétonne (Classe 4) et une quatrième zone plus hétéroclite qui correspond à ce que l'on pourrait appeler une zone de transition.

L'analyse plus précise de la carte de Kohonen dans le paragraphe 4.1.4.2 suivant permettra de comprendre quelles sont les variables importantes qui différencient ces quatre zones.

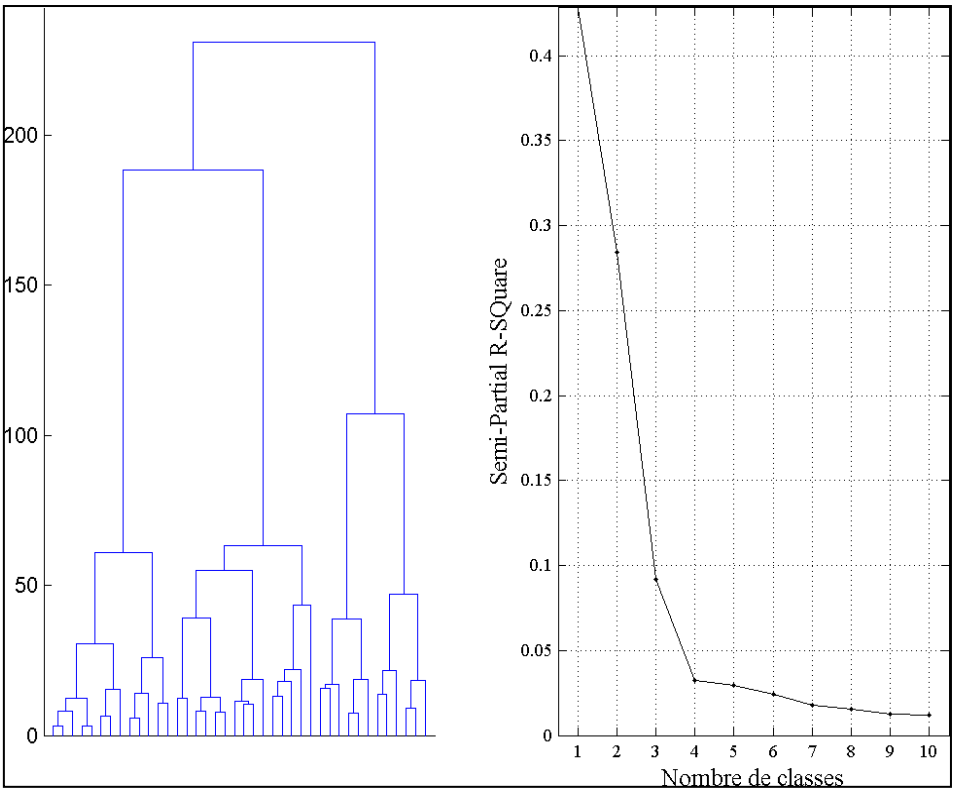


Figure 69 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 15 min.

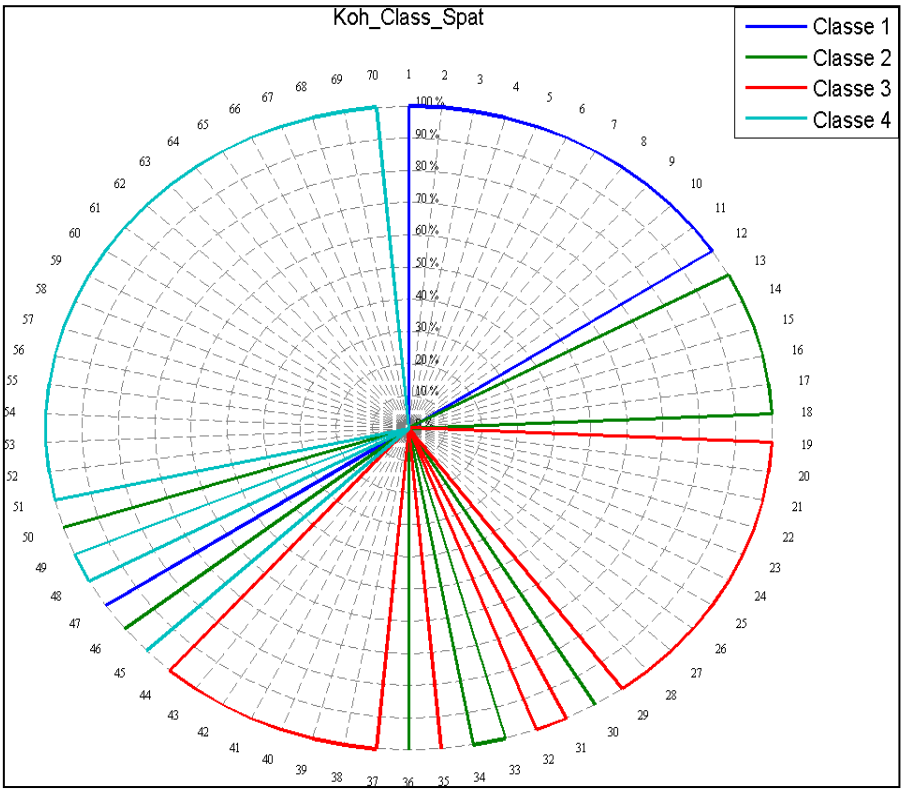


Figure 70 : Répartition des 70 lieux de mesures de 15 min dans chacune des super-classes établies à partir de la classification conjointe.

4.1.4.2 INTERPRETATION DES CLASSES

Le poids final des neurones peut expliquer pourquoi ils ont répondu à un site ou à un autre, et donc fournir des informations sur les variables à partir desquels le regroupement des sites s'effectue dans la classification de Ward.

Sur la Figure 71 il apparaît que les pourcentages de temps de présence des véhicules légers et des poids lourds ont une valeur forte pour les neurones qui appartiennent à la Classe 3, une valeur plutôt moyenne pour les neurones de la Classe 2 et une valeur faible pour les neurones appartenant aux Classe 1 et Classe 4. Mais si on regarde ces deux dernières classes on peut voir toujours sur la Figure 71 que ce qui les différencie est le pourcentage de temps de présence des oiseaux. En effet les neurones de la Classe 4 ont un faible pourcentage de temps de présence des oiseaux alors que pour les neurones de la Classe 1 ce pourcentage est très élevé.

Par ailleurs il est également remarquable que les neurones de la Classe 2 soient caractérisés par la présence ou l'émergence de plusieurs sources variées (véhicules légers, poids lourds, cyclomoteurs, klaxons, oiseaux).

A partir de cette analyse, on peut donc conclure que la Classe 1 correspond à une ambiance de parc. On y retrouve assez logiquement les points de mesures 1 à 12 (situés dans le parc). On remarque également que le point 47 (première mesure effectuée rue de l'Epée de Bois) est également associé à cette zone. Ceci s'explique facilement par la forte présence d'oiseaux (*cf.* Em.Ois dans le Tableau VI) au moment de la mesure.

La Classe 3 concerne le boulevard Joseph Kessel à partir du point de mesure 19 et la rue de Bercy. Elle rassemble des lieux où les niveaux sonores sont élevés (L_{Aeq}) avec une forte présence de véhicules (VL, PL, Mob). Il est intéressant de noter que la rue de l'Epée de Bois (points 47 à 50), qui est également une rue circulée comme la rue de Bercy, se répartit suivant 3 classes. La caractérisation d'une petite rue circulée n'est donc pas si évidente. On peut supposer en outre que nous avons trop peu d'enregistrements dans cette rue pour qu'elle puisse être identifiée par un neurone de la carte de Kohonen.

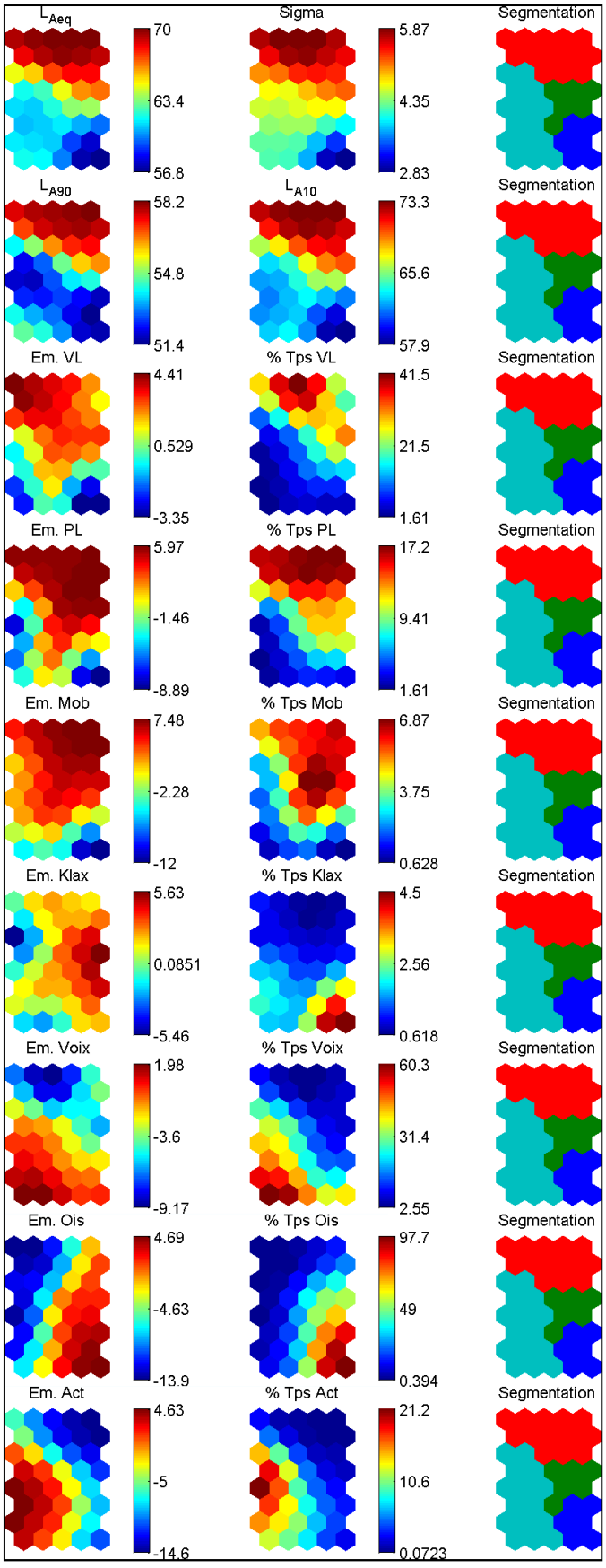


Figure 71 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes.

La Classe 4 regroupe les lieux de la rue piétonne (rue Mouffetard). Elle est caractérisée par une présence élevée de voix et d'activités, un niveau L_{Aeq} assez faible et par conséquent une émergence forte des cyclomoteurs qui circulent parfois dans la rue.

Enfin, la Classe 2 mérite une attention particulière. Les points 13 à 18 sont réunis dans cette zone et caractérisent la transition entre le parc et le boulevard. Les points 30, 33, 34 et 36 ont également activé cette zone de neurones. Ces lieux correspondent physiquement à un carrefour avec des feux tricolores et donc des flux de circulation discontinus. Le point 50 se trouve aussi joint à ce regroupement et se trouve à l'angle de la rue Mouffetard et de la rue de l'épée de Bois. Nous avons mentionné plus haut que cette zone de transition est caractérisée par la présence de nombreuses sources différentes. Mais il est aussi remarquable que les points 23 et 24 qui se trouvent à proximité d'un feu de signalisation tricolore le long du boulevard Joseph Kessel, sont classés avec la zone "route" et non pas avec la zone de transition bien que le trafic ne soit pas continu, au même titre qu'au niveau du carrefour. Il semble donc que même si le trafic de véhicules s'arrête et repart au niveau du signal tricolore le long de la route, cela n'est pas suffisant d'un point de vue acoustique pour classer ces points dans la zone de transition.

L'analyse spatiale montre donc que la transition acoustique entre le parc et le boulevard s'étend sur une cinquantaine de mètres. Aussi, ce n'est qu'à 25 mètres de part et d'autre du carrefour ou des limites du parc que l'environnement sonore peut être considéré comme typé. Cela implique également qu'un enregistrement dans une rue à proximité d'un carrefour n'est pas idéal pour caractériser l'environnement sonore de la rue.

4.2 CONCLUSION

Comme nous pouvions nous y attendre compte tenu de la morphologie des lieux, 3 zones typiques (Classe 1, Classe 3 et Classe 4) ont été mises en évidence à partir des enregistrements sonores. Ces zones sont caractérisées par des environnements sonores homogènes où des sources typiques sont présentes : les oiseaux dans un parc, des véhicules sur la route, des voix et de l'activité dans une rue piétonne et commerciale. En outre, la quatrième zone identifiée (Classe 2) regroupe les ambiances sonores de "transition " où différents types de sources peuvent être entendus. Le maillage spatial ici nous permet de conclure que les situations sonores urbaines peuvent être classées en zones relativement homogènes et typées qui sont juxtaposées entre elles par des zones de transition sonore qui s'étalent sur 50 m environ.

A la vue des résultats sur le maillage temporel et le maillage spatial, il est maintenant possible de bâtir une étude de la qualité de l'environnement sonore, c'est-à-dire sur la perception de l'être humain au sein des lieux typés comme par exemple les boulevards ou les parcs mais également au cœur même des zones de transition. En effet, il nous semble intéressant de comprendre comment les usagers de la ville perçoivent l'ambiance sonore dans ces zones peu typées d'un point de vue acoustique, mais qui pourtant peuvent être typées d'un point de vue architectural.

Nous proposons de baser cette étude de l'agrément sonore de l'environnement urbain sur des enquêtes de terrain dont la localisation devra correspondre à l'étude du maillage spatial réalisée dans ce chapitre (Chapitre4). La durée des enquêtes devra s'établir entre 10 et 15 minutes, durée nécessaire à la caractérisation acoustique des lieux écoutés comme nous l'avons vu au chapitre précédent (Chapitre3).

Dans la suite du travail, nous allons donc étudier les différents lieux évoqués jusqu'ici, parc, boulevards, rue piétonne, transitions ... Les enquêtes seront menées dans deux villes françaises, à savoir Paris et Lyon. A Paris, il s'agira de travailler sur la rue piétonne, un boulevard et les transitions (ces lieux ayant servi au maillage spatial) et à Lyon, les enquêtes se dérouleront dans un parc, sur un boulevard et sur les transitions qui s'y rapportent. L'avantage de ces lieux à Lyon est qu'ils présentent des caractéristiques similaires avec ceux étudiés à Paris pour le maillage spatial tout en étant nouveaux.

5 MODELES DE PREDICTION

5.1 METHODOLOGIE

5.1.1 TERRAIN D'ETUDE

Deux sites ont été choisis pour conduire les enquêtes de terrain qui ont servi à l'élaboration des modèles de qualité de l'environnement sonore. Le premier site se trouve à Paris et correspond géographiquement à la seconde partie du maillage spatial à savoir le 5ème arrondissement de Paris (rue Mouffetard / rue de l'Epée de Bois / boulevard Monge). Le second site se situe à Lyon, dans le 6ème arrondissement, à proximité et dans le parc de la Tête d'Or. Il s'agit d'un grand parc urbain, très fréquenté et bordé par deux boulevards. Dans chacune de ces deux villes, nous avons conduit les enquêtes en quatre points. La localisation exacte de tous ces points est visible sur les Figure 72 et Figure 73.

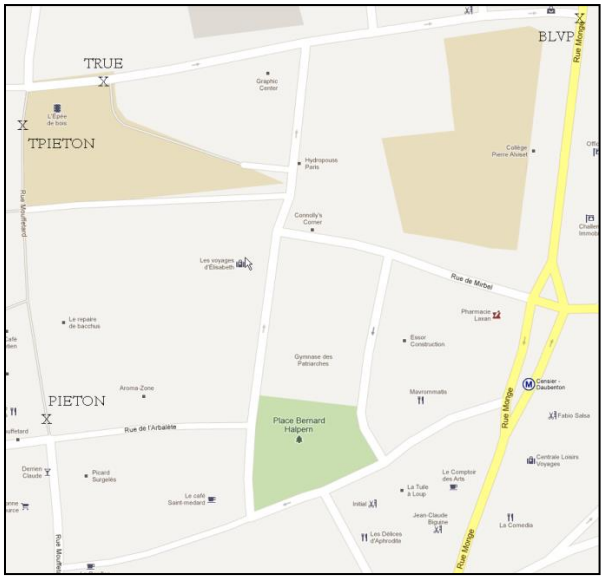


Figure 72 : Lieux d'enquêtes à Paris.

Figure 73 : Lieux d'enquêtes à Lyon.

A Paris, les quatre lieux d'études correspondent à la rue Mouffetard, au boulevard Monge, puis deux points de part et d'autre de la transition rue l'Epée de Bois / rue Mouffetard.

A Lyon, les quatre points choisis se répartissent comme suit : un dans le parc de la Tête d'Or (PARC), un au niveau du boulevard des Belges (BLVL) puis deux de part et d'autre de la porte d'entrée du parc (à moins de 25 m de cette entrée) (TPARC et TBLVL). En chacun de ces lieux d'enquête, des mesures acoustiques ont également été réalisées, mesures qui ont été codées et introduites dans le modèle de maillage spatial établi au chapitre4 sur la ville de Paris. De cette analyse, il ressort que le point d'étude PARC appartient à une ambiance sonore

de parc, le point BLVL appartient lui à une ambiance sonore de boulevard, et parmi les deux autres points de mesures que nous pouvions considérer comme des transitions, suite à l'analyse sur Paris, seul le point de mesure TBLVL appartient effectivement à une zone de transition. Le lieu TPARC a lui été classé dans la catégorie des parcs.

5.1.2 SUJETS

Pour chaque lieu étudié, 40 sujets ont été interrogés, soit 160 pour chaque ville et 320 pour la totalité. Ils ont été interrogés entre 14h et 18h30 afin de se situer temporellement dans la même période. Il s'agissait de passants habitués ou non des lieux. Les seules données personnelles retenues sur les sujets sont le genre et la catégorie d'âge. Cette dernière ayant été jugée par l'enquêteur suivant trois classes : adolescent, adulte, personne âgée.

Bien que ces variables aient été relevées, elles n'ont pas été prises en compte dans l'élaboration des modèles. En effet, des études ont montré que la relation entre les facteurs non acoustiques, genre et âge, et l'évaluation de l'environnement sonore n'était que très peu ou pas significative [YU 2009] [MARRY 2011]. Par ailleurs, un test d'indépendance du χ^2 permet de vérifier sur les données recueillies que le genre n'a pas d'influence sur le jugement de la qualité sonore. Afin de réaliser ce test, les réponses des sujets pour les variables "Agrément sonore" et "Silencieux " (voir paragraphe suivant 5.1.3 pour les variables mesurées) ont été réparties en trois catégories, à savoir pour la variable "Agrément sonore" : Désagréable (note < 3,6), Neutre (3,6 < note <= 6,7) et Agréable (note > 6,7), et pour la variable "Silence" : Bruyant (note < 3,6), Neutre (3,6 < note <= 6,7) et Silencieux (note > 6,7).

La répartition Hommes / Femmes est présentée sur la Figure 74 pour la variable "Agrément sonore" et sur la Figure 75 pour la variable "Silence". A partir de ces répartitions il est possible d'effectuer un test d'indépendance du χ^2 afin de vérifier la dépendance du genre avec les variables "Agrément sonore" ou "Silence".

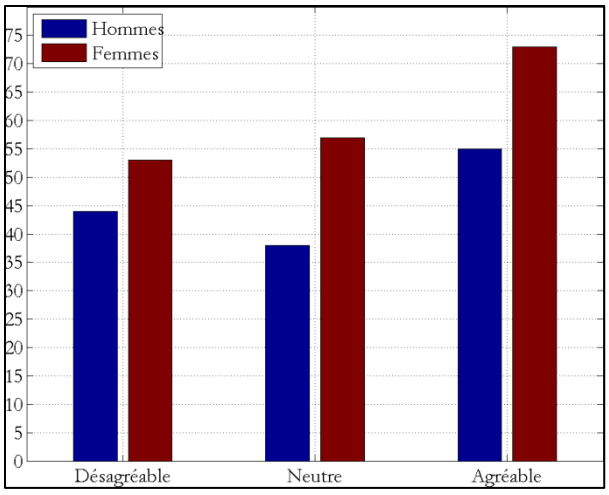


Figure 74 : Répartition Hommes / Femmes dans la notation de l'agrément sonore en trois catégories (χ^2 = 0,57 / p = 0,75).

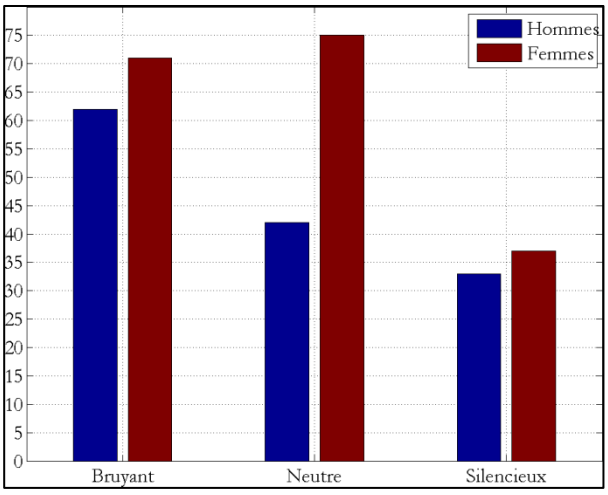


Figure 75 : Répartitions Hommes / Femmes dans la notation de la variable "Silence" en trois catégories (χ^2 = 3,61 / p = 0,16).

Pour la variable "Agrément sonore", la valeur de χ^2 est de 0,57 avec une valeur de probabilité p égale à 0,75. Dans le cas du de la variable "Silence", χ^2 = 3,61 et p = 0,16. Dans les deux cas, la valeur de p supérieure à 0,1 tend à montrer que l'évaluation de l'aspect silencieux ou bruyant de l'environnement sonore et le jugement de l'agrément sonore ne sont pas dépendants du genre.

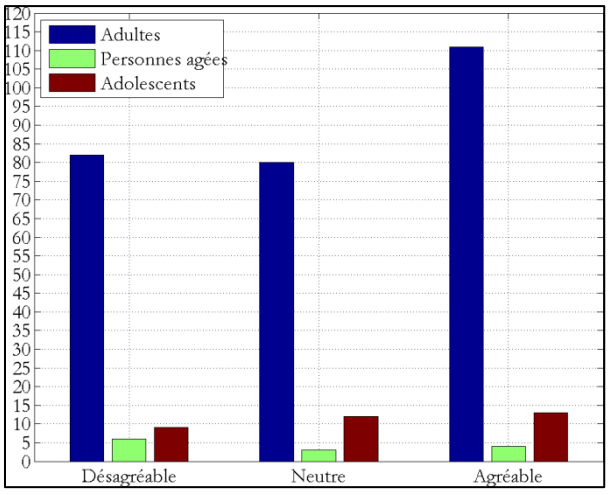


Figure 76 : Répartition Adultes / Personnes âgées / Adolescents dans la notation de l'agrément sonore en trois catégories.

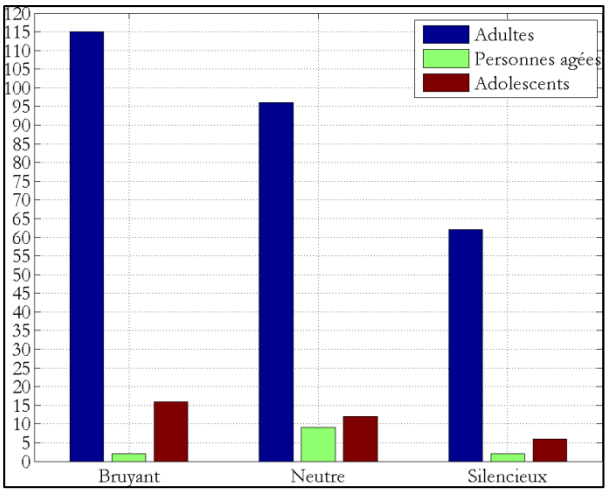


Figure 77 : Répartitions Adultes / Personnes âgées / Adolescents dans la notation de la variable "Silence" en trois catégories.

Concernant l'influence de l'âge, celui-ci a été noté suivant trois catégories : adolescent, adulte et personne âgée. Parmi les 320 sujets interrogés seulement 34 étaient des adolescents et 13 étaient des personnes âgées. Or, pour qu'un test d'indépendance du χ^2 soit valide il faut que chaque effectif soit supérieur à 5, ce qui n'est pas le cas dans notre étude de l'âge comme

cela est visible sur les Figure 76 et Figure 77. De ce fait, nous ne pouvons appliquer un test d'indépendance du χ^2 sur l'âge des sujets.

5.1.3 QUESTIONNAIRE

L'enquête de terrain repose sur un questionnaire (disponible en intégralité en Annexe 3) qui vise à connaître la perception que les gens ont de l'environnement du lieu où ils se trouvent au moment du sondage. Les questions posées portent donc sur le lieu précis et sur l'évaluation de cet environnement pendant la durée du questionnaire (10 minutes environ). Il ne s'agit donc pas dans le cas d'un parc par exemple de recueillir une perception de l'ensemble du parc mais bien de l'environnement sonore dans un périmètre restreint autour de la personne enquêtée.

Etabli à partir de précédentes enquêtes de terrain [VIOLLON 2000b] [RAIMBAULT 2002] [DUBOIS 2006] [GUASTAVINO 2006], le questionnaire comporte essentiellement des questions fermées ainsi que quelques questions ouvertes. Les questions fermées consistent en un différentiel sémantique avec une échelle continue graduée, complétée par un adjectif et une explication du différentiel à chaque extrémité de l'échelle.

Le questionnaire a été construit de façon à ce que les personnes interrogées considèrent dans un premier temps l'environnement dans lequel elles se trouvent d'un point de vue global, puis en s'arrêtant sur divers aspects de l'environnement (acoustique, visuel, qualité de l'air) mais toujours dans leur ensemble, et finalement terminent par l'identification précise des sources sonores. Ainsi, le questionnaire peut être divisé en cinq parties distinctes.

Dans la première partie du questionnaire, il est demandé aux sujets de juger la qualité de l'environnement de façon globale en précisant en quelques mots ce qu'ils trouvent agréable ou désagréable puis de noter cet agrément sur l'échelle présentée.

Par la suite on leur demande de se concentrer sur l'environnement sonore dans sa globalité puis de répondre aux questions posées sur différentes caractéristiques de celui-ci. Sous chaque adjectif une explication est donnée afin de faciliter la compréhension.

Dans la troisième partie, les sujets sont invités à évaluer leur agrément visuel, la qualité de l'air et à statuer sur l'aspect surprenant ou non de l'environnement sonore.

La quatrième partie de l'enquête porte sur les sources sonores. Il est demandé aux sujets de se concentrer sur les sources sonores, de préciser quelles sont celles qu'ils sont capables d'identifier et pour chacune d'elles d'estimer leur intensité sonore et leur temps de présence

(sur la durée de l'entretien). Une fois cette étape terminée une liste de sources sonores est alors présentée et les sujets peuvent préciser si désormais ils remarquent ces sources sonores et auquel cas noter leur intensité et leur temps de présence.

Enfin, cinquième et dernière partie, il est demandé aux sujets dans quelle mesure ils jugent l'environnement sonore approprié à leur activité du moment.

Tableau VII : Liste de toutes les variables perceptives relevées lors des enquêtes.

<table>
<tr><td colspan="3">Variables renseignées</td></tr>
<tr><td>Agréments</td><td colspan="2">Agrément sonore
Agrément global
Agrément visuel
Qualité de l'air perçue</td></tr>
<tr><td>Caractéristiques de l'environnement sonore</td><td colspan="2">Silencieux/Bruyant
Stable/Instable dans le temps
Sans vie/Animé
Enveloppant/Peu enveloppant
Surprenant/Familier
Pas du tout/Très adapté à l'activité</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Sources sonores

Son = Intensité
Pres = Temps de présence</td><td>Son.VL
Pres.VL</td><td>Voitures / Motos</td></tr>
<tr><td>Son.Mob
Pres.Mob</td><td>Cyclomoteurs</td></tr>
<tr><td>Son.PL
Pres.PL</td><td>Poids lourds / Bus</td></tr>
<tr><td>Son.Klax
Pres.Klax</td><td>Klaxons / Sirènes</td></tr>
<tr><td>Son.Act
Pres.Act</td><td>Activités diverses</td></tr>
<tr><td>Son.Hum
Pres.Hum</td><td>Présence humaine</td></tr>
<tr><td>Son.Ois
Pres.Ois</td><td>Oiseaux</td></tr>
<tr><td>Son.Nat
Pres.Nat</td><td>Eléments naturels</td></tr>
</table>

Le Tableau VII présente toutes les variables mesurées pour chacun des sujets interrogés. Chaque variable a été notée sur la même échelle et a été traduite par une valeur allant de 0 à 10.

Tableau VIII : Nombre et pourcentage de sources citées à la première session, à la seconde et au total

Première session (Libre)								
	Activités	Présence Humaine	Klaxons Sirènes	Cyclomoteurs	Nature	Oiseaux	Poids Lourds	Véhicules Légers
	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %
Lyon	4 17,4%	110 71,4%	31 40,8%	8 12,9%	51 61,4%	71 73,2%	22 25,0%	114 74,5%
Paris	78 88,6%	136 87,2%	14 35,0%	34 32,1%	12 34,3%	30 46,2%	9 21,4%	83 55,3%
Total	82 73,9%	246 79,4%	45 38,8%	42 25,0%	63 53,4%	101 62,3%	31 23,8%	197 65,0%
Deuxième session (Imposée)								
	Activités	Présence Humaine	Klaxons Sirènes	Cyclomoteurs	Nature	Oiseaux	Poids Lourds	Véhicules Légers
	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %
Lyon	19 82,6%	44 28,6%	45 59,2%	54 87,1%	32 38,6%	26 26,8%	66 75,0%	39 25,5%
Paris	10 11,4%	20 12,8%	26 65,0%	72 67,9%	23 65,7%	35 53,8%	33 78,6%	67 44,7%
Total	29 26,1%	64 20,6%	71 61,2%	126 75,0%	55 46,6%	61 37,7%	99 76,2%	106 35,0%
Total								
	Activités	Présence Humaine	Klaxons Sirènes	Cyclomoteurs	Nature	Oiseaux	Poids Lourds	Véhicules Légers
	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %	Nb %
Lyon	23 100%	154 100%	76 100%	62 100%	83 100%	97 100%	88 100%	153 100%
Paris	88 100%	156 100%	40 100%	106 100%	35 100%	65 100%	42 100%	150 100%
Total	111 100%	310 100%	116 100%	168 100%	118 100%	162 100%	130 100%	303 100%

Si toutes les analyses présentées ci-après ont été menées sur les données relevées lorsque les sources sonores à identifier étaient imposées (deuxième session), il est cependant intéressant de regarder ce que les sujets ont cité comme sources sonores lorsqu'ils étaient libres de caractériser eux-mêmes les sources (première session). Tous les mots cités par les sujets ont été "traduits" selon leur signification en source sonore telle que nous l'avons définie

afin de pouvoir les compter. A titre d'exemple, lorsque les sujets ont évoqué des "pas", des "voix", des "gens", *etc.* ceci a été comptabilisé en "Présence Humaine". Le Tableau VIII présente le nombre de personnes qui ont entendu les différentes sources durant la première session (libre), le nombre qui les ont entendu uniquement durant la seconde session, c'est-à-dire une fois qu'on leur a dit de se concentrer sur ces sources-là, et enfin la somme des deux sessions. Le comptage a été fait pour Lyon, pour Paris et dans la globalité. Par ailleurs, dans le Tableau VIII se trouve également ce nombre de personnes ramené en pourcentage (par rapport aux nombre total par source sonore).

En comparant les deux sessions, il est intéressant de remarquer que la "Présence humaine" est en général la source sonore qui a été la plus entendue de façon spontanée puisque plus de 79 % des sujets qui ont entendu des bruits liés à la "Présence humaine" l'ont fait de façon naturelle sans qu'on leur fasse remarquer. En se focalisant sur la ville de Lyon, plus de 71 % des personnes interrogées ont entendu spontanément de la "Présence humaine" et plus de 87 % à Paris. Concernant les "Activités", là encore près de 74 % des sujets interrogés ont remarqué cette source naturellement. Cela dit, si parmi les sujets interrogés à Paris plus de 88 % ont répondu durant la première session, en revanche à Lyon, seuls 17,4 % ont été interpellés par cette source. Cela provient sans doute du fait que les "Activités" diverses étaient plus présentes à Paris qu'à Lyon. De la même façon, les "Oiseaux" plus présent à Lyon qu'à Paris du fait de la nature même du lieu (parc), ont été entendu spontanément à Lyon à plus de 73 % contre seulement 46,2 % à Paris pour une chiffre total de 62,3 %. Pour les "Klaxons et sirènes", seulement 38,8 % des sujets les ont entendus spontanément. Cela s'explique probablement par la durée relativement faible de l'interview au cours de laquelle les "Klaxons" ne sont finalement que très peu présents. Il faut inciter les sujets à se focaliser sur cette source sonore pour que dès lors, plus de 61 % d'entre eux estiment l'entendre ou l'avoir entendu.

Concernant les sources sonores liées à la "route" il est intéressant de constater que les "Cyclomoteurs" et les "Poids lourds" ne sont pas des sources sonores entendues spontanément. Environ 87 % des "Cyclomoteurs" entendus à Lyon et environ 68 % de ceux entendus à Paris l'ont été au cours de la deuxième session. De même pour les "Poids lourds", 75 % des sujets interrogés à Lyon et 78,6 % de ceux interrogés à Paris les ont entendus seulement après avoir été incités à le faire. Dans la globalité, 75 % des "Cyclomoteurs" et 76,2 % des "Poids lourds" ont été entendus au cours de la deuxième session alors que seulement 35 % des "Véhicules légers" ont été entendus après avoir demandé aux sujets de les

noter. En résumé, les sujets ont remarqué spontanément les "Véhicules légers" mais pas les "Poids lourds" ni les "Cyclomoteurs". Ce résultat se retrouve en partie dans l'étude de catégorisation des sources sonores du trafic routier urbain de MOREL *et al.* qui a montré qu'à vitesse constante et en décélération les véhicules légers et les poids lourds étaient regroupés dans une même catégorie perceptive [MOREL 2012].

Cette conclusion est toutefois à émettre avec précaution. En effet, dans le Tableau VIII ne sont pas comptabilisés les mots ayant trait au trafic routier en général. En considérant Lyon et Paris réunis, 63 personnes ont utilisé des mots comme "circulation", "trafic", "bruit de la route", *etc.*. Aussi il est plausible que parmi les sujets ayant noté uniquement les "Véhicules légers", sans remarquer les "Cyclomoteurs" ou les "Poids lourds", certains d'entre eux aient assimilés les "Véhicules légers" à une notion plus générale de circulation. Aussi, il est probable que le nombre de personnes ayant remarqué spontanément les "Véhicules légers" ait été surestimé.

5.1.4 PROCEDURE

5.1.4.1 SELECTION DES VARIABLES

Une fois les données recueillies (n sujets x 26 variables) il s'agit à présent de sélectionner les variables utiles à la construction des modèles de prédiction, qu'il s'agisse des modèles basés sur les régressions linéaires multiples ou sur les réseaux de neurones artificiels. En effet, nous voulons expliquer l'agrément sonore (variable dépendante) à partir d'autres variables (variables indépendantes). Or il se peut que parmi toutes ces grandeurs, certaines soient porteuses d'informations redondantes et il est donc intéressant de ne garder que les plus pertinentes. Par ailleurs, compte tenu du nombre limité de sujets comparativement au nombre de variable (et ce particulièrement lorsqu'un seul lieu est étudié), réduire la quantité de variables ne peut être que bénéfique pour l'élaboration des modèles.

En ce sens, une attention particulière a tout d'abord été portée à la distribution des réponses. En effet, un histogramme ainsi qu'un diagramme en boite à moustaches par variable permet de s'assurer d'une certaine variabilité des réponses. Dès lors il apparaît que certaines sources ont un mode nul comme cela est visible sur la Figure 78 pour le temps de présence des poids lourds. Bien que clairement identifiables par l'expert lors de l'interview, ces sources n'ont quasiment jamais été entendues par les personnes sondées. Globalement, pour les sources sonores qui se rapportent au trafic routier, les gens les ont souvent assimilées à la

circulation sans les différencier comme cela a été vu au paragraphe précédent (§ 5.1.3). De même, les sources sonores que sont les activités (commerciale, de travail, …) et les éléments naturels ne sont pas retranscrites par les sujets.

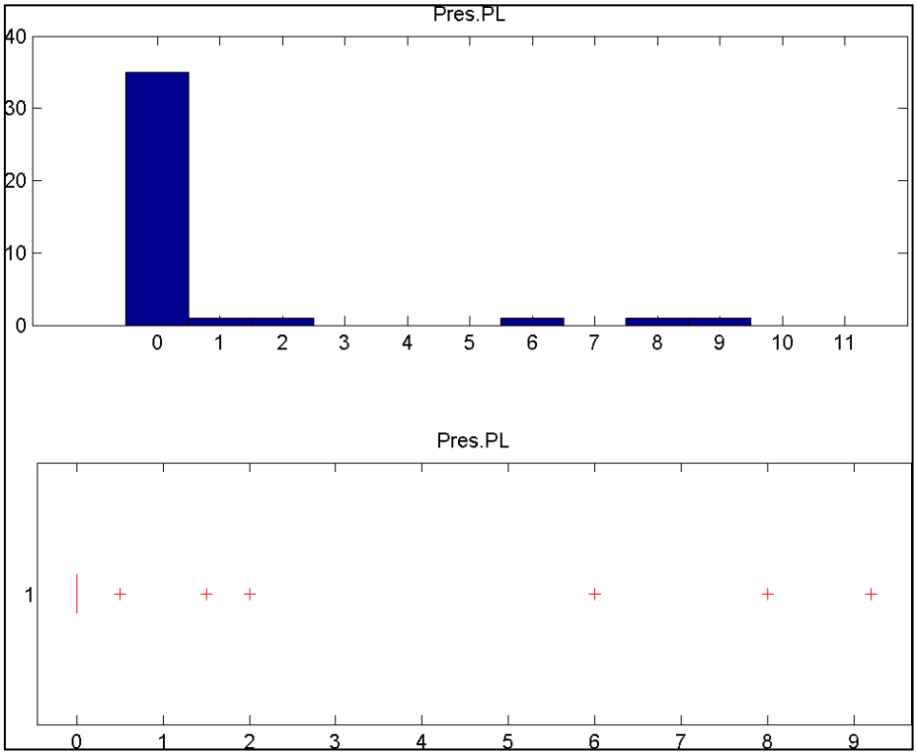


Figure 78 : Histogramme et boite à moustaches pour la variable perceptive Pres.PL (Temps de présence des poids lourds) évaluée au point d'enquête PARC.

Parallèlement à l'étude de la variabilité, les corrélations de Bravais-Pearson entre chaque paire de variables indépendantes au niveau de confiance de 95% ont été regardées. Les calculs des corrélations sont présentés en Annexe 4 pour tous les lieux. Ces calculs permettent donc de ne pas prendre en compte dans le modèle certaines variables dépendantes des autres selon le site étudié. De plus, cette matrice de corrélation permet également de constater que parmi toutes les sources sonores, la sonie perçue (ou leur évaluation de l'intensité) est systématiquement très corrélée au temps de présence estimé. Or, lors d'une précédente étude sur la contribution des sources dans la caractérisation des environnements sonores [LAVANDIER 2006], le temps de présence est apparu être un meilleur indicateur que la sonie pour expliquer la qualité de l'environnement sonore perçu. De ce fait nous avons gardé uniquement cet estimateur lorsque la sonie et la présence étaient corrélées.

5.1.4.2 OPTIMISATION DES BASES DE DONNEES ET DEROULEMENT DES CALCULS

Comme mentionné au paragraphe 2.5.7, une technique de validation croisée a été utilisée pour établir les modèles de prédiction. Le choix des bases de construction et de test se fait en répartissant de façon aléatoire les sujets selon les proportions 70-30 % comme décrit dans ce même paragraphe 2.5.7. Toutefois, les résultats de la régression et du réseau de neurones sont fortement dépendants de cette répartition. Deux bases de construction distinctes peuvent conduire à des résultats de régressions linéaires différents. Aussi pour optimiser le choix des bases de données, nous avons pour chaque point d'enquête tiré de façon aléatoire mille jeux de bases (construction et test) et retenu la combinaison de bases qui donnait le meilleur résultat de régression. Ce que nous appelons meilleur résultat est le meilleur compromis de R_c^2 et de R_t^2 issus des régressions linéaires multiples où R^2 est le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson élevé au carré qui permet de mesurer la corrélation entre les valeurs mesurées et les valeurs prédites. Autrement dit, parmi les mille tirages de bases, nous sélectionnons celui qui donne le meilleur couple (R_c^2, R_t^2). R^2 étant toujours compris entre 0 et 1, le meilleur couple (R_c^2, R_t^2) est celui qui est le plus proche de (1, 1) en termes de distance euclidienne, c'est-à-dire celui qui minimise la grandeur$(\sqrt{1 - R_c^2)^2 + (1 - R_t^2)^2}$.

Si nous avons choisi de sélectionner le meilleur tirage de bases en se fondant sur les résultats issus des régressions linéaires multiples c'est parce que le calcul de la régression linéaire multiple est répétable. Une base de données conduira à un seul modèle de régression. Ceci n'est pas le cas avec les réseaux de neurones, compte tenu de l'initialisation de ceux-ci comme expliqué au paragraphe 2.5.6. On peut néanmoins penser que cette base optimale pour la régression devrait permettre au réseau de neurone un apprentissage à partir d'une répartition des objets optimale pour lui aussi.

Une fois le meilleur tirage de bases sélectionné, il est donc possible de récupérer le modèle de régression associé ainsi que le couple (R_c^2, R_t^2) induit. Puis à partir des meilleures bases de construction et de test nous avons pu établir un modèle de réseau de neurones. Comme mentionné ci-dessus, étant donnée l'initialisation aléatoire des poids liés aux réseaux de neurones, une même base de construction conduira éventuellement à un résultat différent à chaque nouveau modèle calculé. Aussi pour vérifier l'apport des modèles des réseaux de neurones artificiels par rapport aux régressions linéaires multiples, au moins en termes de prédiction, nous avons décidé de chercher un réseau à partir du meilleur tirage de bases et de

ne le retenir que si le couple (R_c^2, R_t^2) issu de ce modèle est meilleur que celui issu de la régression. Autrement dit, si REG représente le modèle de régression et ANN représente celui de réseau de neurones, nous cherchons un réseau de neurone tel que $R_c^2(ANN) > R_c^2(REG)$ et $R_t^2(ANN) > R_t^2(REG)$. Dans le cas où cette condition n'est pas satisfaite, nous rejetons le modèle de réseau de neurones établi et en cherchons un autre à partir des mêmes bases de construction et de test et ce jusqu'à ce que la condition soit satisfaite.

5.1.4.3 ALGORITHME PAS A PAS

En résumé, la démarche utilisée dans cette partie de l'étude est la suivante pour chacun des lieux étudiés :

- Sélection des variables à garder dans le modèle à partir de la distribution de chacune d'elle et des corrélations de Bravais-Pearson entre ces variables,
- Tirage aléatoire de 1000 couples de bases de données (construction et test),
- Calcul d'un modèle de régression linéaire multiple et des coefficients de corrélation associés $R_c^2(REG)$ et $R_t^2(REG)$ pour chacun de ces tirages,
- Choix du couple de bases qui donne le meilleur compromis ($R_c^2(REG)$, $R_t^2(REG)$),
- Calcul d'un modèle de réseau de neurones qui satisfasse la condition $R_c^2(ANN) > R_c^2(REG)$ et $R_t^2(ANN) > R_t^2(REG)$.

5.2 RESULTATS

Tout d'abord, chacun des lieux est étudié indépendamment des autres, afin de voir quelles sont les variables qui interviennent dans l'évaluation de la qualité sonore et comment elles interviennent. Or les modèles essaient d'expliquer la variabilité des réponses. Sur un même lieu, cette variabilité peut provenir des différents événements ayant lieu au moment du passage du questionnaire, ou bien de la variabilité des points de vue de chacun des individus. Or, d'après l'étude du maillage temporel, la variabilité de l'environnement sonore sur 10 à 15 minutes, à une période de l'après-midi variant entre 14h et 18h30 ne devrait pas être prédominante. Cette étude locale va donc révéler les variabilités dans l'environnement sonore dues aux événements ponctuels mais aussi et surtout les variabilités individuelles.

5.2.1 PARC (PARC)

5.2.1.1 SELECTION DES VARIABLES

La première étape des analyses est donc de sélectionner les variables à retenir pour construire les modèles à partir des distributions et des corrélations de ces mêmes variables deux à deux. Une des hypothèses de base de la régression linéaire multiple impose d'avoir un nombre d'observations supérieur au nombre de variables + 1 mais une règle communément admise dans le domaine conseille d'avoir au moins dix fois plus d'observations que de variables indépendantes. Cependant, avec seulement vingt-huit sujets pour construire nos modèles sur un site donné, il est impossible de respecter cette règle. En effet, réduire les modèles à seulement deux ou trois variables explicatives nous priverait inévitablement de certaines informations. C'est pourquoi pour chacun des huit points d'enquête nous avons tenté de réduire dans la mesure du possible le nombre de variables à dix ou onze au maximum.

On rappelle ici que la sélection s'est appuyée sur un choix de variables non corrélées au seuil significatif de 95%. Le tableau complet de ces corrélations est présenté sur la Figure 79.

Lorsque le temps de présence et l'intensité d'une source sont corrélés, seule la présence est sélectionnée. Lorsque les variables n'ont aucune variabilité, elles ne sont pas non plus sélectionnées.

Pour le site PARC dix variables non corrélées entre elles, présentées dans le Tableau IX, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau IX : Liste des variables retenues au point d'enquête PARC.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Agrément visuel	Ag.Vis
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence nature	Pres.Nat
	Présence Oiseaux	Pres.Ois
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Sonie humaine	Son.Hum
	Sonie véhicules légers	Son.VL
	Surprenant	Surp

R	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Adeq	1,000	0,222	0,411	0,513	0,156	-0,428	0,235	0,089	0,110	-0,223	-0,122	0,139	0,168	-0,223	-0,240	0,257	0,101	-0,246	-0,062	-0,148	-0,011	0,219	-0,287	-0,384	-0,343
Ag.Gl	0,222	1,000	0,388	0,546	0,105	-0,266	0,502	0,268	-0,084	0,114	0,067	-0,027	0,038	0,133	0,036	0,093	0,021	-0,181	0,036	0,154	-0,017	0,251	0,166	0,107	-0,029
Ag.Air	0,411	0,388	1,000	0,450	0,185	-0,276	0,126	0,250	-0,091	-0,244	-0,160	-0,084	-0,022	-0,124	-0,322	0,427	0,240	-0,233	-0,205	-0,159	-0,049	-0,006	-0,133	-0,166	0,160
Ag.Vis	0,513	0,546	0,450	1,000	0,044	-0,454	0,176	0,003	-0,198	0,012	0,011	0,168	-0,229	0,029	-0,093	0,312	-0,018	-0,448	-0,032	-0,023	0,101	0,156	0,050	-0,145	-0,050
Anim	0,156	0,105	-0,185	0,044	1,000	0,246	0,117	0,125	0,166	0,000	0,052	0,071	0,351	0,173	0,350	-0,342	-0,011	0,449	-0,092	-0,024	0,100	0,354	0,190	0,030	-0,457
Dyn	-0,428	-0,266	-0,276	-0,454	0,246	1,000	0,044	-0,084	0,112	0,147	0,367	-0,144	0,191	0,013	0,128	-0,383	-0,255	0,658	0,079	0,317	0,054	-0,071	0,117	0,268	0,056
Env	0,235	0,502	0,126	0,176	0,117	0,044	1,000	0,172	0,040	0,162	0,116	-0,081	0,337	0,133	0,107	-0,006	-0,073	0,088	0,139	0,181	-0,116	0,050	0,094	-0,031	-0,005
Pres.Act	0,089	0,268	0,250	0,003	0,125	-0,084	0,172	1,000	-0,074	-0,132	-0,128	-0,364	-0,087	0,005	0,034	-0,226	0,629	0,031	-0,164	-0,151	-0,279	-0,133	-0,028	-0,121	-0,083
Pres.Hum	0,110	-0,084	-0,091	-0,198	0,166	0,112	0,040	-0,074	1,000	0,212	0,229	-0,208	0,130	0,108	0,029	-0,185	-0,110	0,367	0,144	0,086	0,206	0,107	0,168	-0,053	-0,354
Pres.Klax	-0,223	0,114	-0,244	0,012	0,000	0,147	0,162	-0,132	0,212	1,000	0,660	0,186	-0,167	0,373	0,159	-0,194	-0,154	0,215	0,733	0,588	0,012	0,024	0,772	0,279	-0,051
Pres.Mob	-0,122	0,067	-0,160	0,011	0,052	0,367	0,116	-0,128	0,229	0,660	1,000	0,269	0,001	0,239	-0,006	-0,089	-0,234	0,285	0,423	0,671	0,146	-0,030	0,516	0,182	0,021
Pres.Nat	0,139	-0,027	-0,084	0,168	0,071	-0,144	-0,081	-0,364	-0,208	0,186	0,269	1,000	0,001	0,010	0,246	-0,100	-0,222	0,287	-0,153	-0,281	0,044	0,422	-0,088	-0,124	-0,132
Pres.Ois	0,168	0,038	-0,022	-0,229	0,351	0,191	0,337	-0,087	0,130	-0,167	-0,124	0,001	1,000	0,010	0,246	-0,100	-0,222	0,287	-0,153	-0,281	0,044	0,422	-0,088	-0,124	-0,132
Pres.PL	-0,223	0,133	-0,124	0,029	0,173	0,013	0,133	0,005	0,108	0,373	0,151	0,239	0,010	1,000	0,188	-0,331	-0,086	0,149	0,167	0,187	-0,084	-0,080	0,685	-0,021	-0,002
Pres.VL	-0,240	0,036	-0,322	-0,093	0,350	0,128	0,107	0,034	0,029	0,159	0,198	-0,006	0,246	0,188	1,000	-0,190	-0,058	0,215	0,072	0,126	-0,144	0,095	0,248	0,264	-0,174
Sil	0,257	0,093	0,427	0,312	-0,342	-0,383	-0,006	-0,226	-0,185	-0,194	-0,071	-0,089	-0,100	-0,331	-0,190	1,000	0,094	-0,304	-0,181	-0,191	-0,116	-0,053	-0,307	-0,227	0,189
Son.Act	0,101	0,021	0,240	-0,018	-0,011	-0,255	-0,073	0,629	-0,110	-0,154	-0,162	-0,234	-0,222	-0,086	-0,058	0,094	1,000	-0,178	-0,190	-0,382	-0,321	-0,099	-0,195	0,154	0,147
Son.Hum	-0,246	-0,181	-0,233	-0,448	0,449	0,658	0,088	0,031	0,367	0,215	0,285	-0,185	0,287	0,149	0,215	-0,304	-0,178	1,000	0,052	0,242	-0,061	0,059	0,240	0,154	-0,306
Son.Klax	-0,062	0,036	-0,205	-0,032	-0,092	0,079	0,139	0,164	0,144	0,733	0,423	0,169	-0,153	0,167	0,072	-0,181	-0,190	0,052	1,000	0,617	0,161	0,051	0,329	0,342	-0,090
Son.Mob	-0,148	0,154	-0,159	-0,023	-0,024	0,317	0,181	-0,151	0,086	0,588	0,671	0,259	-0,281	0,187	0,126	-0,191	-0,178	0,242	0,617	1,000	0,027	-0,056	0,393	0,372	-0,011
Son.Nat	-0,011	-0,017	-0,049	0,101	0,100	0,054	-0,116	-0,279	0,206	0,012	0,146	0,531	0,044	-0,084	-0,144	-0,116	-0,382	-0,061	0,161	0,027	1,000	0,405	-0,072	0,154	-0,014
Son.Ois	0,219	0,251	-0,006	0,156	0,354	-0,071	0,050	-0,133	0,107	0,024	-0,030	0,187	0,422	-0,080	0,095	-0,053	-0,321	0,059	0,051	-0,056	0,405	1,000	-0,023	0,063	-0,157
Son.PL	-0,287	0,166	-0,133	0,050	0,190	0,117	0,094	-0,028	0,168	0,772	0,516	0,238	-0,088	0,685	0,248	-0,307	-0,099	0,240	0,329	0,393	-0,072	-0,023	1,000	0,139	-0,023
Son.VL	-0,384	0,107	-0,166	-0,145	0,030	0,268	-0,031	-0,121	-0,053	0,279	0,182	0,034	-0,124	-0,021	0,264	-0,227	-0,195	0,154	0,342	0,372	0,154	0,063	0,139	1,000	0,029
Sup	-0,343	-0,029	0,160	-0,050	-0,457	0,056	-0,005	-0,083	-0,354	-0,051	0,021	0,084	-0,132	-0,002	-0,174	0,189	0,147	-0,306	-0,090	-0,011	-0,014	-0,157	-0,023	0,029	1,000

p	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Adeq	1,000	0,168	0,008	0,001	0,336	0,006	0,145	0,586	0,500	0,166	0,454	0,392	0,299	0,166	0,135	0,109	0,533	0,125	0,702	0,362	0,947	0,175	0,073	0,014	0,030
Ag.Gl	0,168	1,000	0,013	0,000	0,518	0,097	0,001	0,094	0,608	0,482	0,682	0,868	0,814	0,412	0,825	0,568	0,896	0,264	0,825	0,342	0,919	0,118	0,306	0,510	0,859
Ag.Air	0,008	0,013	1,000	0,004	0,253	0,084	0,437	0,120	0,578	0,129	0,325	0,605	0,890	0,446	0,042	0,006	0,136	0,148	0,204	0,328	0,763	0,972	0,414	0,307	0,325
Ag.Vis	0,001	0,000	0,004	1,000	0,787	0,003	0,277	0,988	0,220	0,944	0,945	0,300	0,156	0,860	0,567	0,050	0,911	0,004	0,843	0,887	0,537	0,337	0,759	0,370	0,761
Anim	0,336	0,518	0,253	0,787	1,000	0,126	0,472	0,443	0,305	0,999	0,750	0,664	0,999	0,287	0,027	0,031	0,946	0,004	0,573	0,885	0,539	0,025	0,241	0,852	0,003
Dyn	0,006	0,097	0,084	0,003	0,126	1,000	0,786	0,605	0,491	0,364	0,020	0,374	0,238	0,935	0,432	0,015	0,112	0,000	0,630	0,046	0,740	0,662	0,473	0,095	0,729
Env	0,145	0,001	0,437	0,277	0,472	0,786	1,000	0,287	0,806	0,317	0,475	0,618	0,033	0,413	0,510	0,972	0,652	0,591	0,393	0,263	0,477	0,759	0,564	0,847	0,977
Pres.Act	0,586	0,094	0,120	0,988	0,443	0,605	0,287	1,000	0,650	1,000	0,432	0,021	0,592	0,975	0,837	0,160	0,000	0,848	0,313	0,353	0,082	0,413	0,865	0,458	0,612
Pres.Hum	0,500	0,608	0,578	0,220	0,305	0,491	0,806	0,650	1,000	0,190	0,155	0,198	0,424	0,509	0,859	0,254	0,500	0,020	0,376	0,600	0,202	0,509	0,299	0,744	0,025
Pres.Klax	0,166	0,482	0,129	0,944	0,999	0,364	0,317	0,416	0,190	1,000	0,000	0,251	0,302	0,018	0,327	0,230	0,344	0,183	0,000	0,000	0,943	0,881	0,000	0,081	0,752
Pres.Mob	0,454	0,682	0,325	0,945	0,750	0,020	0,475	0,432	0,155	0,000	1,000	0,094	0,448	0,354	0,222	0,665	0,318	0,074	0,007	0,000	0,370	0,855	0,001	0,261	0,898
Pres.Nat	0,392	0,868	0,605	0,300	0,664	0,374	0,418	0,021	0,198	0,251	0,094	1,000	0,996	0,138	0,970	0,583	0,146	0,252	0,298	0,107	0,000	0,247	0,139	0,836	0,605
Pres.Ois	0,299	0,814	0,890	0,156	0,027	0,238	0,033	0,592	0,424	0,302	0,448	0,996	1,000	0,951	0,127	0,539	0,169	0,072	0,347	0,079	0,786	0,007	0,591	0,446	0,416
Pres.PL	0,166	0,412	0,446	0,860	0,287	0,935	0,413	0,975	0,509	0,018	0,354	0,138	0,951	1,000	0,246	0,037	0,597	0,358	0,302	0,248	0,606	0,625	0,000	0,896	0,991
Pres.VL	0,135	0,825	0,042	0,567	0,027	0,432	0,510	0,837	0,859	0,327	0,222	0,970	0,127	0,246	1,000	0,240	0,723	0,182	0,659	0,439	0,375	0,560	0,123	0,100	0,283
Sil	0,109	0,568	0,006	0,050	0,031	0,015	0,972	0,160	0,254	0,230	0,665	0,583	0,539	0,037	0,240	1,000	0,563	0,057	0,264	0,239	0,478	0,743	0,054	0,158	0,244
Son.Act	0,533	0,896	0,136	0,911	0,946	0,112	0,652	0,000	0,500	0,344	0,318	0,146	0,169	0,597	0,723	0,563	1,000	0,273	0,240	0,273	0,015	0,044	0,543	0,228	0,366
Son.Hum	0,125	0,264	0,148	0,004	0,000	0,591	0,848	0,020	0,183	0,074	0,252	0,072	0,358	0,182	0,057	0,273	1,000	0,751	0,133	0,707	0,716	0,135	0,344	0,055	
Son.Klax	0,702	0,825	0,204	0,843	0,573	0,630	0,393	0,313	0,376	0,000	0,007	0,302	0,659	0,264	0,240	0,273	0,751	1,000	0,000	0,322	0,754	0,038	0,754	0,031	0,580
Son.Mob	0,362	0,342	0,328	0,887	0,885	0,046	0,263	0,353	0,600	0,000	0,000	0,107	0,439	0,239	0,375	0,478	0,015	0,000	1,000	0,871	1,000	0,010	0,659	0,018	0,947
Son.Nat	0,947	0,919	0,763	0,537	0,539	0,740	0,477	0,082	0,202	0,943	0,370	0,000	0,786	0,606	0,375	0,478	0,044	0,707	0,322	0,871	1,000	0,010	0,659	0,342	0,934
Son.Ois	0,175	0,118	0,972	0,337	0,025	0,662	0,759	0,413	0,509	0,881	0,855	0,247	0,007	0,625	0,560	0,743	0,044	0,716	0,754	0,729	0,010	1,000	0,889	0,700	0,333
Son.PL	0,073	0,306	0,414	0,759	0,241	0,473	0,564	0,865	0,299	0,000	0,001	0,139	0,591	0,000	0,123	0,054	0,543	0,135	0,038	0,012	0,659	0,889	1,000	0,392	0,890
Son.VL	0,014	0,510	0,307	0,370	0,852	0,095	0,847	0,458	0,744	0,081	0,261	0,836	0,446	0,896	0,100	0,158	0,228	0,344	0,031	0,018	0,342	0,700	0,392	1,000	0,859
Sup	0,030	0,859	0,325	0,761	0,003	0,729	0,977	0,612	0,025	0,752	0,898	0,605	0,416	0,991	0,283	0,244	0,366	0,055	0,580	0,947	0,934	0,333	0,890	0,859	1,000

Figure 79 : Tableau des corrélations des variables mesurées au point PARC et valeurs de p associées

5.2.1.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (1) de la régression linéaire multiple dans le parc est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = 2{,}70 &+ 0{,}26 * Ag.Vis + 0{,}18 * Env - 0{,}11 * Pres.Hum \\ &+ 0{,}20 * Pres.Nat + 0{,}09 * Pres.Ois - 0{,}04 * Pres.VL \\ &+ 0{,}40 * Sil - 0{,}06 * Son.Hum - 0{,}13 * Son.VL \\ &- 0{,}35 * Surp \end{aligned} \quad (1)$$

Chacune des variables ayant été notée sur la même échelle (entre 0 et 10) les coefficients présents dans l'équation sont donc révélateurs de l'importance ou non des variables dans le modèle. Plus le coefficient est important, plus la variable a une influence sur l'agrément sonore. Le signe du coefficient indique pour sa part le sens de la relation entre l'agrément sonore et la variable. Ainsi on peut constater dans l'équation (1) que dans le parc, les trois variables les plus importantes pour expliquer l'agrément sonore (du point de vue du coefficient) sont les variables "Silence", "Surprenant" et "Présence Nature".

Un des moyens de vérifier statistiquement l'importance ou non des variables endogènes est de regarder le t-Student associé à chaque variable. A ce sujet, on peut remarquer sur le tableau X suivant, que la variable "Agrément visuel", bien que non significative, présente un coefficient (0,26) plus important que la variable "Présence Nature" (0,20) qui elle est significative. Le tableau X regroupe pour chacune des variables de l'équation (1), le coefficient de celle-ci dans l'équation, le t-Student et la valeur de p associée.

Tableau X : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	2,70	0,77	0,45
Ag.Vis	0,26	0,74	0,47
Env	0,18	1,39	0,18
Pres.Hum	-0,11	-0,92	0,37
Pres.Nat	0,20	1,78	0,09
Pres.Ois	0,09	0,73	0,48
Pres.VL	-0,04	-0,45	0,66
Sil	0,40	1,82	0,09
Son.Hum	-0,06	-0,41	0,68
Son.VL	-0,13	-0,77	0,45
Surp	-0,35	-2,22	0,04

Il semble ici logique au regard de la valeur du coefficient que la variable "Silence" ait la plus grande influence sur l'agrément sonore avec un coefficient de 0,40. Ceci peut se visualiser sur la Figure 80 (fin du paragraphe 5.2.1.3) qui présente la variabilité des réponses des sujets sur cette variable (modèle de régression en cyan sur la figure). Or, le coefficient 0,35 semble fort pour la variable "Surprenant" et est significatif dans le modèle au regard de la valeur de t. Si l'on regarde attentivement sur la Figure 80 la répartition des sujets pour cette variable, il s'avère qu'il y a un sujet (1A) très surpris par la forte présence de véhicules légers et tire la régression à lui. Le coefficient de la régression peut donc être amplifié (ou diminué) par la réponse de quelques personnes qui sortent du consensus général (représenté par la zone rouge sur la Figure 80). Ainsi, pour les variables "Présence Nature" et "Présence Oiseaux", on peut remarquer que leurs coefficients (respectivement 0,20 et 0,09, significatif et non significatif) se différencient à cause de très peu de sujets. Deux sujets (1B, 1C) ont noté un agrément sonore très fort, malgré l'absence des oiseaux. Comparativement, deux sujets (1D, 1E) qui n'ont pas entendu du tout de bruits naturels n'ont pas été aussi satisfaits par la qualité de leur environnement sonore. Ces deux derniers sujets (1D, 1E) ont donc donné plus d'importance à la nature en comparaison respectivement aux deux autres sujets (1B, 1C) qui n'avaient pas donné d'importance aux oiseaux. Cela se traduit immédiatement dans les poids respectifs de chacune des variables et leur significativité. Nous voyons donc ici que les régressions se construisent beaucoup autour des ressentis individuels et qu'il faudra être prudent dans l'interprétation de celles-ci lorsque l'on travaille localement autour d'un site urbain unique.

5.2.1.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

La première comparaison que l'on peut faire entre la régression linéaire multiple et le réseau de neurones artificiels est de regarder les valeurs de R^2 obtenues pour chacun d'eux, sur les bases de construction, de test, mais également sur la totalité des sujets, c'est-à-dire en calculant les valeurs d'agrément sonore prédites par les modèles à partir de la totalité des sujets.

Comme mentionné au paragraphe5.1.4.2, le coefficient de corrélation au carré R^2 permet de mesurer la relation entre les valeurs d'agrément sonore issues des questionnaires et les valeurs prédites par un modèle. A cette valeur de R^2 est généralement associée une valeur de p, qui témoigne de la signification statistique de la corrélation. Lorsque p est inférieur à 0,05,

la corrélation peut être considérée statistiquement significative. Un seuil plus sévère de 0,01 peut également être choisi. Le tableau XI présente les valeurs de R^2 et de p obtenues pour les deux modèles prédictifs dans le parc.

Tableau XI : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,59	1,96E-06	0,74	4,41E-09
Test	0,82	5,25E-05	0,87	1,05E-05
Totalité	0,57	1,45E-08	0,71	1,17E-11

Le tableau XI permet donc de constater premièrement que la relation entre les valeurs prédites de l'agrément sonore et les valeurs mesurées est très significative puisque les valeurs de p sont toujours largement inférieures à 0,01. Les valeurs de R^2 peuvent donc être comparées. Ainsi il apparaît clairement que le modèle de réseau de neurones est "meilleur" que le modèle de régression linéaire puisque le R^2 sur la base de construction comme sur la base de test est plus élevé dans le cas du réseau de neurones. Bien évidemment, il ne pouvait pas en être autrement, puisque le réseau de neurone a été construit sur ce critère (*cf.* § 5.1.4.2). Cela dit, ce résultat mérite tout de même d'être souligné. En effet, malgré la part d'aléatoire des réseaux de neurones liée à l'initialisation du réseau, qui fait que chaque résultat obtenu peut-être différent pour une seule base de données étudiée, il n'en reste pas moins vrai qu'il est possible de trouver un modèle de réseau de neurones de meilleure qualité qu'un modèle de régression linéaire. Et ceci est valable pour tous les points d'enquête comme en témoigneront les résultats présentés dans les paragraphes suivants. A titre d'exemple, il n'aura fallu environ qu'une minute et trente secondes avant de trouver le réseau de neurones retenu (sous Matlab, avec un processeur classique).

Souvent considérés comme des boîtes noires, les réseaux de neurones n'apportent à première vue pas d'autre information que les valeurs prédites. En comparaison, comme nous venons de le faire au paragraphe précédent, l'équation de la régression linéaire multiple reste un bon moyen d'étudier à travers ses coefficients le lien qui existe entre l'agrément sonore et les variables indépendantes. Cependant nous avons tenté d'exploiter les réseaux de neurones pour en savoir un peu plus sur ce lien. Pour cela, nous avons considéré un sujet moyen par site. Ce sujet moyen local correspond simplement à la moyenne arithmétique des réponses de tous les sujets du site pour chacune des variables mesurées ("Agrément sonore", "Agrément visuel", …, "Temps de présence des véhicules légers", etc.). Puis ce sujet moyen a été injecté

dans les modèles en faisant varier chacune des variables une à une entre 0 et 10 avec un pas de 0,1. Les tracés des sorties, calculées à partir des deux modèles, permettent d'avoir une idée de la relation entre la variable dépendante et chacune des variables indépendantes considérées.

Pour être plus clair, considérons l'équation de la régression (1) présentée au paragraphe 5.2.1.2. Si toutes les variables sauf une ("Agrément visuel" par exemple) sont fixées à une valeur moyenne et que l'agrément visuel varie de façon continue entre 0 et 10, les résultats de cette équation définissent une droite dont la pente a pour valeur le coefficient de l'agrément visuel présent dans l'équation, c'est-à-dire 0,26. L'idée est donc d'appliquer la même méthode au réseau de neurones afin de visualiser la relation entre l'agrément sonore et les différentes variables considérées dans le modèle.

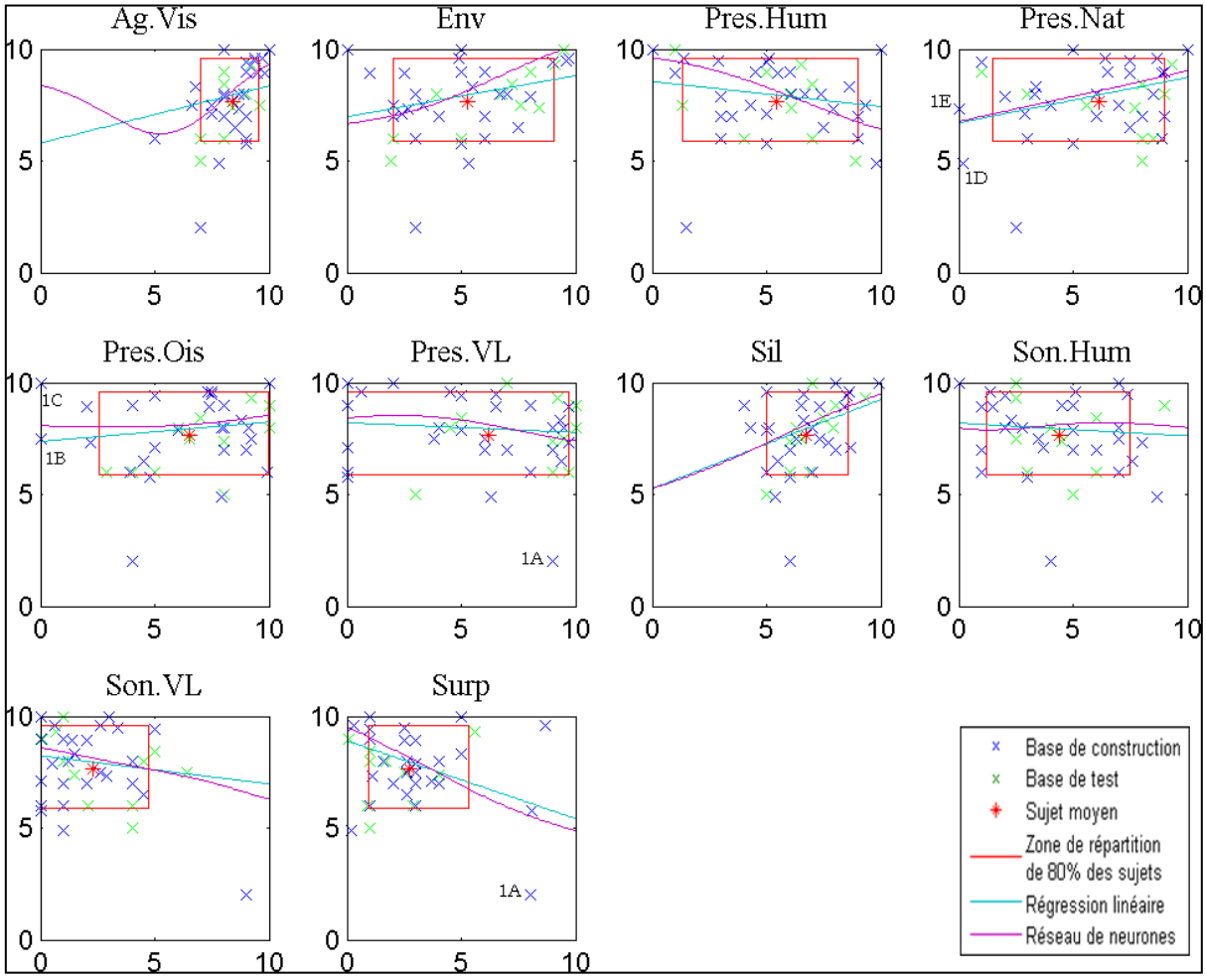


Figure 80 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

La Figure 80 présente l'allure de variation de l'agrément sonore calculé pour chacune des dix variables retenues. Pour chaque diagramme, l'agrément sonore calculé est présenté sur l'axe des ordonnées et la variable indépendante sur l'axe des abscisses. Plusieurs choses sont

remarquables sur cette Figure 80. Tout d'abord les relations entre l'agrément sonore et les variables indépendantes sont tout logiquement non linéaires. Ceci est particulièrement visible pour l'agrément visuel puisqu'il est possible de voir que l'agrément sonore diminue lorsque l'agrément visuel varie entre 0 et 5 puis augmente lorsque ce dernier augmente sur la deuxième partie de l'échelle entre 5 et 10.

Cela dit, nous avons pris soin de représenter pour chacune des variables le sujet moyen, les sujets qui ont servi à construire les modèles (base de construction, en bleu), les sujets qui ont servi à tester le modèle (base de test, en vert) et enfin la zone de répartition de 80% de la totalité des sujets interrogés sur ce site. Cette zone est calculée par rapport à la médiane des variables à laquelle 40% des données sont ajoutées d'une part et soustraites d'autre part. C'est précisément cette zone qu'il faut considérer avec intérêt. En effet, en se focalisant sur l'agrément visuel, il est possible de voir que la zone de répartition de 80% des sujets, et *a fortiori* des sujets ayant servis à construire le modèle, ne représente qu'une partie relativement faible de l'échelle totale (en haut à droite). De ce fait, le réseau de neurones a beaucoup appris dans cette zone. Néanmoins il est intéressant d'étudier le comportement des sujets en dehors de cette zone, principalement lorsque la répartition des réponses des sujets semble un peu aléatoire à l'intérieur de la zone. Que ce soit pour le réseau de neurones ou pour la régression, chacun des modèles s'appuie sur ces personnes un peu "atypiques" pour chercher à trouver du sens dans la variabilité des réponses des sujets. Néanmoins, dans une zone où aucun sujet n'a exprimé de réponse, le modèle de réseau de neurones peut complètement diverger. Par exemple, toujours pour l'agrément visuel, aucun sujet n'a exprimé de réponse inférieure à 5. Dans cette zone particulière, le réseau de neurones n'est pas pertinent.

A contrario, dans la zone de répartition de 80% des sujets, il convient de constater que pour le réseau de neurones, l'agrément visuel semble avoir une influence assez forte sur l'agrément sonore. Si pour la régression linéaire multiple cette variable était apparue non significative, en revanche pour le réseau de neurones elle pourrait avoir une importance non négligeable.

5.2.2 TRANSITION COTE PARC (TPARC)

5.2.2.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site TPARC dix variables non corrélées, présentées dans le Tableau XII, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Toutes les valeurs de corrélations (R et p) entre les variables indépendantes deux à deux qui ont servi à la sélection de ces dix variables sont présentées en Annexe 4.

Tableau XII : Liste des variables retenues au point d'enquête TPARC.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Adéquation	Adeq
	Agrément de l'air	Ag.Air
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence Oiseaux	Pres.Ois
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Surprenant	Surp

5.2.2.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (2) de la régression linéaire multiple dans la zone de transition côté parc est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = 0{,}21 &+ 0{,}09 * Adeq + 0{,}65 * Ag.Air + 0{,}28 * Ag.Vis \\ &+ 0{,}00 * Dyn - 0{,}17 * Env + 0{,}02 * Pres.Hum \\ &+ 0{,}01 * Pres.Ois - 0{,}27 * Pres.VL + 0{,}08 * Sil \\ &+ 0{,}10 * Surp \end{aligned} \quad (2)$$

Dans cette équation (2) issue de la régression linéaire multiple, nous pouvons remarquer que la variable "Silence" a peu de poids (et est non significative) comparé à celui de la variable "Présence des véhicules légers" (significative, p=0,1) Cette présence a été particulièrement remarquée par six sujets (2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F) qui ont montré leur désagrément sonore par une note entre 2 et 3 (voir Figure 81). Parmi ces six sujets, deux (2B, 2D) ont été surpris tandis que les autres non, ce qui rend cette variable "Surprenant" ici non significative alors qu'elle l'était dans le parc. Nous pouvons aussi regarder le coefficient très

important de la variable "Agrément de l'air" (0,65) comparé à celui de la variable "Agrément visuel" (0,28) (la première est significative mais pas la seconde au regard du test de Student). Cela s'explique par la notation d'un sujet qui a trouvé que la qualité de l'air de ce lieu était fort désagréable (Ag.Air = 2), entraînant un agrément sonore très faible (Ag.Son = 2,5), tandis qu'aucun sujet n'a jugé l'environnement visuel désagréable. Encore une fois, nous remarquons que ces régressions peuvent être très marquées par les réponses de quelques sujets uniquement.

Nous trouvons ici logiquement une influence négative de la présence des véhicules sur l'agrément sonore.

Tableau XIII : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	0,21	0,05	0,96
Adeq	0,09	0,50	0,62
Ag.Air	0,65	1,96	0,07
Ag.Vis	0,28	0,69	0,50
Dyn	0,00	-0,02	0,99
Env	-0,17	-0,90	0,38
Pres.Hum	0,02	0,07	0,95
Pres.Ois	0,01	0,04	0,97
Pres.VL	-0,27	-1,76	0,10
Sil	0,08	0,32	0,76
Surp	0,10	0,33	0,75

5.2.2.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

En comparant les valeurs de R^2 issus de la régression linéaire multiple et ceux provenant du modèle de réseau de neurone (Tableau XIV) il apparait ici aussi que le réseau de neurones retenu peut être considéré comme "meilleur" face au modèle de régression bien que les résultats soient très proches concernant la base de test.

Tableau XIV : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,43	1,52E-04	0,60	1,29E-06
Test	0,87	9,60E-06	0,88	6,77E-06
Totalité	0,41	9,97E-06	0,55	4,51E-08

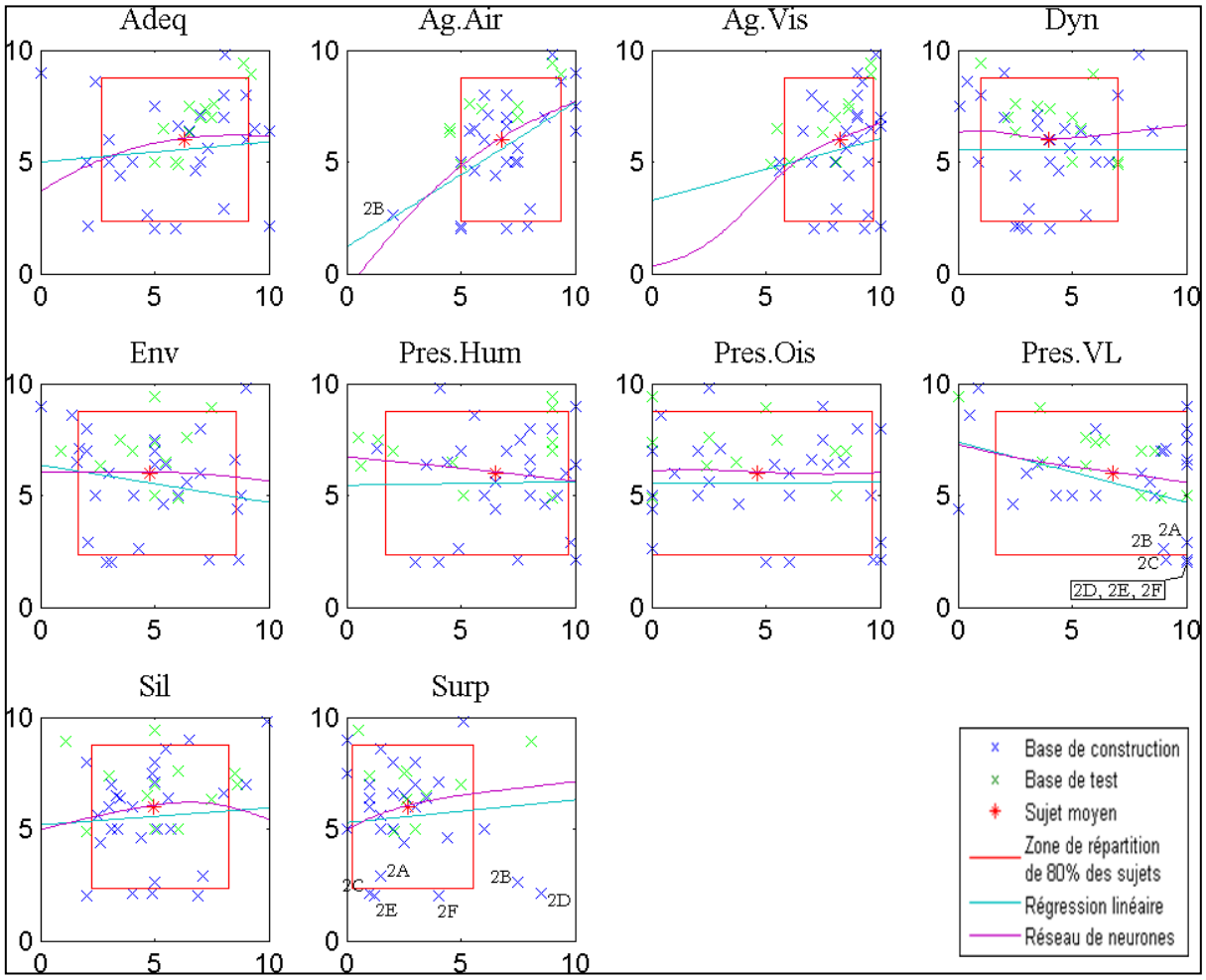


Figure 81 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

5.2.3 TRANSITION COTE BOULEVARD (TBLVL)

5.2.3.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site TBLVL dix variables non corrélées, présentées dans le Tableau XV, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XV : Liste des variables retenues au point d'enquête TBLVL.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Agrément de l'air	Ag.Air
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence de klaxons	Pres.Klax
	Présence de poids lourds	Pres.PL
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Surprenant	Surp

5.2.3.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (3) de la régression linéaire multiple dans la zone de transition côté boulevard est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = &- 0,19 + 0,15 * Ag.Air + 0,27 * Ag.Vis + 0,36 * Dyn \\ &- 0,25 * Env + 0,01 * Pres.Hum + 0,05 * Pres.Klax \\ &+ 0,09 * Pres.PL - 0,02 * Pres.VL + 1,02 * Sil \\ &- 1,10 * Surp \end{aligned} \quad (3)$$

Sur cette régression (3) à la sortie du parc du côté du boulevard, la variable "Silence" reste dans la logique des autres lieux (hormis le lieu précédent TPARC), c'est-à-dire avec un fort coefficient significatif (plus c'est silencieux, plus c'est agréable d'un point de vue sonore). Ce fort impact du silence est par ailleurs compensé par le caractère surprenant qui a pour sa part une grande influence négative sur la qualité de l'environnement sonore. Ces deux variables ("Silence" et "Surprenant") sont fortement significatives au regard du test de Student avec des valeurs de 5,01 pour la variable "Silence" et -3,36 pour la variable "Surprenant" ($p<0,01$).

Tableau XVI : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	P
Const	-0,19	-0,06	0,95
Ag.Air	0,15	0,82	0,43
Ag.Vis	0,27	1,59	0,13
Dyn	0,36	2,15	0,05
Env	-0,25	-2,06	0,05
Pres.Hum	0,01	0,13	0,90
Pres.Klax	0,05	0,40	0,70
Pres.PL	0,09	0,73	0,48
Pres.VL	-0,02	-0,07	0,94
Sil	1,02	5,01	0,00
Surp	-1,10	-3,36	0,00

5.2.3.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XVII : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,74	5,63E-09	0,83	1,87E-11
Test	0,82	5,35E-05	0,84	2,37E-05
Totalité	0,68	7,67E-11	0,74	1,50E-12

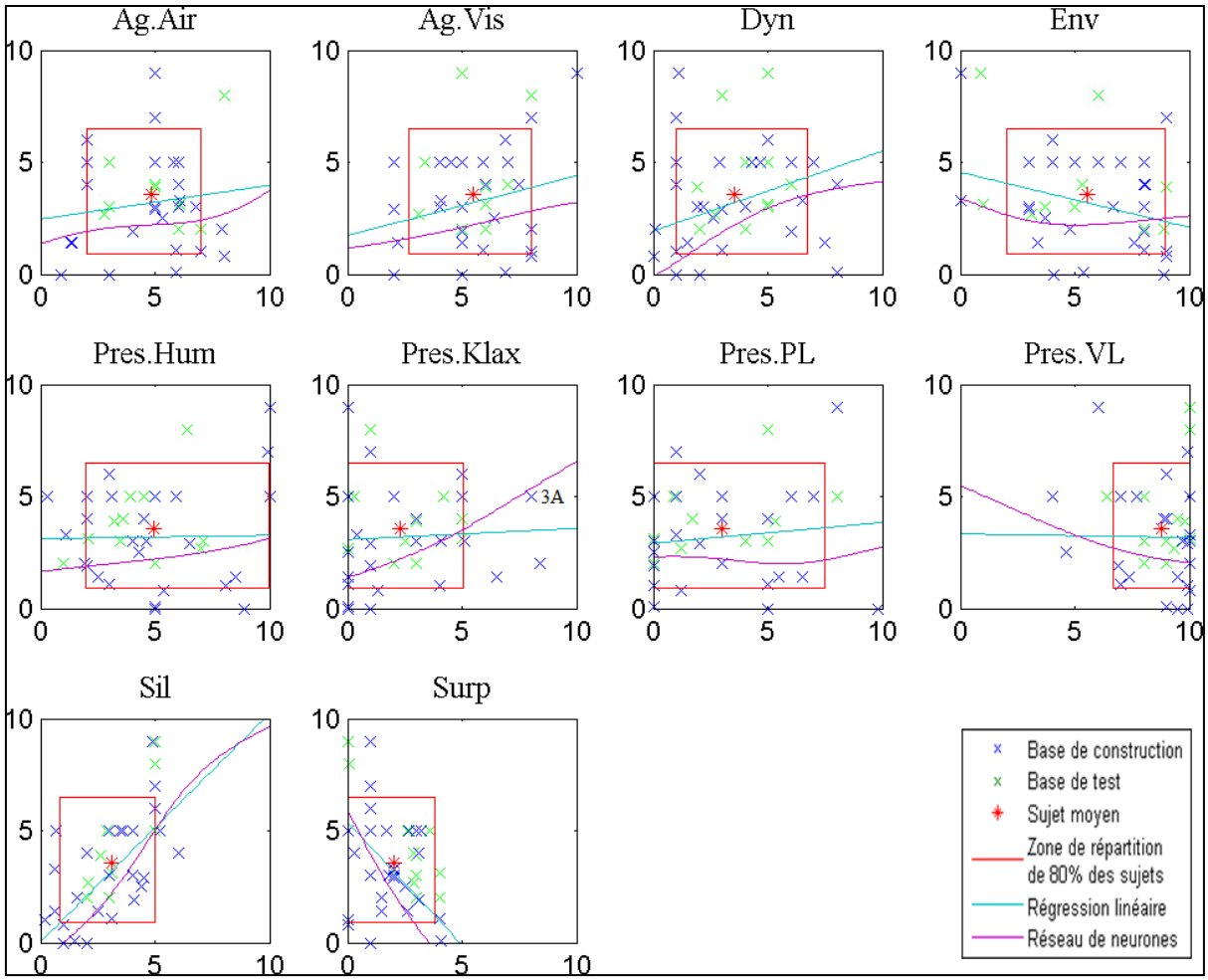


Figure 82 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

Sur cette Figure 82 nous voyons clairement que le sujet (3A) qui a entendu des klaxons a attiré vers lui le modèle de réseau de neurones. Cela aboutit à une mauvaise interprétation de cette variable qui, si l'on n'y fait pas attention, voudrait dire que plus il y a de klaxons, plus c'est agréable ! Encore une fois, il faut être très prudent sur l'interprétation ponctuelle du sens de variation des variables. On peut remarquer que cette variable était non significative avec la régression.

Par ailleurs, la comparaison entre les coefficients de corrélations au carré R^2 entre régression et réseau de neurones montre que ce dernier est de meilleure qualité, même si sur le critère de la base de test, les deux modèles restent proches.

5.2.4 BOULEVARD A LYON (BLVL)

5.2.4.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site BLVL onze variables non corrélées, présentées dans le tableau XVIII, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XVIII : Liste des variables retenues au point d'enquête BLVL.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence klaxons	Pres.Klax
	Présence cyclomoteurs	Pres.Mob
	Présence poids lourds	Pres.PL
	Silence	Silence
	Sonie véhicules légers	Son.VL
	Surprenant	Surp

5.2.4.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (4) de la régression linéaire multiple établie sur le boulevard à Lyon est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = 2{,}58 &+ 0{,}19 * Ag.Vis + 0{,}07 * Anim - 0{,}00 * Dyn \\ &+ 0{,}03 * Env - 0{,}20 * Pres.Hum + 0{,}39 * Pres.Klax \\ &- 0{,}05 * Pres.Mob - 0{,}10 * Pres.PL + 0{,}66 * Sil \\ &- 0{,}28 * Son.VL + 0{,}05 * Surp \end{aligned} \quad (4)$$

Sur le boulevard à Lyon, logiquement la variable "Silence" se retrouve avoir le plus d'importance avec un coefficient égal à 0,66 dans l'équation de la régression (4) (cette variable est la seule significative au regard du test de Student).

Tableau XIX : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	P
Const	2,58	0,74	0,47
Ag.Vis	0,19	0,80	0,43
Anim	0,07	0,35	0,73
Dyn	0,00	-0,01	0,99
Env	0,03	0,18	0,86
Pres.Hum	-0,20	-1,28	0,22
Pres.Klax	0,39	1,14	0,27
Pres.Mob	-0,05	-0,26	0,80
Pres.PL	-0,10	-0,35	0,73
Sil	0,66	1,91	0,07
Son.VL	-0,28	-0,86	0,40
Surp	0,05	0,22	0,83

5.2.4.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XX : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,50	2,61E-05	0,70	2,68E-08
Test	0,83	3,89E-05	0,83	3,88E-05
Totalité	0,54	5,46E-08	0,65	3,44E-10

De nouveau, on retrouve dans le Tableau XX des valeurs de R^2 supérieures pour le réseau de neurones par rapport à la régression sur les bases de construction et totale, mais des valeurs identiques sur la base de test.

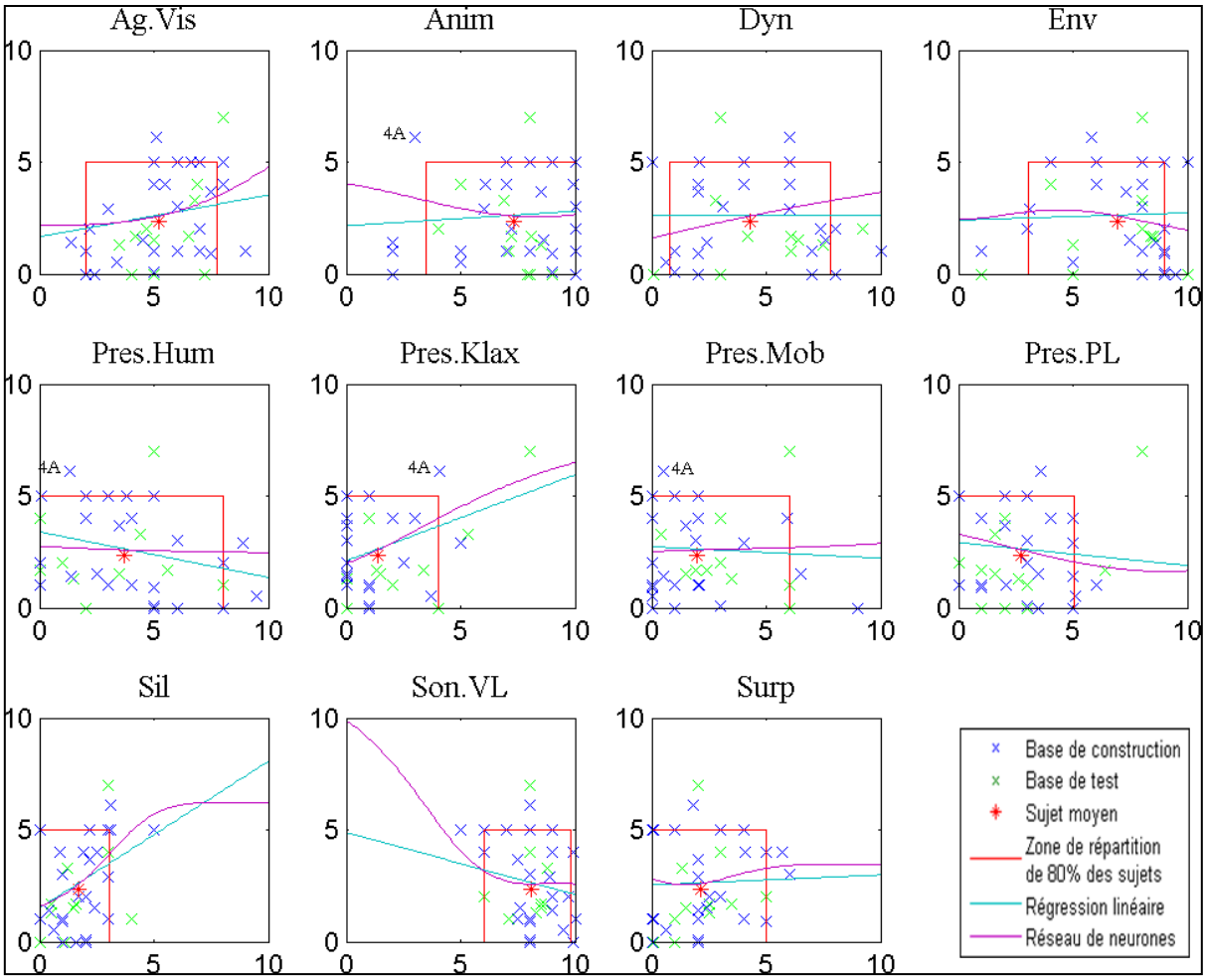


Figure 83 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

Sur cette Figure 83 nous remarquons que la présence du sujet (4A), dans l'échantillon qui a servi à la construction de modèles, a attiré particulièrement le modèle de réseau de neurones pour la variable "Animation", ce qui explique la divergence des deux modèles dans la zone jugée de faible animation. Nous remarquons aussi qu'il y a divergence des deux modèles lorsqu'aucun sujet n'a permis au réseau de neurones d'apprendre l'évaluation de l'agrément sonore sur les variables "Silence" et "Sonie des véhicules légers". Cette divergence peut donc se faire sentir sur des variables significatives ou non sur les modèles de régression.

5.2.5 BOULEVARD A PARIS (BLVP)

5.2.5.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site BLVP onze variables non corrélées, présentées dans le tableau XXI, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XXI : Liste des variables retenues au point d'enquête BLVP.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Adéquation	Adeq
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence cyclomoteurs	Pres.Mob
	Présence poids lourds	Pres.PL
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Surprenant	Surp

5.2.5.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (5) de la régression linéaire multiple établie sur le boulevard à Paris est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = {} & 0{,}25 + 0{,}31 * Adeq + 0{,}24 * Ag.Vis + 0{,}04 * Anim \\ & - 0{,}33 * Dyn + 0{,}32 * Env - 0{,}35 * Pres.Hum \\ & - 0{,}03 * Pres.Mob + 0{,}27 * Pres.PL - 0{,}34 * Pres.VL \\ & + 0{,}87 * Sil + 0{,}10 * Surp \end{aligned} \quad (5)$$

Ce point correspond au boulevard parisien, et nous retrouvons la forte significativité de la variable "Silence" comme pour le boulevard lyonnais (voir paragraphe 5.2.4.2). Sur Paris, la variable "Adéquation" prend une place non négligeable dans le modèle de régression (5). D'autres variables sont significatives mais présentent néanmoins des coefficients difficiles à expliquer. Par exemple les poids lourds ont un coefficient positif alors que la présence humaine a un coefficient négatif, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse qu'on pourrait faire sur de telles variables.

Tableau XXII : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	0,25	0,07	0,94
Adeq	0,31	2,25	0,04
Ag.Vis	0,24	1,62	0,12
Anim	0,04	0,19	0,85
Dyn	-0,33	-1,82	0,09
Env	0,32	1,88	0,08
Pres.Hum	-0,35	-1,99	0,06
Pres.Mob	-0,03	-0,23	0,82
Pres.PL	0,27	1,72	0,10
Pres.VL	-0,34	-1,25	0,23
Sil	0,87	4,23	0,00
Surp	0,10	0,73	0,48

5.2.5.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XXIII : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,77	1,08E-09	0,82	4,73E-11
Test	0,81	6,85E-05	0,83	4,16E-05
Totalité	0,68	5,55E-11	0,72	5,58E-12

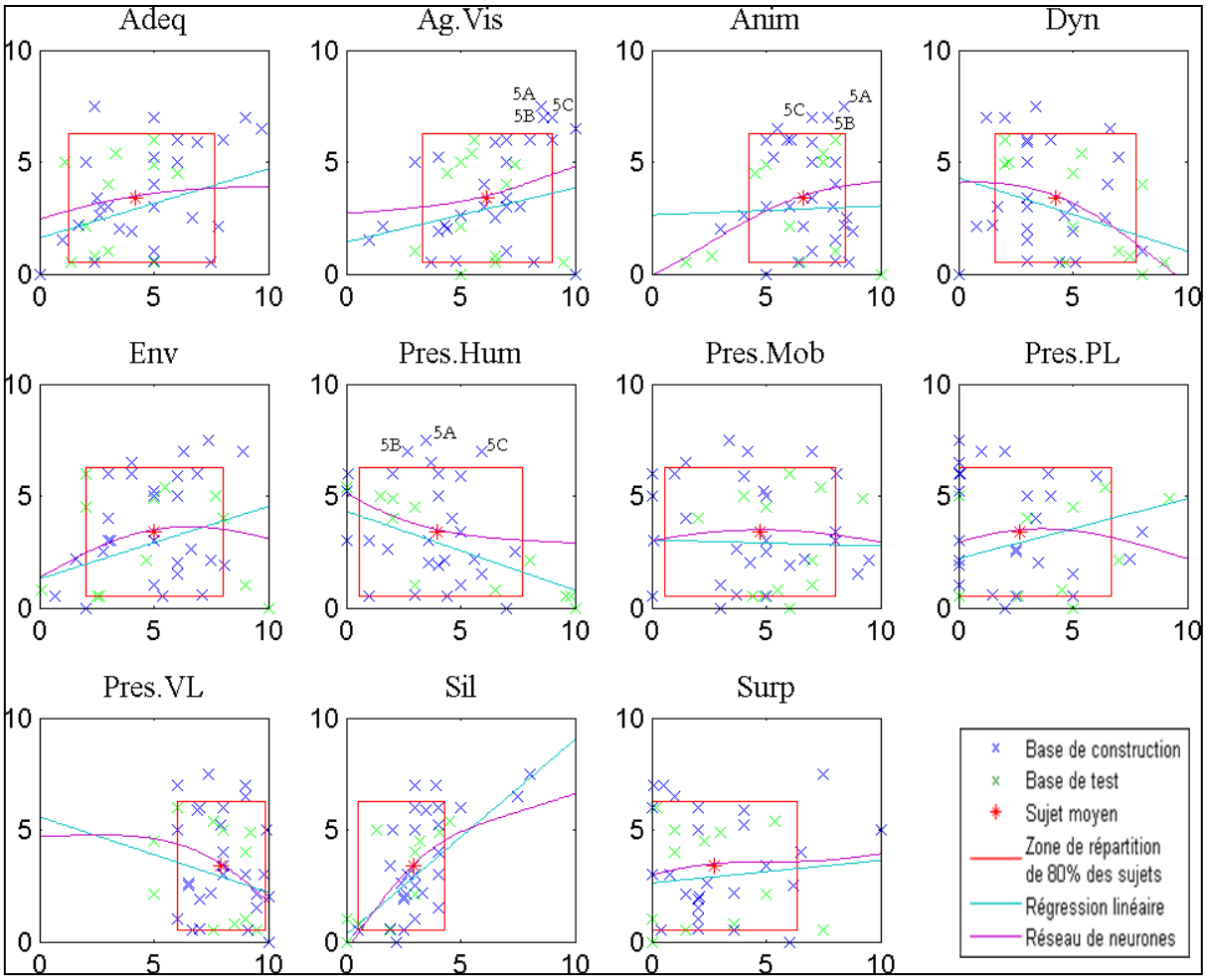


Figure 84 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

Si nous revenons à l'influence des poids lourds dans ces différents modèles, nous voyons sur la Figure 84 que le réseau de neurones ici semble mieux refléter les réponses des sujets que la régression multiple. Il est également remarquable que la variable "Animation" semble avoir un effet positif sur l'agrément sonore qui ne se traduit que sur le réseau de neurones mais pas sur la significativité de cette variable dans la régression. D'ailleurs, les trois sujets (5A, 5B, 5C) qui ont jugé ce boulevard animé, n'ont pas particulièrement remarqué de présence humaine, mais ils ont tous trois jugé l'environnement visuel agréable. Nous voyons ici que derrière la notion d'animation, il y a beaucoup plus que la présence humaine.

5.2.6 TRANSITION COTE RUE CIRCULEE (TRUE)

5.2.6.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site TRUE dix variables non corrélées, présentées dans le tableau XXIV, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XXIV : Liste des variables retenues au point d'enquête TRUE.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Adéquation	Adeq
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Sonie véhicules légers	Son.VL
	Surprenant	Surp

5.2.6.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (6) de la régression linéaire multiple établie dans la transition côté rue de l'Epée de Bois est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = &- 7{,}17 + 0{,}08 * Adeq + 0{,}58 * Ag.Vis + 0{,}17 * Anim \\ &+ 0{,}04 * Dyn + 0{,}35 * Env + 0{,}09 * Pres.Hum \\ &+ 0{,}16 * Pres.VL + 0{,}68 * Sil + 0{,}10 * Son.VL \\ &- 0{,}38 * Surp \end{aligned} \quad (6)$$

Nous retrouvons l'influence de la variable "Silence" et l'influence positive de la variable "Agrément visuel" cette fois-ci significative dans l'équation du modèle de régression (6). Il semble aussi que l'enveloppement soit important pour ce passage vers la rue piétonne.

Tableau XXV : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	-7,17	-1,78	0,09
Adeq	0,08	0,42	0,68
Ag.Vis	0,58	1,93	0,07
Anim	0,17	0,74	0,47
Dyn	0,04	0,19	0,85
Env	0,35	1,76	0,10
Pres.Hum	0,09	0,49	0,63
Pres.VL	0,16	0,78	0,44
Sil	0,68	3,25	0,00
Son.VL	0,10	0,44	0,67
Surp	-0,38	-1,20	0,25

5.2.6.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XXVI : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,65	1,90E-07	0,78	4,66E-10
Test	0,63	2,06E-03	0,67	1,20E-03
Totalité	0,52	1,40E-07	0,55	4,06E-08

L'animation pour le réseau de neurones semble ici être liée à la présence humaine surtout pour le sujet (6A) qui a fortement apprécié l'environnement sonore. Nous voyons qu'il y a plus de monde en ce lieu que le long du boulevard (*cf.* Figure 84 et Figure 85 pour la variable "Présence humaine"). Il n'est pas évident de comprendre ce que les passants ont jugé comme enveloppant ou animé. Si nous reprenons les questionnaires, il est écrit sur l'échelle "Sans vie / Animé" : l'environnement sonore vous donne l'impression que le lieu est sans activité, sans vie, comme inanimé / l'environnement sonore vous donne l'impression que le lieu est plein de vie, d'activité. Pour l'échelle "Enveloppant / Peu enveloppant" : vous avez l'impression que vous êtes à l'intérieur de cet environnement sonore, qu'il vous enveloppe / vous avez l'impression que l'environnement sonore ne vous enveloppe pas, que vous êtes à l'extérieur de lui. Dans ce lieu où il y a des gens qui s'animent autour des sujets, on pourrait envisager que l'animation et l'enveloppement soient associés à la présence de ces passants.

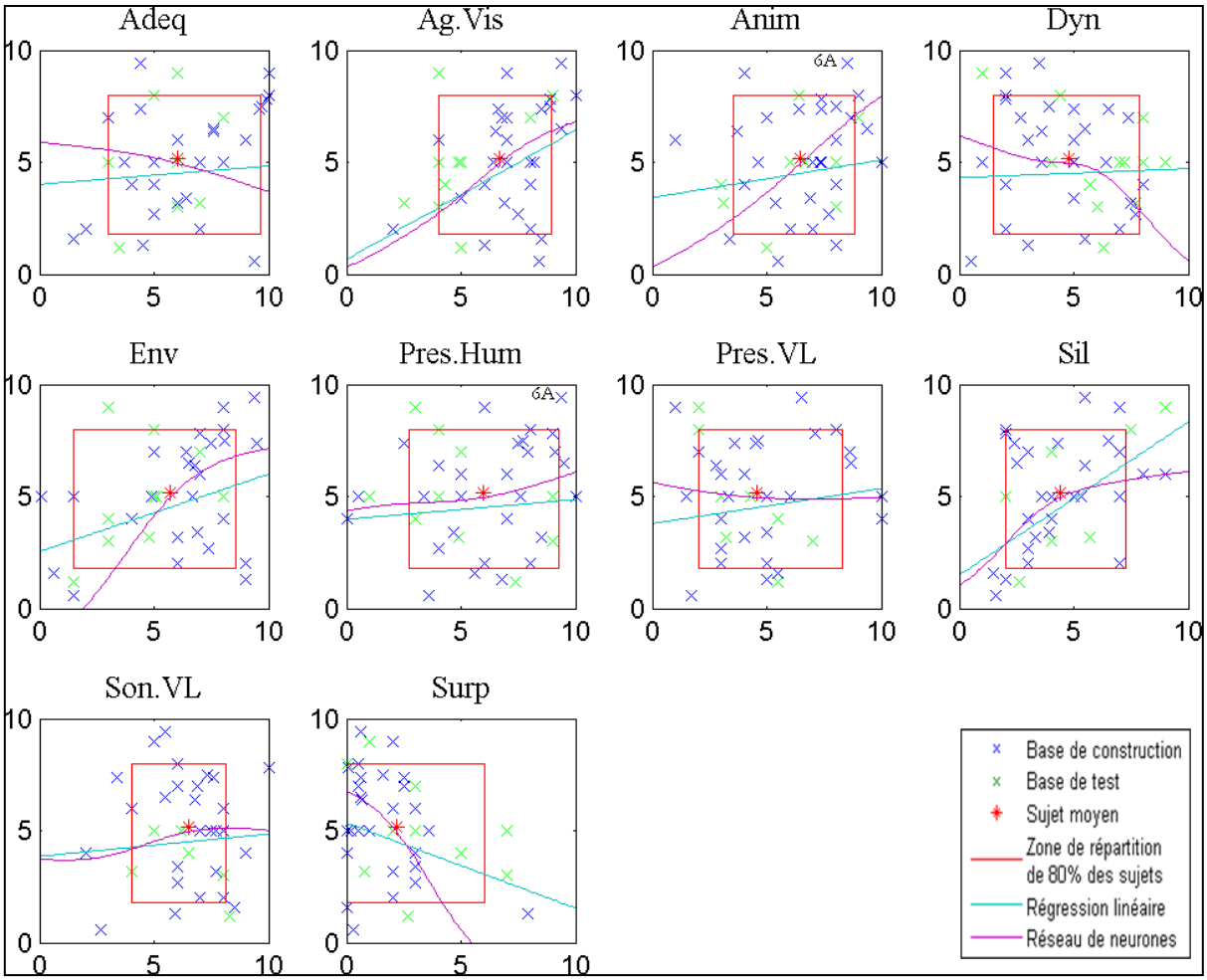


Figure 85 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

En comparant les valeurs de R^2 obtenues pour les deux modèles sur ce lieu d'étude, il est intéressant de constater que, certes les résultats issus du réseau de neurones sont toujours meilleurs que ceux de la régression linéaire, mais ces valeurs de R^2 sont plus faibles que sur tous les autres lieux étudiés jusqu'à présent. En effet, sur les 5 lieux d'études précédents, les valeurs de R^2 sur les bases de test sont systématiquement supérieures à 0,8 alors que dans le cas de la transition TRUE, ces valeurs ne sont que de 0,63 pour la régression linéaire multiple et 0,67 pour le réseau de neurones artificiels (*cf.* Tableau XXVI). La qualité sonore en ce lieu semble donc être plus difficilement prévisible que sur les autres lieux.

5.2.7 TRANSITION COTE RUE PIETONNE (TPIETON)

5.2.7.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site TPIETON onze variables non corrélées, présentées dans le tableau XXVII, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XXVII : Liste des variables retenues au point d'enquête TPIETON.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Agrément de l'air	Ag.Air
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence activités	Pres.Act
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence oiseaux	Pres.Ois
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Surprenant	Surp

5.2.7.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (7) de la régression linéaire multiple établie dans la transition côté rue piétonne est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = &- 8{,}13 + 0{,}46 * Ag.Air + 0{,}13 * Ag.Vis + 0{,}66 * Anim \\ &+ 0{,}04 * Dyn + 0{,}17 * Env - 0{,}11 * Pres.Act \\ &+ 0{,}35 * Pres.Hum - 0{,}20 * Pres.Ois - 0{,}09 * Pres.VL \\ &+ 0{,}63 * Sil + 0{,}09 * Surp \end{aligned} \quad (7)$$

Nous retrouvons dans cette régression (7) globalement des résultats logiques, avec des poids importants pour l'animation et la présence humaine (respectivement 0,66 et 0,35). La variable "Silence" est toujours très influente (coefficient de 0,63), mais il est surprenant d'avoir une influence négative des oiseaux (coefficient de -0,20). Ceci est sans doute dû au fait que beaucoup de sujets n'ont pas entendu d'oiseaux, mais ont néanmoins jugé le lieu acoustiquement très agréable. L'agrément de l'air est également un paramètre avec une très forte influence (coefficient égal à 0,46). Il est intéressant de constater qu'en ce lieu, les cinq variables qui présentent les plus forts coefficients et qui viennent d'être citées sont toutes significatives au regard du test de Student.

Tableau XXVIII : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	-8,13	-2,36	0,03
Ag.Air	0,46	1,93	0,07
Ag.Vis	0,13	0,64	0,53
Anim	0,66	2,52	0,02
Dyn	0,04	0,24	0,81
Env	0,17	0,97	0,34
Pres.Act	-0,11	-0,99	0,34
Pres.Hum	0,35	1,76	0,10
Pres.Ois	-0,20	-1,86	0,08
Pres.VL	-0,09	-0,58	0,57
Sil	0,63	2,77	0,01
Surp	0,09	0,51	0,62

5.2.7.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XXIX : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,66	1,56E-07	0,68	7,50E-08
Test	0,76	2,43E-04	0,79	1,01E-04
Totalité	0,55	3,59E-08	0,68	7,04E-11

Sur la Figure 86, aucune véritable incohérence entre les deux modèles prédictifs n'apparait. Seule l'influence de la variable "Agrément visuel" semble être mieux représentée par le réseau de neurones que par la régression (cette variable n'étant pas significative dans le modèle de régression linéaire multiple, *cf.* Tableau XXVIII). Au contraire, la variable "Silence" a beaucoup de poids si on en croit la régression (coefficient = 0,63) alors qu'elle semble plutôt sans influence pour le réseau de neurones. Celui-ci ayant sans doute été "tiré vers le haut" par quatre individus dans la partie gauche de la zone de répartition de 80 % des sujets. Ces quatre sujets ont jugé l'environnement sonore relativement bruyant (note de "Silence" inférieure à 5) et ont cependant jugé l'environnement sonore fort agréable avec des notes assez extrêmes de 9 ou 10 pour deux d'entre eux.

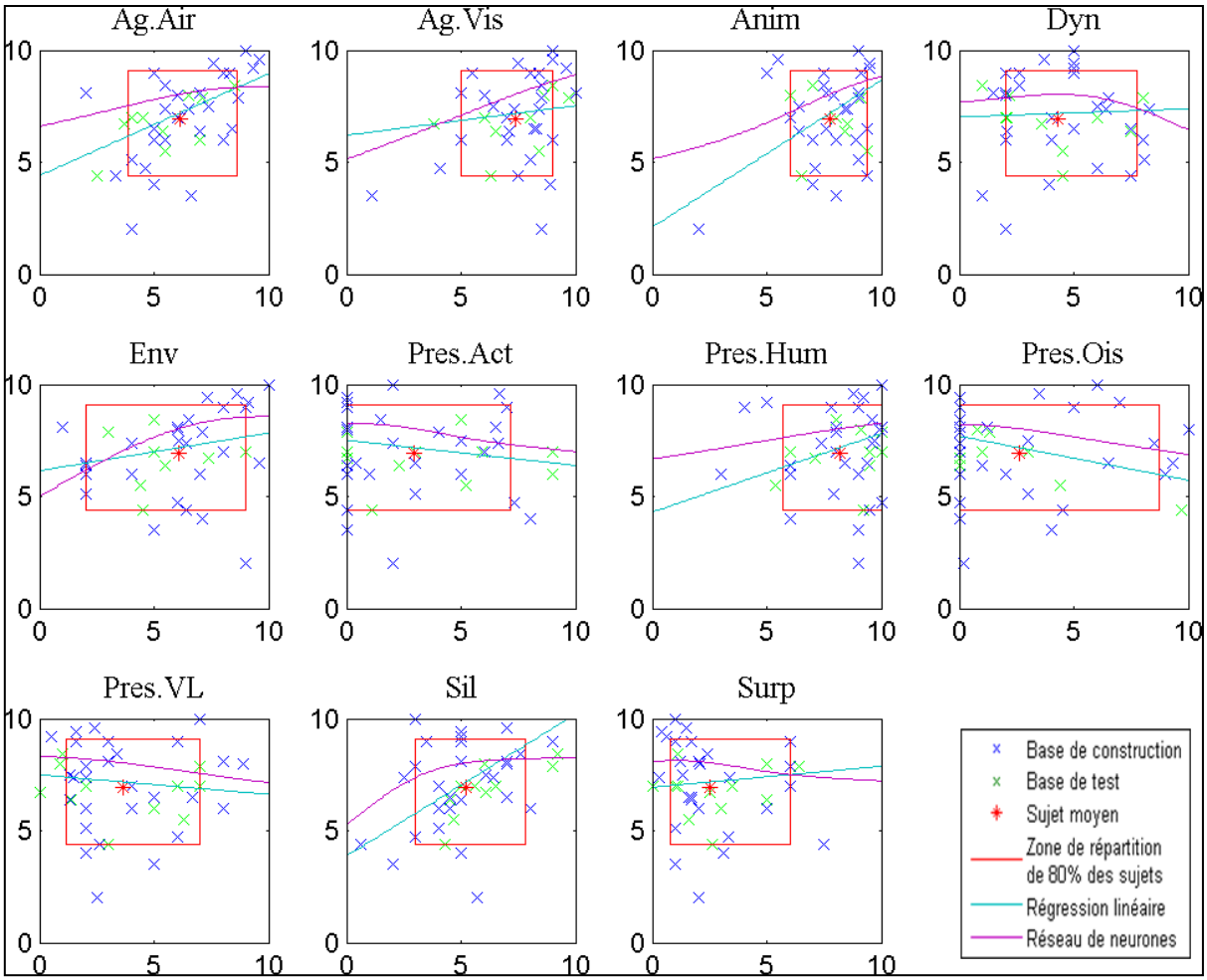


Figure 86 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

5.2.8 RUE PIETONNE (PIETON)

5.2.8.1 SELECTION DES VARIABLES

Pour le site PIETON dix variables non corrélées, présentées dans le tableau XXX, ont été retenues pour expliquer l'agrément sonore.

Tableau XXX : Liste des variables retenues au point d'enquête PIETON.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Adéquation	Adeq
	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Dynamique	Dyn
	Enveloppement	Env
	Présence activités	Pres.Act
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Surprenant	Surp

5.2.8.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (8) de la régression linéaire multiple établie dans la rue piétonne est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = &- 9{,}16 + 0{,}70 * Adeq + 0{,}26 * Ag.Vis + 0{,}41 * Anim \\ &+ 0{,}09 * Dyn + 0{,}31 * Env - 0{,}11 * Pres.Act \\ &+ 0{,}08 * Pres.Hum - 0{,}07 * Pres.VL + 0{,}45 * Sil \\ &+ 0{,}19 * Surp \end{aligned} \quad (8)$$

La rue Mouffetard est une rue piétonne où l'animation et l'enveloppement semblent être appréciés. L'adéquation du lieu par rapport à l'activité semble avoir une influence prépondérante, ce qui s'explique car les passants viennent dans ce lieu pour effectuer leurs courses et ont donc un but bien précis, alors que les autres lieux évoqués dans cette enquête hormis le parc sont plus souvent des lieux de passage.

La variable "Silence" est la deuxième variable ayant la plus forte influence en ce lieu, suivi de près par la variable "Animation".

Tableau XXXI : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	-9,16	-2,84	0,01
Adeq	0,70	3,95	0,00
Ag.Vis	0,26	1,38	0,18
Anim	0,41	2,32	0,03
Dyn	0,09	0,56	0,58
Env	0,31	1,91	0,07
Pres.Act	-0,11	-1,01	0,33
Pres.Hum	0,08	0,41	0,69
Pres.VL	-0,07	-0,43	0,67
Sil	0,45	2,63	0,02
Surp	0,19	1,13	0,27

5.2.8.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XXXII : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,78	6,16E-10	0,91	3,90E-15
Test	0,82	4,62E-05	0,89	5,19E-06
Totalité	0,73	1,93E-12	0,86	7,60E-18

On retrouve ici dans la rue piétonne des valeurs de R^2 assez élevées (supérieures à 0,8) contrairement aux deux sites précédents, particulièrement dans la transition côté rue circulée (TRUE).

Sur la Figure 87, certaines incohérences entre les deux modèles de prédiction sont visibles avec une inversion du sens d'influence entre la régression et le réseau de neurones. Dans ce lieu-là, ceci se retrouve pour des variables non significatives dans le modèle de régression. Par exemple, la "Présence des activités" est une variable qui a un impact négatif sur l'agrément sonore d'après le modèle de régression linéaire multiple alors que cette influence est positive d'après le modèle de réseau de neurones artificiels. De même, la "Dynamique" qui traduit l'aspect stable ou instable de l'environnement sonore a une influence positive selon la régression et négative selon le réseau de neurones. Pour cette variable précisément, il semble que le réseau de neurones s'appuie particulièrement sur des sujets ayant noté un

environnement sonore très agréable et peu changeant (sujets situés en haut à gauche de la zone de répartition de 80 % des sujets).

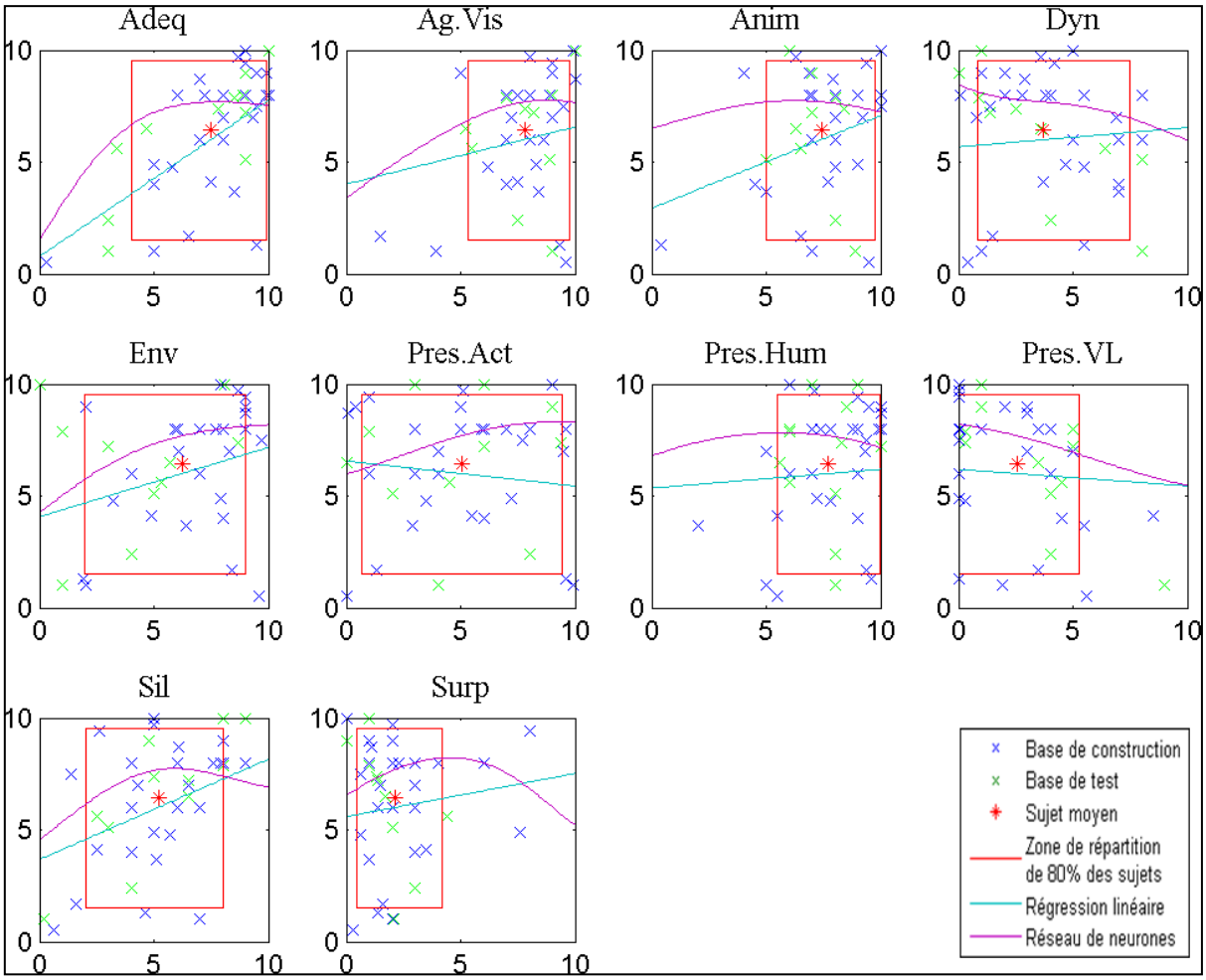


Figure 87 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour les modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen local.

Enfin, il est à noter pour la variable "Adéquation" qui apparait comme la plus importante dans l'équation (8) du modèle de régression, que celle-ci a une influence nulle dans le modèle de réseau de neurones si on ne regarde que la zone où se situe la plupart des sujets. Là encore, le réseau de neurones ne semble tenir compte que des sujets ayant jugé l'environnement sonore fort agréable et pour qui cet environnement sonore était en parfaite adéquation avec leur activité du moment.

5.2.9 DISCUSSION SUR LES MODELES LOCAUX

Plusieurs commentaires sont à faire sur les résultats présentés dans les paragraphes 5.2.1à 5.2.8. Tout d'abord il est intéressant de constater sur les Tableaux XI, XIV, XVII, XX, XXVI, XXIX et XXXII qu'en se basant sur le critère du coefficient de corrélation au carré R^2, les modèles de réseaux de neurones artificiels sont localement systématiquement aussi bons ou meilleurs que les modèles de régressions linéaires multiples. Non seulement, du fait du critère de sélection des réseaux de neurones, les R^2 calculés sur les bases de construction sont supérieurs (les deux types de modèles ont alors le même nombre de variables), mais comparativement les R^2 calculés sur les bases de test sont également supérieurs ou égaux. D'un point de vue strictement prédictif il est alors possible de dire que les modèles de réseaux de neurones artificiels sont autant, voire plus efficaces que les modèles de régressions linéaires multiples. Par ailleurs les valeurs de p associées aux coefficients de corrélation sont extrêmement faibles et confortent la validité des résultats.

Certes, le couple ((R_c^2(ANN), R_t^2(ANN)) supérieur au couple (R_c^2(REG), R_t^2(REG)) est un critère forcé, mais il est important de constater que cet objectif est atteint pour peu que l'on ne se contente pas du premier modèle de réseau de neurones trouvé. En moyenne il aura fallu un peu moins de cinq minutes par site pour obtenir un modèle de réseau de neurones artificiels considéré meilleur que le modèle de régression linéaire multiple établi.

Le deuxième point important à souligner dans ces résultats concerne l'équation des modèles de régressions linéaires multiples. En se focalisant sur les équations (1) à (8), il est possible de voir que les variables qui permettent d'expliquer l'agrément sonore dépendent du lieu. Le coefficient de chaque variable traduit l'importance de cette variable dans le modèle. En prenant l'exemple du point d'enquête dans le parc (PARC) nous avons vu au paragraphe 5.2.1.2 que les trois variables les plus importantes dans le modèle sont par ordre décroissant : "Silence", "Surprenant" et "Présence Nature". Cependant, si les coefficients reflètent localement l'importance d'une variable ou d'une autre, ils ne permettent pas de comparer les modèles entre eux. En effet, les valeurs de ces coefficients ne sont que le reflet de l'agrément sonore local et dépendant très souvent des réponses de certains sujets. Or la gamme de l'agrément sonore mesuré n'est pas la même selon que l'on se trouve dans la rue piétonne ou sur le boulevard. Par exemple l'agrément sonore mesuré moyen est de 6,4 dans la rue Mouffetard (PIETON) alors qu'il n'est que de 3,4 sur le boulevard Monge à Paris (BLVP). La valeur de l'agrément sonore peut avoir une influence sur la valeur des coefficients de chacune

des régressions. C'est pourquoi, pour avoir une vue d'ensemble des différents modèles locaux, nous avons regardé parmi toutes les variables utilisées dans les différents modèles, quelles étaient celles qui étaient les plus importantes dans chacun des modèles, en s'appuyant d'une part sur le coefficient de chaque variable dans l'équation et d'autre part sur des réductions des modèles à travers des méthodes de réduction à la fois descendante et ascendante. Par exemple pour le parc (PARC), une réduction du modèle de régression par méthode descendante permet de retenir quatre variables significatives : "Enveloppement", "Présence Nature", "Silence" et "Surprenant" alors qu'une méthode ascendante ne permet de faire entrer dans le modèle que la variable "Agrément visuel". Ainsi, en utilisant la même procédure pour chacun des huit points de mesures, on peut voir dans le Tableau XXXIII pour chacun des lieux quelles sont les variables influentes et leur signe dans les équations respectives. Pour chaque variable, une indication permet également de savoir si ces variables étaient significatives dans l'équation du modèle de régression local et/ou si elles le sont à travers les méthodes de régression descendante et ascendante.

Tableau XXXIII : Principales variables influentes dans chacun des modèles de régression locaux

Lieu	Variables influentes (signe dans l'équation)
PARC	Ag.Vis[3](+) / Env[2](+) / Pres.Nat[1,2](+) / Sil[1,2](+) / Surp[1,2](-)
TPARC	Ag.Air[1,2,3](+) / Pres.VL[1,2](-)
TBLVL	Ag.Vis[2](+) / Dyn[1,2,3](+) / Env[1,2](-) / Sil[1,2,3](+) / Surp[1,2,3](-)
BLVL	Ag.Vis[3](+) / Pres.Hum[2,3](-) / Sil[1,2,3](+)
BLVP	Adeq[1,3](+) / Ag.Vis[2](+) / Dyn[1](-) / Env[1,2](+) / Pres.Hum[1,2](-) / Pres.PL[2](+) / Sil[1,2,3](+)
TRUE	Ag.Vis[1,2](+) / Anim[2](+) / Env[1,2](+) / Sil[1,2](+) / Surp[2](-)
TPIETON	Ag.Air[1,2,3](+) / Anim[1,2](+) / Pres.Hum[1](+) / Pres.Ois[1](-) / Sil[1,2](+)
PIETON	Adeq[1,2,3](+) / Anim[1,2,3](+) / Env[1,2,3](+) /Sil[1,2,3](+)

[1] variable significative dans le modèle de régression local établi pour chaque lieu correspondant
[2] variable significative dans un modèle de régression pas à pas descendant
[3] variable significative dans un modèle de régression pas à pas ascendant

La Figure 88 présente à partir du Tableau XXXIII précédent le nombre de fois où les variables influentes apparaissent dans les modèles de régressions locaux ainsi que leur signe dans les équations. Par exemple, la variable "Adéquation" ressort deux fois avec un signe positif (BLVP et PIETON) alors que la variable "Présence Humaine" apparait deux fois avec un signe négatif (BLVL et BLVP) et une fois avec un signe positif (TPIETON).

Sur cette Figure 88 il est remarquable qu'une seule variable se retrouve presqu'à chaque fois (7 fois sur 8) parmi les variables influentes. Il s'agit comme on pouvait s'y attendre de la variable "Silence" qui a une influence positive sur l'agrément sonore. Il est à noter que la seule

fois où la variable "Silence" ne rentre pas dans le modèle établi correspond à la transition côté parc (TPARC). Or c'est pour ce même lieu que la variable "Présence des véhicules légers" apparait la seule fois. Ce résultat est concordant avec celui trouvé par DEFREVILLE B. qui avait établi un modèle de désagrément sonore qui tenait compte de la force sonore et dans lequel la présence des véhicules légers n'entrait pas comme variable explicative. En revanche dans le modèle ne tenant pas compte de la force sonore, la présence des véhicules légers apparaissait bien comme une variable importante [DEFREVILLE 2005].

Par ailleurs, la variable "Agrément visuel" semble également être une variable qui revient parmi les plus importantes localement. Et pourtant, sur une même situation, le paysage visuel ne change pas ! Seuls les choix esthétiques individuels permettent d'expliquer la variabilité des évaluations et cela a systématiquement une influence sur l'agrément sonore du lieu. Il faut également noter que l'enveloppement et la présence humaine change de signe en fonction des lieux. Ainsi, la présence humaine aura une influence positive dans la transition côté rue piétonne (TPIETON) mais une influence négative sur les boulevards (BLVL et BLVP).

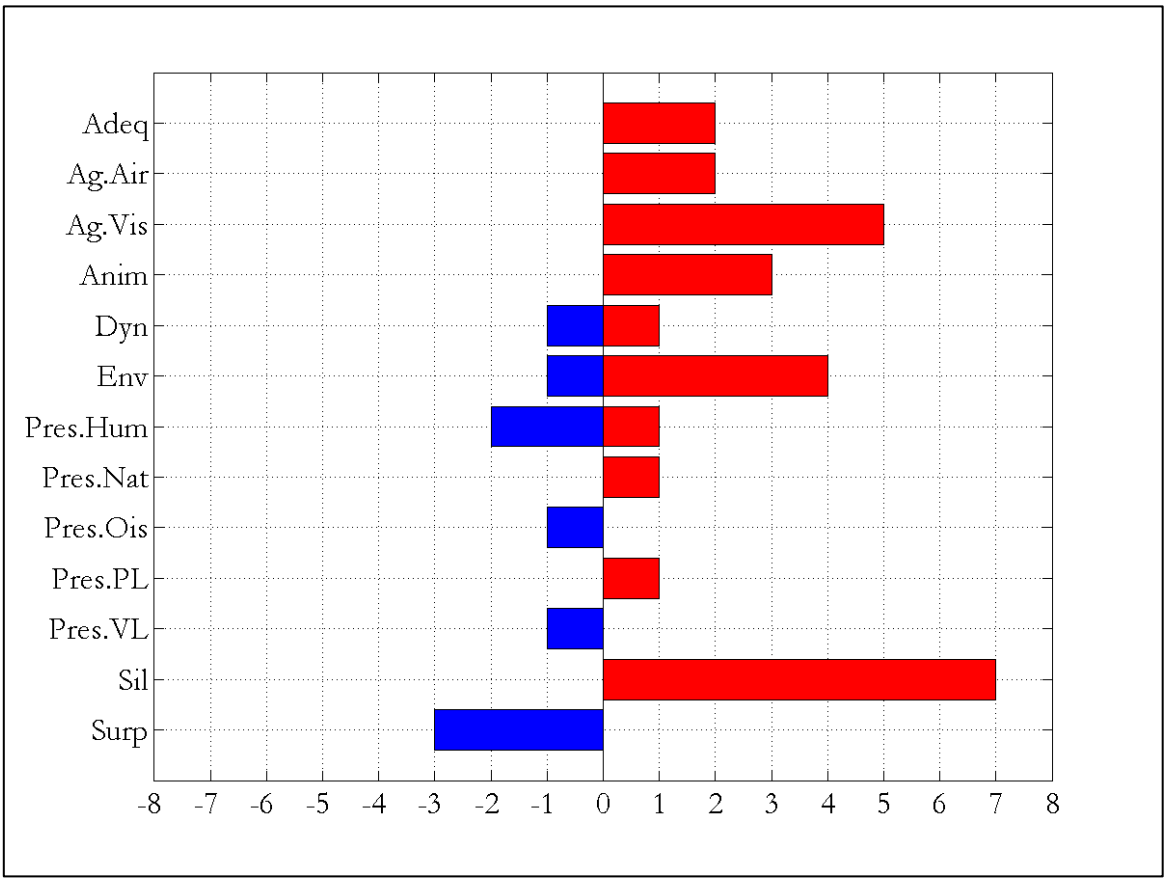


Figure 88 : Nombre d'apparitions des variables parmi les huit modèles de régressions locaux et leur signe dans les équations.

Enfin, le troisième point à souligner à propos des résultats de l'analyse locale est l'allure des variations de l'agrément sonore en fonction de chaque variable. En effet nous avons vu que d'un point de vue strictement prédictif, les réseaux de neurones présentaient un avantage sur les régressions linéaires, mais d'un point de vue explicatif, nous n'avions pas d'information à extraire des réseaux si ce n'est par la méthode utilisée, c'est-à-dire présenter un sujet moyen dans le réseau en faisant varier les variables une à une. De cette analyse il ressort sur les Figure 80 à Figure 87 que globalement le sens de la relation entre l'agrément sonore et les différentes variables indépendantes est le même que l'on considère la régression ou le réseau de neurones. Par exemple, dans le parc (Figure 80), plus le silence augmente et plus l'agrément sonore sera fort. Exceptionnellement, il arrive que le sens des pentes soit différent selon que l'on regarde un modèle ou un autre. Ainsi, il apparaît Figure 86 qu'une augmentation de la présence d'activités entraînerait une baisse de l'agrément sonore d'après le modèle de régression alors que l'effet inverse se produirait à en croire le modèle de réseau de neurones. Ce phénomène apparait sur des variables significatives ou non significatives dans le modèle de régression. Il est souvent dû à la prise en compte de façon plus ou moins marquée de la réponse d'un ou plusieurs individus particuliers dans les modèles. Il est alors très difficile de conclure. Quoiqu'il en soit, les analyses dans cette partie du projet nous auront permis de développer des modèles de prédiction de l'agrément sonore localement, qui correspondent à des ambiances sonores données. Si les réseaux de neurones s'avèrent être plus performants que les régressions linéaires multiples ces dernières n'en restent pas moins utiles. Tout d'abord elles auront permis de fixer un critère de comparaison nécessaire pour définir un bon modèle de réseau de neurones. Par ailleurs, même si ce critère peut être fixé de manière indépendante, les régressions linéaires multiples restent néanmoins utiles quant à l'interprétation de l'importance des variables indépendantes.

En conclusion, l'élaboration de modèles d'agrément sonore au travers d'études réalisées de façon locale nous auront permis de voir que ces modèles étaient très marqués par quelques individus. Les différentes variabilités au sein de chacun de ces lieux sont très dépendantes du point de vue des passants. Concernant les variables explicatives qui ressortent dans ces différents sites d'étude, et en s’appuyant sur le Tableau XXXIII, la variable "Silence" est celle qui apparait le plus souvent puisqu'elle se trouve dans sept lieux sur huit. Elle n’apparaît pas seulement dans le modèle établi pour la transition côté parc (TPARC). A un degré inférieur, la variable "Agrément visuel" est importante dans cinq lieux (PARC, TBLVL, BLVL, TRUE et BLVP). Les deux variables cités apparaissent toujours avec une influence positive. *A*

contrario, la variable "Enveloppement" qui ressort également cinq fois, n'a pas toujours le même signe puisqu'elle est quatre fois positive (PARC, PIETON, TRUE et BLVP) et une fois négative (TBLVL). De même, la variable "Temps de présence de présence humaine" qui se retrouve deux fois négative (BLVL et BLVP) et une fois positive (TPIETON).

Il est indéniable qu'il doit exister certains phénomènes locaux. Cependant, nous n'avons pas voulu par prudence comparer les modèles entre eux, les variabilités pour une seule et même variable étant différentes entre chaque site. La mise en évidence de ces particularités locales sera faite à travers l'étude d'un modèle plus global au paragraphe suivant.

5.2.10 MODELE GLOBAL

A la différence des modèles locaux qui ont mis l'accent sur les variabilités individuelles, il est important de comprendre quelles sont les variables perceptives qui différencient les lieux entre eux du point de vue de la qualité sonore. Nous avons donc regroupé toutes les données dans un même modèle général afin de tenter de répondre à la question : existe-t-il un indicateur global qui permette de caractériser tous les lieux ?

Avant de s'attacher à définir un modèle global nous avons voulu savoir s'il était possible de regrouper tous les lieux, quelle que soit la ville étudiée, en d'autre termes, y a-t-il une différence dans les évaluations entre celles recueillies auprès des sujets questionnés à Paris et celles auprès des sujets questionnés à Lyon ? Pour cela nous avons représenté les sujets moyens (par variable) de chaque site afin de voir leurs situations parmi l'ensemble des sites. Sur la Figure 89 sont donc représentés, sur les ordonnées, les agréments sonores moyens des différents lieux et, sur les abscisses, les valeurs moyennes de chaque variable pour les huit lieux considérés. Cette représentation devrait permettre de voir si les villes de Paris et de Lyon se distinguent sur une ou plusieurs variables. Autrement dit, les réponses pour une variable se trouvent elles globalement d'un côté de l'échelle à Paris et de l'autre côté à Lyon (ou inversement) ? Or il apparaît que les huit lieux sont généralement bien répartis sur toute la plage de réponse et de façon uniforme. Il n'est pas possible de distinguer sur cette représentation une différence systématique entre la ville de Paris et la ville de Lyon. Seule une source semble se différencier sur les deux villes, il s'agit des cyclomoteurs. En effet, une même sonie de cyclomoteur (Son.Mob) déclenche plus de désagrément à Lyon qu'à Paris. On retrouve ce même constat quant à la présence des cyclomoteurs (Pres.Mob) à Lyon et Paris. Est-ce à dire que les personnes à Paris sont plus habituées ou supportent mieux ces deux-roues ? Quoiqu'il arrive, dans la grande majorité des variables, il n'y a pas de distinction entre Lyon

et Paris. En conséquence de cette répartition homogène des différents sites, nous pensons qu'il est possible de chercher à développer un modèle global, commun aux deux situations urbaines.

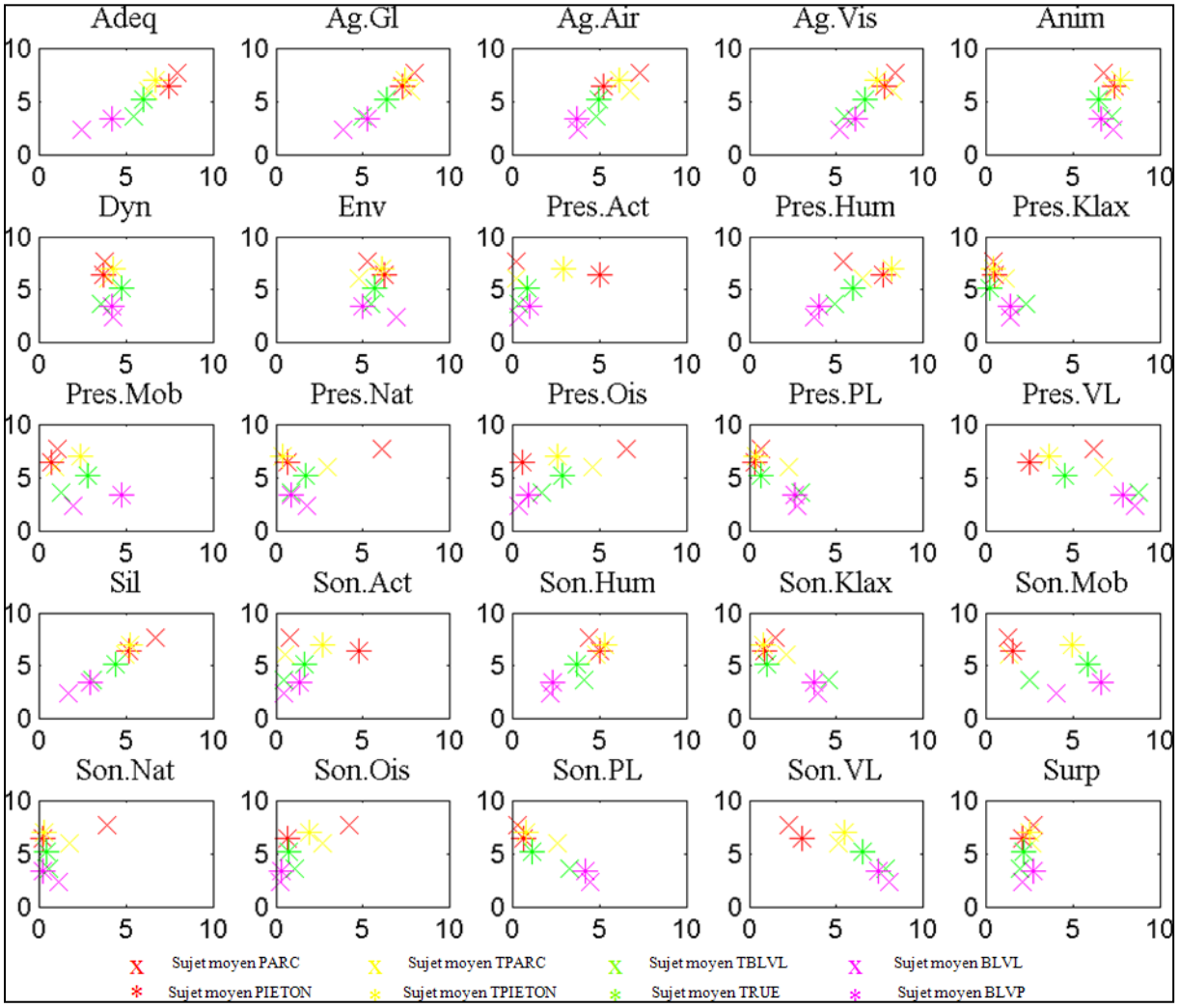


Figure 89 : Agréments sonores moyens en fonction de chaque variable indépendante moyenne.

Pour déterminer un modèle global nous avons donc appliqué la même méthode que lorsque nous avons travaillé sur un seul point d'enquête. Ainsi, nous avons cherché la base de données qui donnait la meilleure régression linéaire (en termes de R_c^2(REG) et R_t^2(REG)) et dont l'équation(9) est donnée ci-après, puis nous avons cherché à obtenir un réseau de neurones de meilleure qualité. Rappelons ici que compte tenu du nombre de sujets relativement élevé (224 sujets pour construire le modèle) il n'est pas indispensable de réduire le nombre de variables en amont. Cependant, précisons tout de même que la régression linéaire multiple nécessite de travailler avec des variables endogènes indépendantes.

Hélas après de nombreuses et longues tentatives, il n'a jamais été possible de trouver un modèle de réseau de neurones artificiels qui satisfasse à la condition demandée : R_c^2(ANN) > R_c^2(REG) et R_t^2(ANN) > R_t^2(REG) (*cf.* Tableau XXXIV). Ce constat fait, nous avons décidé de choisir un critère de sélection du réseau de neurones moins sévère, à savoir un R^2_{all}(ANN) > R^2_{all}(REG). Ce coefficient traduit la corrélation entre les valeurs de l'agrément sonore calculées et les valeurs mesurées pour l'ensemble des réponses données par les sujets interrogés.

Une fois le critère de sélection du modèle de réseau de neurones revu à la baisse il a alors été aisé de déterminer un modèle qui réponde à ce critère. En analysant les trois coefficients de corrélation à disposition R_c^2, R_t^2, R_{all}^2 et en comparant ceux obtenus pour le réseau de neurones artificiels et à ceux obtenus pour la régression linéaire multiple, il apparaît après de nombreux modèles de réseaux de neurones construits que le R^2_c (construction) est généralement plus élevé dans le cas du réseau de neurones mais le R^2_t (test) est *a contrario* systématiquement plus faible. Et c'est précisément ce critère, initialement trop sévère, qui empêchait la recherche d'un réseau de neurones optimal d'aboutir. A titre d'exemple, le Tableau XXXIV présente les résultats des trois coefficients de corrélation au carré (construction, test et totalité) obtenus avec 5 réseaux de neurones différents, ces 5 réseaux de neurones étant ceux qui présentent le R_t^2 le plus élevé parmi 160 établis.

Tableau XXXIV : Liste des coefficients de corrélation au carré issus des modèles de régression linéaire multiple et de 5 réseaux de neurones établis avec 25 variables explicatives.

	REG	ANN{1}	ANN{2}	ANN{3}	ANN{4}	ANN{5}
Base de données	R^2	R^2	R^2	R^2	R^2	R^2
Construction	0,70	0,76	0,76	0,73	0,74	0,84
Test	0,67	0,61	0,60	0,60	0,58	0,57
Totalité	0,69	0,71	0,71	0,69	0,69	0,75

En conséquence, nous avons à disposition un modèle de réseau de neurones global *a priori* meilleur que le modèle de régression linéaire multiple (R_c^2(ANN) > R_c^2(REG)) mais qui se trouve être moins performant d'un point de vue prédictif puisque R_t^2(ANN) est inférieur à R_c^2(REG). Il est alors très difficile d'affirmer qu'un modèle est meilleur qu'un autre et qu'il présente alors plus d'intérêt. C'est pourquoi nous avons voulu réduire tout de même le nombre de variables explicatives afin d'aller plus loin dans l'analyse (§ 5.2.11) et ce aussi pour être en accord avec l'hypothèse des régressions linéaires multiples qui impose d'avoir des variables indépendantes comme mentionné précédemment.

$$
\begin{aligned}
Ag.Son = -0{,}43 &+ 0{,}14 * Adeq + 0{,}26 * Ag.Gl + 0{,}20 * Ag.Air \\
&+ 0{,}05 * Ag.Vis + 0{,}11 * Anim - 0{,}04 * Dyn \\
&+ 0{,}13 * Env - 0{,}06 * Pres.Act - 0{,}04 * Pres.Hum \\
&+ 0{,}01 * Pres.Klax + 0{,}07 * Pres.Mob + 0{,}07 * Pres.Nat \\
&+ 0{,}00 * Pres.Ois + 0{,}08 * Pres.PL - 0{,}17 * Pres.VL \\
&+ 0{,}33 * Sil + 0{,}04 * Son.Act + 0{,}04 * Son.Hum \\
&- 0{,}05 * Son.Klax - 0{,}03 * Son.Mob + 0{,}02 * Son.Nat \\
&+ 0{,}00 * Son.Ois - 0{,}03 * Son.PL - 0{,}02 * Son.VL \\
&- 0{,}03 * Surp
\end{aligned}
\qquad (9)
$$

Il apparait dans l'équation (9) et dans le Tableau XXXV qu'aucune source sonore hormis les véhicules légers ne sont significatives dans ce modèle de régression linéaire multiple Au regard des études locales, différentes sources sonores apparaissaient importantes, comme par exemple la présence de la nature, la présence humaine ou encore la présence des oiseaux. La présence des sources semble donc être mieux prise en compte dans les régressions locales, excepté la présence des véhicules légers qui se retrouve à toutes les échelles. Les évaluations perceptives globales telles que "Adéquation", "Animation", "Enveloppement" (toutes ces variables étant significatives) semblent mieux refléter les différences entre sites.

Il est également intéressant de noter sur cette équation (9) que le silence est de nouveau la variable qui possède le plus fort coefficient.

La présence de certains signes de coefficient incohérents nous a donc poussés à réduire tout de même le modèle global de 25 à 13 variables en s'appuyant toujours sur les variabilités de ces variables ainsi que sur les corrélations de Bravais-Pearson entre ces variables deux à deux.

Tableau XXXV : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	P
Const	-0,43	-0,48	0,63
Adeq	0,14	2,62	0,01
Ag.Gl	0,26	3,47	0,00
Ag.Air	0,20	3,13	0,00
Ag.Vis	0,05	0,70	0,49
Anim	0,11	1,78	0,08
Dyn	-0,04	-0,87	0,38
Env	0,13	2,74	0,01
Pres.Act	-0,06	-0,83	0,41
Pres.Hum	-0,04	-0,76	0,45
Pres.Klax	0,01	0,14	0,89
Pres.Mob	0,07	1,07	0,29
Pres.Nat	0,07	1,50	0,14
Pres.Ois	0,00	0,04	0,97
Pres.PL	0,08	1,13	0,26
Pres.VL	-0,17	-3,26	0,00
Sil	0,33	4,86	0,00
Son.Act	0,04	0,54	0,59
Son.Hum	0,04	0,62	0,53
Son.Klax	-0,05	-0,99	0,32
Son.Mob	-0,03	-0,63	0,53
Son.Nat	0,02	0,28	0,78
Son.Ois	0,00	0,00	1,00
Son.PL	-0,03	-0,54	0,59
Son.VL	-0,02	-0,45	0,66
Surp	-0,03	-0,59	0,55

5.2.11 MODÈLE GLOBAL RÉDUIT À 13 VARIABLES

5.2.11.1 REDUCTION DU MODELE

La réduction du modèle global de 25 à 13 variables s'est donc déroulée de la même façon que pour l'élaboration des modèles locaux. En amont de la construction des modèles de prédiction, les 13 variables ont été sélectionnées sur la base des corrélations de Bravais-Pearson entre chaque paire de variables (Annexe 4). Ainsi, les variables "Adéquation", "Agrément global" et "Agrément de la qualité de l'air", toutes trois corrélées à la variable

"Agrément visuel" (R = 0,490, R = 0,671 et R = 0,541 / p = 0,000), ont été écartées de la construction du modèle, l'agrément visuel étant une variable apparue plusieurs fois comme influente dans les différents lieux (*cf.* Tableau XXXIII). De plus, de nombreuses recherches ont d'ores et déjà montré le lien entre sonore et visuel [VROOMEN 2000] [VIOLLON 2002] [RAIMBAULT 2005] [COX 2008]. De même, la variable "Dynamique", corrélée aux variables "Silence" et "Surprenant" (respectivement R = -0,159 / p = 0,004 et R = 0,208 / p = 0,000) a été exclue car dans le Tableau XXXIII elle n'apparaît que deux fois.

Concernant les sources sonores, tout comme pour les modèles locaux, un seul aspect de chaque source a été conservé, soit le pourcentage de temps de présence, soit le niveau perçu. Pour chaque lieu étudié, le pourcentage de temps de présence de chaque source avait systématiquement était conservé au profit du niveau perçu lorsque les deux aspects étaient corrélés. Or ici, il a été décidé de retenir l'une ou l'autre caractéristique de chaque source sonore en s'appuyant sur le modèle de qualité sonore établi au paragraphe précédent (modèle avec 25 variables). En effet, il est apparu avec 25 variables que certaines présentées dans l'équation (9) des signes qui pouvaient paraitre étranges. Ainsi la présence des klaxons, des cyclomoteurs et des poids lourds auraient une influence positive sur l'agrément sonore. Or, dans la même équation, le signe est négatif en ce qui concerne le niveau perçu de ces trois sources. Ainsi, il a été décidé de conserver le niveau sonore pour les trois sources sonores précédemment citées et le pourcentage de temps de présence pour les autres sources sonores. Il est remarquable que les trois sources sonores (klaxons, cyclomoteurs, poids lourds) pour lesquelles nous conservons le niveau perçu sont généralement des sources *a priori* avec des émergences fortes et peu de présence. Inversement, les autres sources ont généralement une grande présence mais avec un niveau peu élevé (présence humaine, éléments naturels, oiseaux, *etc.*). Ceci peut se confirmer au regard de la Figure 89 puisque globalement, le niveau estimé des cyclomoteurs (Son.Mob) est plus élevé que la présence (Pres.Mob). Inversement, le temps de présence estimé de présence humaine (Pres.Hum) est globalement plus élevé que le niveau perçu (Son.Hum).

Le tableau XXXVI présente les 13 variables retenues pour le modèle global.

Tableau XXXVI : Liste des variables retenues pour le modèle global avec 13 variables.

	Variables	Nomenclature
Variable dépendante	Agrément sonore	Ag.Son
Variables indépendantes	Agrément visuel	Ag.Vis
	Animation	Anim
	Enveloppement	Env
	Présence activités	Pres.Act
	Présence humaine	Pres.Hum
	Présence nature	Pres.Nat
	Présence oiseaux	Pres.Ois
	Présence véhicules légers	Pres.VL
	Silence	Sil
	Sonie klaxons	Son.Klax
	Sonie cyclomoteurs	Son.Mob
	Sonie poids lourds	Son.PL
	Surprenant	Surp

5.2.11.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

L'équation (10) de la régression linéaire multiple établie pour le modèle global est donnée ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = {} & 0{,}09 + 0{,}30 * Ag.Vis + 0{,}15 * Anim + 0{,}10 * Env \\ & + 0{,}00 * Pres.Act + 0{,}01 * Pres.Hum + 0{,}05 * Pres.Nat \\ & + 0{,}02 * Pres.Ois - 0{,}12 * Pres.VL + 0{,}55 * Sil \\ & - 0{,}08 * Son.Klax - 0{,}05 * Son.Mob - 0{,}02 * Son.PL \\ & - 0{,}06 * Surp \end{aligned} \quad (10)$$

Il apparait dans l'équation (10) que deux variables sont particulièrement importantes dans l'explication de l'agrément sonore au regard de leur coefficient. Il s'agit des variables "Agrément visuel" et "Silence" avec respectivement un coefficient égal à 0,30 et 0,55. Viennent ensuite trois autres variables qui ont également une influence non négligeable dans le modèle. Ce sont les variables "Animation" (coefficient = 0,15), "Enveloppement" (coefficient = 0,10), "Temps de présence des véhicules légers" (coefficient = - 0,12).

Par ailleurs, certaines variables comme par exemple les "Temps de présence des Activités", de "Présence humaine", des "Oiseaux" ou encore le "Niveau perçu des "Poids lourds" ont une influence nulle ou quasi nulle sur l'agrément sonore et ne sont pas significatives dans ce modèle de régression. Il serait donc sans doute nécessaire de retirer ces variables afin d'obtenir un modèle de qualité sonore avec un minimum de variables endogènes. Cependant,

il est à noter que la régression linéaire multiple étudiée ici a été construite de façon à ce qu'elle soit la meilleure avec les 13 variables sélectionnées et une base de construction de donnée. Ainsi, cette même base de construction avec moins de variables ne fournira pas forcément le meilleur modèle de régression comparativement à une autre base de construction.

Tableau XXXVII : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	0,09	0,11	0,91
Ag.Vis	0,30	4,40	0,00
Anim	0,15	2,28	0,02
Env	0,10	2,10	0,04
Pres.Act	0,00	0,07	0,94
Pres.Hum	0,01	0,21	0,83
Pres.Nat	0,05	1,23	0,22
Pres.Ois	0,02	0,46	0,65
Pres.VL	-0,12	-2,40	0,02
Sil	0,55	8,27	0,00
Son.Klax	-0,08	-1,89	0,06
Son.Mob	-0,05	-1,34	0,18
Son.PL	-0,02	-0,45	0,65
Surp	-0,06	-1,01	0,31

5.2.11.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Tableau XXXVIII : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,58	2,96E-43	0,67	1,10E-55
Test	0,70	1,30E-26	0,70	5,05E-26
Totalité	0,61	1,45E-66	0,67	1,78E-79

Dans la pratique il n'a pas non plus été possible ici de trouver avec 13 variables un réseau de neurones artificiels qui satisfasse la condition requise lors des études locales, c'est-à-dire avoir $R_c^2(ANN) > R_c^2(REG)$ et $R_t^2(ANN) > R_t^2(REG)$. De ce fait, la condition pour retenir un modèle de réseau de neurones a donc été la même que précédemment (§ 5.2.10) à savoir

obtenir R_{all}^2(ANN) > R_{all}^2(REG). En utilisant ce critère, il apparait alors comme cela est visible dans le Tableau XXXVIII que le réseau de neurones obtenu est meilleur du point de vue du coefficient de corrélation linéaire au carré R^2 calculé sur la base de construction et sur la totalité des sujets. Par ailleurs, le réseau de neurones artificiels obtenu et la régression linéaire multiple sont très proches en ce qui concerne la base de test puisque les valeurs de R_t^2 de ces deux modèles sont identiques à 10^{-2} près. Pour cette raison, ce modèle de réseau de neurones a été considéré comme meilleur sur les critères de R_c^2 et R_{all}^2 et équivalent pour leR_t^2 et a été comparé avec le modèle de régression linéaire multiple.

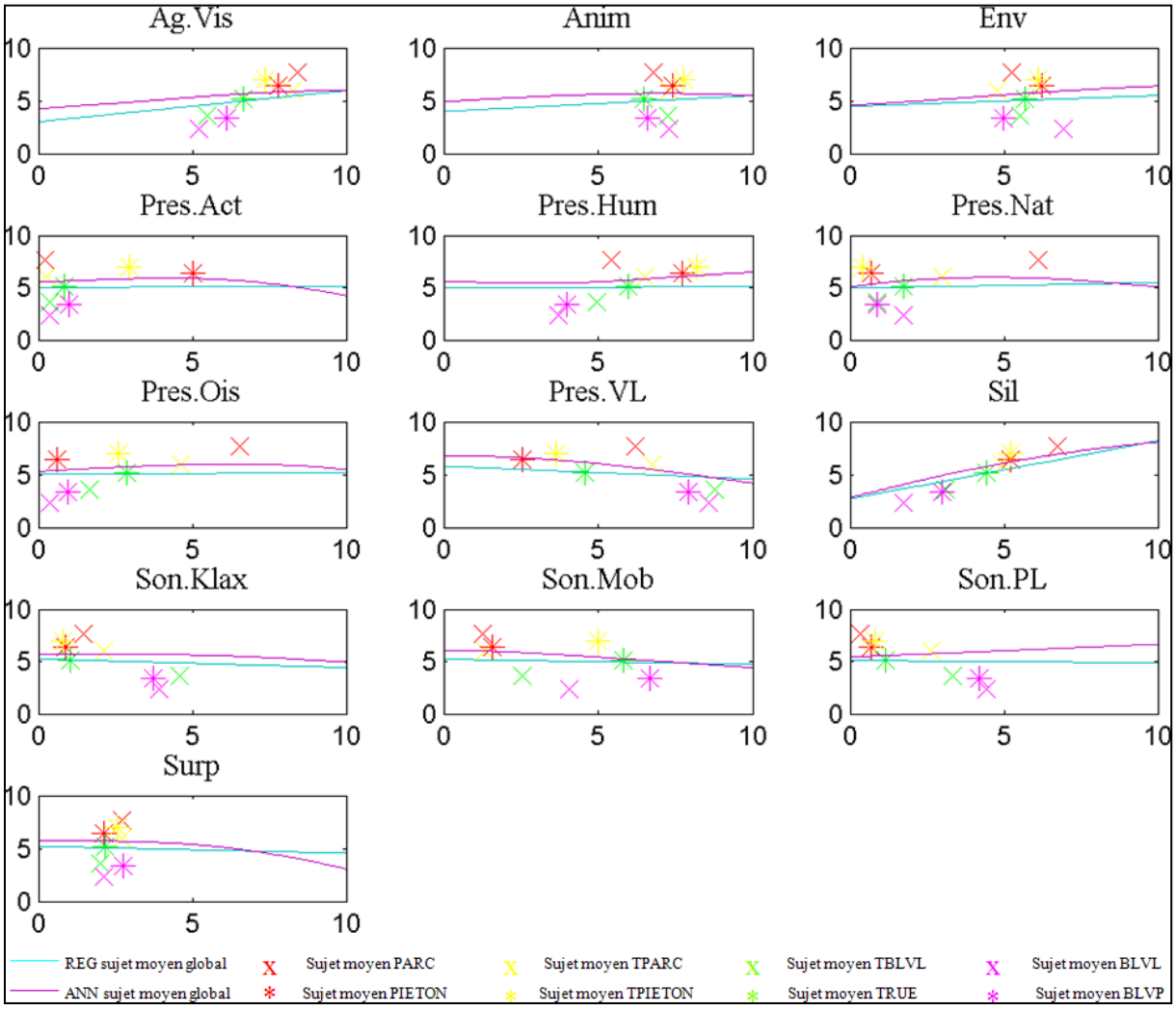


Figure 90 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour le modèle de régression linéaire multiple et pour le modèle de réseau de neurones à partir d'un sujet moyen global établi à partir de 320 sujets.

Tout comme cela a été fait localement, il est ici aussi possible de regarder la réponse des modèles globaux à un nouveau sujet. Dans un premier temps nous avons donc testé un sujet moyen global (moyenne des 320 sujets interrogés). La figure 90 montre l'allure de la réponse

du modèle de régression (bleu clair) et du modèle de réseau de neurones (violet) à ce sujet moyen global.

On peut voir sur cette représentation qu'en réponse à un sujet moyen, le réseau de neurones est très proche de la régression linéaire multiple, voire quasiment identique pour les variables "Anim" et "Pres.VL".

Mais que signifie un sujet moyen pris sur l'ensemble des sites ? La question est donc maintenant de savoir comment répond un modèle global à un sujet moyen local. Quelle est la variation de l'agrément sonore autour des sujets moyens locaux présentés ci-dessus ? Pour plus de clarté, les représentations de ces variations ont été scindées en deux figures (Figure 91et Figure 92), une pour la ville de Lyon et l'autre pour la ville de Paris.

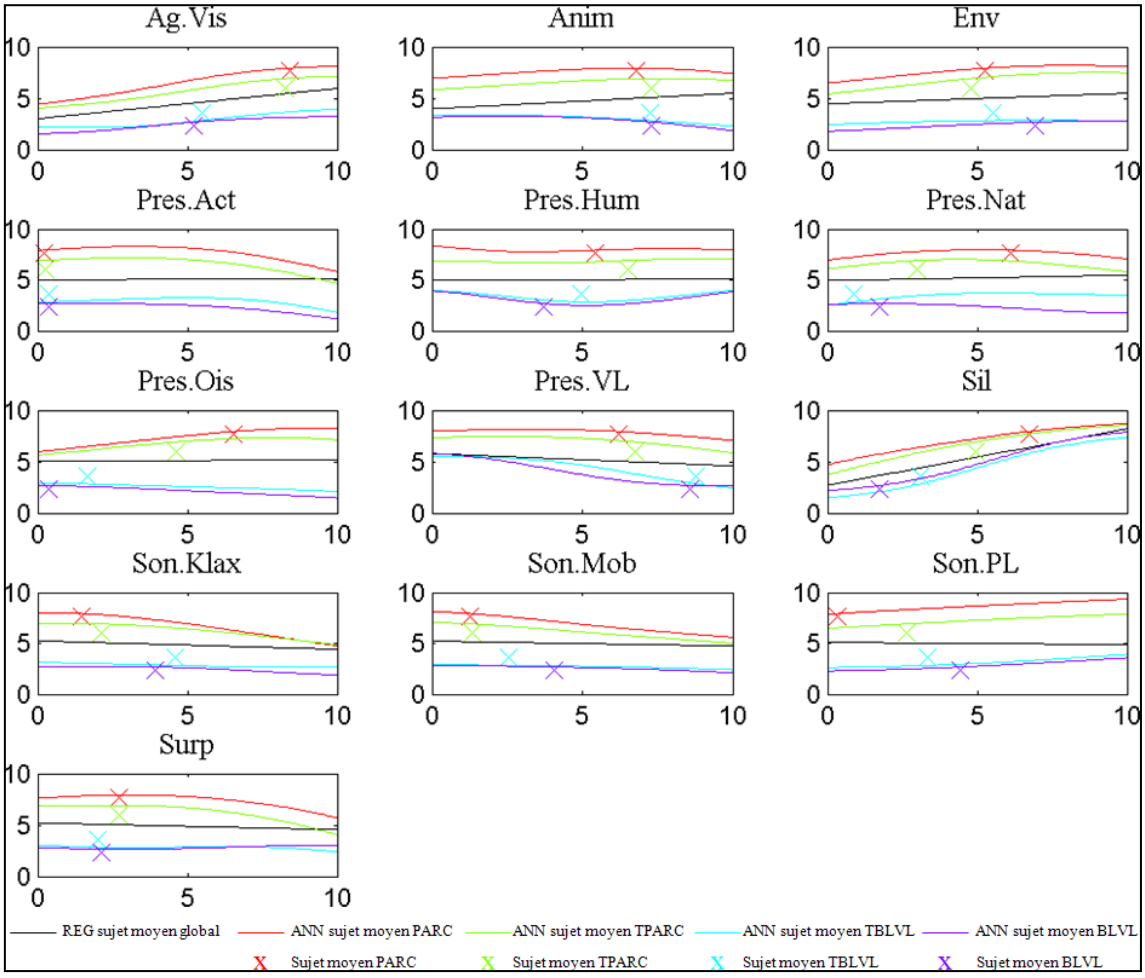


Figure 91 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour le modèle de régression linéaire multiple et pour le meilleur modèle de réseau de neurones à partir des sujets moyens locaux de Lyon.

La figure 91 illustre donc la réponse du modèle aux sujets moyens locaux de la ville de Lyon. Les courbes rouges représentent le parc, les courbes vertes symbolisent la transition

côté parc, les courbes bleues sont la réponse à la transition côté boulevard et enfin les courbes mauves illustrent le boulevard. La droite noire représente quant à elle la réponse de la régression linéaire multiple à un sujet moyen global, la même que celle visible dans la figure 90. Du fait de la linéarité de la régression, quel que soit le sujet choisi en entrée du modèle, la pente de la droite en sortie sera toujours la même. Des différences de pente autour d'un sujet moyen local ne peuvent donc être mises en évidence qu'avec le modèle de réseau de neurones.

Comme précédemment, la figure 92montre les réponses du modèle de réseau de neurones à des sujets moyens locaux cette fois-ci sur les sites de Paris. En rouge, la réponse pour la rue piétonne, en vert la réponse pour la transition côté rue piétonne, en bleu la réponse pour la transition côté rue circulée et enfin en mauve la réponse pour le boulevard.

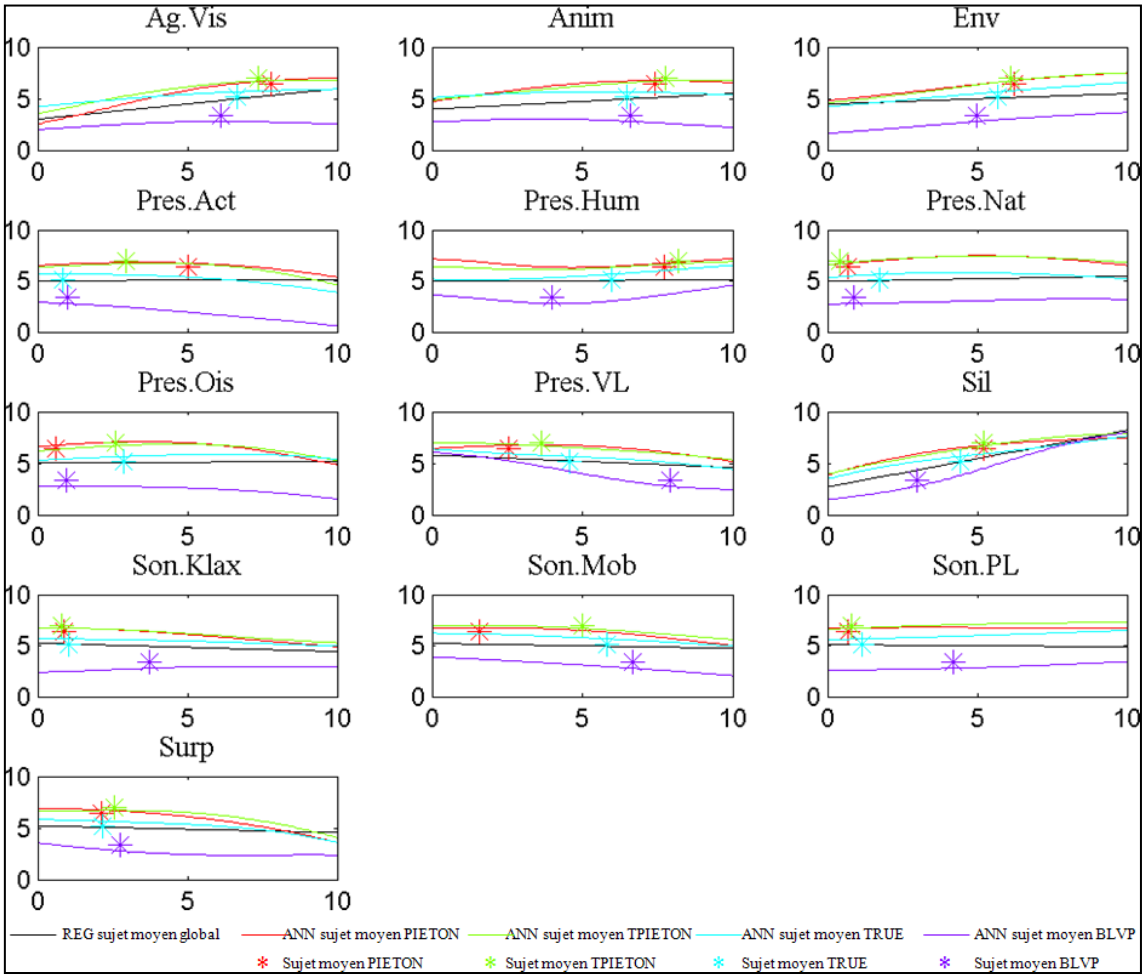


Figure 92 : Allures des variations de l'agrément sonore calculé pour le modèle de régression linéaire multiple et pour le meilleur modèle de réseau de neurones à partir des sujets moyens locaux de Paris.

S'il arrive qu'il y ait une différence de pente au sein d'une réponse à un sujet moyen local (par exemple la présence humaine sur le boulevard à Paris, Figure 92) nous nous sommes surtout attardés à mesurer cette pente autour des sujets moyens. Bien que la relation ne soit

pas linéaire, nous avons calculé chaque pente dans un premier temps dans une plage [-0.5 +0.5] autour des sujets moyens puis dans un second temps dans une plage [-1 +1]. Les résultats étant similaires, les seconds ont été retenus et sont présentés dans le tableau XXXIX suivant.

Tableau XXXIX : Pentes calculées autour des sujets moyens pour chaque modèle (REG et ANN) et pour chacune des 13 variables.

		LYON				PARIS			
		PARC	TPARC	TBLVL	BLVL	PIETON	TPIETON	TRUE	BLVP
Ag.Vis	REG	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	ANN	0,19	0,22	0,32	0,24	0,20	0,13	0,11	0,00
Anim	REG	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	ANN	-0,02	0,02	-0,18	-0,25	0,01	0,10	-0,04	-0,14
Env	REG	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	ANN	0,19	0,27	0,02	0,08	0,28	0,32	0,24	0,23
Pres.Act	REG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ANN	0,22	0,17	0,10	0,01	-0,10	0,07	0,00	-0,15
Pres.Hum	REG	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	ANN	0,09	0,12	-0,04	-0,24	0,20	0,15	0,19	-0,04
Pres.Nat	REG	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	ANN	-0,08	0,15	0,36	0,00	0,22	0,32	0,13	0,06
Pres.Ois	REG	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	ANN	0,21	0,22	-0,07	-0,06	0,21	0,15	0,11	-0,01
Pres.VL	REG	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
	ANN	-0,15	-0,25	-0,39	-0,10	0,06	-0,15	-0,13	-0,26
Sil	REG	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	ANN	0,34	0,50	0,69	0,39	0,27	0,42	0,33	0,61
Son.Klax	REG	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
	ANN	-0,14	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05	0,00	-0,06	0,11
Son.Mob	REG	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	ANN	-0,21	-0,16	-0,03	-0,06	0,00	-0,16	-0,14	-0,20
Son.PL	REG	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
	ANN	0,17	0,16	0,10	0,13	0,03	0,12	0,08	0,07
Surp	REG	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
	ANN	0,03	-0,01	-0,06	-0,02	-0,14	0,00	-0,09	-0,22

Comme mentionné ci-dessus, la régression linéaire multiple ne permet pas de mettre en évidence les différences de pente autour des sujets moyens locaux. D'après l'équation (10) présentée au paragraphe 5.2.11.2, la variable "Silence" est la plus importante à l'égard du coefficient (0,55). Par "importance", il est sous-entendu ici que cette variable a une forte influence sur l'agrément sonore. Pourtant, le réseau de neurones artificiels montre que cette importance n'est pas la même selon les différents lieux. En effet, selon le réseau de neurones

artificiels, l'influence du "Silence" est semblable à celle calculée par la régression linéaire multiple dans la transition entre le parc et l'extérieur de ce dernier à Lyon (TPARC) (pente = 0,50). D'autre part, cette influence est plus importante (pente = 0,69) dans l'autre transition à Lyon (TBLVL) et est plus faible notamment dans le parc (Parc, pente = 0,34), dans la rue piétonne (PIETON, pente = 0,27) et dans la transition côté rue circulée (TRUE, pente = 0,33). De même pour l'"Agrément visuel" qui est également une variable importante dans l'équation de la régression (10) (pente = 0,30), il est remarquable que la pente calculée avec le réseau de neurones est similaire pour la transition entre le boulevard et le parc à Lyon (TBLVL) (pente = 0,32), elle est plus faible dans la transition piétonne (PIETON) (pente = 0,13) et est même nulle sur le boulevard à Paris (BLVP) (pente = 0,00).

Il apparait donc à travers ces résultats obtenus avec un réseau de neurones artificiels que chaque variable explicative utilisée dans les modèles de qualité sonore n'ait pas la même influence selon le lieu considéré. Ainsi, selon l'exemple vu ci-dessus, il semble que la vision ait plus d'influence dans les zones de transition à Lyon que sur le boulevard à Paris. Mais avant de commenter chaque pente de chaque variable, nous avons voulu savoir si ces résultats étaient reproductibles. Un autre bon réseau de neurones artificiels amènerait-il à des conclusions identiques ou fondamentalement différentes ? Ainsi, un autre bon réseau de neurones (R_{all}^2 (ANN) > R_{all}^2 (REG)) a été sélectionné et les pentes ont été calculées à nouveau. Les résultats sont présentés dans le tableau XL.

A la lecture de ce tableau XL, il est très rapidement visible que les valeurs de pentes calculées à travers ce second réseau de neurones (ANN(2)) sont parfois très différentes de celles obtenues avec le premier réseau de neurones (ANN(1)). A titre d'exemple, l'influence (symbolisée par la valeur de pente) de la variable "Silence" au niveau du boulevard à Lyon (BLVL) est de 0,39 si l'on en croit le premier modèle alors qu'elle atteint 0,57 selon le second. De même dans la rue piétonne, le premier réseau de neurones indique une pente de 0,27 alors que le second montre une influence de cette variable "Silence" beaucoup plus importante avec une valeur de 0,69. Parfois même, non seulement la différence de pentes calculées par les deux modèles de réseau de neurones est grande, mais en plus les sens de variation de ces deux pentes est également différent. Par exemple, le niveau perçu des cyclomoteurs (Son.Mob) sur dans la transition de la rue circulée à Paris (TRUE) indique une pente de +0,14 d'après le premier réseau de neurones alors que cette pente est de -0,14 selon le second. Cette différence de signe entre les deux pentes implique donc une difficulté d'interprétation quant à l'influence des différentes variables explicatives.

Tableau XL : Pentes calculées autour des sujets moyens pour chaque modèle (REG, ANN(1) et ANN(2)) et pour chacune des 13 variables.

		LYON				PARIS			
		PARC	TPARC	TBLVL	BLVL	PIETON	TPIETON	TRUE	BLVP
Ag.Vis	REG	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	ANN(1)	0,19	0,22	0,32	0,24	0,20	0,13	0,11	0,00
	ANN(2)	0,21	0,19	0,22	0,09	0,28	0,48	0,17	0,05
Anim	REG	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	ANN(1)	-0,02	0,02	-0,18	-0,25	0,01	0,10	-0,04	-0,14
	ANN(2)	-0,01	-0,05	0,01	0,04	0,32	0,26	0,05	0,05
Env	REG	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	ANN(1)	0,19	0,27	0,02	0,08	0,28	0,32	0,24	0,23
	ANN(2)	0,08	0,03	-0,20	-0,09	0,04	0,03	0,11	-0,15
Pres.Act	REG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ANN(1)	0,22	0,17	0,10	0,01	-0,10	0,07	0,00	-0,15
	ANN(2)	0,13	0,10	0,03	0,03	0,00	-0,04	0,23	0,23
Pres.Hum	REG	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	ANN(1)	0,09	0,12	-0,04	-0,24	0,20	0,15	0,19	-0,04
	ANN(2)	-0,16	-0,17	-0,30	-0,16	0,42	0,26	0,21	0,02
Pres.Nat	REG	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	ANN(1)	-0,08	0,15	0,36	0,00	0,22	0,32	0,13	0,06
	ANN(2)	-0,03	0,09	0,17	-0,10	0,29	0,34	0,18	-0,01
Pres.Ois	REG	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	ANN(1)	0,21	0,22	-0,07	-0,06	0,21	0,15	0,11	-0,01
	ANN(2)	-0,08	-0,04	-0,28	-0,05	0,10	0,09	-0,07	-0,30
Pres.VL	REG	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
	ANN(1)	-0,15	-0,25	-0,39	-0,10	0,06	-0,15	-0,13	-0,26
	ANN(2)	-0,05	-0,21	-0,20	-0,14	-0,06	0,06	-0,07	0,00
Sil	REG	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	ANN(1)	0,34	0,50	0,69	0,39	0,27	0,42	0,33	0,61
	ANN(2)	0,30	0,43	0,33	0,57	0,69	0,66	0,70	0,78
Son.Klax	REG	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
	ANN(1)	-0,14	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05	0,00	-0,06	0,11
	ANN(2)	-0,10	-0,02	-0,16	0,00	-0,21	-0,52	-0,10	-0,03
Son.Mob	REG	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	ANN(1)	-0,21	-0,16	-0,03	-0,06	0,00	-0,16	-0,14	-0,20
	ANN(2)	0,02	-0,04	-0,02	-0,14	-0,13	-0,04	0,14	0,07
Son.PL	REG	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
	ANN(1)	0,17	0,16	0,10	0,13	0,03	0,12	0,08	0,07
	ANN(2)	0,02	0,08	-0,18	-0,16	0,19	0,17	0,04	-0,21
Surp	REG	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
	ANN(1)	0,03	-0,01	-0,06	-0,02	-0,14	0,00	-0,09	-0,22
	ANN(2)	-0,19	-0,31	-0,43	-0,22	-0,13	-0,26	-0,15	-0,26

Pour valider le fait que les réseaux de neurones permettent bien de mettre en évidence des différences d'influence de chacune des variables pour des lieux différents (ce que ne permet pas de faire une régression car les coefficients sont fixés de manière générale), un grand nombre de réseaux de neurones (500) qui satisfont les contraintes de meilleur modèle pour l'ensemble des situations (R_{all}^2 (ANN) > R_{all}^2 (REG)) a été calculé et une analyse de variance a été menée. En effet, cette méthode d'analyse permettra d'une part de s'assurer que des différences de pentes issues de deux points distincts sont bien induites par ces points et non pas par un modèle de réseau de neurones particulier, et d'autre part de discuter du sens à donner à un seul réseau de neurones, aussi bon soit-il.

5.2.11.4 ANALYSE DE LA VARIANCE (ANOVA)

Une analyse de variance à un facteur a donc été menée sur 500 pentes calculées pour chacun des 8 lieux et pour les 13 variables étudiées. Tous les résultats issus de cette analyse sont présentés ci -après avec pour chaque variable:

- le tableau de l'ANOVA, qui permet notamment de savoir avec la valeur de p si au moins une des valeurs de pentes moyenne calculée est différente ou non des autres;
- un tableau regroupant le coefficient de la régression linéaire multiple, la moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, l'erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, la pente calculée avec le premier réseau de neurones et la pente calculée avec le second,
- une figure illustrative du tableau précédent.

Dans tous les résultats d'analyse de variance présentés ci-après, le tableau de l'ANOVA (par exemple Tableau XLI) permet donc de dire au regard de la valeur de probabilité p si au moins une des valeurs de pentes moyenne est différente ou non des autres. Le tableau suivant et la figure représentative de ce tableau (par exemple Tableau XLII et Figure 93) permettent de déterminer à l'aide du test de Tukey quelles sont les moyennes de pentes significativement différentes des autres et lesquelles ne le sont pas. Si les barres d'erreurs ne se croisent pas, alors les moyennes de pentes sont statistiquement différentes.

5.2.11.4.1 AGREMENT VISUEL

Tableau XLI : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Agrément visuel".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	31,04	7	4,43	54,10	3E-74
Intra-groupes	327,15	3992	0,08		
Total (Corr.)	358,19	3999			

Tableau XLII : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Agrément visuel" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,296	0,181	0,110	0,188	0,208
Transition (Parc)	0,296	0,270	0,110	0,216	0,194
Transition (Bld / Lyon)	0,296	0,263	0,110	0,323	0,221
Boulevard (Lyon)	0,296	0,169	0,110	0,237	0,087
Rue piétonne	0,296	0,369	0,110	0,198	0,282
Transition (Piéton)	0,296	0,378	0,110	0,131	0,485
Transition (Rue)	0,296	0,309	0,110	0,115	0,167
Boulevard (Paris)	0,296	0,121	0,110	0,001	0,046

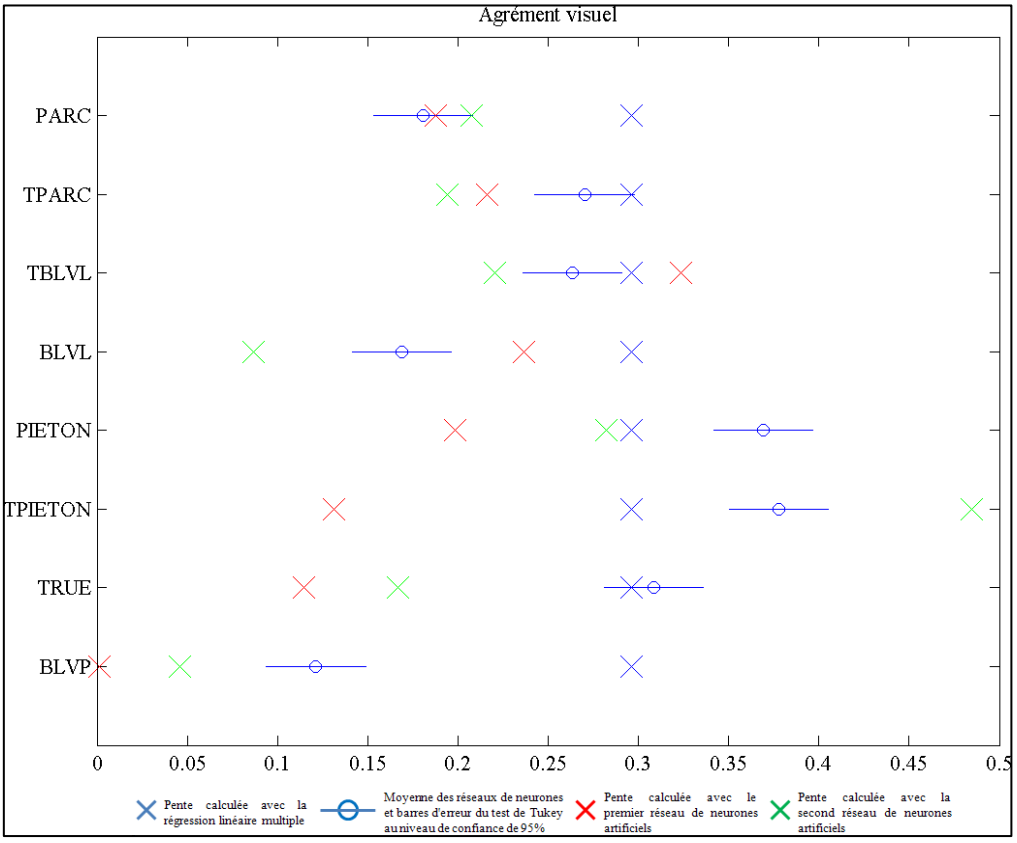


Figure 93 : Figure illustrative du Tableau XLII pour la variable "Agrément visuel".

Concernant la variable "Agrément visuel", le Tableau XLI de l'analyse de variance permet de dire que des moyennes des pentes issues des 500 réseaux de neurones sont statistiquement différentes.

En se focalisant sur le Tableau XLII et sur la Figure 93 il est possible de définir trois groupes parmi lesquels se trouvent la rue piétonne (PIETON) et la transition côté rue piétonne (TPIETON) où l'influence de la variable "Agrément visuel" est la plus forte, les transitions (TPARC, TBLVL et TRUE) et enfin le parc et les deux boulevards (PARC, BLVL et BLVP) où l'influence est la plus faible. S'il est difficile de commenter le regroupement des lieux "piétons" (PIETON et TPIETON) il semble cependant que l'influence de la variable "Agrément visuel" soit plus faible dans les lieux clairement identifiables (acoustiquement et visuellement) que dans les lieux de transition bien que la rue piétonne fasse figure d'exception.

Les résultats trouvés ici sur l'influence de l'agrément visuel ne sont qu'en partie concordants avec ceux trouvés par VIOLLON S. *et al.* dans leur étude sur l'influence des paramètres visuels sur les évaluations du son dans un environnement urbain [VIOLLON 2002] puisque les auteurs avaient montré que l'influence visuelle globale sur le jugement auditif était significative mais complexe, c'est à dire qu'elle était dépendante du type de sons impliqués. Ainsi, le jugement de sons sans présence sonore humaine était significativement influencé par le cadre visuel. En revanche, les sons marqués par une présence humaine, tels que les pas et les voix, ne subissaient pas l'influence du visuel. Au contraire, les résultats présentés sur la Figure 93 montrent que les lieux marqués par la présence humaine (PIETON et TPIETON) non seulement subissent l'influence du visuel, mais ces lieux sont même ceux pour lesquels cette influence est la plus forte.

Un autre point important qui ressort de la Figure 93 concerne les réseaux de neurones artificiels. Sur cette figure, nous avons pris soin de représenter en plus des moyennes de pentes calculées avec les 500 réseaux de neurones, les pentes calculées avec les deux meilleurs réseaux de neurones (ANN(1) et ANN(2)). Ainsi, dans le parc (PARC), les pentes calculées avec les deux réseaux sont sensiblement les mêmes que la moyenne des 500 réseaux. En revanche, les pentes calculées par les deux réseaux de neurones sont inférieures à la moyenne pour les lieux TPARC et BLVP, voire très inférieures pour les lieux PIETON et TRUE. Enfin, pour les lieux TBLVL et BLVL, la pente calculée par le premier réseau de neurones est supérieure à la moyenne et celle calculée par le second est inférieure et

inversement pour le lieu TPIETON. Ces différences entre deux réseaux de neurones considérés comme "bons" et la moyenne posent donc un problème d'interprétation. Doit-on plutôt interpréter un "bon" réseau de neurones artificiels ou plutôt la moyenne d'un grand nombre d'entre eux ?

Des résultats similaires ayant été obtenus pour chacune des treize variables étudiées, nous ne commenterons pas systématiquement ce point-là, mais des commentaires d'ensemble seront faits dans le paragraphe 5.2.11.4.15.

5.2.11.4.2 ANIMATION

Tableau XLIII : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Animation".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	9,78	7	1,40	18,86	6E-25
Intra-groupes	295,81	3992	0,07		
Total (Corr.)	305,59	3999			

Tableau XLIV : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Animation" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,150	-0,016	0,104	-0,023	-0,007
Transition (Parc)	0,150	-0,021	0,104	0,025	-0,052
Transition (Bld / Lyon)	0,150	-0,042	0,104	-0,182	0,008
Boulevard (Lyon)	0,150	0,033	0,104	-0,250	0,041
Rue piétonne	0,150	-0,024	0,104	0,008	0,320
Transition (Piéton)	0,150	0,022	0,104	0,100	0,264
Transition (Rue)	0,150	0,125	0,104	-0,036	0,048
Boulevard (Paris)	0,150	0,018	0,104	-0,144	0,047

Pour la variable "Animation", là encore le Tableau XLIII de l'analyse de variance permet de dire qu'une ou des moyennes sont statistiquement différentes des autres. Pourtant, si pour la variable "Agrément visuel" trois groupes étaient distincts, le Tableau XLIV et la Figure 94montre que pour la variable "Animation", seule la transition côté rue circulée à Paris (TRUE) est différentes des 7 autres lieux où cette variable aurait un impact plus important (bien que faible) sur l'agrément sonore. Il est donc très difficile d'en tirer des conclusions concernant cette variable. D'une façon générale, l'influence de l'animation est quasi nulle.

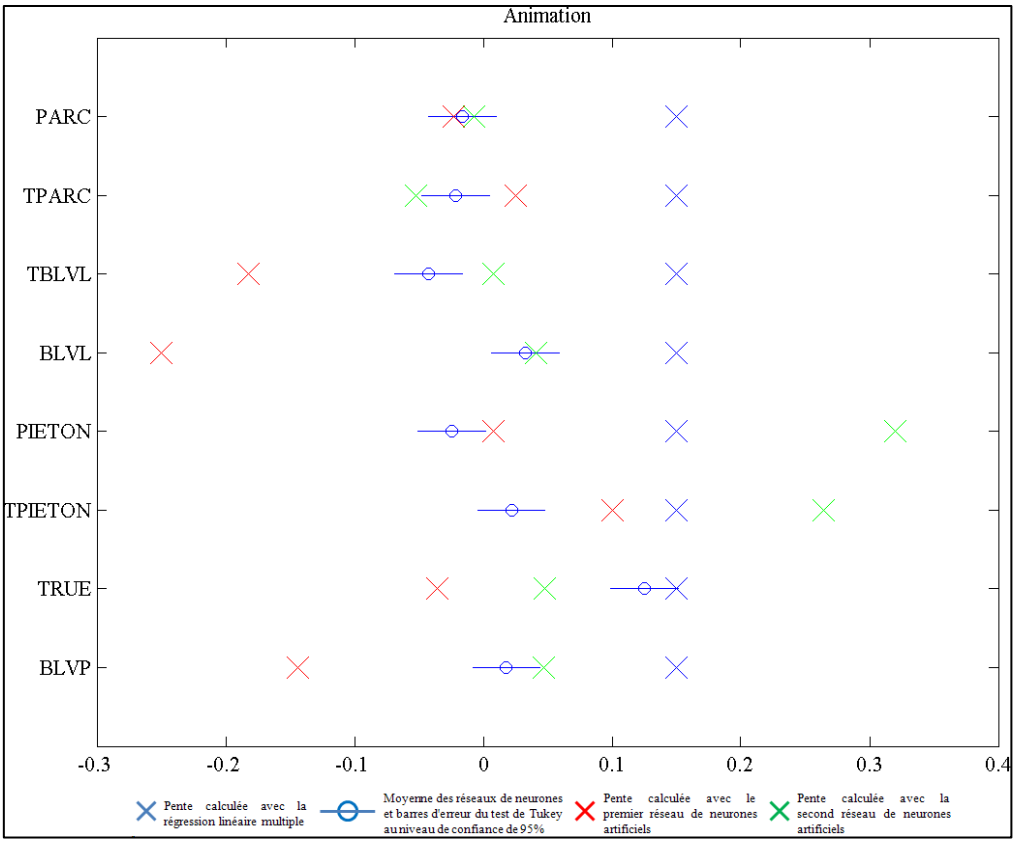


Figure 94 : Figure illustrative du Tableau XLIV pour la variable "Animation".

5.2.11.4.3 ENVELOPPEMENT

Tableau XLV : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Enveloppement".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	38,90	7	5,56	88,16	9E-120
Intra-groupes	251,62	3992	0,06		
Total (Corr.)	290,52	3999			

De nouveau, le Tableau XLV de l'analyse de variance montre que des moyennes de pente sont statistiquement différentes pour la variable "Enveloppement". D'après le Tableau XLVI et la Figure 95, cette variable a tendance à avoir un impact positif sur l'agrément sonore en dehors des boulevards où là, au contraire, il aura plutôt un effet nul. Peut-on comprendre que dans la notion d'enveloppement, il y a la notion de source sonore ? Si l'on est entouré d'oiseaux ou de personnes, le sentiment d'enveloppement renforcera l'agrément sonore, mais si l'on est entouré de voitures, ce même sentiment rendra l'environnement sonore plus désagréable. Il semble donc que l'impact du sentiment d'enveloppement soit plus dépendant du type de sources que de la notion de "réverbérance" du lieu (par identification à la réverbérance dans une salle et son effet sur l'enveloppement ressenti par les auditeurs). En

effet BARRON M. a montré que dans les salles de concert, la notion d'enveloppement était dépendante de la réverbérance de la salle, et donc du type de salle [BARRON 2000]. Le sentiment d'enveloppement des auditeurs devrait être plus grand dans les petites salles et plus faible dans les grandes.

Tableau XLVI : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Enveloppement" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,102	0,186	0,096	0,189	0,084
Transition (Parc)	0,102	0,193	0,096	0,268	0,025
Transition (Bld / Lyon)	0,102	0,037	0,096	0,023	-0,204
Boulevard (Lyon)	0,102	-0,027	0,096	0,079	-0,090
Rue piétonne	0,102	0,289	0,096	0,283	0,036
Transition (Piéton)	0,102	0,226	0,096	0,317	0,026
Transition (Rue)	0,102	0,196	0,096	0,238	0,110
Boulevard (Paris)	0,102	0,094	0,096	0,228	-0,154

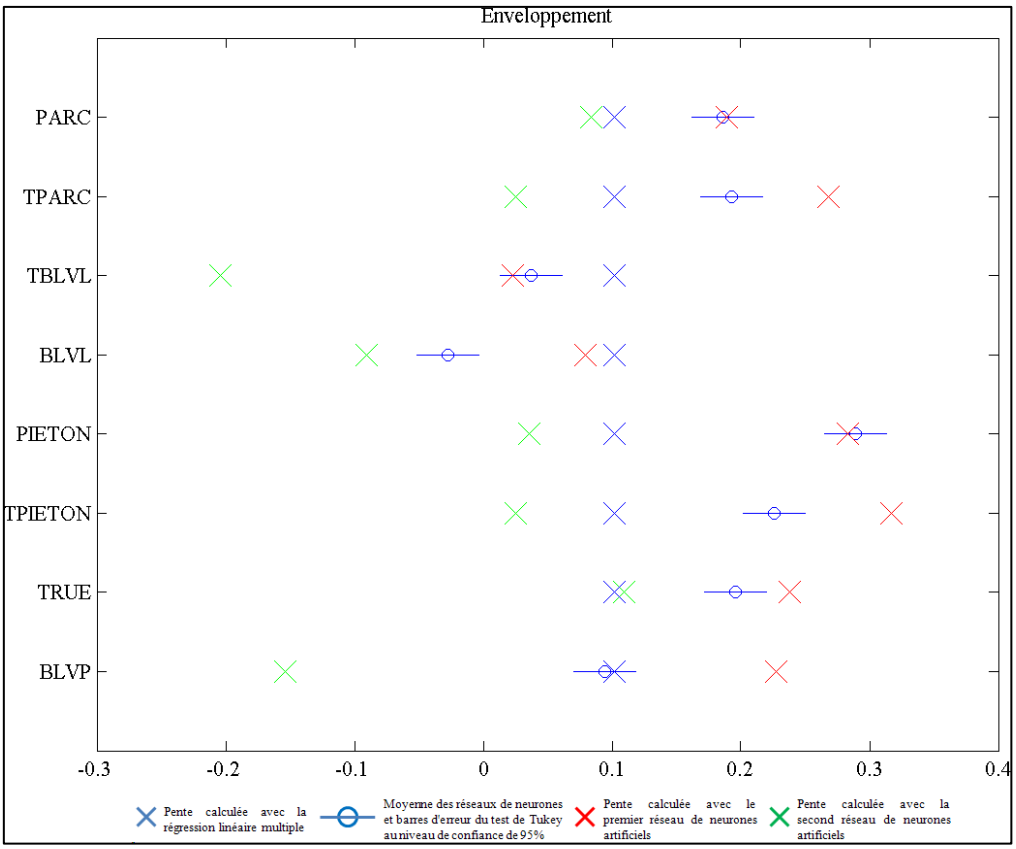


Figure 95 : Figure illustrative du Tableau XLVI pour la variable "Enveloppement".

Par ailleurs, il est remarquable concernant la variable "Enveloppement" qu'avec le modèle global, cette variable n'a qu'une très faible influence positive dans la transition côté boulevard

(TBLVL). Ceci est en contradiction avec les résultats obtenus localement (§ 5.2.3.2) puisque cette variable était apparue avec une influence négative significative sur l'agrément sonore.

5.2.11.4.4 TEMPS DE PRESENCE DES ACTIVITES (%)

Tableau XLVII : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Présence des activités (%)".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	15,90	7	2,27	40,54	2E-55
Intra-groupes	223,74	3992	0,06		
Total (Corr.)	239,64	3999			

Tableau XLVIII : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Présence des activités (%)" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,004	0,071	0,091	0,220	0,129
Transition (Parc)	0,004	0,027	0,091	0,169	0,096
Transition (Bld / Lyon)	0,004	0,029	0,091	0,103	0,031
Boulevard (Lyon)	0,004	0,029	0,091	0,012	0,030
Rue piétonne	0,004	-0,147	0,091	-0,096	-0,005
Transition (Piéton)	0,004	-0,052	0,091	0,067	-0,045
Transition (Rue)	0,004	-0,028	0,091	0,002	0,231
Boulevard (Paris)	0,004	-0,019	0,091	-0,148	0,226

La variable "Temps de présence des activités" mérite une attention particulière. Si les moyennes de pente sont toujours statistiquement différentes (Tableau XLVII), le Tableau XLVIII et la Figure 96 montre que les villes de Lyon et de Paris se différencient avec une influence positive à Lyon et négative à Paris. Mais si pour les transitions et les boulevards cette influence est très faible, c'est surtout le parc (PARC) et la rue piétonne (PIETON) qui présentent un intérêt. Dans le parc, la "Présence d'activités" a un impact positif sur l'agrément sonore alors que dans la rue piétonne l'effet est inversé. Le type d'activités et surtout la forte concentration de celles-ci dans la rue piétonne est sans doute à l'origine de ces résultats. Une augmentation du nombre de commerces dans la rue piétonne, déjà très commerciale, aura un effet négatif sur l'agrément sonore, alors que dans le parc, quelques activités commerciales telles que des points de restauration par exemple seraient sans doute bienvenus.

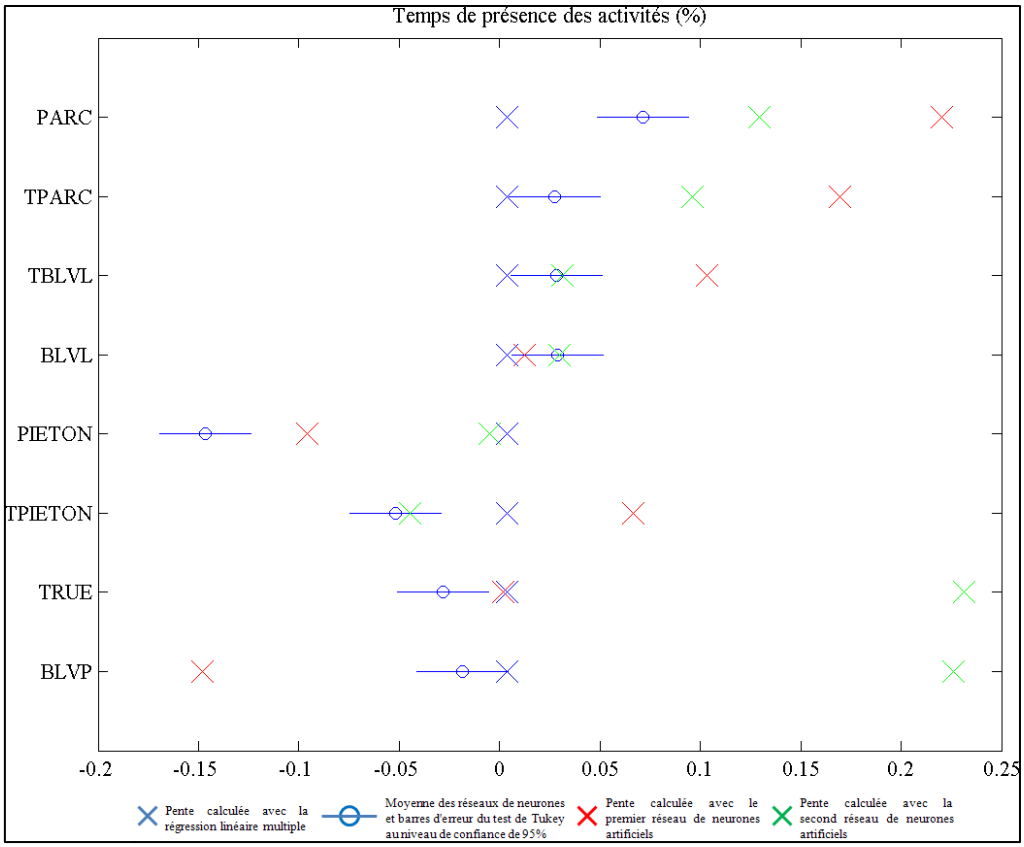


Figure 96 : Figure illustrative du Tableau XLVIII pour la variable "Présence des activités (%)".

5.2.11.4.5 TEMPS DE PRESENCE DE PRESENCE HUMAINE (%)

Tableau XLIX : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Présence de présence humaine (%)".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	59,81	7	8,54	124,19	1E-165
Intra-groupes	274,67	3992	0,07		
Total (Corr.)	334,48	3999			

Pour ce qui est de la présence humaine, il est cette fois intéressant de constater que si des moyennes sont également différentes (Tableau XLIX), les seuls lieux où une augmentation de la présence aurait un réel effet positif sont la rue piétonne (PIETON) et les transitions qui suivent cette rue piétonne (TPIETON et TRUE) (*cf.* Tableau L et Figure 97). On retrouve donc ici l'effet inverse de celui constaté avec la présence des activités vu dans le paragraphe précédent. En effet, dans la rue piétonne, une augmentation de la présence d'activités où elle est déjà très importante entrainerait une diminution de l'agrément sonore alors que dans cette même rue piétonne, une augmentation de la présence humaine, également très importante, contribuerait cette fois ci à un meilleur agrément sonore.

Tableau L : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Présence de présence humaine (%)" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,010	-0,014	0,101	0,094	-0,162
Transition (Parc)	0,010	0,064	0,101	0,122	-0,165
Transition (Bld / Lyon)	0,010	-0,060	0,101	-0,040	-0,295
Boulevard (Lyon)	0,010	-0,123	0,101	-0,240	-0,160
Rue piétonne	0,010	0,201	0,101	0,203	0,424
Transition (Piéton)	0,010	0,175	0,101	0,146	0,256
Transition (Rue)	0,010	0,226	0,101	0,193	0,208
Boulevard (Paris)	0,010	-0,016	0,101	-0,040	0,020

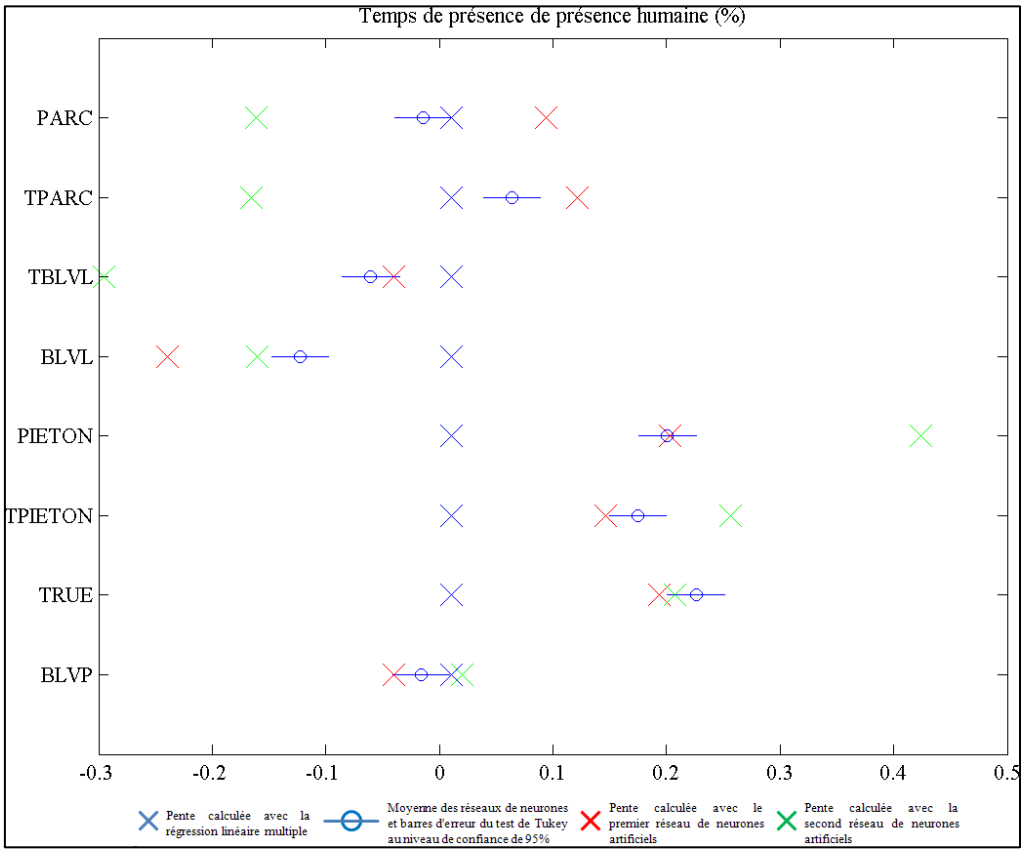


Figure 97 : Figure illustrative du Tableau L pour la variable "Présence de présence humaine (%)".

Contrairement à la variable "Enveloppement" pour laquelle le modèle global ne conduit pas aux résultats trouvés localement, on retrouve avec le modèle global les éléments locaux pour la présence humaine. En effet, la variable "Temps de présence de présence humaine" apparaissait trois fois dans les modèles, deux fois avec une influence négative (BLVL et BLVP) et une fois avec un impact positif (TRUE), ce qui se retrouve ici.

5.2.11.4.6 TEMPS DE PRESENCE DES ELEMENTS NATURELS (%)

Tableau LI : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Présence des éléments naturels (%)".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	18,10	7	2,59	45,08	9E-62
Intra-groupes	228,91	3992	0,06		
Total (Corr.)	247,01	3999			

Tableau LII : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Présence des éléments naturels (%)" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,053	0,026	0,092	-0,079	-0,033
Transition (Parc)	0,053	0,157	0,092	0,153	0,094
Transition (Bld / Lyon)	0,053	0,129	0,092	0,356	0,175
Boulevard (Lyon)	0,053	0,022	0,092	0,003	-0,097
Rue piétonne	0,053	0,183	0,092	0,219	0,291
Transition (Piéton)	0,053	0,176	0,092	0,318	0,343
Transition (Rue)	0,053	0,098	0,092	0,134	0,180
Boulevard (Paris)	0,053	0,011	0,092	0,064	-0,012

D'après le Tableau LII et la Figure 98, deux groupes peuvent être formés au regard de l'influence du "Temps de présence des éléments naturels". D'un côté les boulevards, lyonnais et parisien (BLVL et BLVP), et le parc (PARC) où les valeurs de pente calculées sont quasi-nulles (mais positives) et par opposition à ce premier groupe, les cinq autres sites où l'impact du "Temps de présence des éléments naturels" est positif, avec des valeurs de pente allant de 0,098 pour la transition côté rue circulée (TRUE) à 0,183 pour la rue piétonne (PIETON). S'il est assez logique de trouver des valeurs de pentes similaires pour les deux boulevards ou encore pour la rue piétonne et la transition qui s'y trouve, il est en revanche très difficile d'expliquer les similitudes ou les différences entre les différents lieux sur la seule base de la présence plus ou moins élevée d'éléments naturels en chacun des sites étudiés. En effet, au regard des valeurs moyennes de "Temps de présence des éléments naturels" (*cf.* Figure, § 5.2.10 et Figure111, § 5.2.11.4.14) sur chaque lieu, seul le parc (PARC) se démarque clairement des autres sites avec une valeur moyenne assez élevée. Les différences d'influence de cette variable sur l'agrément sonore en fonction des lieux sont donc probablement liées à d'autres caractéristiques de l'environnement.

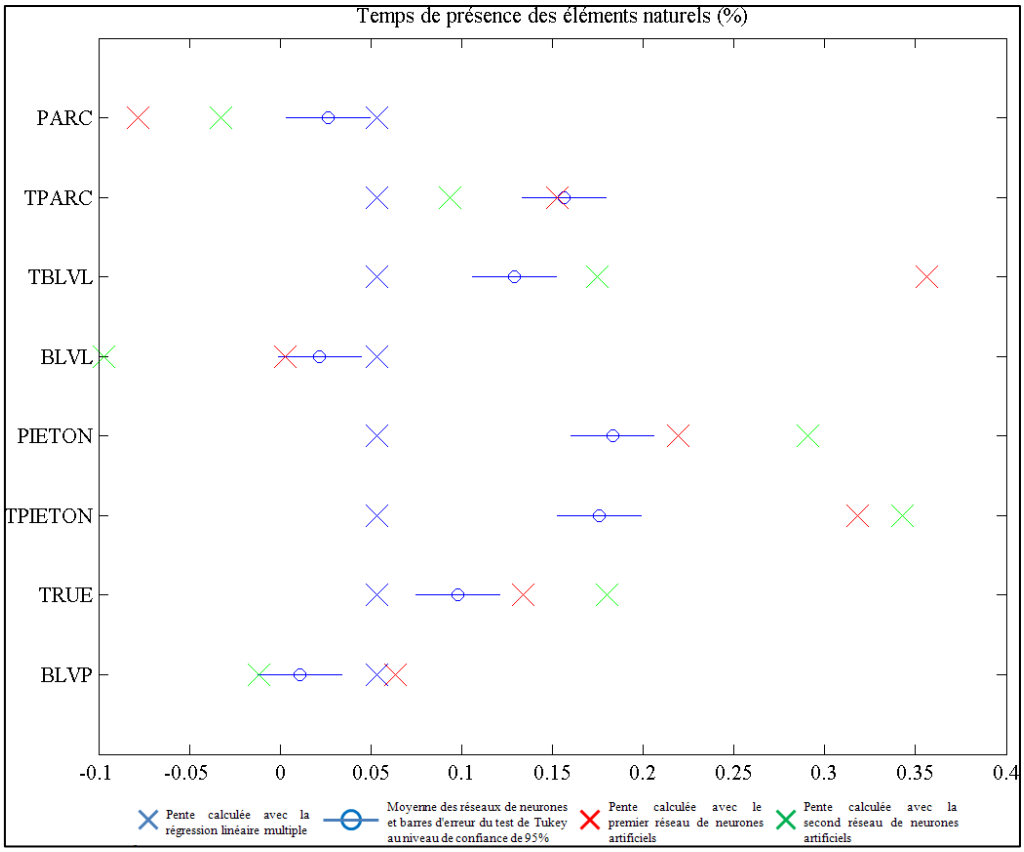


Figure 98 : Figure illustrative du Tableau LII pour la variable "Présence des éléments naturels (%)".

5.2.11.4.7 TEMPS DE PRESENCE DES OISEAUX (%)

Tableau LIII : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Présence des oiseaux (%)".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	9,82	7	1,40	23,44	2E-31
Intra-groupes	239,00	3992	0,06		
Total (Corr.)	248,82	3999			

Le "Temps de présence des oiseaux" est l'une des treize variables pour laquelle aucun résultat remarquable n'apparait de l'analyse de variance. Bien que le Tableau LIII de l'analyse de variance montre que des moyennes de pentes sont statistiquement différentes (p = 2E-31), aucun groupement n'est clairement identifiable comme cela a été possible avec les variables "Agrément visuel" ou "Enveloppement" par exemple. Et même si sur le Tableau LIV et sur la Figure 99 une légère tendance peut laisser apparaître le parc (Parc), la transition côté parc (TPARC) et la rue piétonne (PIETON) comme différents de la transition côté boulevard à Lyon (TBLVL) et des deux boulevards (BLVL et BLVP), les valeurs de pente extrêmement faibles ne permettent pas d'affirmer qu'une augmentation du "Temps de présence des oiseaux"

aura une influence positive sur l'agrément sonore dans les trois premiers lieux cités et négative dans les trois suivants.

Tableau LIV : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Présence des oiseaux (%)" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,019	0,049	0,094	0,215	-0,082
Transition (Parc)	0,019	0,046	0,094	0,223	-0,043
Transition (Bld / Lyon)	0,019	-0,060	0,094	-0,071	-0,277
Boulevard (Lyon)	0,019	-0,044	0,094	-0,064	-0,046
Rue piétonne	0,019	0,086	0,094	0,215	0,104
Transition (Piéton)	0,019	0,008	0,094	0,147	0,094
Transition (Rue)	0,019	0,050	0,094	0,109	-0,069
Boulevard (Paris)	0,019	-0,030	0,094	-0,006	-0,303

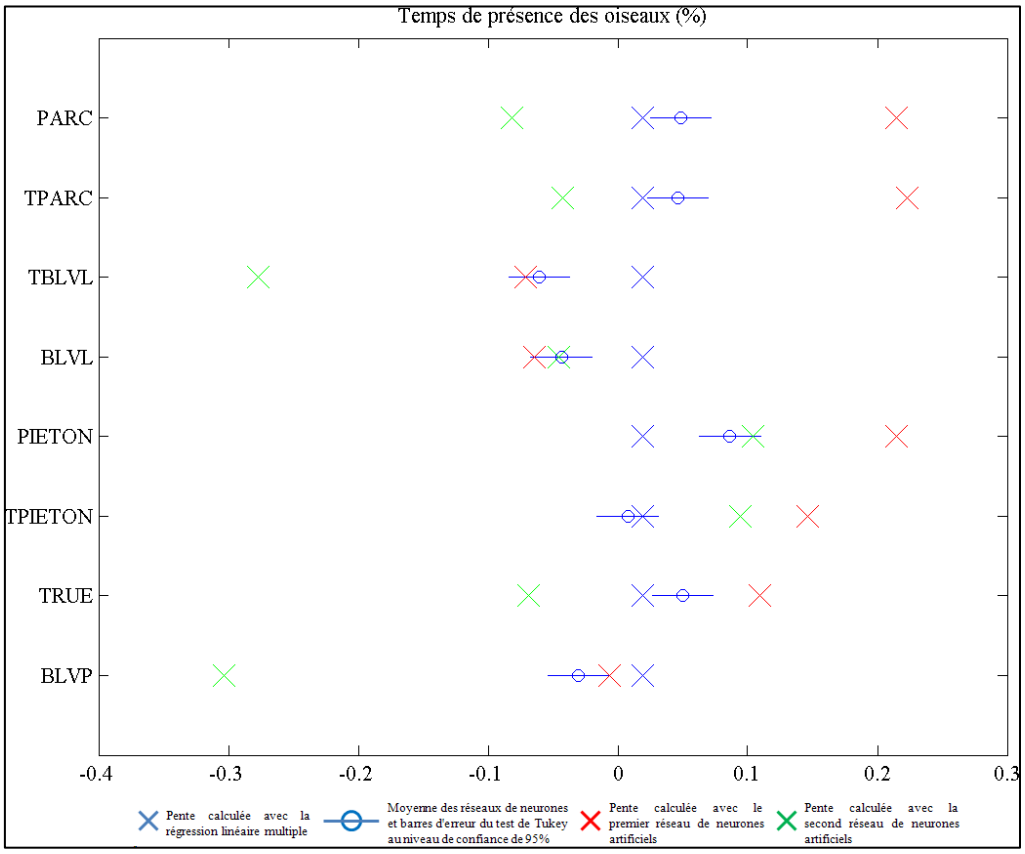


Figure 99 : Figure illustrative du Tableau LIV pour la variable "Présence des oiseaux (%)".

5.2.11.4.8 TEMPS DE PRESENCE DES VEHICULES LEGERS (%)

Tableau LV : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Présence des véhicules légers (%)".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	8,20	7	1,17	21,10	4E-28
Intra-groupes	221,64	3992	0,06		
Total (Corr.)	229,84	3999			

Encore une fois, si le Tableau LV de l'analyse de variance permet d'affirmer que des moyennes de pente sont statistiquement différentes selon certains lieux, seules des tendances non-significatives semblent se dessiner au regard du Tableau LVI et de la Figure 100. Bien que non différents au sens strict du test HSD de Tukey, trois groupes peuvent se remarquer avec notamment la rue piétonne (PIETON) et la transition côté rue piétonne (TPIETON) où l'influence de la "Présence des véhicules légers" est la moins importante, les transitions côté circulé (TBLVL et TRUE) et les boulevards (BLVL et BLVP) où l'impact est plus important et enfin le parc (PARC) et la transition côté parc (TPARC) où la conséquence d'une augmentation du temps de présence des véhicules légers sera la plus remarquable.

Ici aussi, si la différence entre le parc et les boulevards par exemple peut s'expliquer par l'absence de véhicules légers dans le parc, comment expliquer que le temps de présence de ces véhicules légers soit influant dans le parc et pas dans la rue piétonne ? Il est difficile de répondre à cette question, d'autant plus que pour le "Temps de présence de véhicules légers", il n'existe aucune corrélation entre les valeurs de pente calculées par les réseaux de neurones en chaque lieu et les valeurs moyennes de cette variable comme cela sera vu au paragraphe 5.2.11.4.14 (Figure113).

Tableau LVI : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Présence des véhicules légers (%)" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	-0,121	-0,194	0,090	-0,153	-0,055
Transition (Parc)	-0,121	-0,219	0,090	-0,248	-0,211
Transition (Bld / Lyon)	-0,121	-0,158	0,090	-0,390	-0,197
Boulevard (Lyon)	-0,121	-0,147	0,090	-0,105	-0,142
Rue piétonne	-0,121	-0,094	0,090	0,061	-0,059
Transition (Piéton)	-0,121	-0,070	0,090	-0,154	0,056
Transition (Rue)	-0,121	-0,136	0,090	-0,130	-0,067
Boulevard (Paris)	-0,121	-0,140	0,090	-0,262	0,003

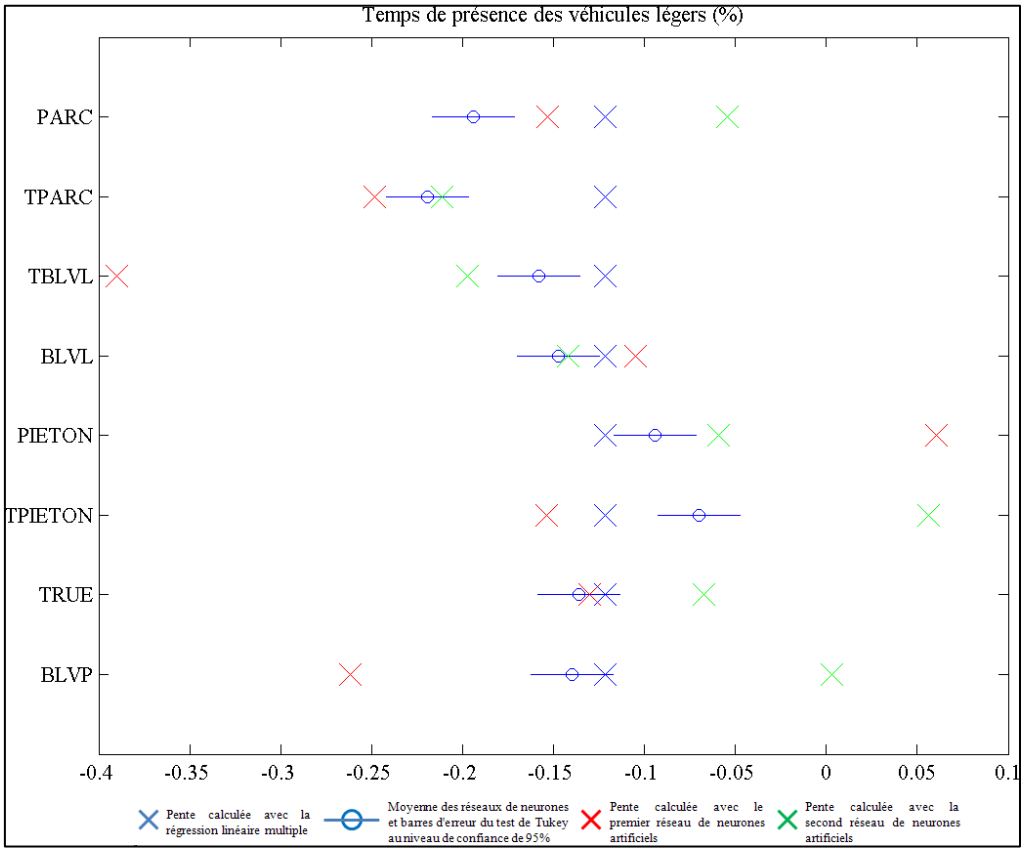


Figure 100 : Figure illustrative du Tableau LVI pour la variable "Présence des véhicules légers (%)".

5.2.11.4.9 SILENCE

Tableau LVII : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Silence".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	148,70	7	21,24	210,96	3E-267
Intra-groupes	401,98	3992	0,10		
Total (Corr.)	550,68	3999			

La première constatation visible sur le Tableau LVIII et sur la Figure 101 est une similarité entre les villes de Lyon et de Paris quant à l'influence de la variable "Silence" selon le lieu étudié. Si l'on considère à Lyon que le parc (PARC) est le lieu le plus silencieux et le boulevard (BLVL) le plus bruyant et de même à Paris où la rue piétonne (PIETON) est l'endroit le plus silencieux et le boulevard (BLVP) le plus bruyant, il est remarquable que la variable "Silence" ait une influence grandissante du lieu le plus silencieux vers le plus bruyant. Autrement dit, plus le lieu est silencieux et moins cette caractéristique a d'influence sur l'agrément sonore (cf. §5.2.11.4.14, Figure114). Une faible augmentation du "Silence" sur le boulevard à Paris (BLVP) aura un fort impact sur l'agrément sonore, contrairement au parc

à Lyon (PARC), où là, même si le "Silence" reste une variable importante (avec une forte influence comparativement aux autres variables au même endroit), la conséquence d'une variation du silence n'entraînera qu'une modification modérée de l'agrément sonore.

Tableau LVIII : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Silence" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	0,548	0,279	0,122	0,340	0,302
Transition (Parc)	0,548	0,426	0,122	0,497	0,430
Transition (Bld / Lyon)	0,548	0,730	0,122	0,686	0,327
Boulevard (Lyon)	0,548	0,790	0,122	0,387	0,568
Rue piétonne	0,548	0,433	0,122	0,273	0,691
Transition (Piéton)	0,548	0,507	0,122	0,422	0,663
Transition (Rue)	0,548	0,711	0,122	0,327	0,701
Boulevard (Paris)	0,548	0,850	0,122	0,609	0,776

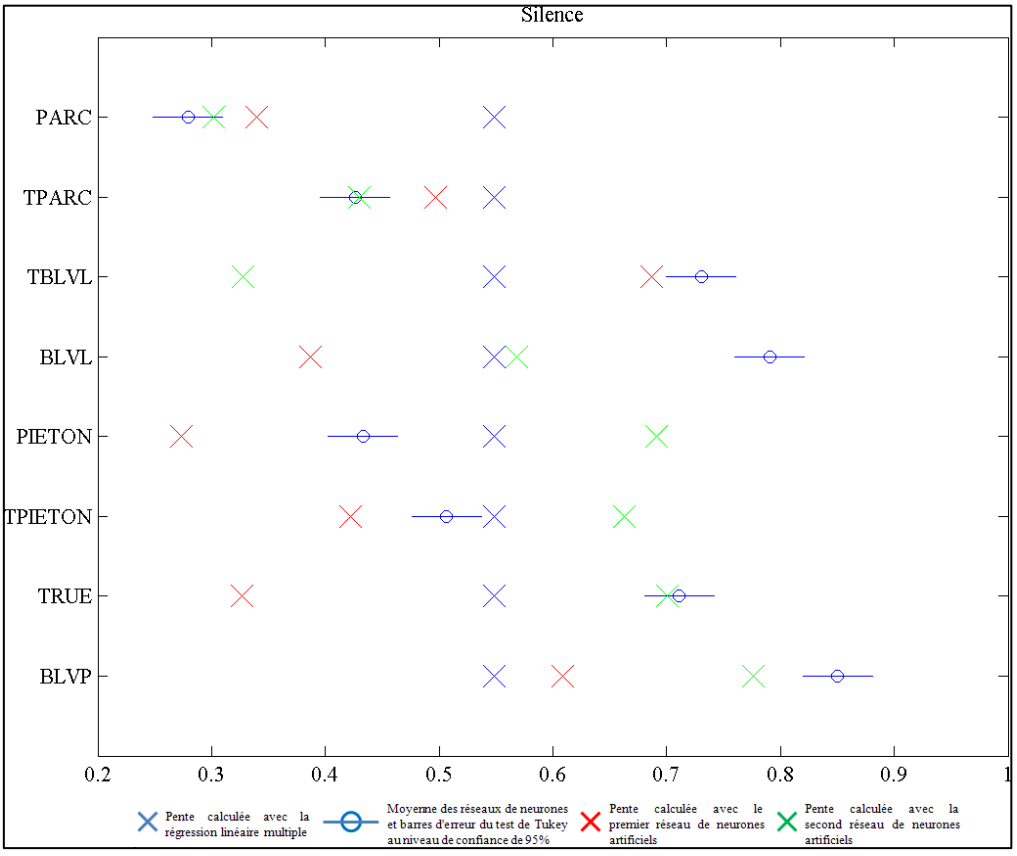


Figure 101 : Figure illustrative du Tableau LVIII pour la variable "Silence".

Parmi les 8 lieux sur lesquels les pentes ont été calculées, seuls quatre couples ne sont pas statistiquement différents d'après le test des comparaisons multiples de Tukey. Il s'agit de :

- la transition côté parc à Lyon (TPARC) et la rue piétonne à Paris(PIETON),
- la transition côté boulevard à Lyon (TBLVL) et le boulevard à Lyon (BLVL),
- la transition côté boulevard à Lyon (TBLVL) et la transition côté rue circulée à Paris (TRUE),
- le boulevard à Lyon (BLVL) et le boulevard à Paris (BLVP).

Plus globalement, la Figure 101montre une tendance avec trois groupes de lieux définis par l'influence de la variable "Silence", à savoir :

- le parc (Parc) qui est de toute vraisemblance le lieu le plus silencieux et qui est statistiquement différents de tous les autres,
- la transition côté parc (TPARC), la rue piétonne (PIETON) et la transition côté rue piétonne (TPIETON) qui sont des lieux plus bruyants que le parc (PARC),
- la transition côté boulevard (TBLVL), le boulevard à Lyon (BLVL), la transition côté rue circulée (TRUE) et le boulevard à Paris (BLVP) qui sont tous des endroits où les véhicules motorisés sont présents et donc les plus bruyants.

5.2.11.4.10 NIVEAU PERÇU DES KLAXONS

Tableau LIX : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Niveau perçu des klaxons".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	21,45	7	3,06	48,19	4E-66
Intra-groupes	253,82	3992	0,06		
Total (Corr.)	275,27	3999			

Si les boulevards se sont révélés parfois différents des autres sites pour d'autres variables, ceci est également valable pour le "Niveau perçu des klaxons". En effet, le Tableau LX et la Figure 102 montre des différences statistiques entre les deux boulevards (BLVL et BLVP) où l'influence est légèrement positive et les cinq autres lieux où cette fois-ci une augmentation du niveau sonore des klaxons aura tendance à faire baisser l'agrément sonore. Bien qu'*a priori* dérangeant, il n'est pas impossible que dans un contexte de forte circulation (sur un

boulevard), les klaxons soient perçus comme un élément de sécurité et donc ayant globalement un impact positif (bien que pratiquement nul).

Tableau LX : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Niveau perçu des klaxons" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	-0,082	-0,109	0,097	-0,137	-0,098
Transition (Parc)	-0,082	-0,113	0,097	-0,078	-0,024
Transition (Bld / Lyon)	-0,082	-0,070	0,097	-0,071	-0,165
Boulevard (Lyon)	-0,082	0,048	0,097	-0,062	0,001
Rue piétonne	-0,082	-0,131	0,097	-0,046	-0,212
Transition (Piéton)	-0,082	-0,133	0,097	-0,001	-0,524
Transition (Rue)	-0,082	-0,145	0,097	-0,056	-0,104
Boulevard (Paris)	-0,082	0,043	0,097	0,107	-0,032

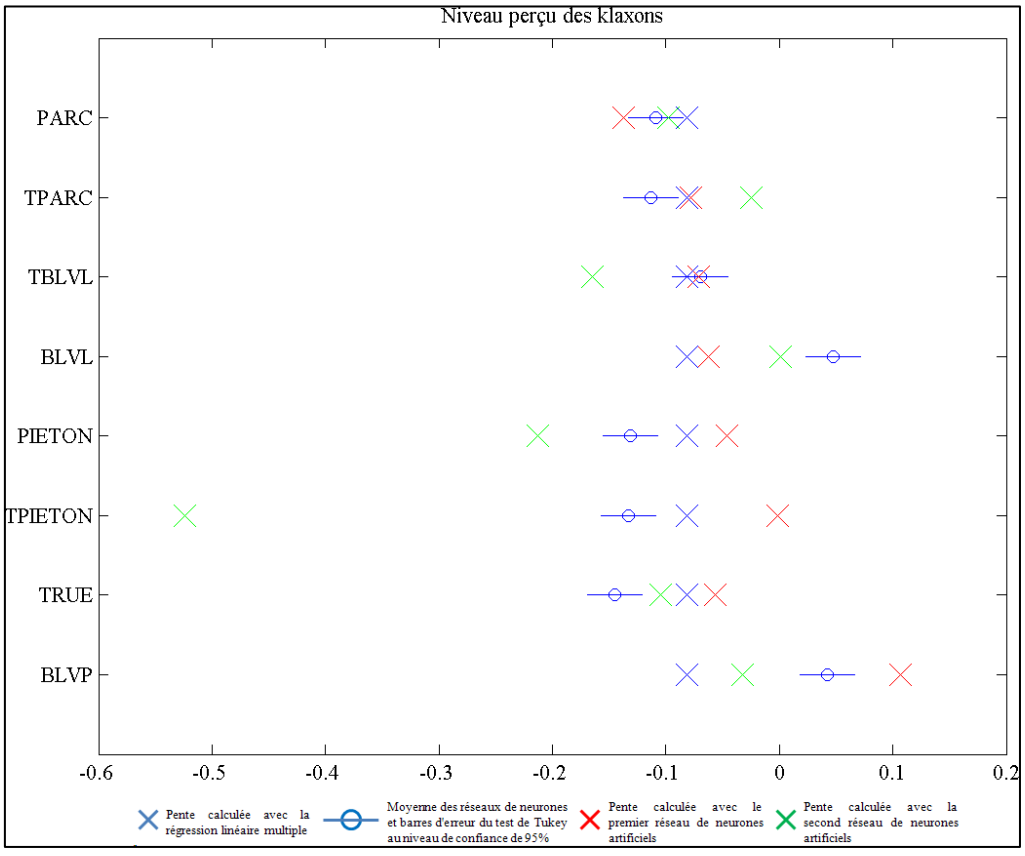


Figure 102 : Figure illustrative du Tableau LX pour la variable "Niveau perçu des klaxons".

5.2.11.4.11 NIVEAU PERÇU DES CYCLOMOTEURS

Tableau LXI : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Niveau perçu des cyclomoteurs".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	7,35	7	1,05	22,90	1E-30
Intra-groupes	183,15	3992	0,05		
Total (Corr.)	190,51	3999			

Tableau LXII : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Niveau perçu des cyclomoteurs" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	-0,047	-0,011	0,082	-0,205	0,023
Transition (Parc)	-0,047	-0,003	0,082	-0,158	-0,045
Transition (Bld / Lyon)	-0,047	-0,055	0,082	-0,034	-0,020
Boulevard (Lyon)	-0,047	-0,114	0,082	-0,057	-0,142
Rue piétonne	-0,047	-0,013	0,082	-0,001	-0,128
Transition (Piéton)	-0,047	-0,002	0,082	-0,162	-0,037
Transition (Rue)	-0,047	-0,094	0,082	-0,142	0,135
Boulevard (Paris)	-0,047	-0,084	0,082	-0,200	0,066

Concernant la variable "Niveau perçu des cyclomoteurs", le Tableau LXII et la Figure 103 montre deux groupes statistiquement différents. D'un côté les lieux circulés (TBLVL, BLVL, TRUE et BLVP) où l'influence du niveau de cyclomoteurs sur l'agrément sonore est négative, et de l'autre le parc (PARC), la transition côté parc (TPARC), la rue piétonne (PIETON) et la transition côté piéton (TPIETON) pour lesquels les valeurs de pentes sont également négatives mais proches de zéro. On retrouve donc ici la position "à part" des boulevards avec une présence des cyclomoteurs qui y est perçu de façon plus négative qu'ailleurs, alors que les klaxons y sont mieux acceptés comme vu au paragraphe précédent.

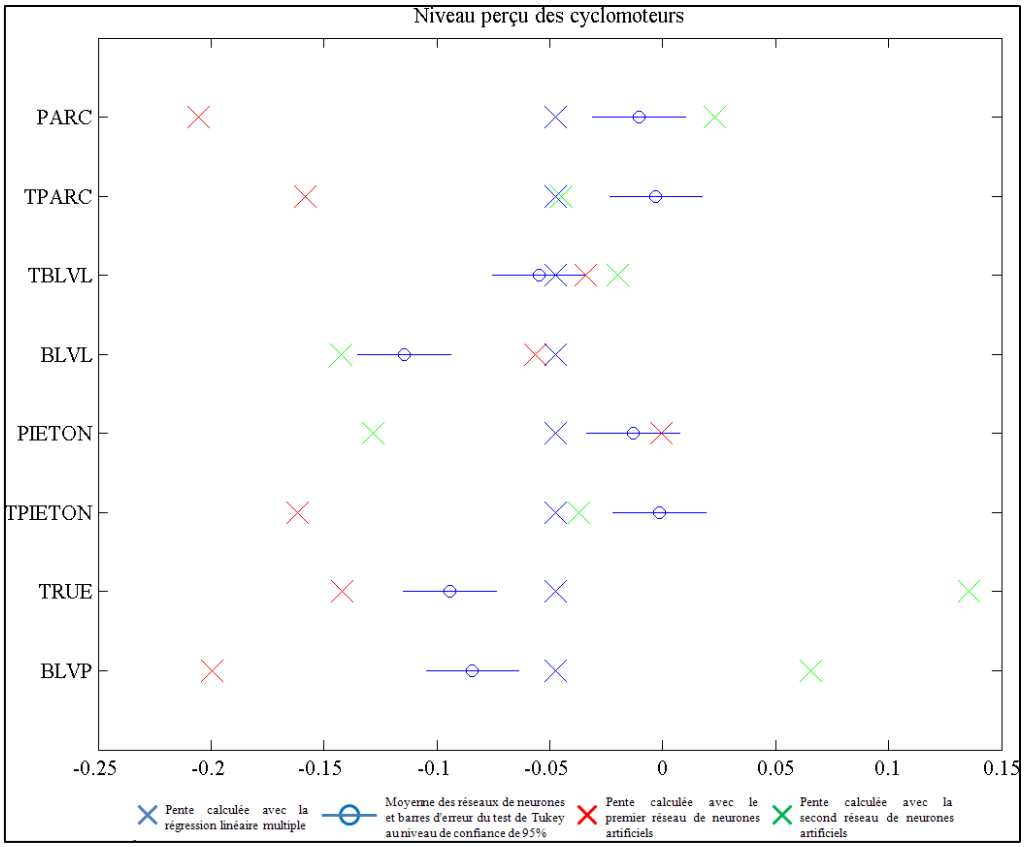


Figure 103 : Figure illustrative du Tableau LXII pour la variable "Niveau perçu des cyclomoteurs".

5.2.11.4.12 NIVEAU PERÇU DES POIDS LOURDS

Tableau LXIII : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Niveau perçu des poids lourds".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	5,31	7	0,76	11,03	7E-14
Intra-groupes	274,35	3992	0,07		
Total (Corr.)	279,66	3999			

Tout comme cela était déjà le cas avec le "Temps de présence des oiseaux", aucune différence de pente remarquable ne ressort entre les différents sites avec la variable "Niveau perçu des poids lourds". Tantôt positives, tantôt négatives, les valeurs de pentes trouvées sont extrêmement faibles et ne permettent pas de mettre en évidence une quelconque influence du niveau perçu des poids lourds sur l'agrément sonore. Tout comme pour le "Temps de présence des oiseaux", cette absence d'influence avec des valeurs de pente proches de zéro pour les huit sites étudiés est en concordance avec le coefficient, également très faible, trouvé dans l'équation de la régression linéaire (10), présentée au paragraphe 5.2.11.2, pour la variable "Niveau perçu des poids lourds".

Tableau LXIV : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Niveau perçu des poids lourds" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	-0,022	0,058	0,101	0,170	0,016
Transition (Parc)	-0,022	0,023	0,101	0,160	0,078
Transition (Bld / Lyon)	-0,022	0,097	0,101	0,100	-0,184
Boulevard (Lyon)	-0,022	-0,011	0,101	0,131	-0,157
Rue piétonne	-0,022	0,016	0,101	0,032	0,186
Transition (Piéton)	-0,022	-0,003	0,101	0,118	0,170
Transition (Rue)	-0,022	-0,021	0,101	0,077	0,041
Boulevard (Paris)	-0,022	0,033	0,101	0,075	-0,208

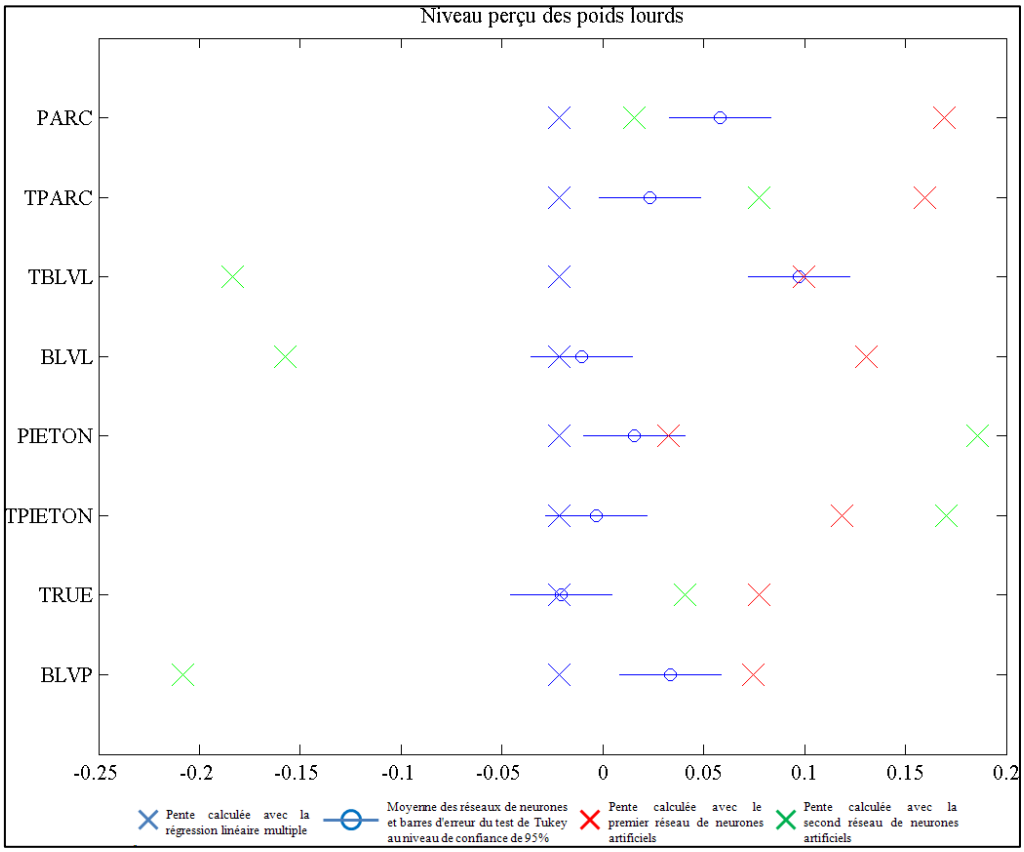


Figure 104 : Figure illustrative du Tableau pour la variable "Niveau perçu des poids lourds".

5.2.11.4.13 ASPECT SURPRENANT

Tableau LXV : Tableau de l'analyse de variance pour la variable "Aspect surprenant".

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	p
Inter-groupes	11,73	7	1,68	22,27	9E-30
Intra-groupes	300,31	3992	0,08		
Total (Corr.)	312,04	3999			

Tableau LXVI : Coefficient de la régression linéaire multiple, moyenne des pentes des 500 réseaux de neurones artificiels, erreur-type issue du test des comparaisons multiples HSD (Tukey) au niveau de confiance de 95%, pente calculée avec le premier réseau de neurones et pente calculée avec le second pour la variable "Aspect surprenant" et pour chacun des 8 lieux.

	REG	Moyenne ANN	Erreur-type (HSD)	ANN(1)	ANN(2)
Parc	-0,065	-0,039	0,105	0,030	-0,194
Transition (Parc)	-0,065	-0,132	0,105	-0,014	-0,313
Transition (Bld / Lyon)	-0,065	-0,239	0,105	-0,063	-0,430
Boulevard (Lyon)	-0,065	-0,201	0,105	-0,025	-0,217
Rue piétonne	-0,065	-0,171	0,105	-0,137	-0,129
Transition (Piéton)	-0,065	-0,162	0,105	-0,004	-0,262
Transition (Rue)	-0,065	-0,149	0,105	-0,091	-0,148
Boulevard (Paris)	-0,065	-0,167	0,105	-0,218	-0,263

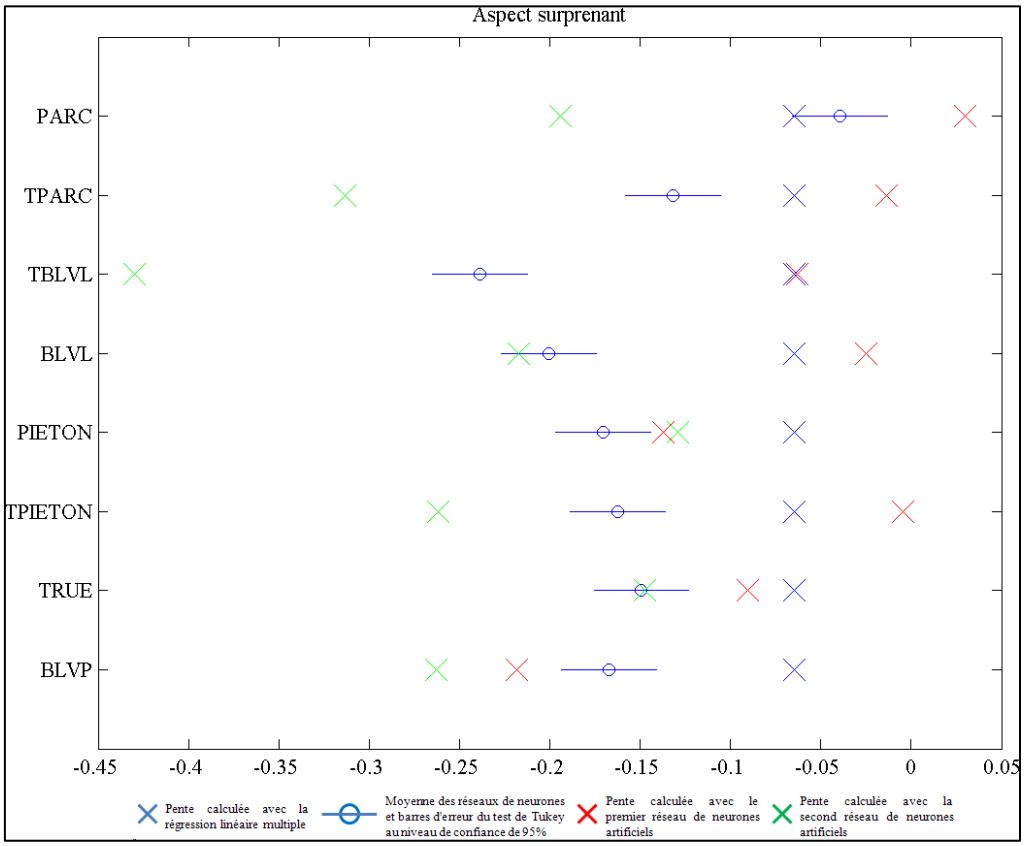


Figure 105 : Figure illustrative du Tableau LXVI pour la variable "Aspect surprenant".

Concernant la variable "Aspect Surprenant", seul le parc apparait être statistiquement différent des autres lieux avec une influence quasiment nulle et par ailleurs une pente moyenne des réseaux de neurones qui est la plus proche de la pente fournie par la régression (comparativement aux autres lieux).

A ce propos, il est d'ailleurs remarquable que pour toutes les autres variables vues jusqu'ici, les pentes moyennes fournies par les réseaux de neurones se répartissent généralement suivant

les lieux autour de la pente calculée par la régression linéaire multiple alors que dans le cas de l'aspect surprenant, il semble que la régression linéaire multiple sous-estime l'influence assez négative de cette variable (comparativement aux réseaux de neurones artificiels).

5.2.11.4.14 CORRELATIONS ENTRE VALEURS DE PENTES MOYENNES ET VALEURS MOYENNES ESTIMEES POUR CHAQUE VARIABLE

Comme cela a été vu au paragraphe 5.2.11.4.9 pour la variable "Silence" plus un lieu est silencieux et plus la relation entre cette variable "Silence" et l'agrément sonore est faible. Autrement dit, dans un lieu déjà silencieux il faudra une forte augmentation du silence pour avoir un gain conséquent de l'agrément sonore, alors que dans un lieu bruyant, une faible diminution du bruit se traduira par une augmentation notable de l'agrément sonore. Afin de vérifier cette information, nous avons voulu savoir s'il existait pour la variable "Silence", mais également pour toutes les autres variables, une corrélation entre les valeurs moyennes de pente calculées pour chaque variable et les valeurs moyennes de ces variables en chacun des lieux. Pour chacun de ces points (valeur moyenne de la variable, moyenne des pentes calculées pour cette variable) présentés sur les Figure 106 à Figure 118, des corrélations de Bravais-Pearson ont été calculées. Les résultats de ces calculs de corrélation sont présentés dans le Tableau LXVII.

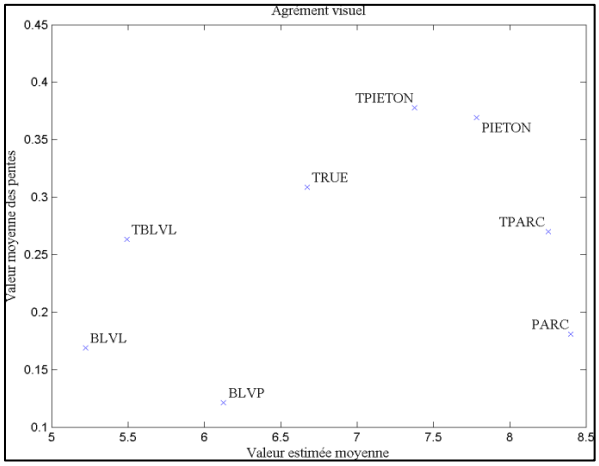


Figure 106 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Agrément visuel".

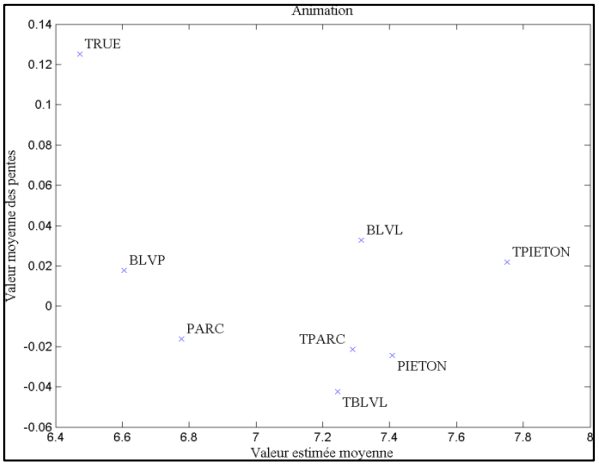


Figure 107 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Animation".

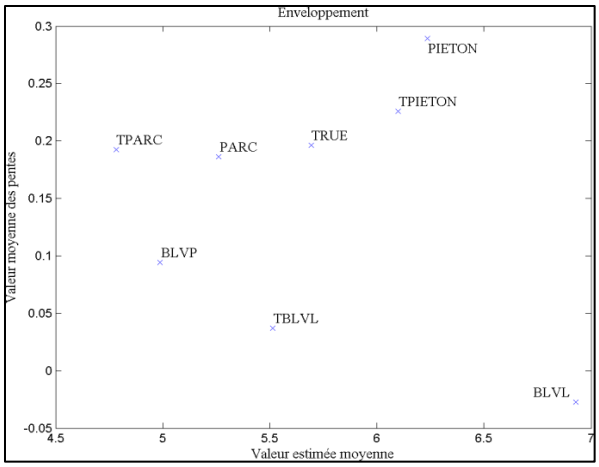


Figure 108 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Enveloppement ".

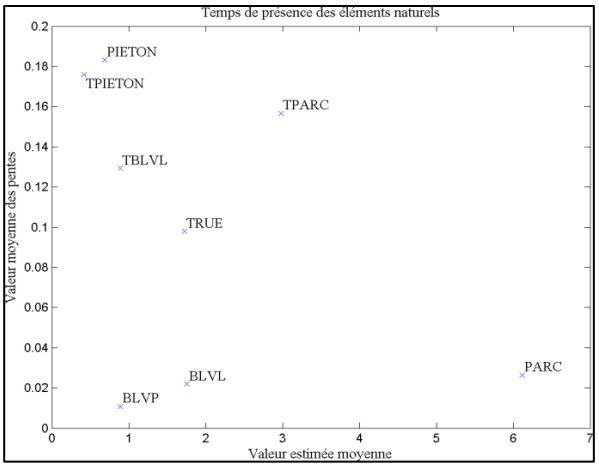


Figure111 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Temps de présence des éléments naturels".

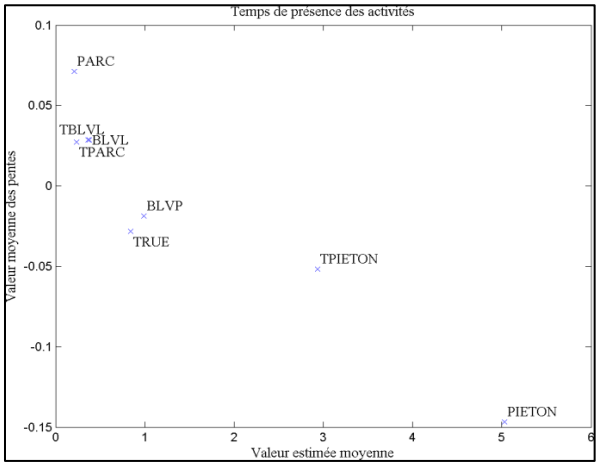


Figure 109 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Temps de présence des activités".

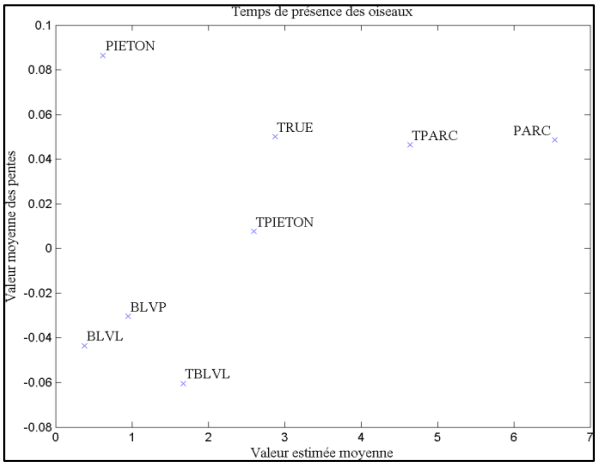


Figure112 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Temps de présence des oiseaux".

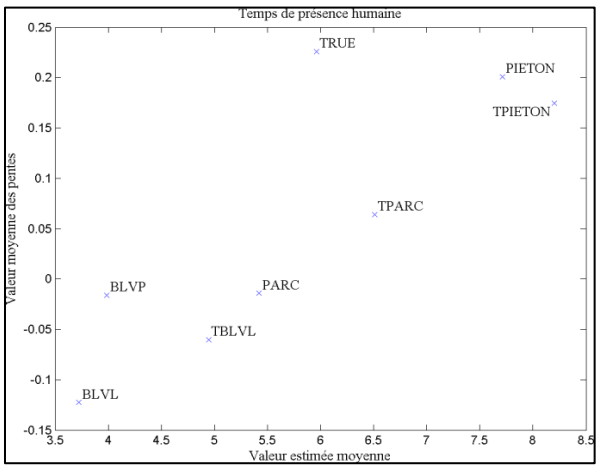


Figure 110 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Temps de présence humaine".

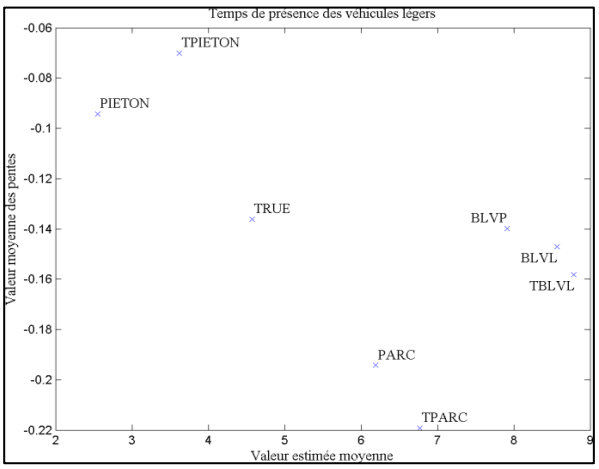


Figure113 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Temps de présence des véhicules légers".

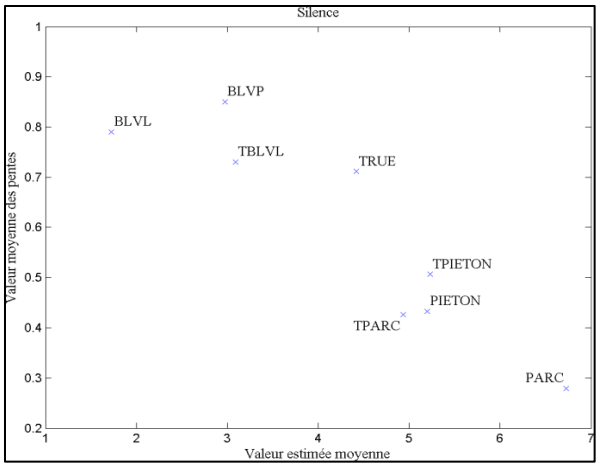


Figure114 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Silence".

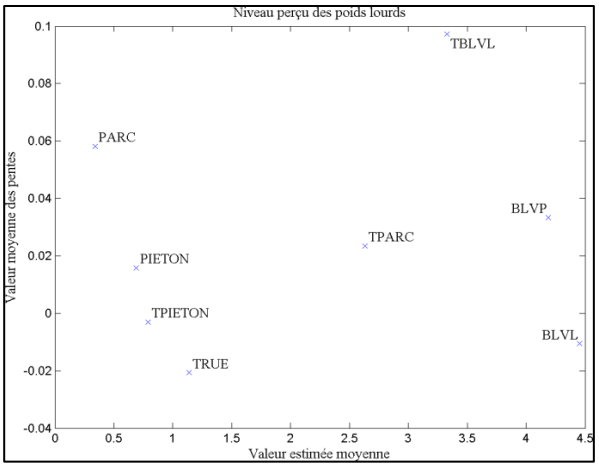


Figure 117 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Niveau perçu des poids lourds".

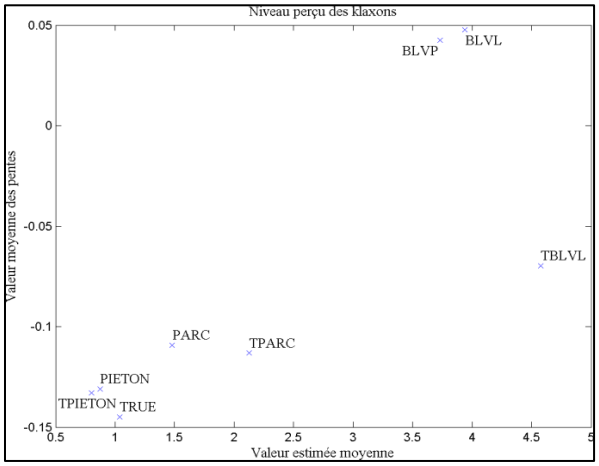


Figure115 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Niveau perçu des klaxons".

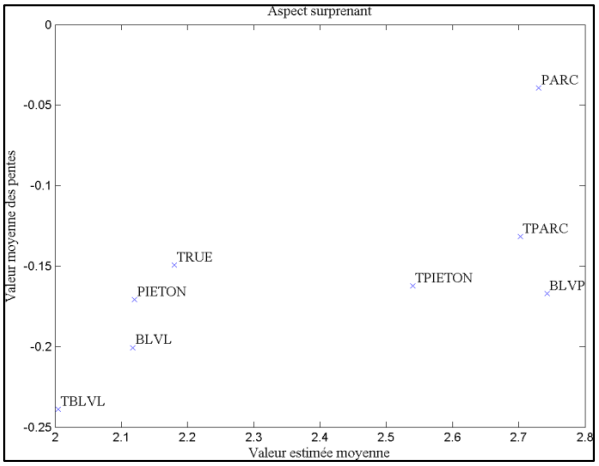


Figure 118 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Aspect surprenant".

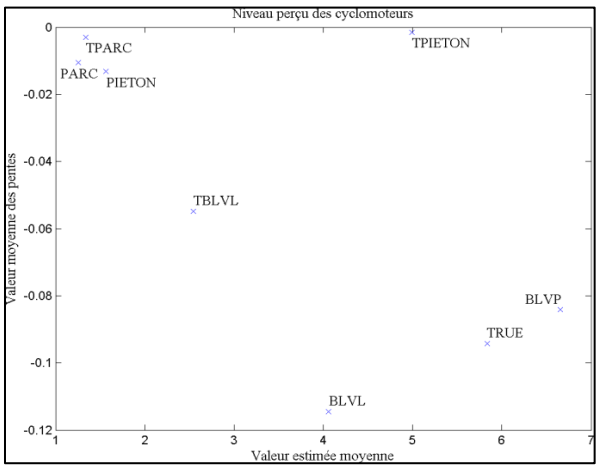


Figure 116 : Moyenne des pentes calculées en fonction des valeurs moyennes de la variable "Niveau perçu des cyclomoteurs".

Tableau LXVII : Corrélations de Bravais-Pearson entre les valeurs moyennes de chaque variable et les valeurs moyennes de pente calculées de ces variables pour les huit lieux étudiés.

Variable	R	p	Corrélation à 95%
Agrément visuel	0,362	0,379	Non
Animation	-0,485	0,223	Non
Enveloppement	-0,206	0,624	Non
Temps de présence des activités	-0,940	0,001	Oui
Temps de présence humaine	0,824	0,012	Oui
Temps de présence des éléments naturels	-0,414	0,308	Non
Temps de présence des oiseaux	0,426	0,292	Non
Temps de présence des véhicules légers	-0,588	0,125	Non
Silence	-0,909	0,002	Oui
Niveau perçu des klaxons	0,798	0,018	Oui
Niveau perçu des cyclomoteurs	-0,627	0,096	Non
Niveau perçu des poids lourds	0,126	0,766	Non
Aspect surprenant	0,695	0,056	Non

Au regard des corrélations de Bravais-Pearson calculées, seules quatre variables présentent une corrélation significative à 95% entre les valeurs moyennes et les moyennes de pente calculées. Ces quatre variables sont le "Temps de présence des activités", le "Temps de présence humaine", le "Silence" et le "Niveau perçu des klaxons". Or, hormis pour le "Silence", les pentes calculées pour les trois variables sont tantôt positives et tantôt négatives, selon le site considéré. Aussi il ne serait pas juste de conclure d'après les corrélations calculées que pour le "Temps de présence des activités" (variable qui présente la plus forte corrélation), plus le temps de présence augmente et plus la relation qui lie cette variable à l'agrément sonore est faible. En effet, au regard de la Figure 109, lorsque le temps de présence des activités est faible (inférieur à 0,5 en moyenne pour les points PARC, TPARC, TBLVL et BLVL), l'impact de cette variable sur l'agrément sonore est certes faible (compris entre 0,027 et 0,071) mais positif, alors que quand ce temps de présence augmente, l'impact augmente proportionnellement mais devient négatif. Il existerait donc un seuil (indéterminable) à partir duquel le sens de pente s'inverserait.

Parmi les quatre variables qui présentent une corrélation entre les valeurs moyennes et les pentes calculées, seule la variable "Silence" permet de tirer une conclusion simple : plus le lieu est bruyant, plus une faible réduction du bruit (ou augmentation du silence) conduira à une forte augmentation de l'agrément sonore.

5.2.11.4.15 COMPARAISON ENTRE LES VALEURS MOYENNES DE PENTE ET LES VALEURS CALCULEES A PARTIR DES DEUX RESEAUX DE NEURONES

Comme expliqué au paragraphe 5.2.11.4.1, nous avons pris soin de représenter sur chaque figure d'analyse de variance, les pentes calculées avec la régression linéaire multiple (coefficient de l'équation de régression) ainsi que celles calculées avec les deux "meilleurs" réseaux de neurones artificiels établis. De cette représentation, il apparait tout d'abord en comparant la pente de la régression et les moyennes de pentes des 500 réseaux de neurones que ces derniers apportent un vrai plus dans l'interprétation de l'influence d'une seule variable issue d'un modèle global à un niveau local. Par exemple, l'influence de la variable "Silence" diffère selon le lieu considéré. Parfois elle est moins importante que celle mise en évidence avec la régression linéaire multiple (PARC, TPARC et PIETON), parfois supérieure (TBLVL, BLVL, TRUE et BLVP) et parfois similaire (TPIETON).

Par ailleurs, les différentes représentations (Figure 93 à Figure 105) nous amène à nous questionner sur l'interprétation qui peut être faite vis-à-vis des pentes calculés à travers un seul réseau de neurones, aussi bon soit-il. En comparant cette fois ci les moyennes de pente issues des réseaux de neurones avec les pentes calculées avec le premier puis le second réseau de neurones, il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de lien entre les moyennes et l'un (ANN(1)) ou l'autre (ANN(2)) réseau. Par exemple pour la variable "Silence" (*cf.* Figure 101) toutes les configurations possibles se retrouvent sur cette seule variable :

- les valeurs de pente calculées par les deux réseaux de neurones sont proches de la valeur moyenne (PARC),
- la valeur calculée par le premier réseau de neurones est proche de la valeur moyenne mais pas celle calculée par le second réseau de neurones (TBLVL),
- la valeur calculée par le second réseau de neurones est proche de la valeur moyenne mais pas celle calculée par le premier réseau de neurones (TRUE),
- les valeurs des deux réseaux de neurones sont très inférieures à la valeur moyenne (BLVL),
- la valeur du premier réseau de neurones est très inférieure à la moyenne alors que celle du second réseau de neurones est très supérieure (PIETON).

Des remarques similaires peuvent être apportées sur toutes les autres variables. Les résultats sont différents selon que l'on considère les moyennes ou un seul réseau de neurones. Ceci pose donc un problème vis-à-vis des interprétations qui peuvent être faites de l'influence des différentes variables explicatives à partir d'un seul réseau de neurones, même si ce réseau de neurones a été sélectionné sur la base de critères qui tendaient à le rendre "meilleur" que la régression linéaire multiple.

En effet, des différences d'influence des variables en fonction des lieux ne peuvent être mises en évidence qu'à travers les réseaux de neurones (et non avec la régression linéaire multiple comme cela a été montré) et il est donc nécessaire d'établir un grand nombre de réseaux de neurones afin de garantir une certaine validité des résultats obtenus. Cependant, d'un point de vue de la prédiction et de l'indicateur, il n'est pas possible de moyenner des réseaux de neurones et un seul s'impose, d'autant qu'il a été démontré tout au long de cette étude qu'il était possible de déterminer différents modèles de réseaux de neurones tout à fait valides d'un point de vue prédictif comparativement à des modèles de régressions linéaires multiples.

5.2.12 MODELE GLOBAL REDUIT A 6, PUIS 5 VARIABLES

Comme cela a été vu au paragraphe 5.2.11.2, certaines variables dans l'équation (10) du modèle de régression linéaire multiple ont des coefficients nuls ou très faibles, comme par exemple les variables "Présence des activités", "Présence humaine" ou encore "Niveau perçu des poids lourds". Aussi pour ne pas essayer d'expliquer des coefficients peu logiques dans la régression, voire non significatifs, nous avons voulu réduire de nouveau le nombre de variables indépendantes, en utilisant cette fois-ci une méthode de régression pas à pas descendante. En effet, le nombre important de sujets nous permet d'effectuer ici cette sélection de façon plus mathématique et *a posteriori*.

5.2.12.1 REDUCTION DU MODELE

Dans la pratique, en partant de l'équation (10) avec 13 variables présentée au paragraphe 5.2.11.2 il s'agit à chaque étape d'exclure une variable non significative jusqu'au moment où la dernière variable ôtée porte préjudice à la qualité des résultats.

Cette méthode de régression pas à pas descendante conduit donc à la sélection des six variables suivantes : "Agrément visuel", "Animation", "Enveloppement", "Présence des véhicules légers", "Silence" et "Niveau perçu des klaxons".

5.2.12.2 EQUATION DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

A partir de ces six variables, un nouveau modèle de régression linéaire multiple a donc été établi, toujours suivant la même procédure, c'est-à-dire en sélectionnant des bases de données (construction et test) qui donnera le meilleur résultat de régression possible. L'équation (11) ainsi que le Tableau LXVIII qui reprend les tests de Student sur les coefficients de cette régression sont présentés ci-après.

$$\begin{aligned} Ag.Son = &- 1{,}56 + 0{,}38 * Ag.Vis + 0{,}22 * Anim + 0{,}10 * Env \\ &- 0{,}10 * Pres.VL + 0{,}65 * Sil - 0{,}05 * Son.Klax \end{aligned} \quad (11)$$

Tableau LXVIII : Coefficient, t-Student et valeur de p associées pour chacune des variables de l'équation de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	t-Student	p
Const	-1,56	-1,83	0,07
Ag.Vis	0,38	5,40	0,00
Anim	0,22	3,38	0,00
Env	0,10	1,97	0,05
Pres.VL	-0,10	-2,13	0,03
Sil	0,65	9,28	0,00
Son.Klax	-0,05	-1,31	0,19

Il est très intéressant de constater qu'en ayant réduit le nombre de variables à six, plus aucune variable ne semble avoir d'influence nulle. La variable "Silence" reste toujours celle qui a le plus d'impact sur l'agrément sonore avec un coefficient de 0,65, suivi de la variable "Agrément visuel" (0,38) comme cela était déjà le cas avec le modèle établi auparavant avec 13 variables. Par ailleurs, le "Niveau perçu des klaxons" est la variable qui a le plus faible coefficient. C'est d'ailleurs la seule variable qui n'est pas significative au regard du test de Student. Aussi, en étant encore plus strict, on peut ne retenir que les cinq variables suivantes : "Agrément visuel", "Animation", "Enveloppement", "Temps de présence des véhicules légers" et "Silence".

5.2.12.3 COMPARAISON ENTRE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE ET LE RESEAU DE NEURONES

Afin de compléter l'étude de ce modèle de qualité sonore avec 5 variables explicatives, un réseau de neurones artificiels a été déterminé. Il ne s'agit pas ici de recommencer une analyse de variance, l'intérêt d'un seul bon réseau de neurones ou d'un grand nombre ayant été démontré au paragraphe précédent avec les modèles à 13 variables. Le but de déterminer un nouveau réseau de neurones est avant tout de pouvoir le comparer avec la régression linéaire multiple d'un point de vue prédictif.

La sélection de ce réseau de neurones artificiels a donc été réalisée en suivant la procédure établie lors de l'analyse des modèles prédictifs lieux par lieux. En effet, en ayant réduit le nombre de variables à cinq, il a dès lors été possible de déterminer un réseau de neurones artificiels meilleur que le modèle de régression linéaire multiple qui satisfasse les deux conditions R_c^2 (ANN) > R_c^2(REG) et R_t^2(ANN) > R_t^2(REG). Les résultats de coefficients de corrélation au carré issus de ce réseau de neurones artificiels ainsi que ceux calculés avec la régression linéaire multiple sont présentés dans le Tableau LXIX.

Tableau LXIX : Liste des coefficients de corrélation au carré et de p issus des modèles de régression linéaire multiple et de réseau de neurones.

	Régression linéaire multiple		Réseau de neurones	
Base de données	R^2	p-value	R^2	p-value
Construction	0,56	1,82E-41	0,61	5,54E-47
Test	0,69	9,41E-26	0,76	5,50E-31
Totalité	0,59	1,08E-63	0,64	1,73E-73

Il est remarquable dans ce tableau que les deux modèles de prédictions sont proches en termes de R^2. Sur la base de test, qui est celle qui représente le mieux la validité des modèles face à de nouvelles données inconnues, le réseau de neurones artificiels semble tout de même pouvoir donner de meilleurs résultats que la régression linéaire multiple.

Nous avons donc à disposition deux modèles de prédiction de l'agrément sonore, basés sur cinq variables perceptives qui sont très proches, même si le réseau de neurones artificiels semble avoir un léger avantage sur la régression linéaire multiple si l'on se base uniquement sur les résultats provenant de la base de test. Ce modèle peut donc être choisi pour servir de base à la construction d'un indicateur de qualité sonore.

5.3 CONCLUSION

Le but du chapitre5 de ce projet était de définir des modèles de prédiction de l'agrément sonore basés sur les régressions linéaires multiples et sur les réseaux de neurones. A partir de données perceptives nous avons pu dans un premier temps établir des modèles caractéristiques d'ambiances sonores typées (parc, boulevard, rue piétonne) et non typées (zones de transition). Les paramètres qui permettent de définir l'agrément sonore sont donc propres aux lieux étudiés. Il est à noter que le nombre de ces paramètres a entre autre été dicté par des conditions purement mathématiques. En effet compte tenu du nombre réduit de données par lieu, il était nécessaire de réduire le nombre de variables indépendantes afin d'assurer la validité des modèles.

Par la suite, nous avons pu établir des modèles prédictifs globaux qui tiennent compte de l'ensemble des sujets et des lieux étudiés. Dans ces modèles, treize variables ont tout d'abord été retenues pour expliquer l'agrément sonore : "Agrément visuel", "Animation", "Enveloppement", "Temps de présence des activités", "Temps de présence de présence humaine", "Temps de présence des éléments naturels", "Temps de présence des oiseaux", "Temps de présence des véhicules légers", "Silence", "Niveau perçu des klaxons et sirènes", "Niveau perçu des cyclomoteurs", Niveau perçu des poids lourds" et Surprenant. Parmi ces treize variables, le silence est en toute logique celui qui a la plus grande importance, vient ensuite l'agrément visuel.

En développant la réduction du nombre de variables, celui-ci a été ramené à cinq, à savoir : "Agrément visuel", "Animation", "Enveloppement", "Temps de présence des véhicules légers" et "Silence". Là encore, le silence et l'agrément visuel se révèlent être les deux variables les plus influentes sur l'agrément sonore.

Si on s'attarde à la comparaison des deux types de modèles, régressions linéaires multiples et réseaux de neurones artificiels, ces derniers se révèlent être de meilleurs prédicteurs de l'agrément sonore, du moins sur la base de comparaison que nous avons choisi, c'est-à-dire sur le coefficient de corrélation entre valeurs mesurées et valeurs prédites. Qu'il s'agisse de modèles locaux ou d'un modèle global, il a presque toujours été possible de déterminer un modèle de réseau de neurones meilleur d'un point de vue prédictif que le modèle de régression linéaire multiple (même si la différence reste parfois limitée). Un indicateur de qualité sonore

construit sur ce dernier modèle semble donc être un choix pertinent. Mais quelles sont les qualités de cet indicateur ?

En se référant aux critères permettant de qualifier les indicateurs énoncés au paragraphe 2.4, les deux modèles (régressions linéaires et réseaux de neurones) ont été notés suivant une notation en 4 points allant de pauvre à excellent. Ces notations sont détaillées ci-après et présentées dans le Tableau LXX.

Parmi tous les critères, certains ne posent aucune ambigüité vis-à-vis de l'indicateur proposé (qu'il s'agisse des régressions linéaires multiples ou des réseaux de neurones artificiels). Ainsi une note de 4 peut être donnée à l'indicateur de qualité sonore en ce qui concerne la fiabilité, puisque répétée sur une même population et presque en même temps, la mesure de cet indicateur donnera la même valeur. De même, l'indicateur est interprétable puisqu'il permet une lecture facile. Il se situe sur une échelle entre 0 et 10 où 0 représente une très mauvaise qualité sonore alors que 10 symbolise une qualité excellente. Enfin, l'indicateur proposé ne nécessite nullement des données qui vont à l'encontre de la préoccupation éthique.

Du point de vue de la validité, difficile de dire que l'indicateur établi (basé sur les régressions ou sur les réseaux de neurones) mesure avec certitude la qualité de l'environnement sonore. En effet, il a été établi pour cela, mais il n'est pas impossible que derrière la qualité sonore se cachent d'autres facteurs. Aussi, sur l'échelle en 4 points proposée, seule une note de 3 est attribuée à l'indicateur en termes de validité.

Pour ce qui est de la mesurabilité, de la disponibilité des données et de la pertinence, une note de 2 est donnée à l'indicateur (suivant les deux méthodes). Les données d'entrées de l'indicateur font appel à un grand nombre de sujets ce qui traduit à la fois par un temps de recueil assez long et un cout financier qui peut être assez élevé.

Enfin, deux critères méritent d'être discutés puisqu'ils n'ont pas la même valeur suivant que l'indicateur se base sur les régressions linéaires multiples ou sur les réseaux de neurones artificiels. En effet "un indicateur transparent est celui qu'il est possible de comprendre et possible de reproduire pour des utilisateurs qui le souhaitent". Si les régressions linéaires multiples sont aisément compréhensibles à partir de l'équation de régression, il n'en va pas de même pour les réseaux de neurones artificiels qui ne laissent apparaître que le résultat. Même si au cours du travail présenté ici, il a été possible de connaitre d'une certaine façon les liens qui unissent l'agrément sonore aux autres variables explicatives, les réseaux de neurones

restent tout de même peu transparents. Ainsi, du point de vue de la transparence, une note de 4 est attribuée aux régressions linéaires multiples et seulement 2 pour les réseaux de neurones. En revanche, dans le complément d'information donnée par le groupe de recherche COST 356 [JOUMARD 2010] à propos de chaque critère, il est précisé que "les indicateurs devraient réagir clairement et rapidement à des changements significatifs dans le phénomène qu'ils indiquent". Aussi, de par la nature de la relation entre la qualité sonore et les variables explicatives, les réseaux de neurones artificiels semblent être des modèles plus sensibles que les régressions linéaires multiples. Ainsi une note de 2 est donnée à ces dernières et 3 aux premiers cités.

Tableau LXX : Evaluation de la qualité des indicateurs proposés

	Régressions linéaires multiples	Réseaux de neurones artificiels
Validité	xxx	xxx
Fiabilité	xxxx	xxxx
Sensibilité	xx	xxx
Mesurabilité	xx	xx
Disponibilité des données	xx	xx
Préoccupation éthique	xxxx	xxxx
Transparence	xxxx	xx
Interprétabilité	xxxx	xxxx
Pertinence	xx	xx
Faisabilité	xxx	xxx

x=pauvre; xx=limité; xxx=bon; xxxx=excellent

Au regard du Tableau LXX, il apparait que les deux modèles prédictifs se valent hormis sur le critère de la transparence et de la sensibilité. En effet, les deux types de modèles sont censés prédire la même valeur et sont construits à partir des mêmes données. Ce qui les différencie est simplement la façon dont ces deux modèles sont construits. De par leur côté "boite noire" et leur aspect aléatoire, les réseaux de neurones artificiels sont moins compréhensibles que les régressions linéaires multiples.

5.4 CORRELATIONS ENTRE VARIABLES PHYSIQUES ET VARIABLES PERCEPTIVES

Les modèles prédictifs établis dans cette étude s'appuient sur des variables perceptives mesurées. Mais que signifient ces variables physiquement ? Comment les évaluer si nous devions établir un modèle d'agrément sonore à partir de variables physiques ?

Le modèle global réduit (§5.2.12) que nous avons défini fait appel à cinq variables. Parmi ces cinq variables, seulement trois sont concrètement mesurables (acoustiquement parlant) : il s'agit du silence et de la présence de véhicules légers. Cependant nous avons tout de même établi au paragraphe 5.2.10 un modèle construit à partir de toutes les variables disponibles. Par ailleurs, le choix de réduire le nombre de variables était principalement dicté par la recherche d'un réseau de neurones optimal. Ainsi, rien n'empêche d'ajouter d'autres variables aux modèles. C'est pourquoi nous avons tenté de déterminer s'il existait des corrélations entre les mesures physiques et les mesures perceptives non seulement des variables "Silence", "Temps de présence des véhicules légers" et "Niveau perçu des klaxons" mais aussi pour toutes les autres variables qui se prêtaient à ce calcul. Pour déterminer ces corrélations nous avons exploité les mesures acoustiques réalisées à Lyon ainsi que celles réalisées à Paris dans le cadre du maillage spatial et comparé ces mesures aux résultats des enquêtes faites aux mêmes lieux. A disposition nous avons donc sept points d'études : PARC, TPARC, TBLVL, BLVL, TRUE, TPIETON et PIETON. Pour chacun de ces lieux, six mesures acoustiques ont été moyennées et comparées aux mesures perceptives. Le Tableau LXXI présente la corrélation entre variables physiques et variables perceptives.

Un point important à souligner au regard de ce tableau est que dans l'ensemble, les émergences ne sont pas corrélées à la sonie perçue pour toutes les sources. Il n'est pas impossible que cela soit dû à la mesure même de ces deux variables. D'un côté les émergences ont été calculées comme la différence entre le L_{A10} de la source et le L_{Aeq} global alors que la tâche demandée aux sujets était de noter l'intensité de la source. Il faudrait peut-être trouver un autre indicateur plus proche du ressenti des citadins vis-à-vis de la force sonore des sources. Il semble néanmoins que la sonie des cyclomoteurs, la sonie des klaxons et la sonie des activités particulières estiment bien les émergences correspondantes. En effet, ce sont des sources qui émergent assez fortement du bruit ambiant comparées aux autres types de sources

comme cela a par ailleurs été mentionné au paragraphe 5.2.11.1 pour les klaxons et les cyclomoteurs.

Tableau LXXI : Corrélations entre les variables physiques et les variables perceptives.

Variable physique	Variable perceptive	R^2	p
L_{Aeq}	Sil	0,67	0,0245
Sigma	Dyn	0,12	0,4386
L_{A90}	Sil	0,45	0,0976
L_{A10}	Sil	0,26	0,2423
Em. VL	Son.VL	0,37	0,1445
Em. PL	Son.PL	0,16	0,3760
Em. Mob	Son.Mob	0,61	0,0382
Em. Klax	Son.Klax	0,74	0,0134
Em. Voix	Son.Hum	0,13	0,4262
Em. Ois	Son.Ois	0,10	0,4922
Em. Act	Son.Act	0,62	0,0368
% Tps VL	Pres.VL	0,96	0,0001
% Tps PL	Pres.PL	0,63	0,0335
% Tps Mob	Pres.Mob	0,81	0,0055
% Tps Klax	Pres.Klax	0,16	0,3671
% Tps Voix	Pres.Hum	0,45	0,0987
% Tps Ois	Pres.Ois	0,45	0,0973
% Tps Act	Pres.Act	0,87	0,0021

Si les émergences sont en général peu corrélées aux sonies, en revanche les temps de présence des sources évalués sont eux bien corrélés avec les pourcentages de temps de présence mesurés, alors même que les mesures n'ont pas été faites en même temps (excepté pour les Klaxons). L'étude sur le maillage temporel avait déjà permis de révéler que le nombre d'événements sonores (donc le temps d'apparition des événements) était stable d'une journée à l'autre. Nous remarquons ici que le ressenti moyen des citadins sur la présence des sources, type de source par type de source, peut s'estimer facilement par une mesure moyenne. Ceci confirme par ailleurs le fait que le choix de garder le temps de présence des sources plutôt que la sonie perçue lorsque cela se révélait nécessaire, était plutôt judicieux.

Il est à noter que la dynamique perçue n'est pas corrélée à l'écart-type du $L_{Aeq.}$ Il est très difficile ici de savoir ce qu'ont compris les sujets lors de cette question sur la dynamique. Les études précédentes locales et globales n'ont pas permis de révéler la signification de cette variable, bien qu'elle ait été introduite dans les modèles pour caractériser une variabilité dans les niveaux sonores. Cette notion perceptive avait été mise en évidence par RAIMBAULT M. [RAIMBAULT 2003] dans son étude sur les villes de Lyon et de Nantes.

Enfin, parmi les variables retenues dans le modèle de prédiction réduit, nous avons mentionné que seuls le silence, le temps de présence des véhicules légers et le niveau perçu des klaxons étaient mesurables. En ce qui concerne ces trois variables, le temps de présence des véhicules légers perçu est très fortement corrélé au temps de présence mesuré ($R^2 = 0,96$), le niveau perçu des klaxons est également corrélé à l'émergence calculée ($R^2 = 0,74$) et enfin le silence peut se traduire éventuellement par le L_{A90}($R^2 = 0,45$) mais surtout par le L_{Aeq} ($R^2 = 0,67$).

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le bruit urbain est depuis plusieurs années un véritable problème de société. Les nuisances sonores apparaissent comme étant une préoccupation majeure des citadins au travers de multiples sondages sur la qualité de vie. Pourtant l'approche réglementaire, relativement efficace en matière de lutte contre le bruit des infrastructures de transport, a prouvé ses limites dans la gestion de la qualité sonore en milieu urbain. En effet les indices sur lesquels elle s'appuie ne prennent pas en compte la dimension temporelle du bruit, la composition de l'environnement sonore, autant de facteurs qui jouent un rôle important dans l'appréciation des ambiances sonores.

Dans un premier temps nous avons travaillé sur l'acquisition des données acoustiques afin de définir le maillage temporel et spatial nécessaire pour caractériser les ambiances sonores urbaines. A partir de six points de mesures acoustiques fixes représentant différents types d'ambiance sonore (parc, boulevard, carrefour, rue circulée, école, marché), l'étude du maillage temporel aura permis de mettre en évidence d'une part un découpage temporel des journées dépendant des lieux et donc des ambiances urbaines, et d'autre part de définir une durée optimale de mesure acoustique caractéristique. A travers des méthodes de classifications (classifications hiérarchiques ascendantes de Ward et cartes auto-organisatrices de Kohonen) nous avons pu définir, en nous basant sur des mesures acoustiques longues d'une heure, qu'en général une durée de mesure de dix minutes (vingt minutes pour un seul site, rythmé par une école) semble contenir suffisamment d'information acoustique pour être représentative du lieu au cours de périodes relativement homogènes.

L'étude du maillage spatial a permis de mettre en évidence l'existence de zones typiques d'un point de vue acoustique. Ces zones sont caractérisées par des environnements sonores homogènes où des sources particulières sont présentes : les oiseaux dans un parc, des véhicules sur la route, des voix et de l'activité dans une rue piétonne et commerciale. En outre, un autre type de zone dite "de transition" rassemble les lieux où différents types de sources peuvent être entendus. Le maillage spatial nous permet ici de conclure que les situations sonores urbaines peuvent être classées en zones relativement homogènes et typées qui sont séparées par des zones de transition sonore qui s'étalent sur 50mètres environ.

Grâce à une enquête de terrain, nous avons pu mettre en exergue les variables perceptives qui interviennent dans l'expression de l'agrément sonore d'un lieu, et proposer un indicateur qui corresponde à cet agrément. Vingt-cinq variables perceptives ont été étudiées, certaines

étant des variables de perception globale (Animation, Enveloppement, Agrément visuel, etc.), et d'autres étant des variables liées à des sources sonores (Véhicules légers, Poids lourds, Oiseaux, etc.). Deux types de modèle prédictif ont pu être construits : des modèles de régression linéaire multiple et des modèles de réseau de neurones artificiels. Les modèles de régression ont été utiles dans l'analyse de la qualité de l'environnement sonore (choix des bases de données, choix des variables) mais les modèles de réseaux de neurones permettent d'une façon générale de mieux prédire l'agrément sonore des situations urbaines étudiées.

Lorsque l'on étudie la qualité sonore à une échelle locale, nous trouvons l'influence des différents types de source dans l'agrément sonore. On trouve en général une influence négative de la présence des véhicules légers, qui s'accompagne ponctuellement d'une influence parfois négative, parfois positive de différentes sources. La présence des sources semble donc être bien prise en compte dans les perceptions locales.

A l'échelle urbaine, ce sont les évaluations perceptives globales (Adéquation, Animation, Enveloppement) qui semblent mieux refléter les différences entre sites. Néanmoins, trois variables se retrouvent systématiquement à toutes les échelles. Ce sont les variables "Silence", "Agrément visuel" et "Présence des véhicules légers". Ces trois variables n'ont pas la même influence sur l'agrément sonore en fonction des lieux. La présence des véhicules entendus est plus influente (négativement) dans un parc que dans une voie circulée. L'agrément visuel a moins d'effet sur des boulevards et dans un parc que sur les autres sites. Le silence a moins d'effet dans le parc que dans la rue piétonne. Au contraire, il a plus d'influence sur les boulevards que dans les zones piétonnes. Ces quelques commentaires pourraient permettre aux aménageurs de porter leurs efforts sur certaines variables dans le cas d'un réaménagement urbain.

Globalement, un modèle de réseau de neurones artificiels permet de prévoir la qualité de l'environnement sonore en contexte urbain, et ce travail de recherche a pu montrer que ce type de modèle n'est pas aussi "inaccessible" que cela puisse paraitre. Un bémol est toutefois à émettre sur l'utilisation des neurones artificiels. En effet, un réseau de neurones, aussi bon prédicteur soit il n'est pas forcément représentatif de l'influence de chaque variable sur l'agrément sonore. Un grand nombre de réseau de neurones artificiels est nécessaire afin de valider ces différentes influences mais une "moyenne" de tous ces réseaux n'est pas réalisable en tant qu'indicateur.

Néanmoins, divers indicateurs peuvent donc maintenant être proposés, issus de ces modèles de réseaux de neurones artificiels, à une échelle locale mais aussi à une échelle globale, afin d'être représentés sur des cartes sonores.

Nous avons vu au cours de ce travail que nous avons été limités dans nos analyses par le nombre de personnes enquêtées. Il est sûr que ces modèles pourraient être améliorés par un plus grand nombre de données perceptives.

Nous devons aussi porter notre attention sur les mesures physiques qui permettent de caractériser ces variables perceptives. Si certaines variables peuvent être bien caractérisées par des mesures acoustiques (à condition de pouvoir coder la nature des sources), il semble que des variables comme l'enveloppement ou l'animation ou l'agrément visuel ne soient pas mesurables facilement. Un travail qui associerait architectes, géographes et paysagistes pourrait certainement proposer des pistes pour caractériser ces variables influentes sur la qualité de l'environnement sonore.

BIBLIOGRAPHIE

[AXELSSON 2010]

AXELSSON O., NILSSON M.E., BERGLUND B., *"A principal components model of soundscape perception"*, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 128 (5), pp. 2836-2846, 2010.

[BARRON 2000]

BARRON M., *"Late lateral energy fractions and the envelopment question in concert halls"*, Acoustics, Vol. 62(2), pp. 185-202, 2000.

[BEAUMONT 2005]

BEAUMONT J., SEMIDOR C., *"Interacting quantities of the soundscape due to transport modes"*, Proceedings of Inter Noise 2005, Rio de Janeiro, Brésil, 2005, (CD-ROM).

[BERGLUND 2006]

BERGLUND B., NILSSON M.E. *"On a tool for measuring soundscape quality in urban residential areas"*. Acta Acustica united with Acustica, Vol.92 (6), pp.938-944, 2006.

[BLAYO 1996]

BLAYO F., VERLEYSEN M., *"Que sais-je ?Les réseaux de neurones artificiels"*, Presses universitaires de France, 1996.

[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(3), pp.1223-1236, 2003.

[BOTTELDOOREN 1999]

BOTTELDOOREN D., DECLOEDT S., BRUYNEEL J., POTTIE S., *"Characterisation of quiet areas: subjective evaluation and sound level indices"*, Proceedings of Forum Acusticum 1999, Berlin, Allemagne, 1999, (CD-ROM).

[BOTTELDOOREN 2011]

BOTTELDOOREN D., LAVANDIER C, PREIS A., DUBOIS D., ASPURU I., GUASTAVINO C., BROWN A. L., NILSSON M., ANDRINGA T. C., *"Understanding urban and natural soundscapes"*, Proceedings of Forum Acusticum 2011, Aalborg, Danemark, 2011, (CD-ROM).

[BOWLES 2008]

BOWLES A., SCHULTE-FORTKAMP B., *"Noise as an indicator of quality of life: advances in measurement of noise and noise effects on humans and animals in the environment"*, Acoustics Today, Vol. 4(2), pp. 35-39, 2008.

[BROWN 2011]

BROWN A. L., KANG J., GJESTLAND T., *"Towards standardization in soundscape preference assessment"*, Applied Acoustics, Vol. 72(6), pp. 387-392, 2011.

[CAIN 2010]

CAIN R., JENNINGS P., POXON J., *"Setting targets for soundscape design : The practical use of 2-dimensional perceptual space"*, Proceedings of Inter Noise 2010, Lisbonne, Portugal, 2010, (CD ROM).

[CAN 2006]

CAN A., DEFREVILLE B., LAVANDIER C., *"Caractérisation in situ du désagrément sonore urbain, basé sur l'identification des sources"*, Proceedings du 8ème Congrès Français d'Acoustique, Tours, France, 2006, (CD-ROM).

[CAN 2008]

CAN A., LECLERCQ L., LELONG J., DEFRANCE J, *"Capturing urban traffic noise dynamics through relevant descriptors"*, Applied Acoustics, Vol. 69(12), pp. 1270-1280, 2008.

[CERMAK 1976]

CERMAK G. W., CORNILLON P., *"Multidimensional analyses of judgements about traffic noise"*, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 59 (6), pp. 1412-1420, 1976.

[COTTRELL 2004]

COTTRELL M., IBBOU S., LETREMY P., *"SOM-based algorithms for qualitative variables"*, Neural Networks 17(8-9), pp. 1149-1167, 2004.

[COX 2008]

COX T.J., *"The effect of visual stimuli on the horribleness of awful sounds"*, Applied Acoustics, Vol. 69(8), pp. 691-703, 2008.

[DE COENSEL 2006]

DE COENSEL B., BOTTELDOOREN D. "*The Quiet Rural Soundscape and How to Characterize it"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92(4), pp. 887-897, 2006.

[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"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 93(4), pp. 589-601, 2007.

[DE COENSEL 2010]

DE COENSEL B., BOCKSTAEL A., LDEKONINCK L., BOTTELDOOREN D., SCHULTE-FORTKAMP B., KANG J., NILSSON M.E., *"The soundscape approach for the early stage urban planning : A case study"*, Proceedings of Inter Noise 2010, Lisbonne, Portugal, 2010, (CD ROM).

[DEFREVILLE 2005]

DEFREVILLE B., *"Caractérisation de la qualité de l'environnement sonore urbain : une approche physique et perceptive basée sur l'identification des sources sonores"*, Thèse de doctorat, Université de Cergy Pontoise, France, 2005.

[DODGE 2007]

DODGE Y., *"STATISTIQUE. Dictionnaire encyclopédique"*, Springer, Berlin, New York, 2007.

[DÖKMECI 2012]

DÖKMECI P.N., KANG J., *"A comparative case study of indoor soundscape approach on objective analyses and subjective evaluations of libraries"*, Proceedings of the Acoustics 2012, Nantes, France, 2012, (CD-ROM).

[DUBOIS 1998]

DUBOIS D., MAFFIOLO V., *"Etude de la qualité sonore des espaces verts de la Ville de Paris"*, Rapport d'étude pour la Mairie de Paris, 1998.

[DUBOIS 2006]

DUBOIS D., GUASTAVINO C., RAIMBAULT M., *"A cognitive approach to urban soundscapes : using verbal data to access everyday life auditory categories"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92(6), pp. 865-874, 2006.

[GRIFFITHS 1968]

GRIFFITHS I.D., Langdon F.J., *"Subjective response to road traffic noise"*, Journal of Sound and Vibration., Vol. 8(1), pp. 16-32, 1968.

[GUASTAVINO 2006]

GUASTAVINO C., "*The ideal urban soundscape : investigating the sound quality of French cities"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92(6), pp. 945-951, 2006.

[GURNEY 1997]

GURNEY K., *"An introduction to neural networks"*, CRC Press, 1997.

[HOWELL 2009]

HOWELL D., *"Statistical Methods for Psychology"*, Wadsworth Edition, 2009.

[JEDOVNICKÝ 2009]

JEDOVNICKÝ M., RYCHTÁRIKOVÁ M., VERMEIR G., *"Prediction of statistical noise values in an urban square by using auralisation"*, Proceedings of Euronoise 2009, Edimbourg, Ecosse, 2009, (CD-ROM).

[JEON 2010]

JEON J. Y., LEE P. J., *"Classification of urban soundscape through social surveys"*, Proceedings of Inter Noise 2010, Lisbonne, Portugal, 2010, (CD ROM).

[JOUMARD 2010]

JOUMARD R., GUDMUNDSSON H., *"Indicators of Environmental Sustainability in Transport: An interdisciplinary approach to methods"*, Les Collections de l'INRETS, 2010.

[KOHONEN 2001]

KOHONEN T., *"Self-organizing maps*", 3rd ed., Springer, Berlin, New York, 2001.

[KUWANO 1988]

KUWANO S., NAMBA S., FASTL H., *"On the judgement of loudness, noisiness and annoyance with actual and artificial noises"*. Journal of Sound and Vibration, Vol.127 (3), pp. 457-465, 1988.

[LAVANDIER 2003]

LAVANDIER C., BARBOT B., *"Influence of the temporal scale on the relevance of acoustic parameters selected to characterise urban sound environments"*, Proceedings of Euronoise 2003, Naples, Italie, 2003, (CD-ROM).

[LAVANDIER 2006]

LAVANDIER C., DEFREVILLE B., *"The contribution of sound source in the assessment of urban soundscapes"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92(6), pp. 912-921, 2006.

[LAVANDIER 2010]

LAVANDIER C., CANCE C., DUBOIS D., *"L'évaluation de la qualité des environnements sonores"*, Proceedings du 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon, France, 2010, (CD-ROM).

[LECLERQ 2008]

LECLERQ L., CAN A., CREPEAUX P., DEFRANCE J., FOURNIER M., LELONG J., MIEGE B., MINAUDIER C., OLNY X., PALACINO J., VINCENT B.,*"Projet EDBCMU : Estimation dynamique du bruit de circulation en milieu urbain : étude d'un cas réel"*, INRETS, Bron, France, 2008.

[LEOBON 1995]

LEOBON A., *"La qualification des ambiances sonores urbaines"*, Natures - Sciences - Sociétés, Vol. 3(1), pp. 26-41, 1995.

[LETREMY 2004]

LETREMY P., MEILLAND C., COTTRELL M., *"Using working patterns as a basis for differentiating part-time employment"*, European Journal of Economic and Social Systems Vol. 17, pp. 29-40, 2004.

[LITTLE 1969]

LITTLE J. W., MABRY J., *"Sound duration and its effect on judged annoyance"*, Journal of Sound and Vibration, Vol. 9(2), pp. 247-262, 1969.

[MA 2010]

MA H., ZHANG S., *"Analysis of sound environment in coastwise area of Haihe river and preliminary study on its soundscape design and soundscape expression method"*, Proceedings of the Acoustics 2012, Nantes, France, 2012, (CD-ROM).

[MARRY 2010]

MARRY S, BAULAC M., *"Sound perception parameters in urban spaces"*, Proceedings of Inter Noise 2010, Lisbonne, Portugal, 2010, (CD ROM).

[MARRY 2011]

MARRY S., *"L'espace public sonore ordinaire. Les paramètres de la perception sonore dans les espaces publics. Contribution à une connaissance de l'ambiance sonore"*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble, France, 2011.

[MATSUI 2009]

MATSUI T., FURUKAWA S., TAKASHIMA T., UCHIYAMA I., HIRAMATSU K., *"Time-component Matrix Chart as a tool for designing sonic environment having a diversity of sound sources"*, Proceedings of Euronoise 2009, Edimbourg, Ecosse, 2009, (CD-ROM).

[MOREL 2012]

MOREL J, MARQUIS-FAVRE C., DUBOIS D., PIERRETTE M., *"Road Traffic in Urban Areas: A Perceptual and Cognitive Typology of Pass-By Noises"*, Acta Acustica united with Acustica, Vol.98(2), pp. 166-178, 2012.

[MZALI 2000]

MZALI M., DUBOIS D., *"The acoustical comfort inside trains: the passenger's point of view"*, Proceedings of Inter Noise 2000, Nice, France, 2000.

[NAKACHE 2004]

NAKACHE J-P., CONFAIS J., *"Approche pragmatique de la classification"*, TECHNIP, 2004.

[NAMBA 1988]

NAMBA S., KUWANO S., *"Measurement of habituation to noise using the method of continuous judgement by category"*, Journal of Sound and Vibration, Vol. 127 (3), pp. 507-511, 1988.

[NAMBA 2004]

NAMBA S., KUWANO S., *"Environmental Acoustics : psychological assessment of noise"*, In Neuhoff, J. G (Ed): "Ecological Psychoacoustics", Elsevier, Academic Press, pp. 176-191, 2004.

[NF S 31-010 1996]

AFNOR, Association Française de Normalisation. NF S31-010 :1996 : *"Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement"*, ICS : 13.140.17 ; 17.140.00, 1996.

[NF S 31-085 2002]

AFNOR, Association Française de Normalisation. NF S31-010 :2002 : *"Caractérisation et mesurage du bruis dû au trafic routier"*, ICS : 13.140.17 ; 17.140.00, 2002.

[NF S 31-110 2005]

AFNOR, Association Française de Normalisation. NF S31-010 :2002 : *"Caractérisation et mesurage du bruis dû au trafic routier"*, ICS : 13.140.17 ; 17.140.00, 2002.

[PARIZEAU 2006]

PARIZEAU M., *"Réseaux de neurones, GIF-21140 et GIF-64326, Notes de cours et chronologie"*, Université Laval, Canada, 2006.

[PAULSEN 1997]

PAULSEN R., *"On the influence of the stimulus duration on psychophysical judgement of environmental noises taken in the laboratory"*, Proceedings of Inter Noise 1997, Budapest, Hongrie, pp. 1175-1178, 1997.

[PICAUT 2011]

PICAUT J., *"Projet ANR Eval-PDU: Indicateurs du bruit dans l'environnement – Synthèse bibliographique"*, IFSTTAR, Centre de Nantes,France, 2011.

[PHEASANT 2010]

PHEASANT R.J., FISHER M.N., WATTS G.R., WHITAKER, D.J., HOROSHENKOV K.V., *"The importance of auditoryvisual interaction in the construction of 'tranquil space'"*, Journal of Environmental Psychology, Vol. 30(4), pp. 501-509, 2010.

[RAIMBAULT 2002]

RAIMBAULT M., *"Simulation des ambiances sonores urbaines: intégration des aspects qualitatifs"*, Thèse de doctorat, Université de Nantes, France, 2002.

[RAIMBAULT 2003]

RAIMBAULT M., LAVANDIER C., BERANGIER M., *"Ambient sound assessment of urban environments : field studies in two French cities"*, Applied Acoustics, Vol. 64 (12), pp.1241-1256, 2003.

[RAIMBAULT 2004]

RAIMBAULT M., WALKER E., LAVANDIER C., CREMEZI-CHARLET C., *"New indicators for time patterns of combined noise sources (road and railway)"*, Proceedings du 7ème Congrès Français d'Acoustique, Strasbourg, France, 2004.

[RAIMBAULT 2005]

RAIMBAULT M., DUBOIS D., *"Urban soundscapes: Experiences and knowledge"*, Cities, Vol. 22(5), pp. 339-350, 2005.

[SAPORTA 1990]

SAPORTA G., *"Probabilités, analyse des données et statistiques"*, Editions Technip, 1990.

[SCHAFER 1977]

SCHAFER R. M., *"The Tuning of the Word"*, Knopf Edition, New York, 1977.

[SCHOMER 2010]

SCHOMER P., BROWN A. L., DE COENSEL B., GENUIT K., GJESTLAND T., JEON J. Y., KANG J., NEWMAN P., SCHULTE-FORTKAMP B., WATTS G. R., *"On Efforts to Standardize a Graphical Description of the Soundscape Concept"*, Proceedings of Inter Noise 2010, Lisbonne, Portugal, 2010, (CD ROM).

[SCHULTE-FORTKAMP 2006]

SCHULTE-FORTKAMP B., FIEBIG A., *"Soundscape Analysis in a Residential Area : An Evaluation of Noise and People's Mind"*, Acustica united with Acustica, Vol.92 (6), pp. 875-880, 2006.

[SEMIDOR 2010]

SEMIDOR C., TORGUE H., BEAUMONT J., BARLET A., DELAS J., REGNAULT C., GBEDJI F., *"ASTUCE Research Project: one way to evaluate urban soundscapes"*, Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, Sydney, Australie, 2010, (CD-ROM).

[SEMIDOR 2012]

SEMIDOR C., SALLENAVE C., *"Plural perception of urban soundscapes in public transportation"*, Proceedings of the Acoustics 2012, Nantes, France, 2012, (CD-ROM).

[TRUAX 1978]

TRAUXB., *"The Handbook for Acoustic Ecology"*, A.R.C. Publications, Vancouver, 1978.

[VESANTO 1999]

VESANTO J., HIMBERG J., ALHONIEMI E., PARHANKANGAS J., *"Self-organizing map in Matlab : the SOM Toolbox"*, Proceedings of the Matlab DSP Conference 1999, Espoo, Finlande, 1999, pp. 35-40, <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/>.

[VIOLLON 2000a]

VIOLLON S., LAVANDIER C., *"Multidimensional assessment of the acoustic quality of urban environments"*, Proceedings of Inter Noise 2000, Nice, France, 2000.

[VIOLLON 2000b]

VIOLLON S, *"Influence des informations visuelles sur la caractérisation de la qualité acoustique de l'environnement urbain"*, Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise, France, 2000.

[VIOLLON 2002]

VIOLLON S., LAVANDIER C., DRAKE C., *"Influence of visual setting on sound ratings in an urban sound environment"*. Applied Acoustics, Vol. 63 (5), pp. 493-511, 2002.

[VOGEL 1999]

VOGEL C., *"Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain"*, Thèse de doctorat, Université Paris VI, France, 1999.

[VROOMEN 2000]

VROOMEN J., DE GELDER B., *"Sound enhances visual perception : Cross-modal effects of auditory organization on vision"*, Journal of experimental psychology : Human perception and performance, Vol. 26(5), pp. 1583-1590, 2000.

[WOLOSZYN 1998]

WOLOSZYN P., SIRET D., *"Du complexe au simplexe : le modèle des objets ambiants"*, Les cahiers de la recherche architecturale, Vol. 42-43, pp. 49-61, 1998.

[YU 2009]

YU L., *"Soundscape Evaluation and ANN Modelling in Urban Open Spaces"*, PhD thesis, School of Architecture, University of Sheffield, United Kingdom, 2009.

LISTE DES PUBLICATIONS ET VALORISATION DE LA RECHERCHE

REVUES AVEC COMITE DE LECTURE

- BROCOLINI L., LAVANDIER C., QUOY M., RIBEIRO C., *"Optimization method of the acoustic measurement duration in urban environment: application to a crossroads location in Paris"*, soumis en juin 2011 au Journal of the Acoustical Society of America. Seconde révision en cours.

REVUES TECHNIQUES SPECIALISEES

- L. BROCOLINI, C. LAVANDIER, M. QUOY, C. RIBEIRO, *"Apport des réseaux de neurones dans le maillage spatial des paysages sonores urbains"*, Acoustique et Techniques, n° 59, pp. 13-18, 4ème trimestre 2009.

ACTES DE COLLOQUES

- BROCOLINI L., LAVANDIER C., QUOY M., RIBEIRO C., *"Discrimination of urban soundscape through Kohonen map"*, CD-ROM des proceedings du congrès Euro Noise 2009, EN09-291, 9 pages, Edinburgh, Ecosse, octobre 2009.
- BROCOLINI L., WALKS L., LAVANDIER C., MARQUIS-FAVRE C., QUOY M., LAVANDIER M., *"Méthodes de prédiction de la qualité du paysage sonore urbain : régression linéaire multiple ou réseau de neurones ? "*, CD-ROM des proceedings du 10ème Congrès Français d'Acoustique, 6 pages, Lyon, France, avril 2010.
- BROCOLINI L., LAVANDIER C., RIBEIRO C., QUOY M., *"Optimization of the acoustic measurement duration in urban environment through Kohonen self-organizing map"*, **Conférence Invitée**, CD-ROM des proceedings du congrès Inter Noise 2010, 9 pages, Lisbonne, Portugal, juin 2010.
- BROCOLINI L., WAKS L., LAVANDIER C., MARQUIS-FAVRE C., QUOY M., LAVANDIER M., *"Comparison between multiple linear regressions and artificial neural networks to predict urban sound quality"*, CD-ROM des proceedings du 20ème congrès international ICA, 6 pages, Sydney, Australie, août 2010.
- BROCOLINI L., LAVANDIER C., MARQUIS-FAVRE C., QUOY M., LAVANDIER M., *"Prediction and explenation of sound quality indicators by multiple linear regressions and artificial neural networks"*, CD-ROM des proceedings du congrès Acoustics 2012, 6 pages, Nantes, France, avril 2012.

ANNEXES

ANNEXE 1 – MAILLAGE TEMPOREL

1.1 PARC DE BERCY (SEU)

Index des figures de l'Annexe 1.1 – SEU

Figure 119 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 120 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 121 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 122 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 123 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 124 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 125 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 126 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 127 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 128 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 129 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 130 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 131 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 132 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 133 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 134 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 135 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 136 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

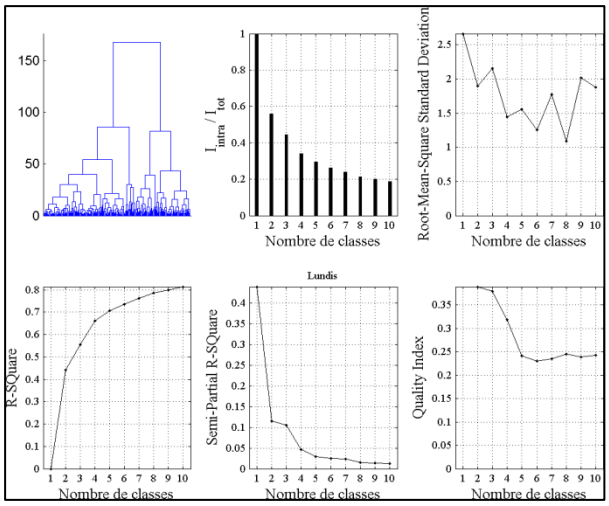


Figure 119

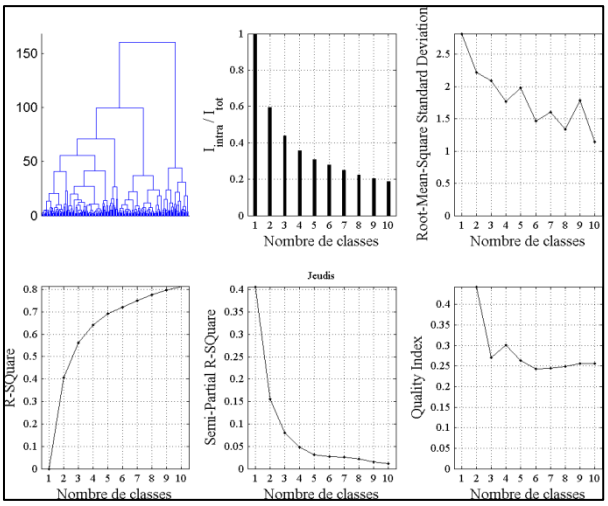


Figure 122

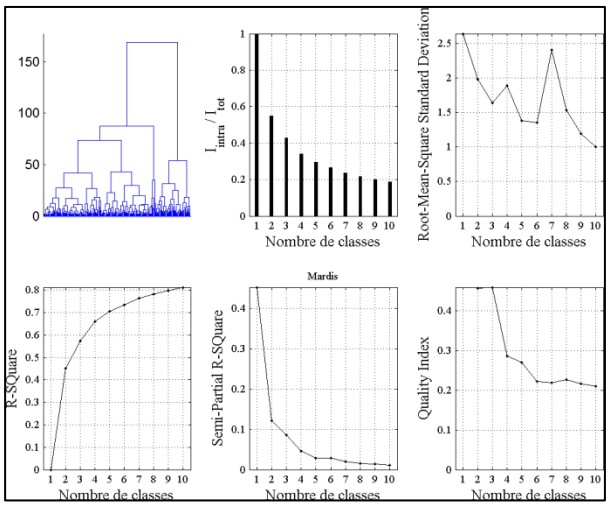


Figure 120

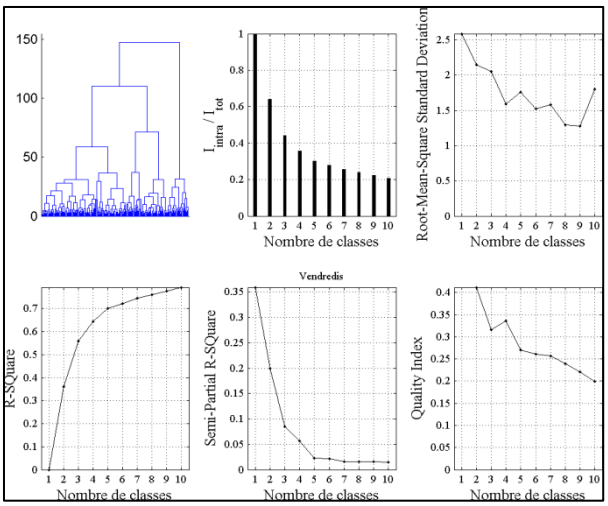


Figure 123

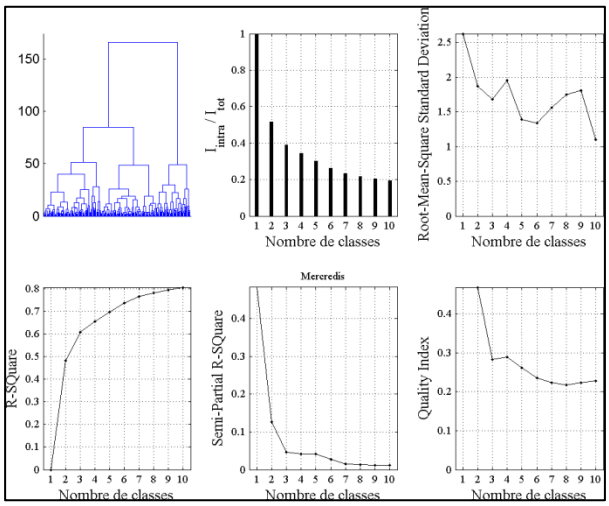


Figure 121

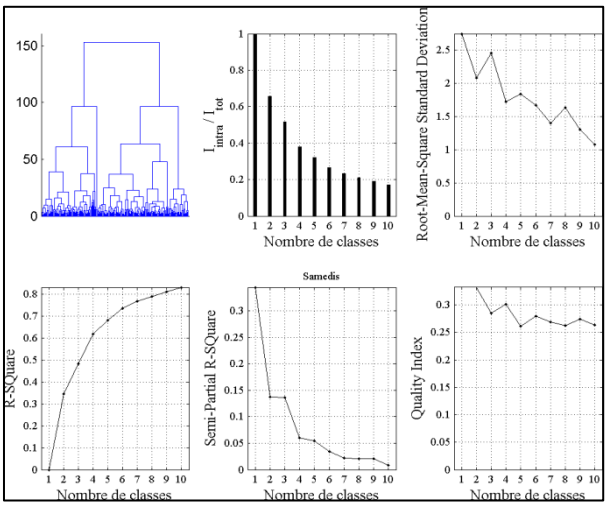


Figure 124

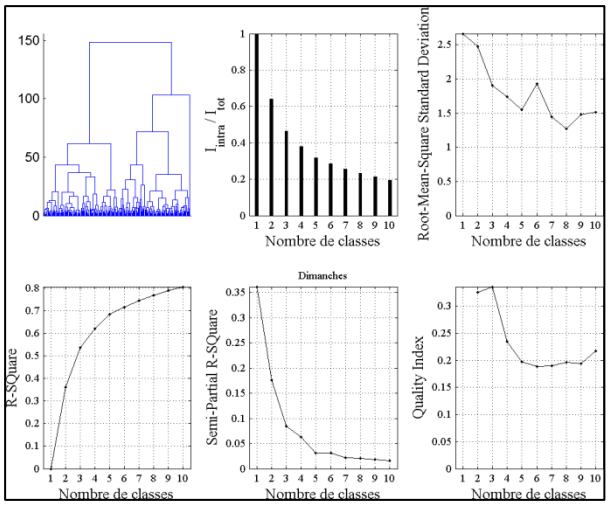


Figure 125

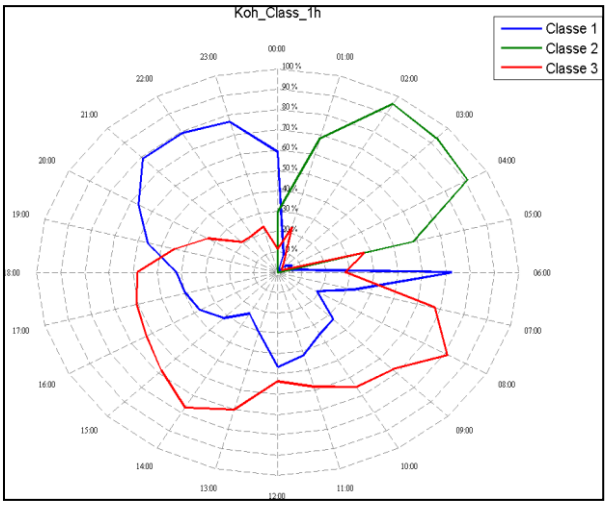


Figure 128

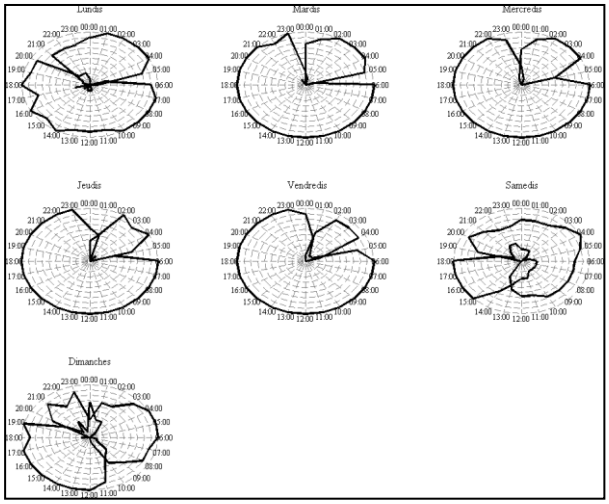


Figure 126

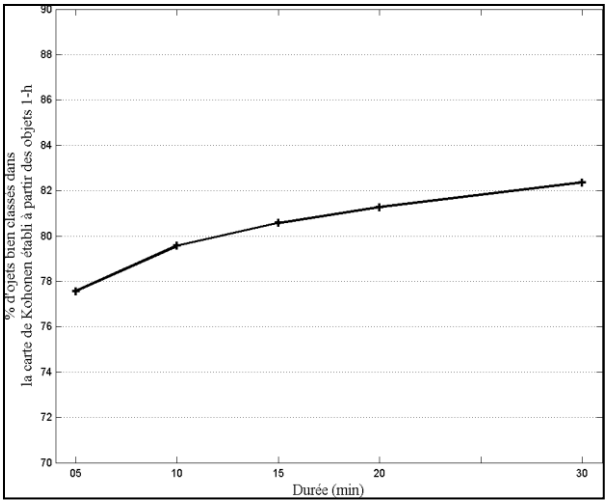


Figure 129

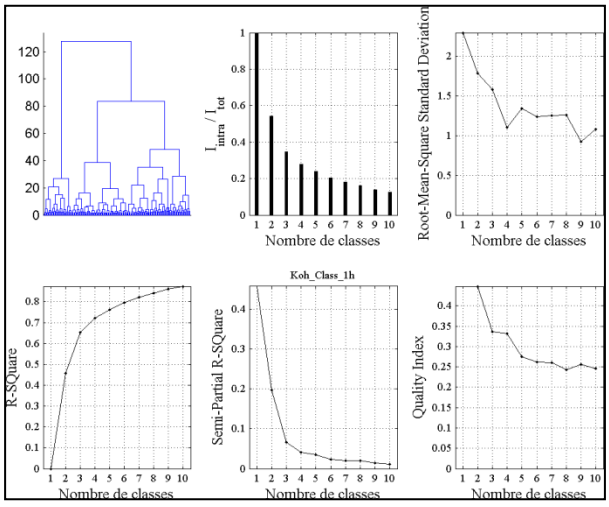


Figure 127

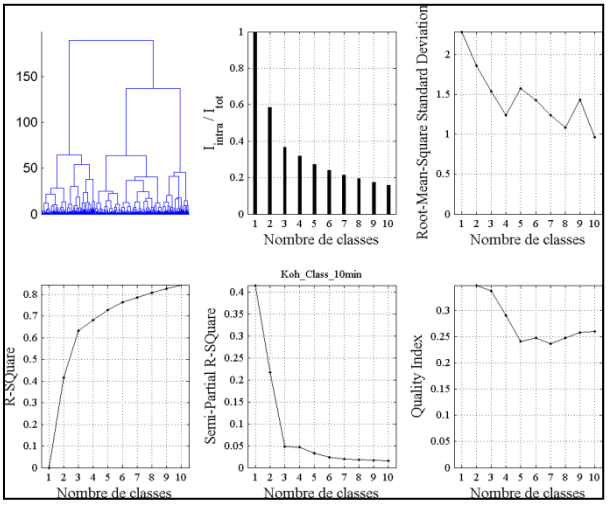


Figure 130

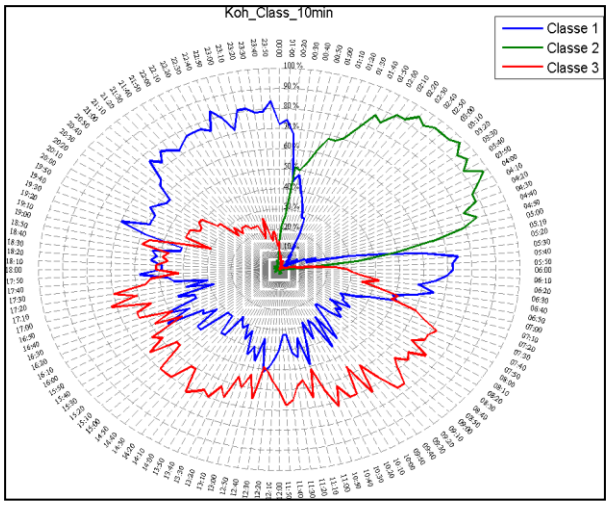


Figure 131

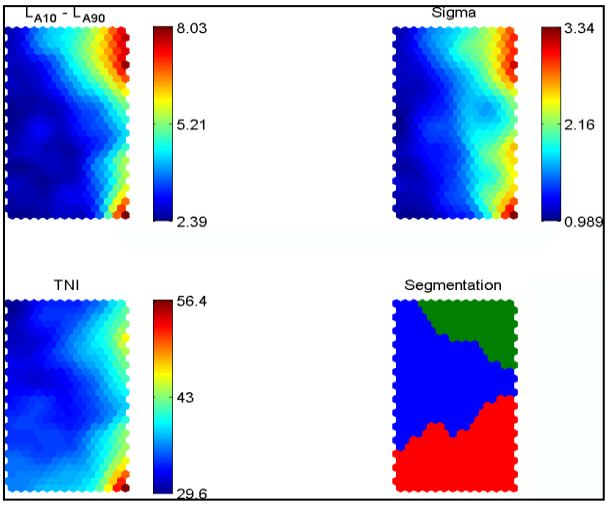


Figure 134

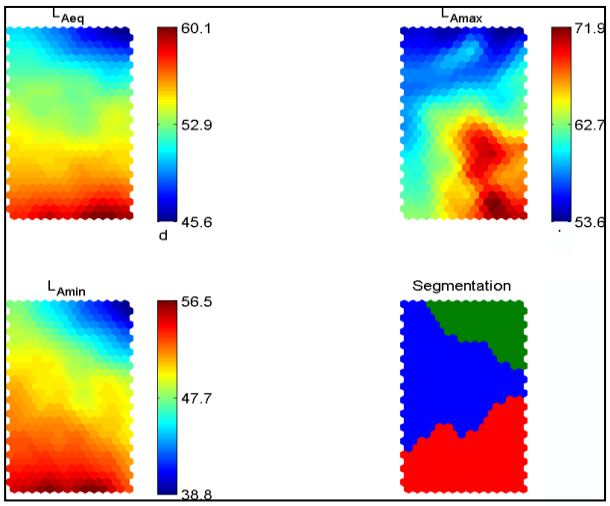


Figure 132

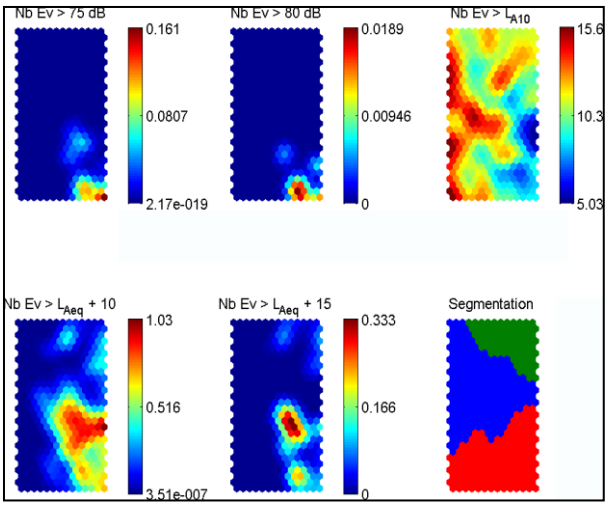


Figure 135

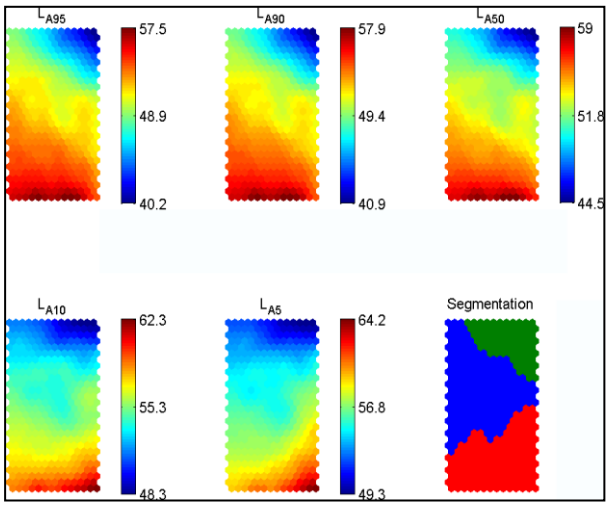


Figure 133

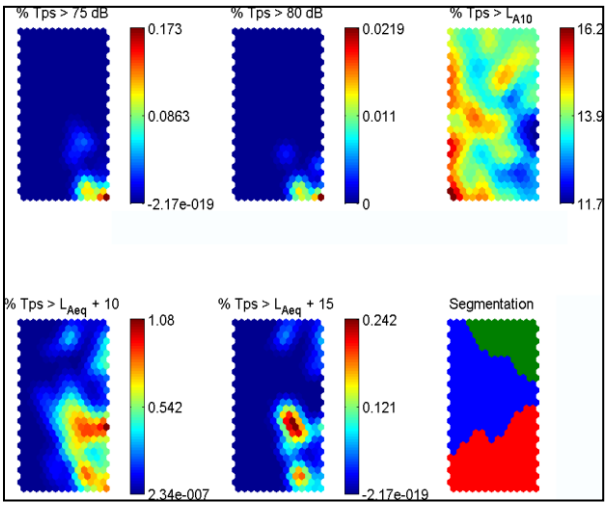


Figure 136

1.2 BOULEVARD JOSEPH KESSEL (PASS)

Index des figures de l'Annexe 1.2 – PASS

Figure 137 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 138 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 139 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 140 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 141 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 142 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 143 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 144 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 145 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 146 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 147 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 148 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 149 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 150 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 151 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 152 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 153 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 154 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

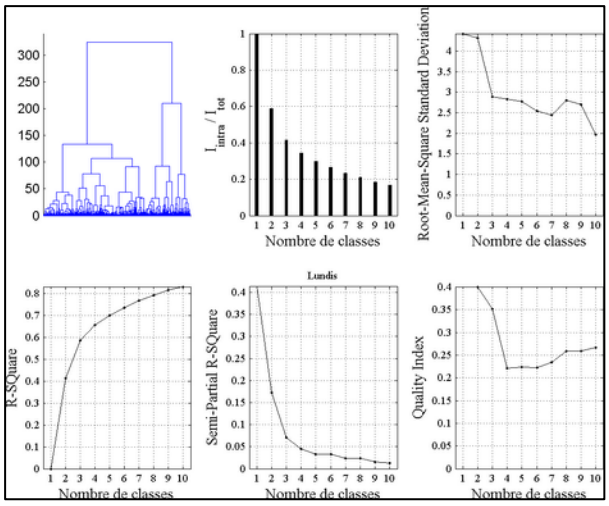


Figure 137

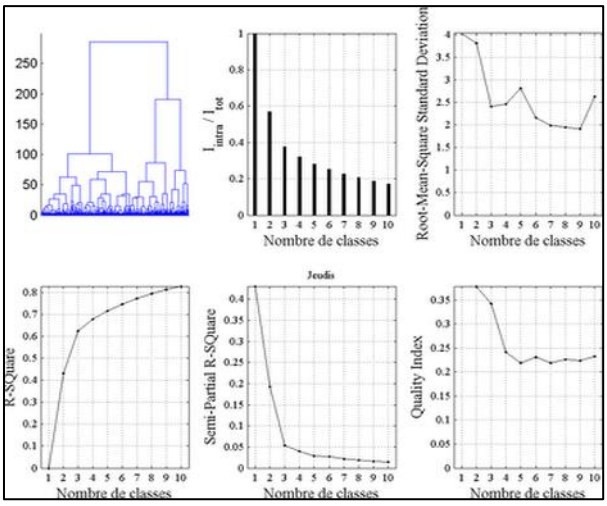


Figure 140

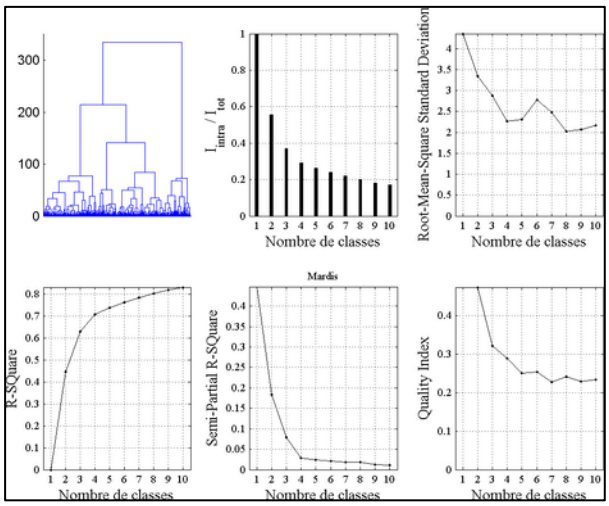


Figure 138

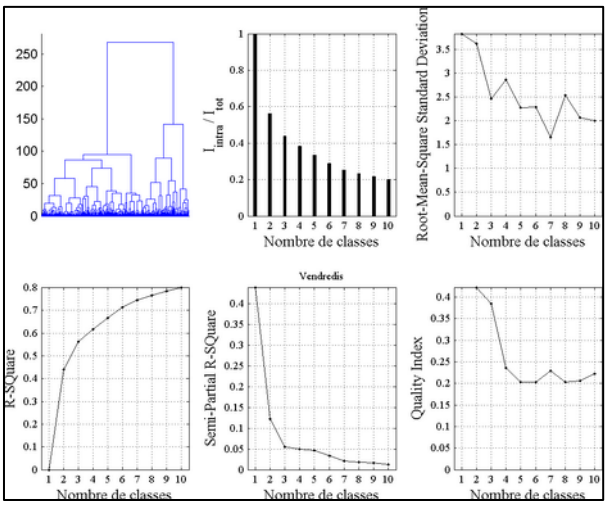


Figure 141

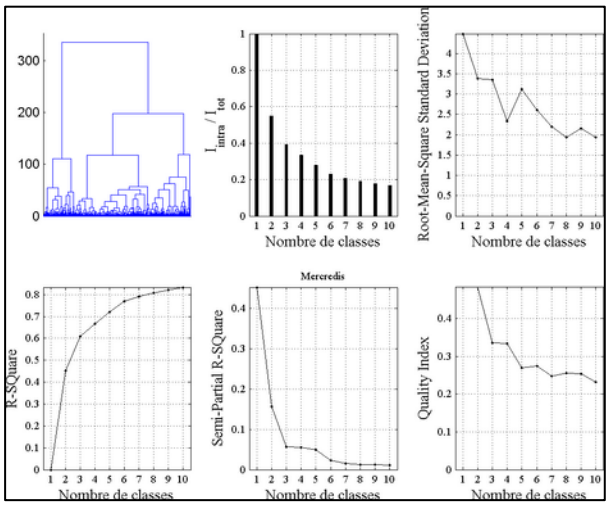


Figure 139

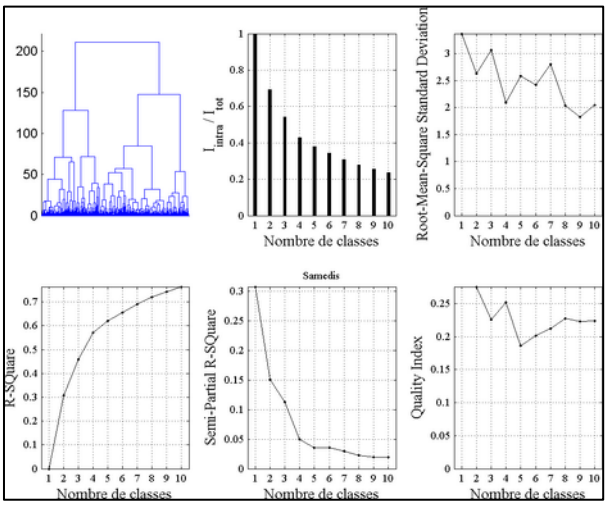


Figure 142

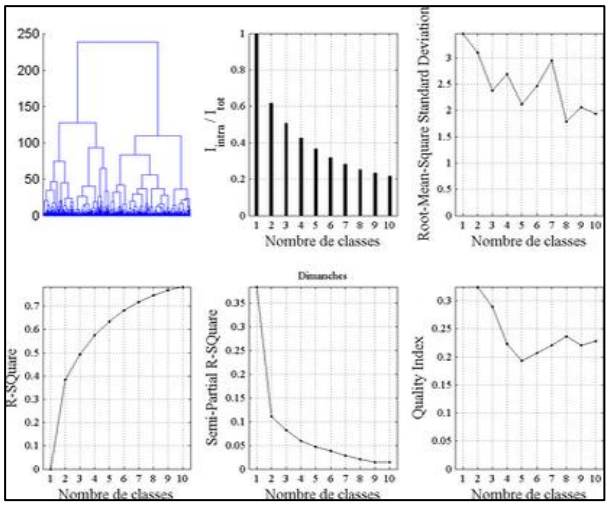


Figure 143

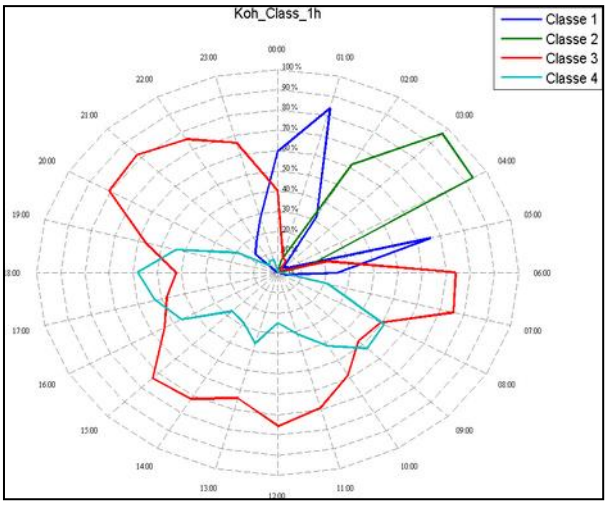


Figure 146

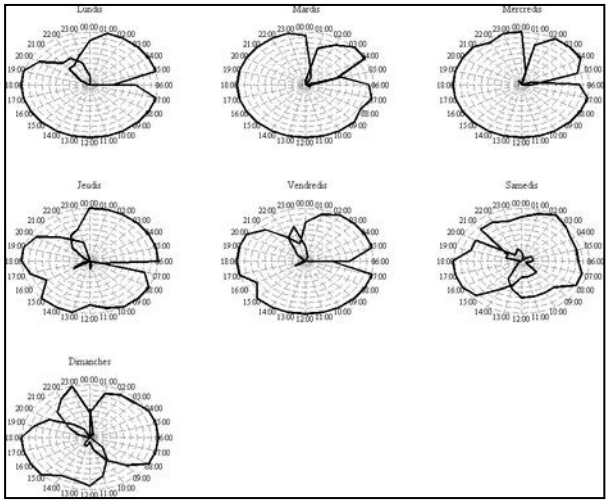


Figure 144

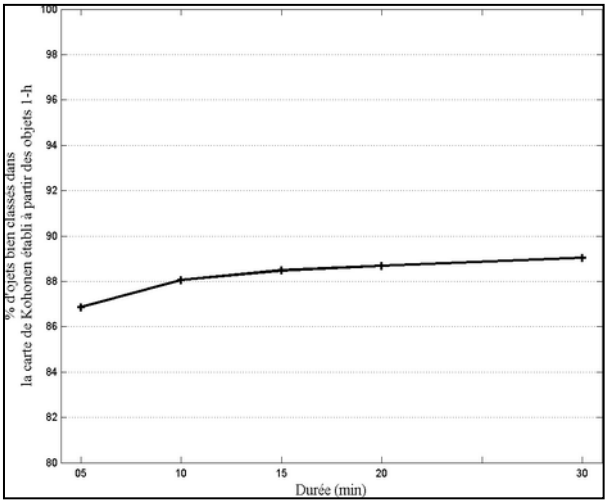


Figure 147

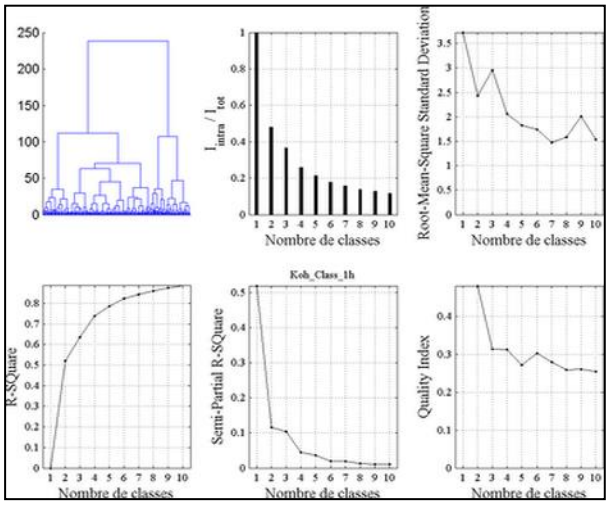


Figure 145

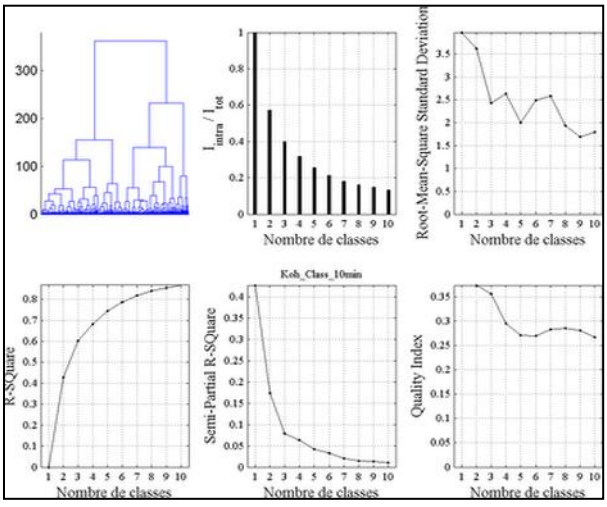


Figure 148

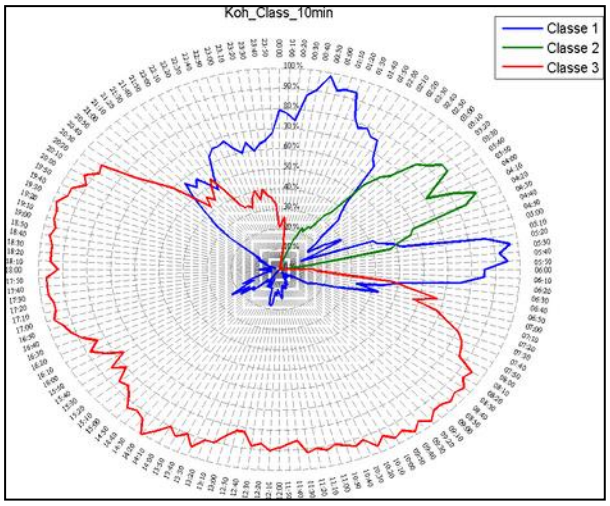


Figure 149

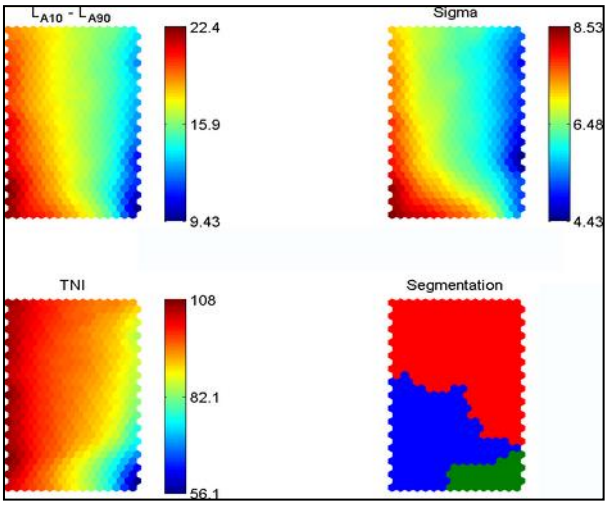


Figure 152

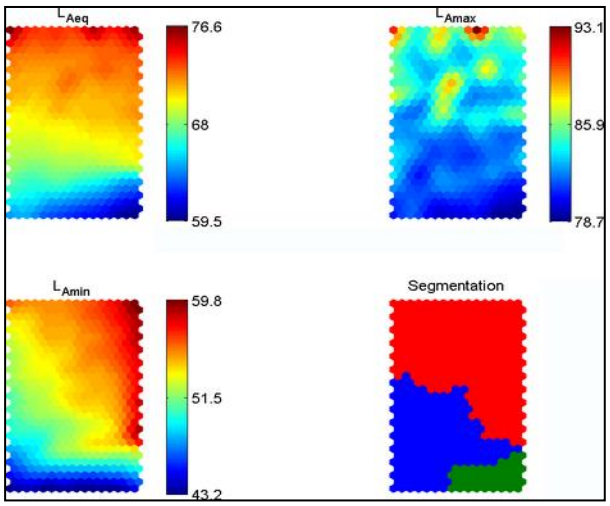


Figure 150

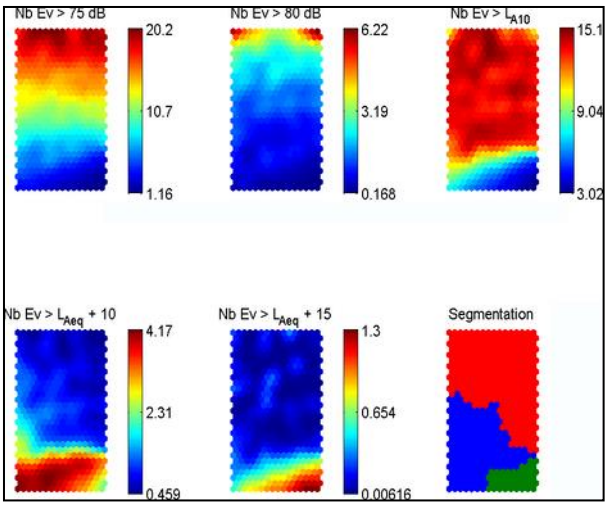


Figure 153

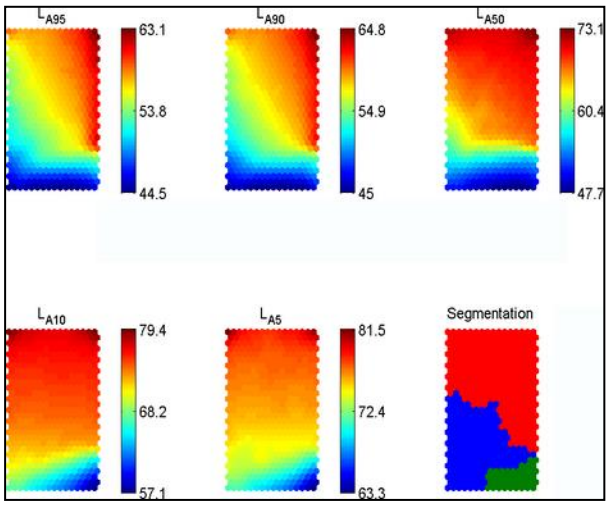


Figure 151

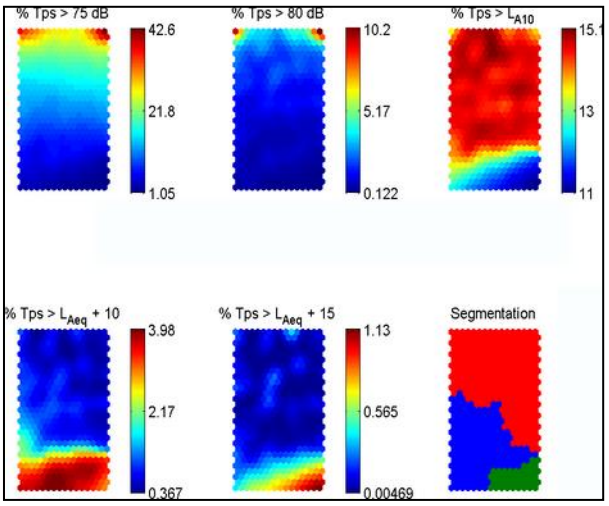


Figure 154

1.3 CARREFOUR (CARR)

Index des figures de l'Annexe 1.3 – CARR

Figure 155 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 156 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 157 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 158 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 159 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 160 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 161 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 162 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 163 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 164 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 165 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 166 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 167 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 168 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 169 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 170 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 171 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 172 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

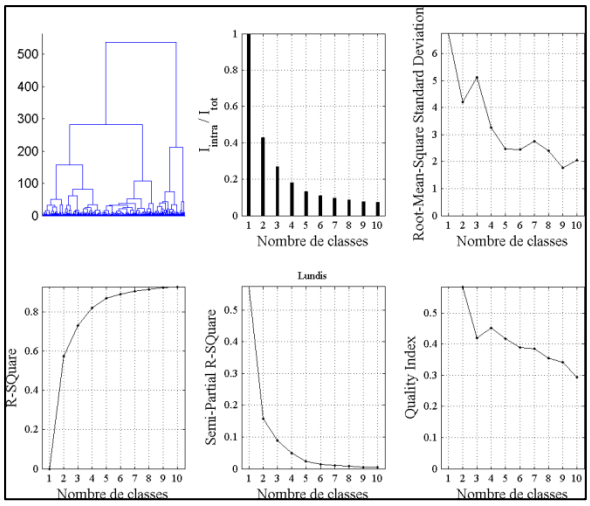


Figure 155

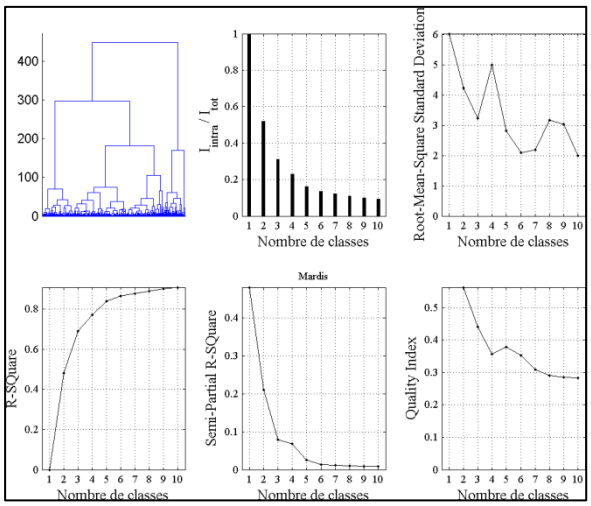


Figure 156

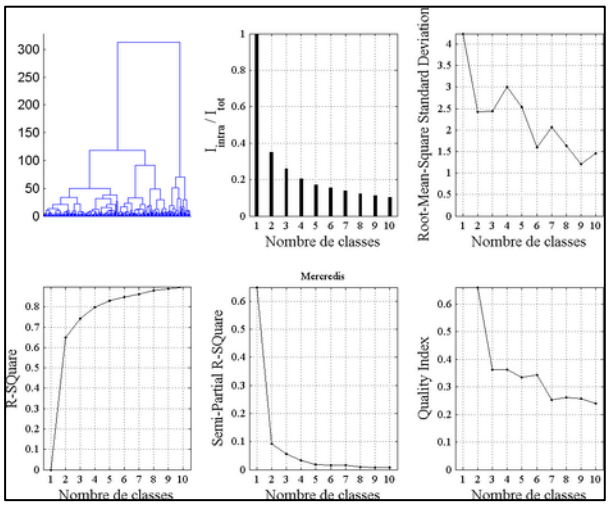


Figure 157

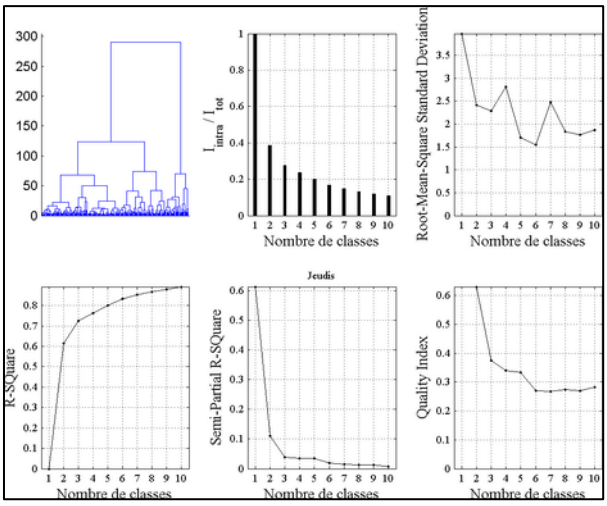


Figure 158

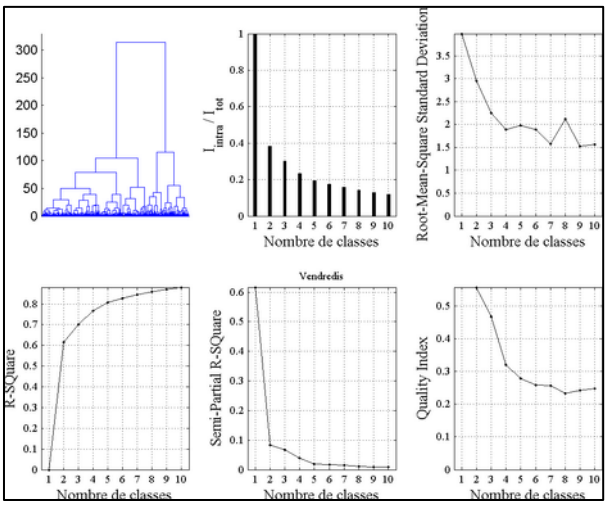


Figure 159

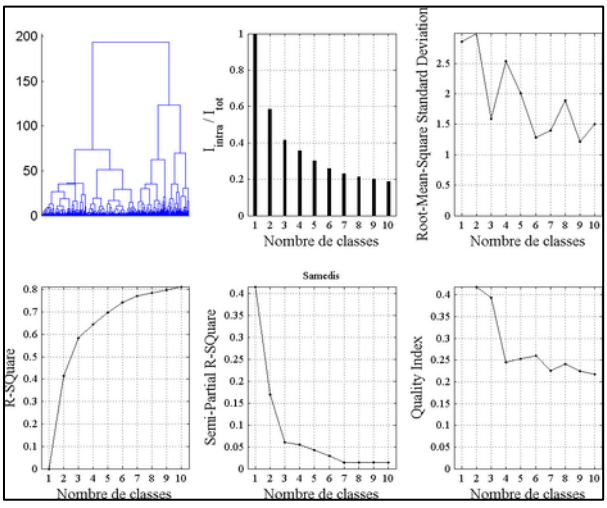


Figure 160

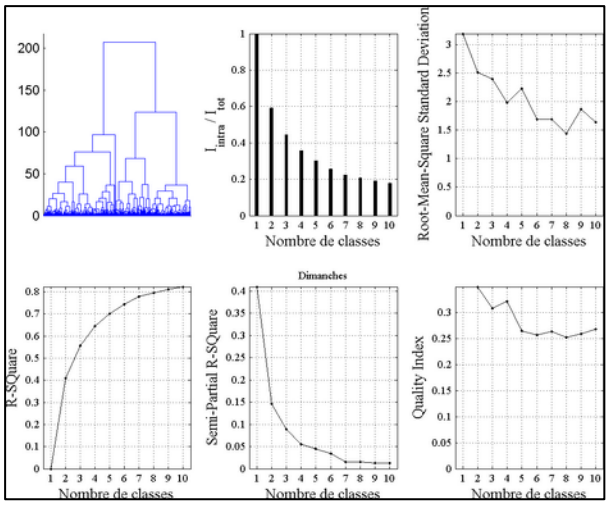


Figure 161

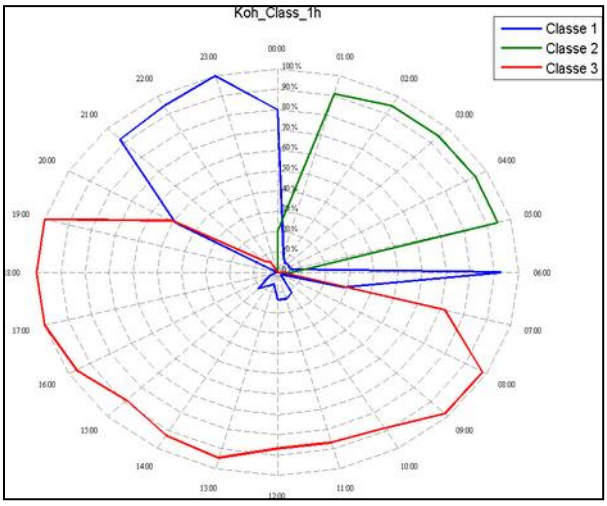


Figure 164

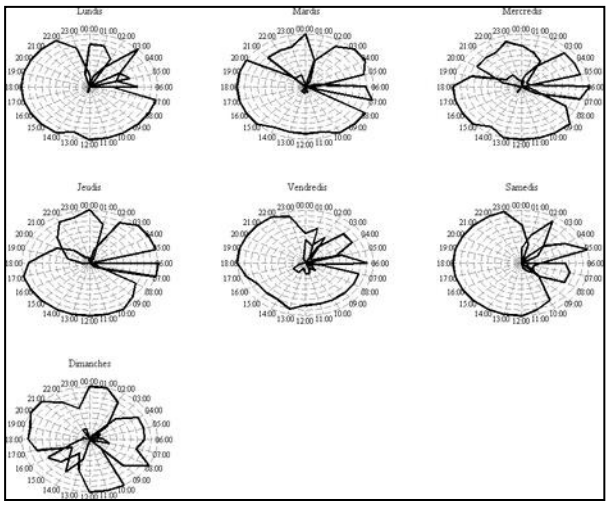


Figure 162

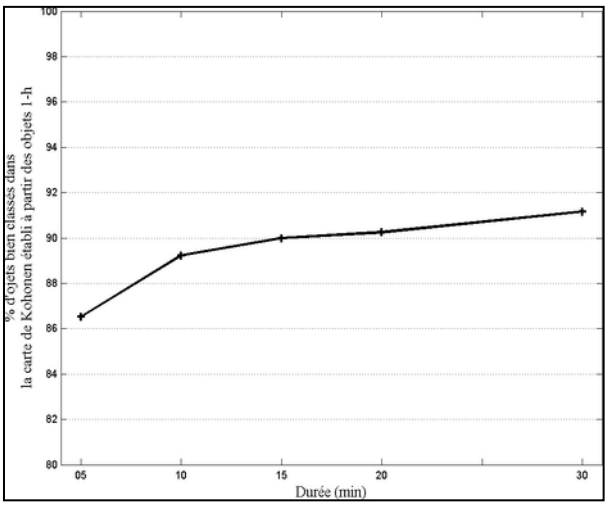


Figure 165

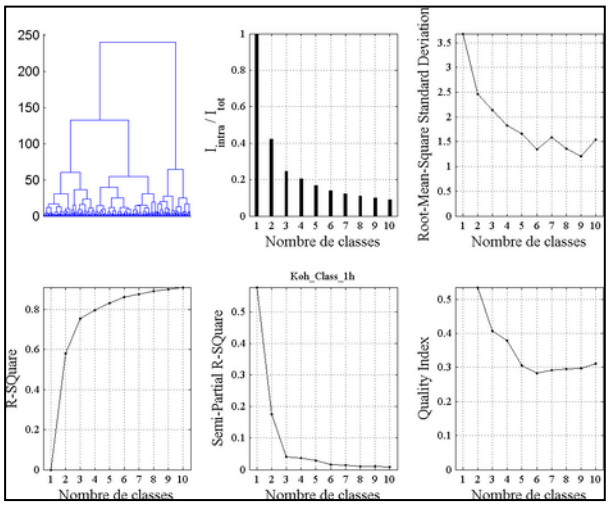


Figure 163

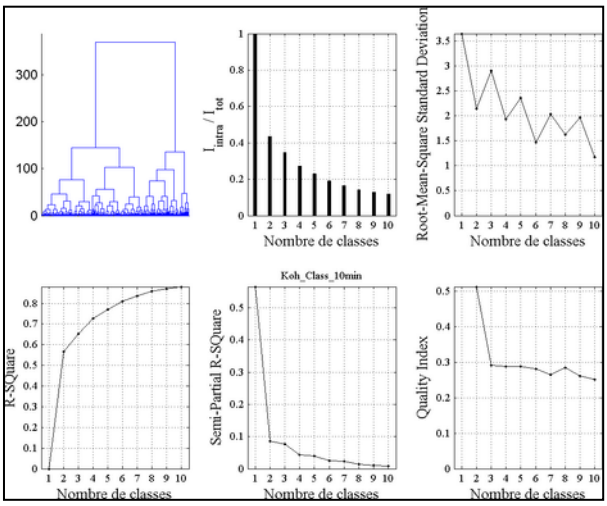


Figure 166

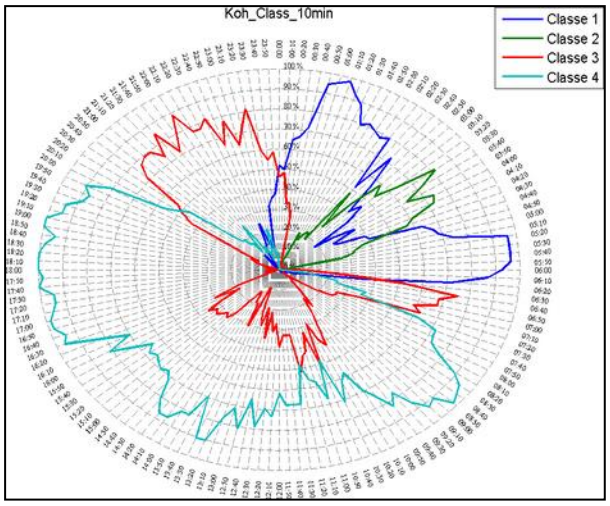


Figure 167

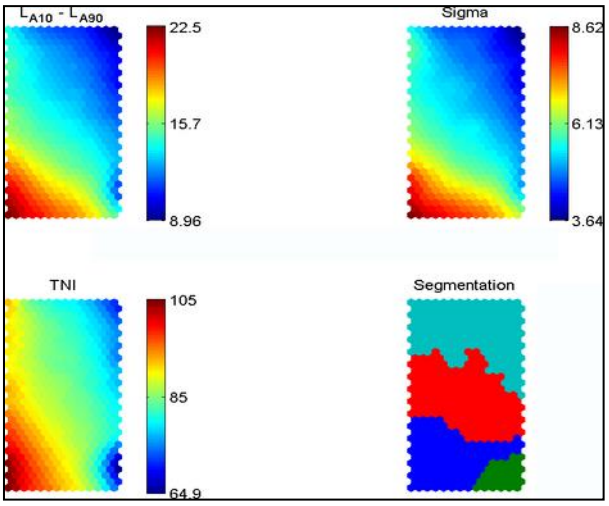


Figure 170

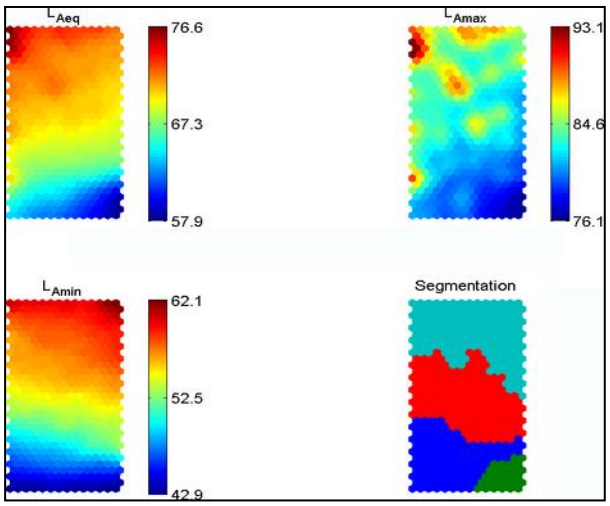


Figure 168

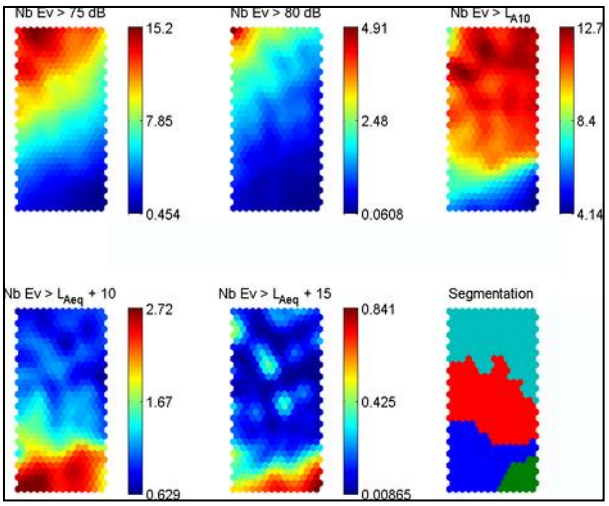


Figure 171

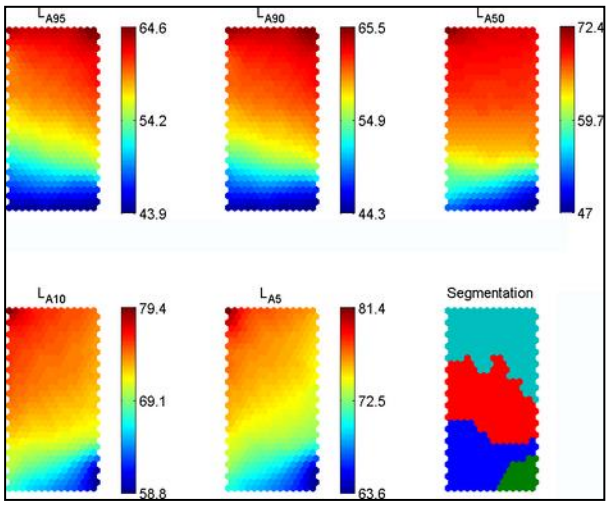


Figure 169

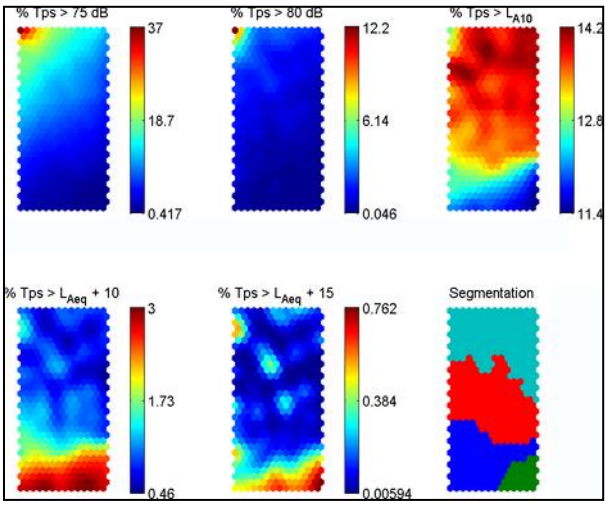


Figure 172

1.4 RUE DE BERCY (BERC)

Index des figures de l'Annexe 1.4 – BERC

Figure 173 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 174 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 175 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 176 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 177 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 178 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 179 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 180 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 181 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 182 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 183 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 184 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (20 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 185 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (20 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 186 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 187 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 188 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 189 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 190 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

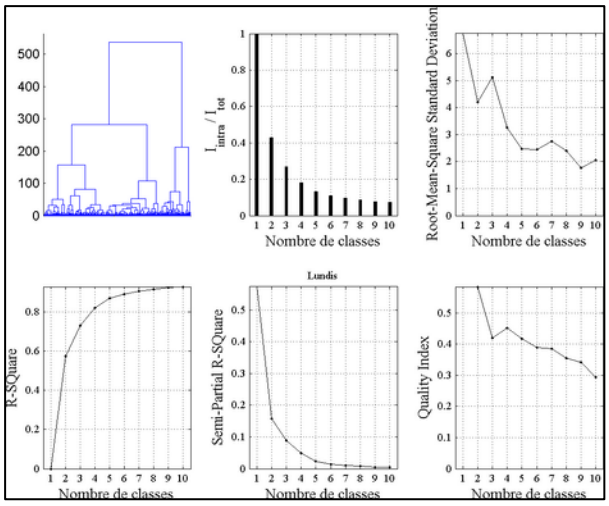


Figure 173

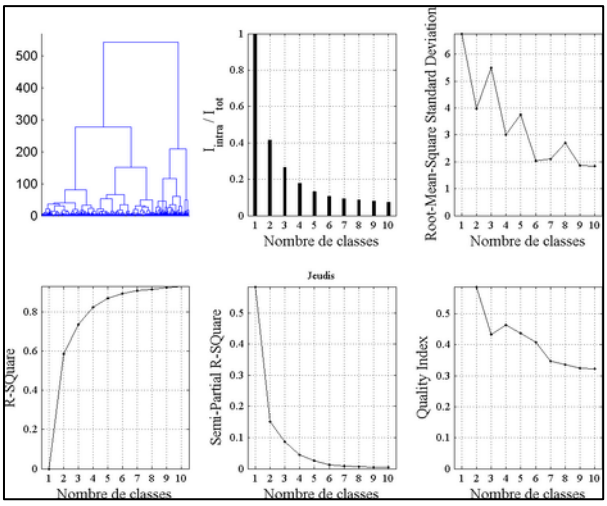


Figure 176

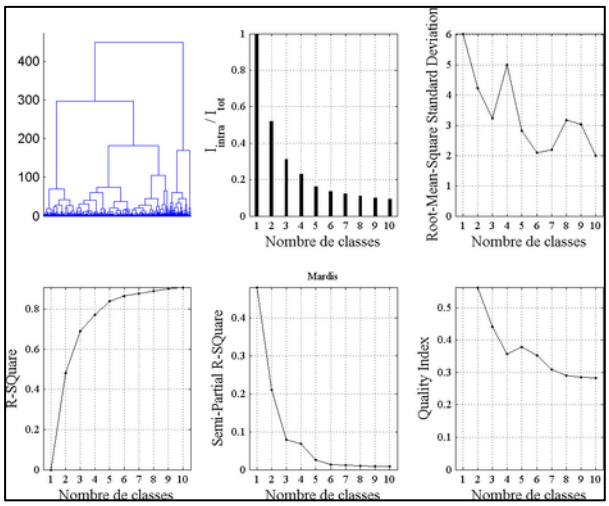


Figure 174

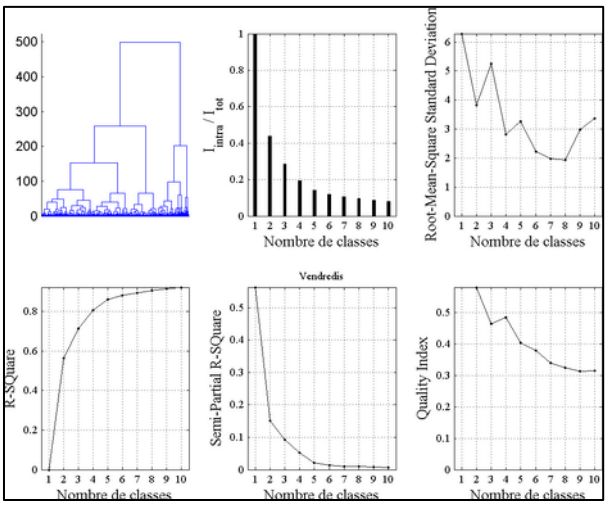


Figure 177

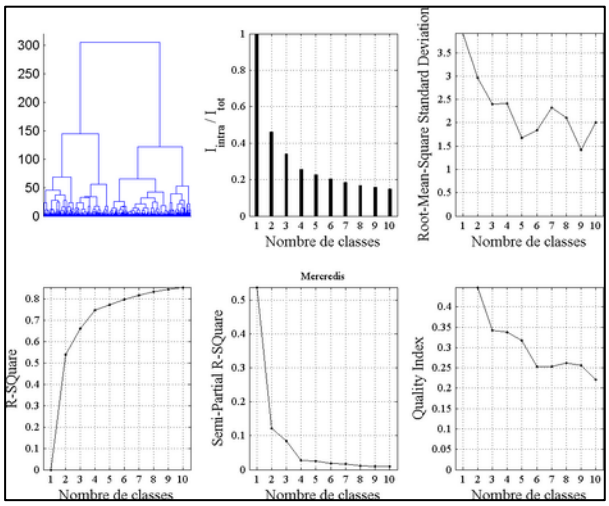


Figure 175

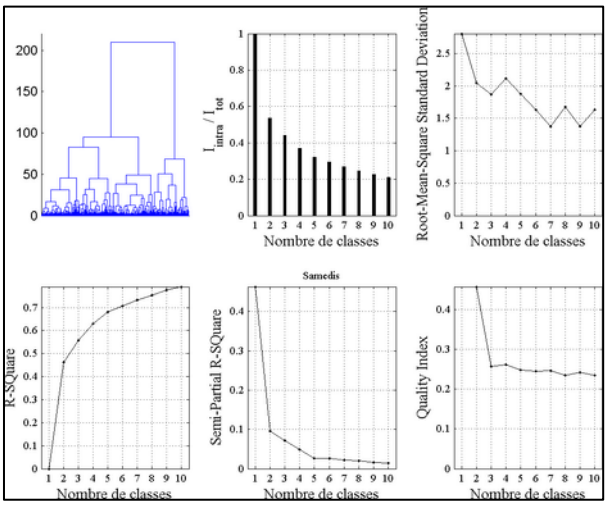


Figure 178

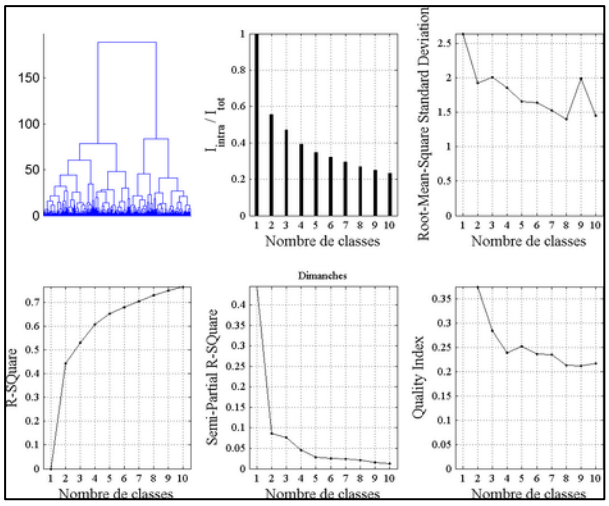


Figure 179

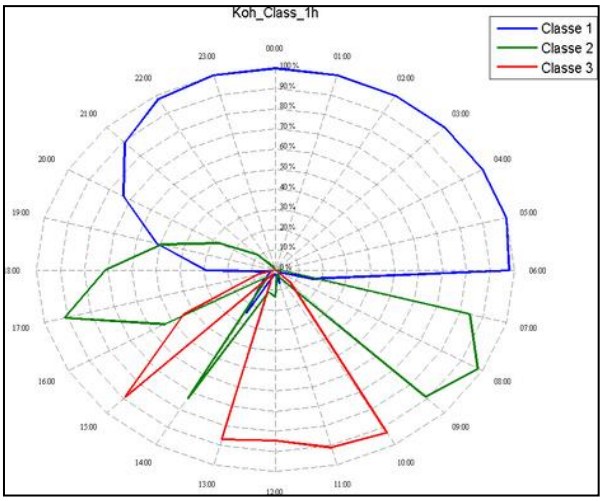


Figure 182

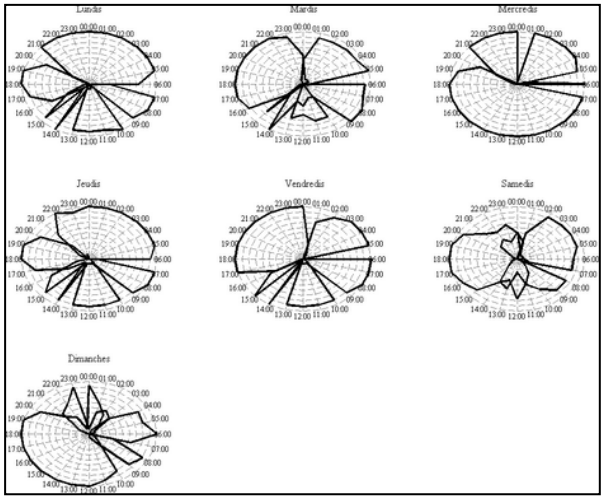


Figure 180

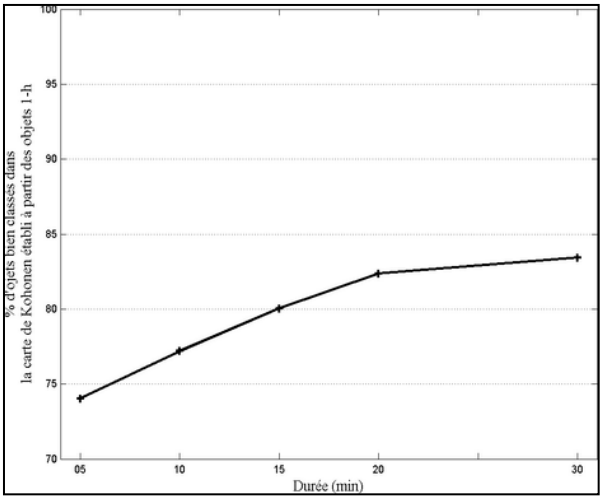


Figure 183

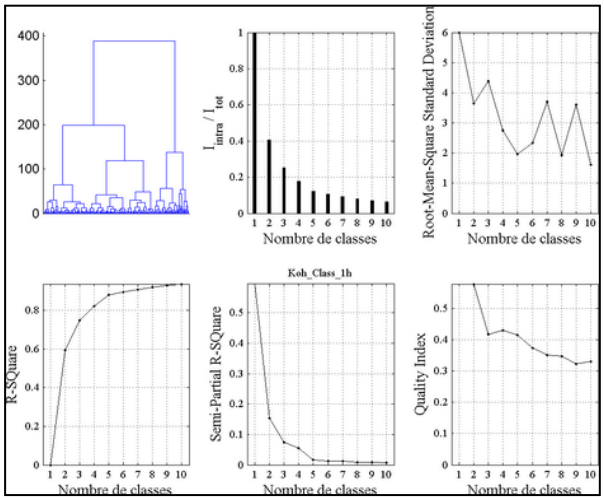


Figure 181

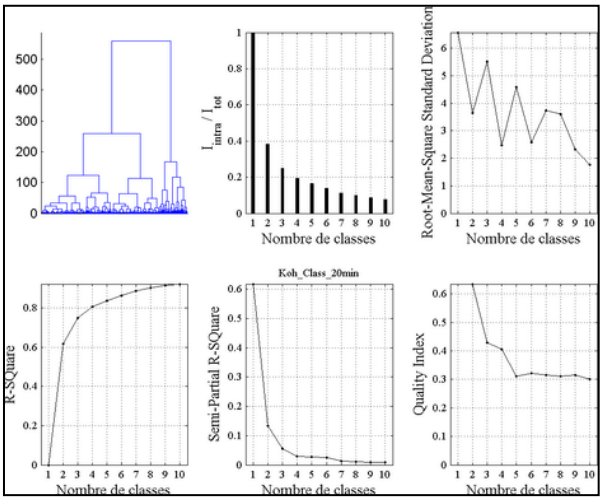


Figure 184

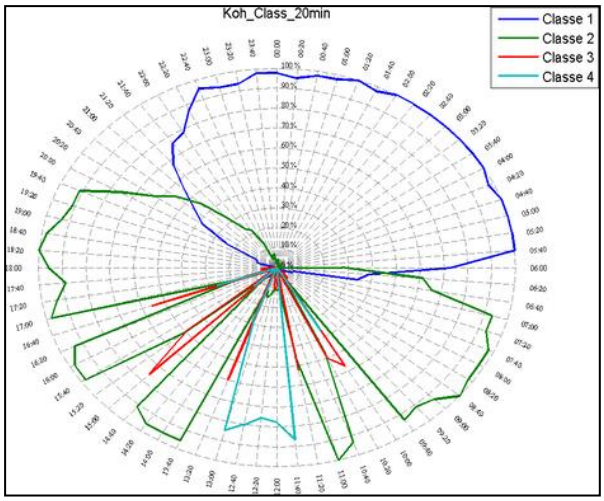


Figure 185

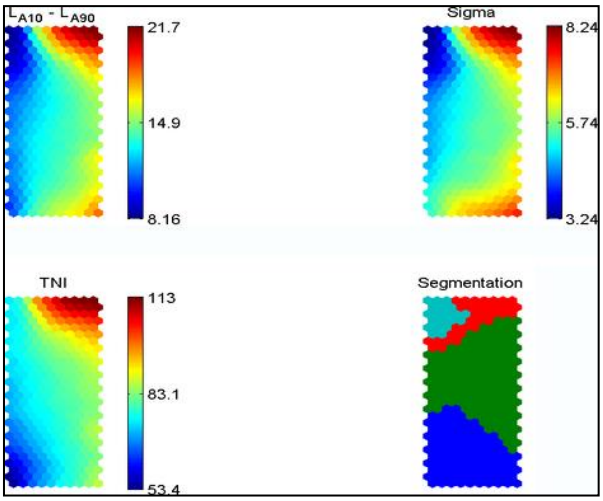


Figure 188

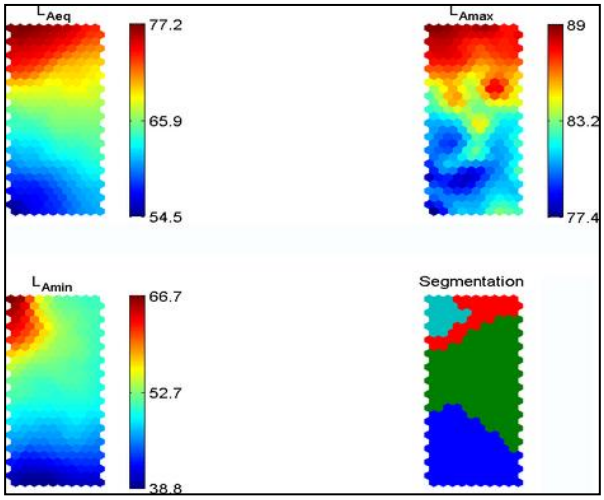


Figure 186

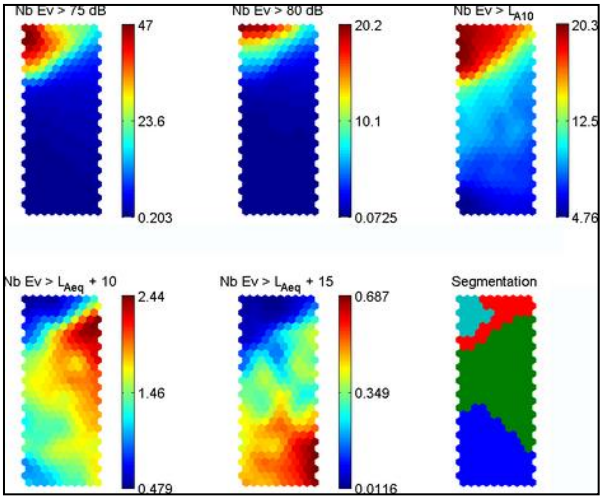


Figure 189

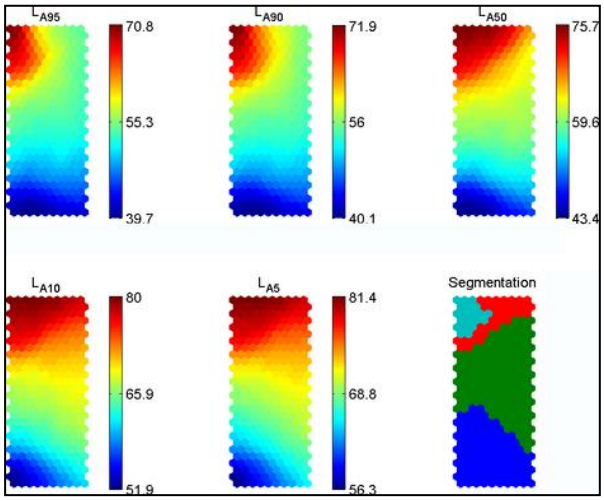


Figure 187

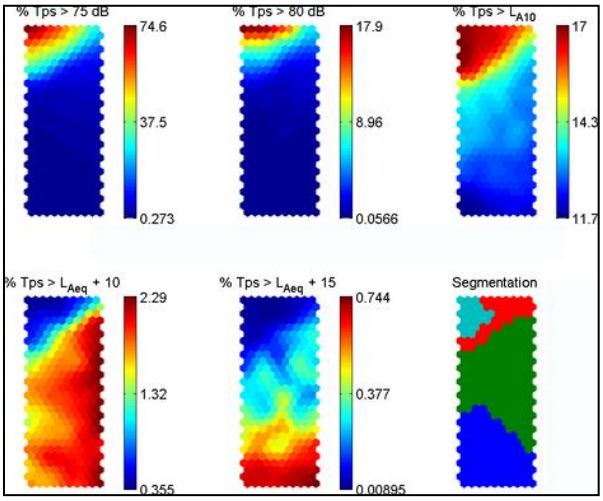


Figure 190

1.5 RUE DE L'EPEE DE BOIS (EPEE)

Index des figures de l'Annexe 1.5 – EPEE

Figure 191 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 192 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 193 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 194 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 195 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 196 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 197 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 198 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 199 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 200 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 201 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 202 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 203 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 204 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 205 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 206 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 207 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 208 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

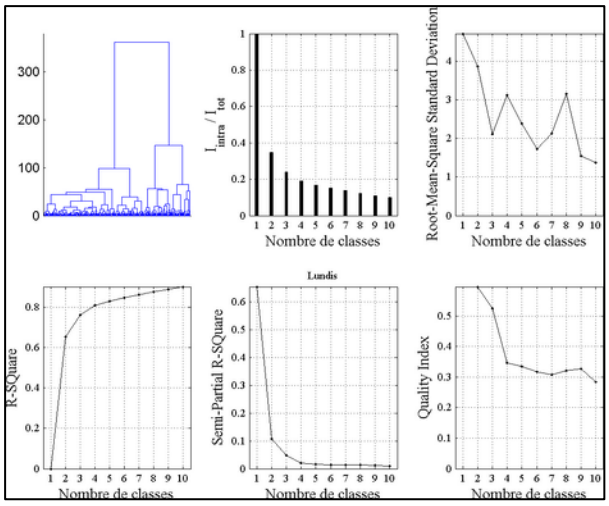


Figure 191

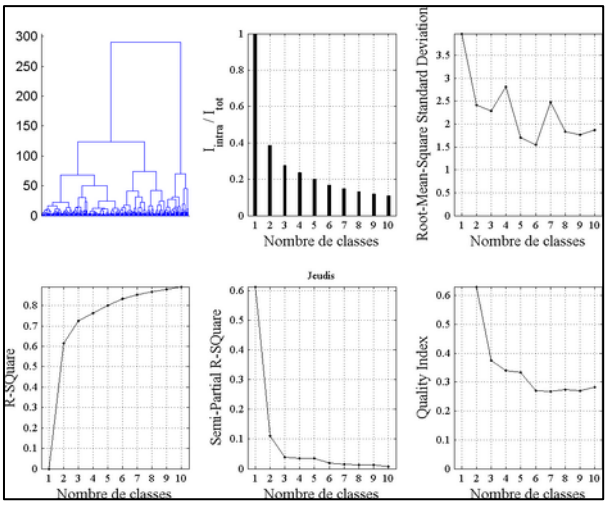


Figure 194

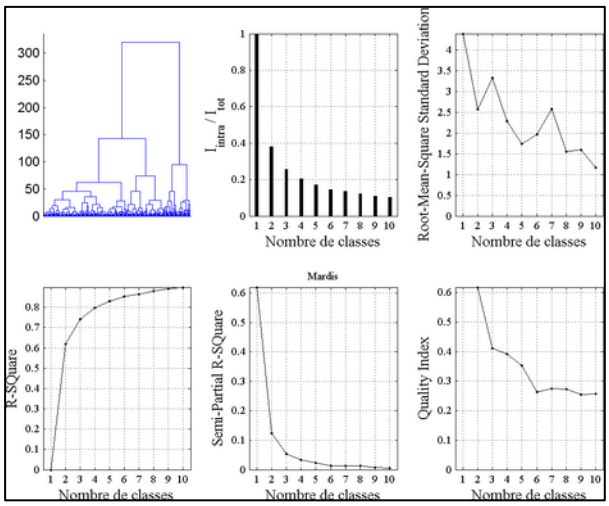


Figure 192

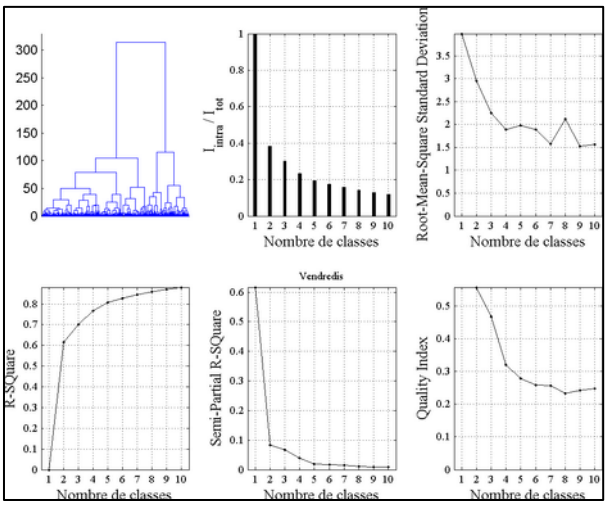


Figure 195

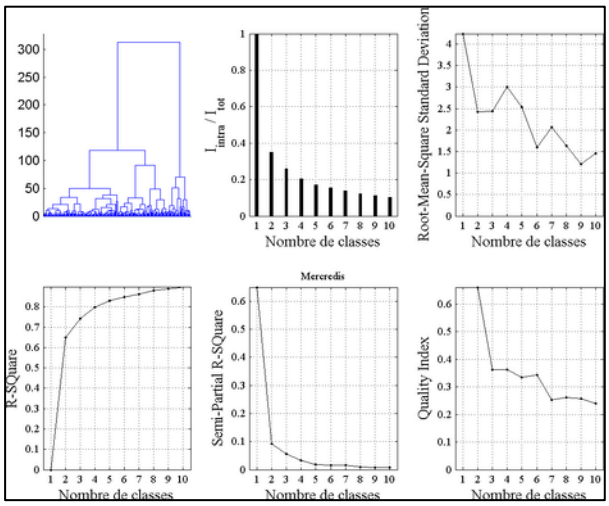


Figure 193

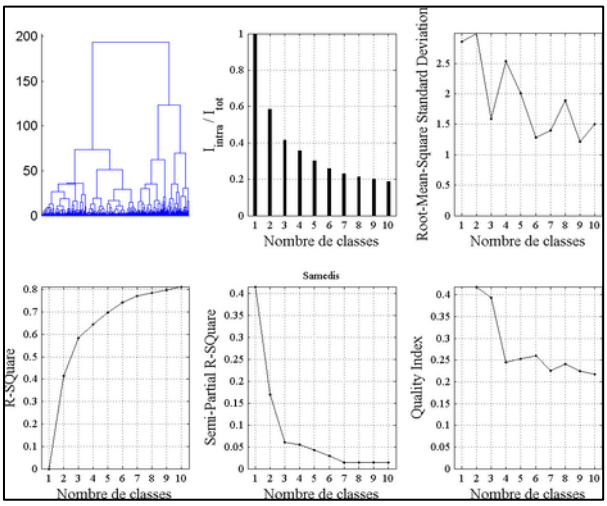


Figure 196

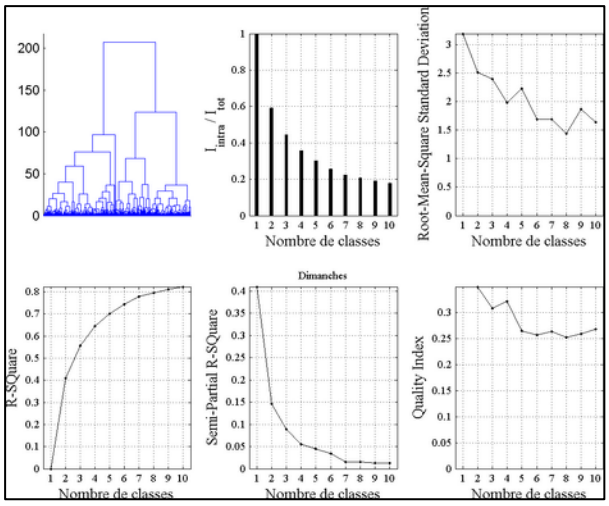


Figure 197

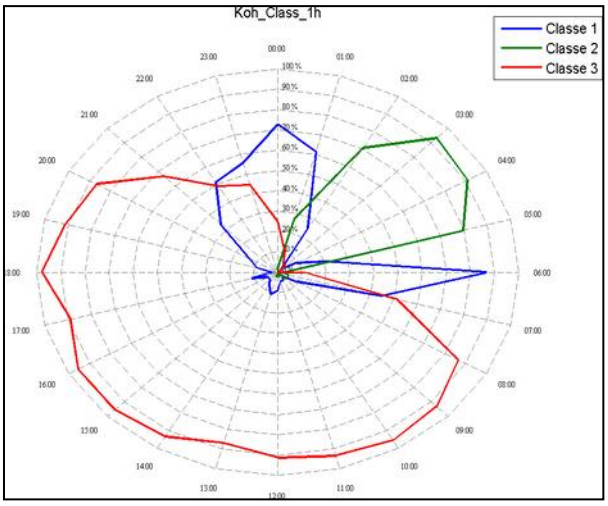


Figure 200

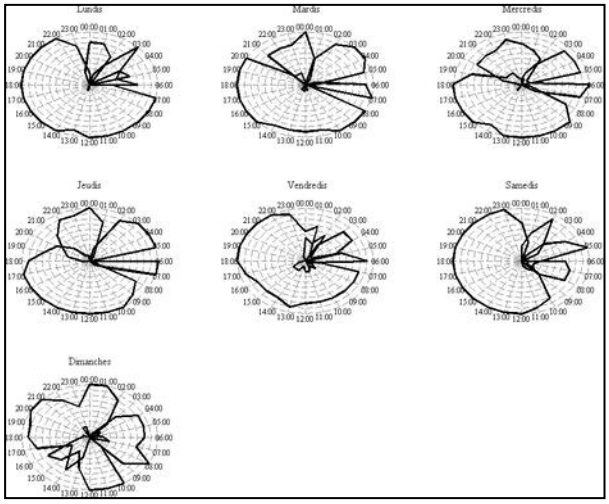


Figure 198

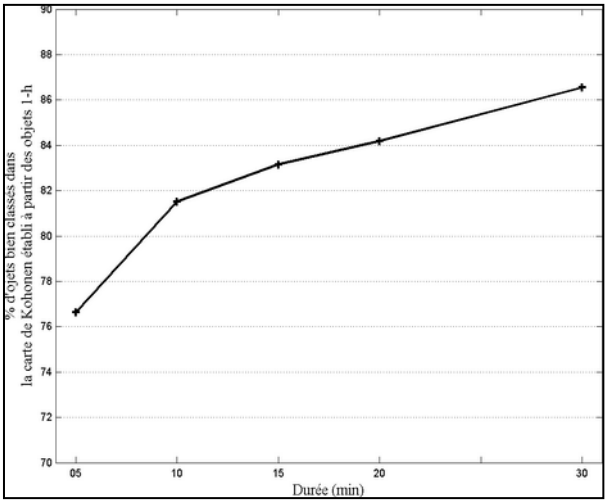


Figure 201

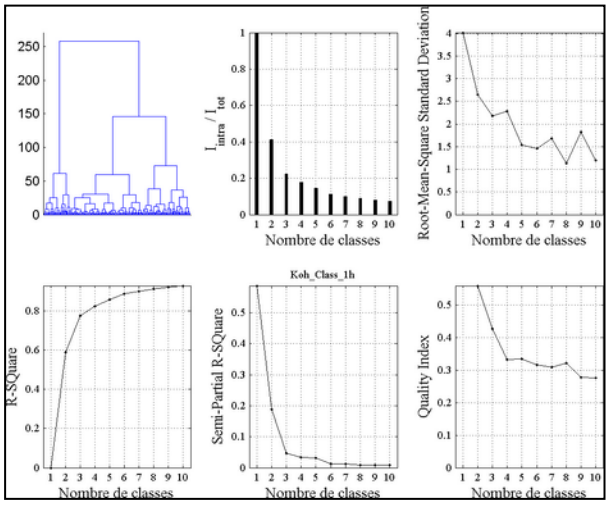


Figure 199

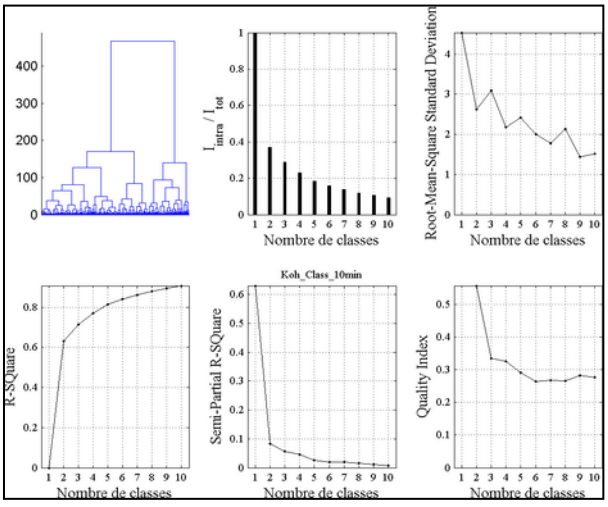


Figure 202

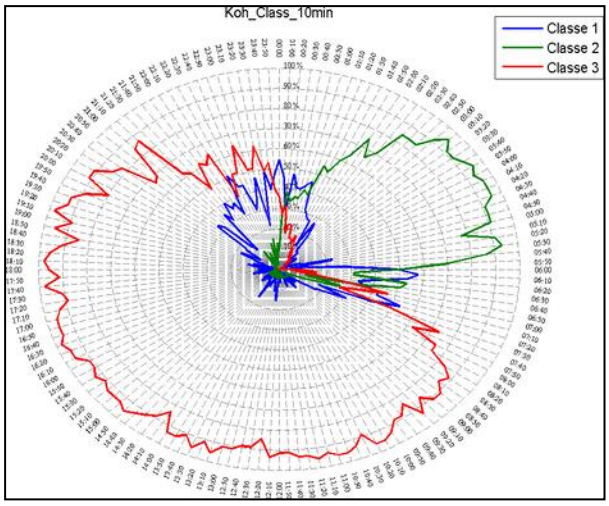


Figure 203

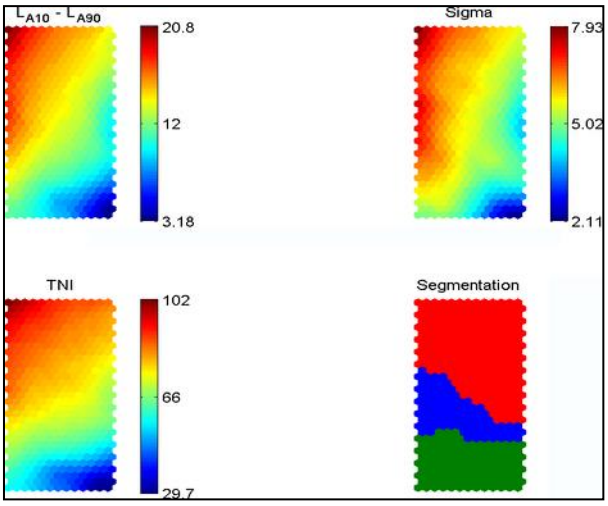


Figure 206

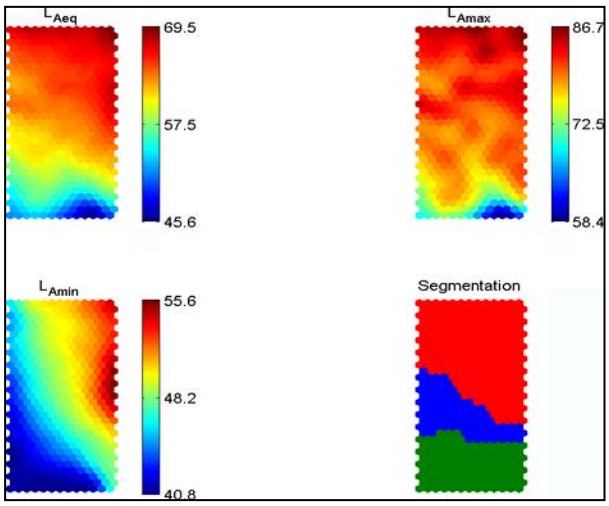


Figure 204

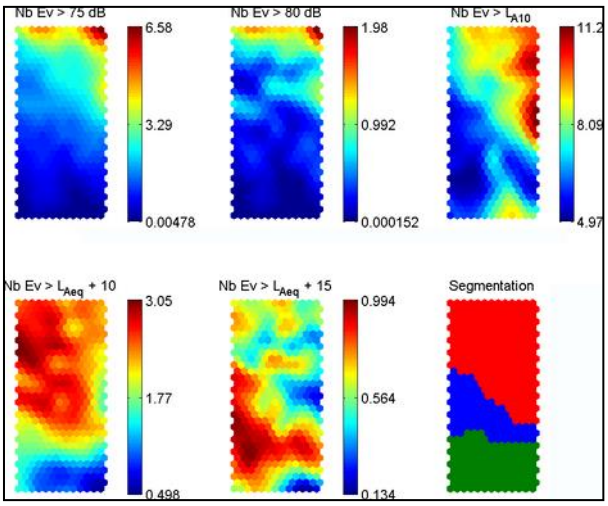


Figure 207

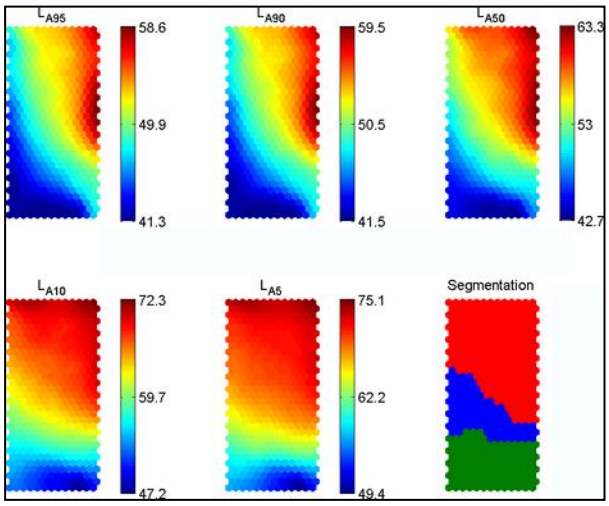


Figure 205

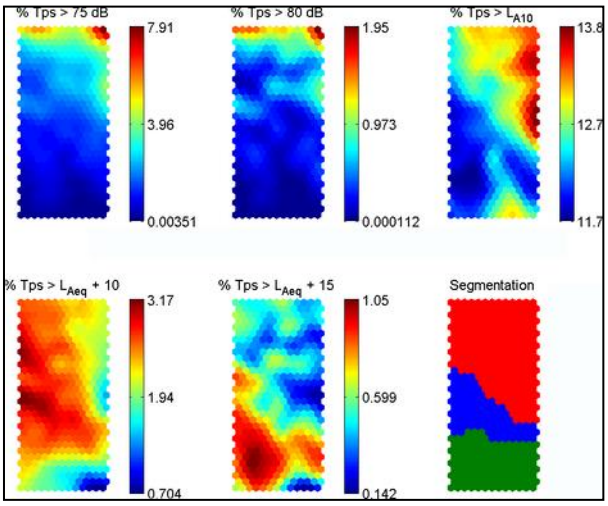


Figure 208

1.6 RUE MOUFFETARD (EPEE)

Index des figures de l'Annexe 1.6 – MOUF

Figure 209 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les lundis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 210 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mardis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 211 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les mercredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 212 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les jeudis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 213 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les vendredis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 214 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les samedis (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 215 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward les mesures de 1 h réalisées les dimanches (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 216 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

Figure 217 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1h réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 218 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

Figure 219 : Pourcentage de mesures bien classées dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

Figure 220 : Indices aidant au choix du nombre de classes à retenir pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés (Dendrogramme, $I_{Intra/Itot}$, RMSSTD, RSQ, SPRSQ et QI).

Figure 221 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

Figure 222 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{Aeq}, L_{Amax}, L_{Amin} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 223 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A95}, L_{A90}, L_{A50}, L_{A10}, L_{A5} ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 224 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables L_{A10} - L_{A90}, Sigma, TNI ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 225 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $NNE_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

Figure 226 : Représentation du poids des neurones pour toutes les variables $MI_{L>L\alpha}$ ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes.

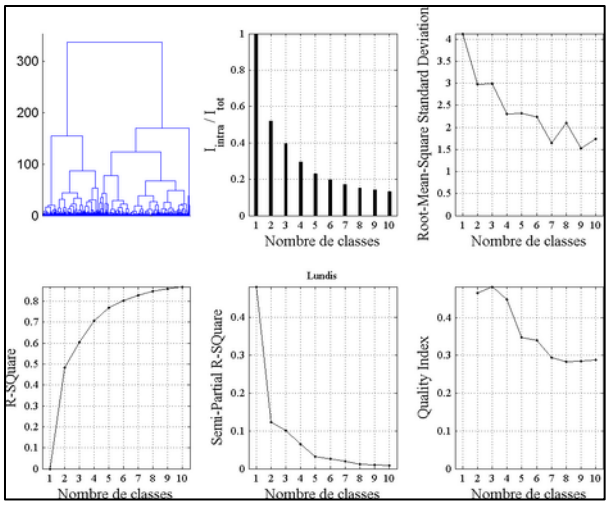


Figure 209

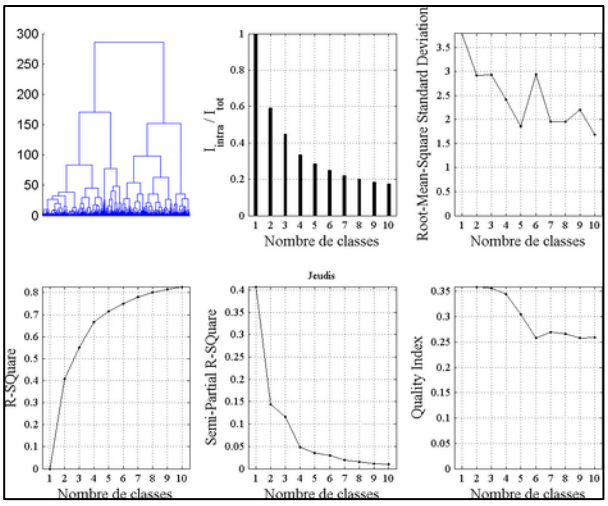


Figure 212

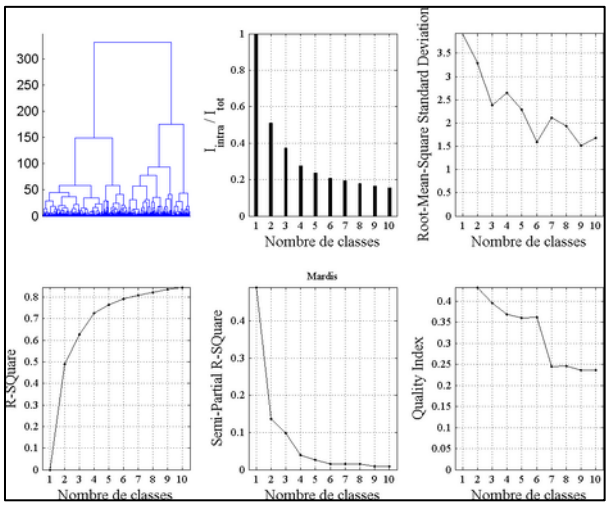


Figure 210

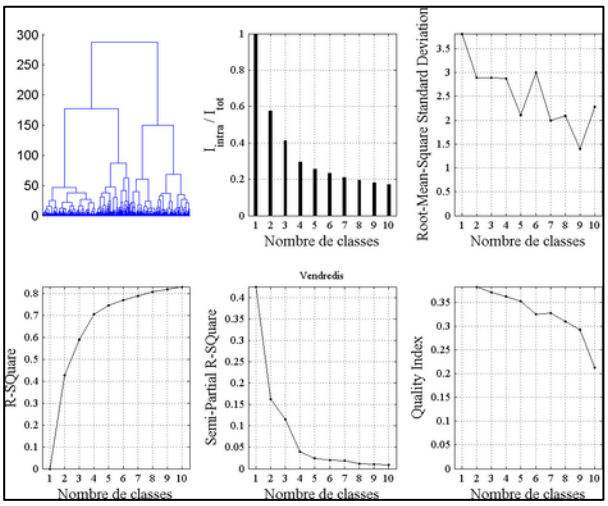


Figure 213

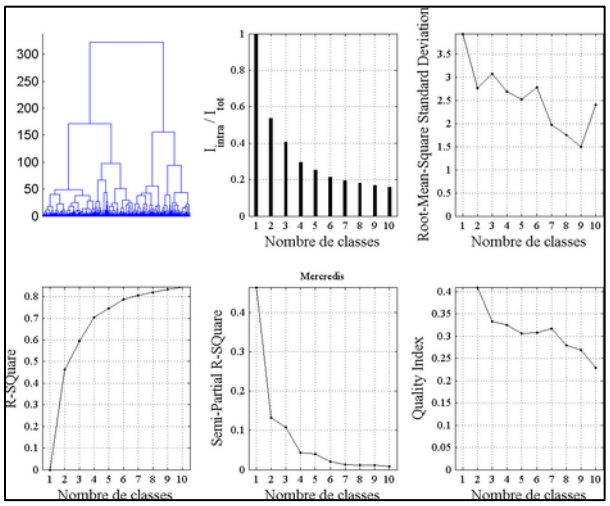


Figure 211

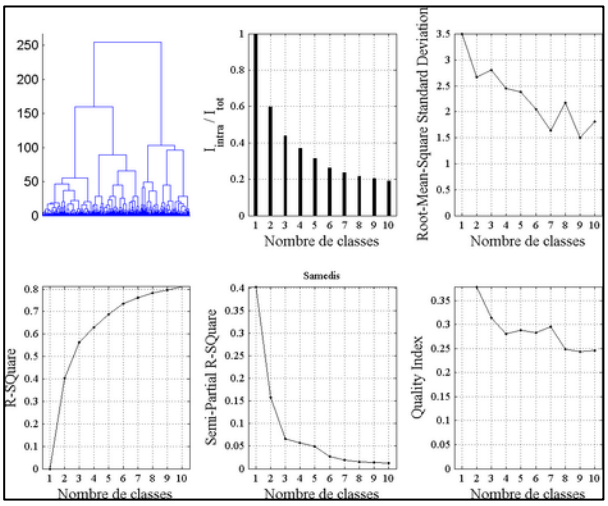


Figure 214

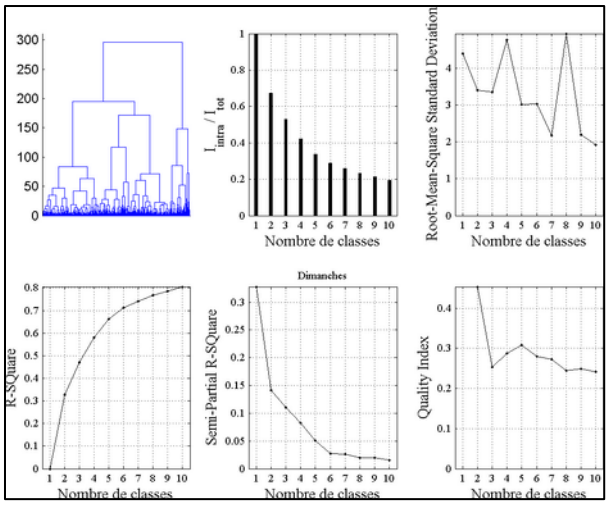


Figure 215

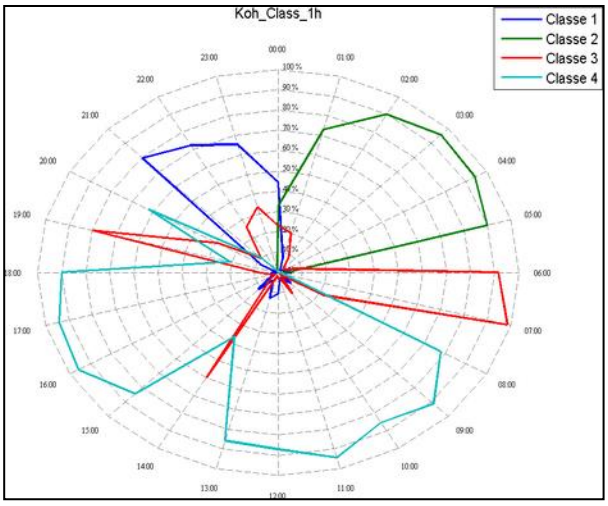


Figure 218

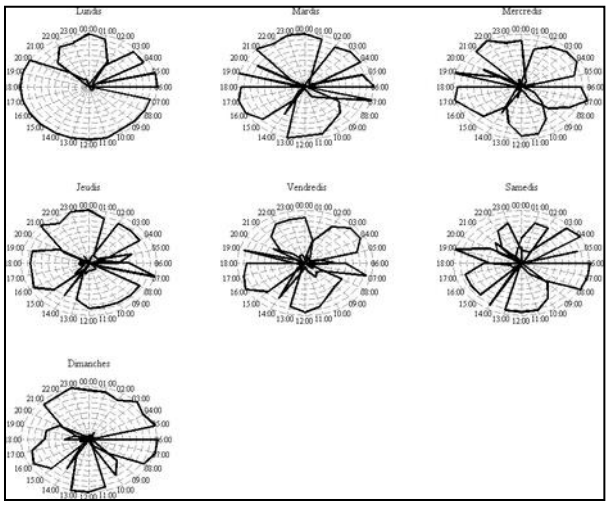


Figure 216

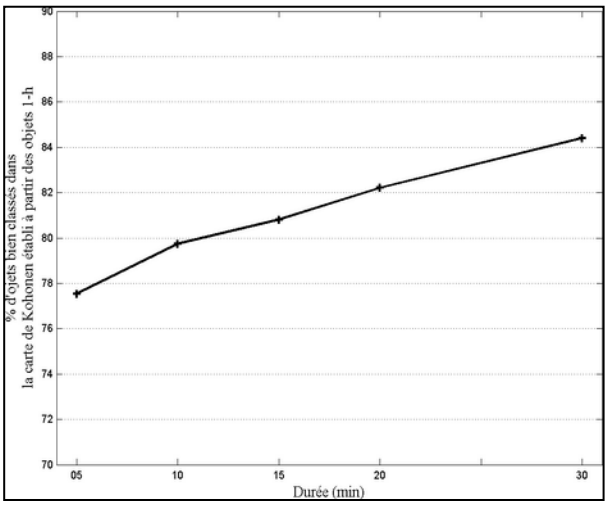


Figure 219

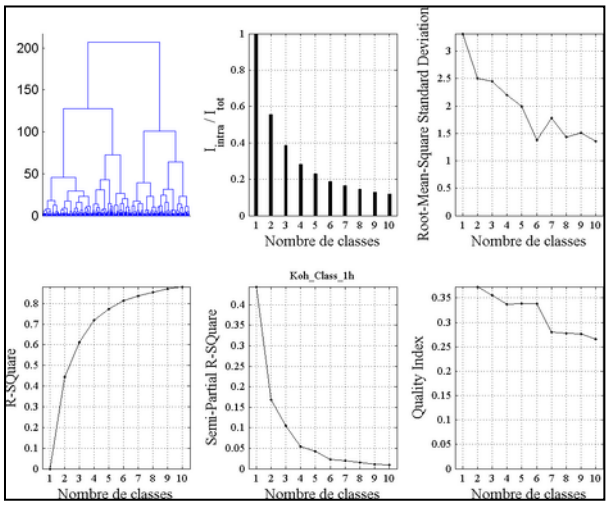


Figure 217

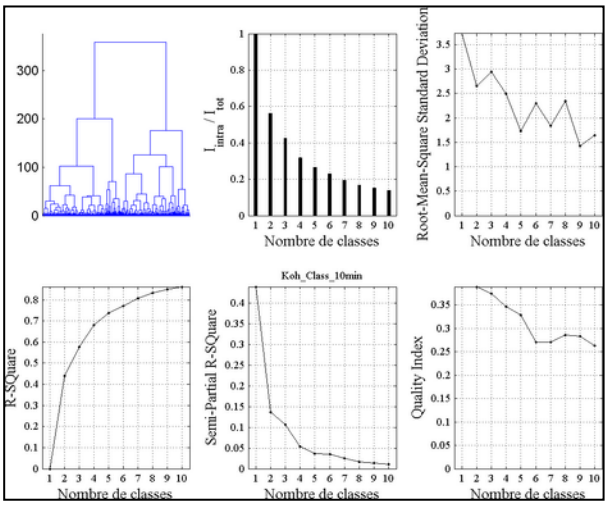


Figure 220

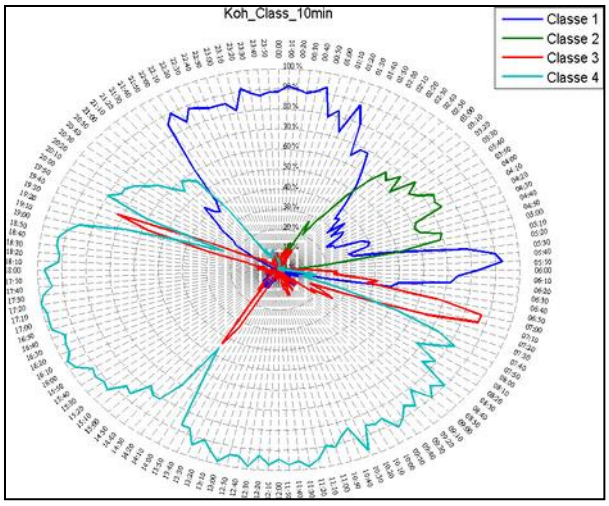


Figure 221

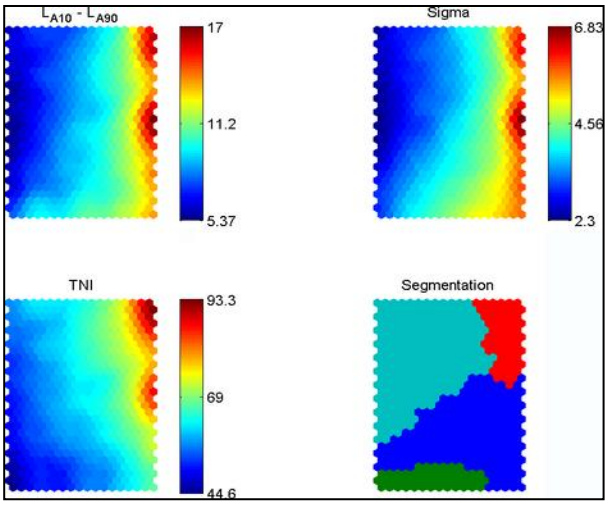


Figure 224

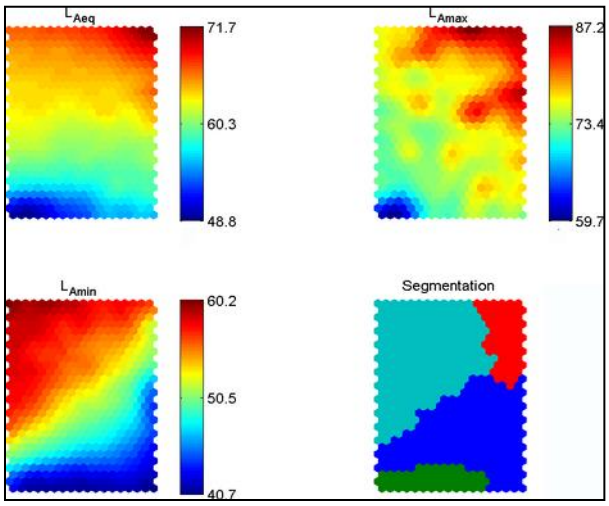


Figure 222

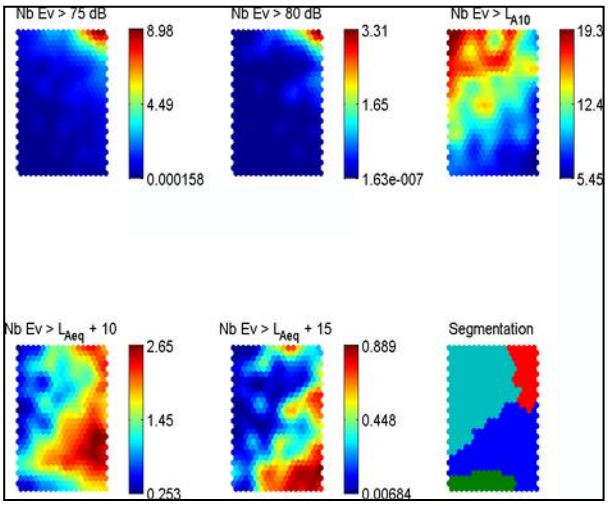


Figure 225

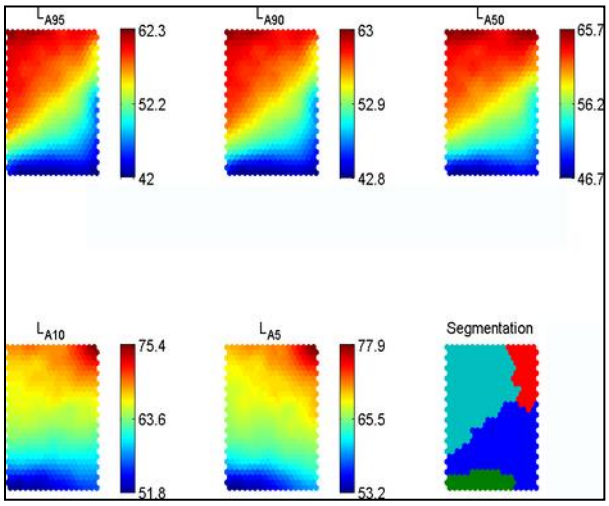


Figure 223

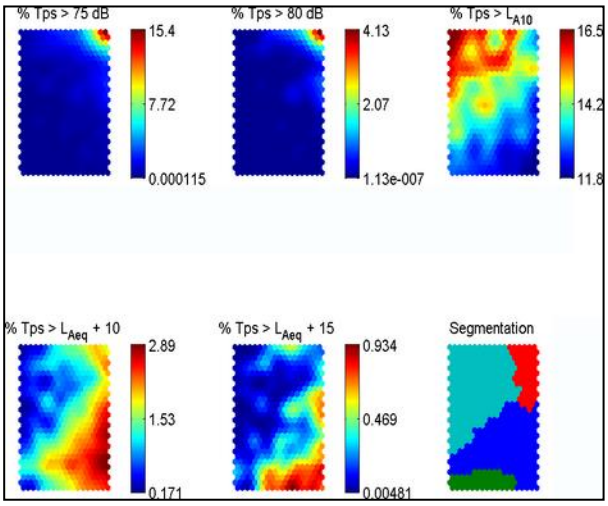


Figure 226

ANNEXE 2 - BASE DE DONNEES UTILISEE POUR LE MAILLAGE SPATIAL

					VL		PL		Mob		Klaxons		Voix		Oiseaux		Activités	
Mesure	Leq	Sigma	LA90	LA10	%T	Em.	%T	Em.	%T	Em.	%T	Em.	%T	Em.	%T	Em.	%T	Em.
1	54	2,1	51,2	56,3	0	-15	0	-15	0	-15	11,6	4,6	1,6	3,4	100	5	8,8	6
2	56,8	3,3	51,2	58	0	-15	0	-15	0	-15	1,2	-2,5	11,7	-2,3	100	5	17,2	9,6
3	54,9	1,6	52,7	56,2	4,1	1,9	0	-15	0	-15	4,9	2,2	53,7	1,1	100	5	0	-15
4	55,1	1,9	52,4	56,7	2,1	4,3	0	-15	0	-15	6,6	1,7	47,1	2	100	5	0	-15
5	60,2	3,1	53,7	57,9	0	-15	0	-15	0	-15	6,6	-2	44,9	-2,8	100	5	0	-15
6	55,5	1,8	52,9	57,5	1,3	-0,8	0	-15	0	-15	2	3	72,1	2,3	100	5	0	-15
7	52,6	2,6	48	55,3	6	2,7	21,3	4,5	1,8	2,8	6,1	0,3	4,1	1,4	95	3	0	-15
8	56,8	3,3	51,2	58	3,3	-1,2	12,8	-1	0	-15	3,6	5,6	6,8	-4,7	95	3	0	-15
9	60,3	4,3	49,1	57,3	28,2	-3,8	7,3	-0,7	0,7	-6,5	5,1	18	12,4	-6,8	95	5	0	-15
10	57,5	4,1	49,3	58,5	4	-1,9	1,9	2,1	0	-15	2,8	0,3	72,3	2,2	95	5	0	-15
11	55	2,9	49,8	57,8	17,5	3,4	21,1	3,4	3,3	6,8	3,2	4,6	5,7	-0,5	100	5	0	-15
12	59,5	3,7	52,5	62,6	16,8	4,6	7,1	5,2	7,3	5,6	0,2	0,9	3,5	2,5	100	5	0	-15
13	61,6	4,8	51,8	65,1	15	3,9	21,2	5,2	5	6,2	0,4	-1,4	5,7	-0,3	50	3	0,1	13,9
14	64	4,4	55,1	67,2	25,7	4,2	3,1	4	10,1	7,2	0,9	-1,2	5,3	-1,9	50	3	9	0,9
15	64,5	3,9	57,5	67,6	26	3,4	7,6	6,9	8,4	6	1,7	6,8	0	-15	50	0	0	-15
16	68,4	4,9	59,2	72	32,2	5,5	8	4,6	5,1	6,7	1,7	11,7	0	-15	50	0	0	-15
17	69,2	7,5	53,6	74,9	40,5	5	9,9	8,1	5,6	6	1,3	-10,6	0	-15	50	3	0	-15
18	69,1	6,8	54,2	72,7	41	4,1	11,1	7,3	10,2	5,6	0,1	6,9	2,6	-9,6	50	3	1,2	-12,6
19	70,4	6,8	53,5	71,8	41,7	1,8	5,5	6,1	8,7	4	2,6	16,7	0	-15	0	-15	0	-15
20	68,8	6,9	54,6	72,3	35,2	2,9	23,3	6	6,2	7,4	0	-15	0	-15	10	0	0	-15
21	69,9	6,5	55,6	72,7	37,9	4,3	6,2	5,3	6,5	4	2	0,7	0,7	-10,4	0	-15	1	-0,3
22	69,5	6	57,3	73,2	39,8	4	16,5	6,6	6,5	6,3	0,2	-4,1	0	-15	10	0	0	-15
23	70,1	6	57,9	73,9	38,5	4,7	11,3	7,2	7,4	5,7	0,4	0,3	9,7	-7,4	0	-15	0	-15
24	70,7	6,1	58,6	74,2	44,5	4,6	14,5	4,2	5,8	9	0,6	5,8	2,7	-7,9	0	-15	0	-15
25	71,2	6	59,2	74,3	39,4	3,7	15,1	6,2	7,1	4,9	1,7	4,9	1	-7,4	10	0	0	-15
26	70,2	6,3	57,8	73,8	51,9	3,6	12,2	6,7	5,2	9	0,2	0,2	0,7	-8,1	0	-15	0	-15
27	71	5,9	59,4	74,5	53,6	3,6	9	5,7	3,3	9,3	0,4	7,5	0	-15	0	-15	2,2	-4,4
28	70,2	5,8	58,7	74	38,6	3,7	33,7	4,8	4,2	7,8	0,4	7,5	0	-15	0	-15	0,5	-7,3
29	69,9	6	57,9	74,1	38,5	4,2	22	5,7	3,7	8,2	0,2	0,4	2,6	-5,2	0	-15	0	-15
30	69,1	5,7	57,2	72,4	41,7	4	18,8	3,5	5,4	8	0,4	5,3	5,9	-9,4	50	0	0	-15
31	68,4	5	59	72	52	3,5	26,7	4,8	5,2	6,4	0	-15	0,2	-15	0	-15	0	-15
32	69,8	4,7	60,6	72,9	50,5	2,8	16,7	5,5	10,7	6,2	0,4	7,1	4,7	-2,6	0	-15	0	-15
33	68,7	4,2	60	70,4	56,1	2,1	6,3	4,2	1,7	7,6	0,5	18,5	3,8	-0,6	50	0	6	-1,3
34	69,5	4,6	60,8	72,4	40,5	1,4	11,1	6,4	4,1	4,8	0,3	5,2	22,6	4,7	50	0	0	-15
35	68,9	5,2	59	72,4	47,7	3,7	17,8	5,2	1,9	11,4	0,1	12,5	6,4	4,4	10	0	0	-15
36	70,3	5,3	59,9	73,7	15,8	3,6	14	7,8	13,4	5,9	0,7	6,2	6,6	5,5	50	3	0	-15
37	71,2	5,7	59,3	74,7	17	3,5	10,7	6,2	11,3	7,9	0	-15	1,2	2	10	0	0	-15
38	72,5	5,9	60,1	75,6	11,7	3,2	16,4	6	6,2	8,5	0,8	16,3	2,5	-5,1	10	0	0	-15
39	72,2	5,4	59,8	74	8,3	3,5	15,7	4,5	7,8	6,5	0,8	1,8	5	0,2	10	0	0	-15
40	71,1	5,1	61	74,1	10,1	5	10,8	5,8	4,7	8,2	3,3	1,5	15	-2,3	0	-15	0,5	-1,9
41	66,8	5,2	56,9	70,3	0	-15	11,4	7,5	5,5	7,7	1,9	-1,6	6,6	-3,7	30	3	0	-15
42	68,9	5,1	58,9	72,2	6,5	4,9	19,8	6,4	5,3	6,7	0,1	3,5	9	-0,9	30	3	0	-15
43	69,1	5,2	58,7	72,6	3,9	5,4	38	5,2	3,3	2,2	0,5	0	9,6	-1,8	0	-15	1,7	-1,9
44	66,8	5,6	54,6	68,3	9,9	4,3	31,6	4,8	3,7	7,8	1,9	7,8	21,2	0,4	10	3	0	-15
45	66,4	5,7	53,5	67,4	3,9	3	22,5	6,9	3,7	7,7	2,2	4,8	27,1	-3,7	20	3	4,6	-4,6
46	64,3	5,6	51,1	65,1	7,9	0,9	21,8	7,4	7	3,6	0,5	7,7	19,2	-4,8	50	3	1,9	-3,7
47	63,5	6,2	49,3	66,4	9,9	6,4	14,4	6,1	5,6	11	0,3	9,2	20,2	-3,4	100	3	7,9	3,3
48	64,4	4,8	55	67,5	8,9	4,9	5,1	6,1	4	8,7	0	-15	77,9	2,2	25	4	0	-15
49	66,6	5,9	53,6	68	14,3	1,9	13,5	8,4	0	-15	0	-15	41,7	-5,1	0	-15	18,8	0
50	64,9	6,1	51,7	67,2	11,6	2,4	7,3	3,6	13	7	0,2	-8	19,3	-3,9	40	2	13,8	9,2
51	63,3	4,9	51	62	8,3	7,1	8,3	1,4	1,2	2,7	0	-15	24,7	-3,5	5	1	14,4	2,3
52	58,5	3,5	52,3	61	1,2	6,6	5,8	1,8	2,1	8,3	5,2	3,8	47	2,8	0	-15	8,8	4,2
53	55,6	4,7	46,3	57,9	4,7	3,1	5,1	9,9	6,6	9,8	2	5,1	44,6	0,6	0	-15	8,1	2,2
54	57,2	4,4	48,5	59	1,4	1,2	1,6	-1,6	3,1	3,2	2,6	0,5	49,2	1,7	0	-15	15,4	7,7
55	65,9	6	49,8	62,4	0,7	-8,9	0	-15	1,5	-3,2	0,3	-8,1	34,5	-5,3	0	-15	19,1	8,4
56	57	4,8	47,9	59,4	9,5	5,7	0,9	14,6	1,6	10,1	0,2	17,4	39,6	1,8	25	2	19,3	3,2
57	56,4	3,9	49,4	59	5,7	5,9	7,9	6,7	3,9	10,3	0,3	-4,9	34,5	0,4	0	-15	22,3	2,1
58	59,3	4,6	50	60,5	0,4	-3,5	0	-15	0,5	2	0,4	2,6	49,6	-0,5	0	-15	26	7,7
59	61,1	4,7	51,7	63,5	4,5	10,3	0	-15	1,4	1,1	2,1	-5,4	53,1	2	0	-15	27,5	3,1
60	59,7	3,6	61,7	53,5	0,5	1,9	0	-15	1,1	8,9	4,2	5,6	56,8	2,4	0	-15	8,4	3,1
61	62,8	5,1	52,4	64,9	2,3	3	2,9	4,5	0	-15	2,3	-2,5	67,6	1,8	0	-15	8,5	10
62	62	4,1	54,1	63,6	2,8	5,5	0	-15	3,2	10,9	0,9	-5	34,6	1,6	0	-15	36,6	2,7
63	65,3	4,8	54	64,1	0,9	-4,9	0	-15	0,6	-0,5	1,9	-2,8	44,4	-1,8	0	-15	24,7	7,1
64	61,8	3,5	55,4	63,9	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	66,4	4	20	2	18,7	2,3
65	61,7	4,1	53,6	63,2	0	-15	0	-15	0	-15	5,2	5,9	24,1	1,8	0	-15	26,9	3,8
66	61,5	4,2	53,9	64,1	0,3	-1,4	0	-15	0,3	4,1	2,8	8,3	67	2,2	0	-15	18,1	4,7
67	66,3	4,5	55	64,1	0	-15	1,9	5,3	0	-15	0,3	2,8	50,4	-3,3	0	-15	15,6	7,1
68	61	3,6	54,8	63,5	1,7	0,6	3,9	3,2	0	-15	3,7	4	56,6	3,7	30	3	6,9	4,3
69	60,1	3,1	54,7	62,1	2,7	5,9	1,6	6,4	2,4	6	1,5	0,5	48,9	1,4	30	2	16,4	3,5
70	61,9	2,3	58,5	63,8	15,6	4,5	2,2	3,6	8,8	5,2	0,7	2,5	23,6	1	20	2	2,4	2,4

ANNEXE 3 – QUESTIONNAIRE

En tant qu'étudiant en doctorat pour le compte d'un laboratoire de géographie, j'effectue un travail de recherche sur la qualité de l'environnement et le développement durable. Dans ce cadre là, acceptez-vous de répondre à quelques questions ?

1. Vis-à-vis de ces problèmes liés à la qualité de l'environnement, l'endroit où nous nous trouvons vous semble-t-il plutôt agréable ou désagréable ? A quel point de vue ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Désagréable — Agréable

2. Concentrez-vous maintenant sur l'environnement sonore dans son ensemble. L'environnement sonore dans sa **globalité** vous semble

Silencieux — Bruyant

L'environnement sonore est plutôt silencieux / *L'environnement sonore est plutôt bruyant*

Stable dans le temps — Instable dans le temps

L'environnement sonore semble fixe, régulier dans le temps ou répétitif, impression de permanence sonore, statique dans le temps / *L'environnement sonore est changeant, semble irrégulier dans le temps, impression d'une certaine dynamique temporelle*

Sans vie — Animé

L'environnement sonore vous donne l'impression que le lieu est sans activité, sans vie, comme inanimé / *L'environnement sonore donne l'impression que le lieu est plein de vie, d'activité*

Enveloppant — Peu enveloppant

Vous avez l'impression que vous êtes à l'intérieur de cet environnement sonore, qu'il vous enveloppe / Vous avez l'impression que l'environnement sonore ne vous enveloppe pas et que vous êtes à l'extérieur de lui

Désagréable — Agréable

Globalement vous n'aimez pas l'environnement sonore / *Globalement vous aimez l'environnement sonore*

Figure 227 : Page 1 du questionnaire utilisé au cours des enquêtes.

3. Toujours de façon **globale** :

Du point de vue de l'environnement visuel, ce lieu vous semble-t-il ?

Désagréable — Agréable

Globalement vous n'aimez pas l'environnement visuel

Globalement vous aimez l'environnement visuel

Du point de vue de la qualité de l'air, ce lieu vous semble-t-il ?

Désagréable — Agréable

Car vous trouvez que l'air y est pollué

Car vous estimez que l'air n'y est pas pollué

L'environnement sonore de ce lieu vous surprend-il ?

Surprenant — Familier

Il y a certains sons qui vous ont surpris, vous ont paru étranges dans ce contexte

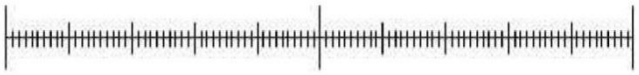
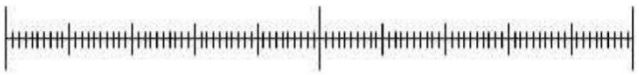
Les différents sons entendus sont assez typiques, familiers, non surprenants

4. Concentrez-vous à présent sur les sources sonores.
Quelles sont celles que vous identifiez ? Quelle importance ont-elles pour vous ?

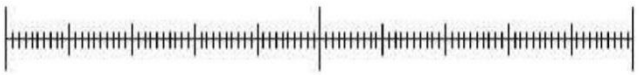
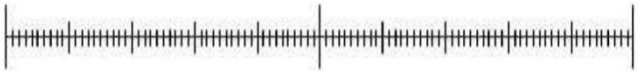
.....
.....
.....

Pour chacune des sources que vous venez de citer, comment estimez-vous leur intensité sonore et leur temps de présence ?

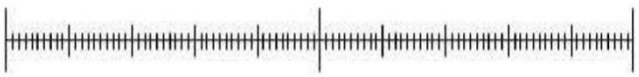
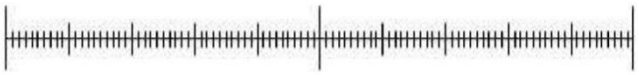
.....

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

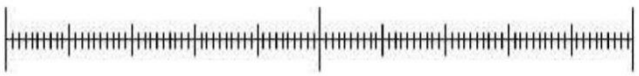
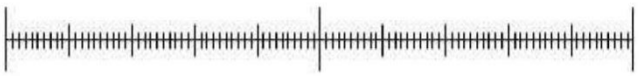
.....

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

.....

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

.....

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

.....

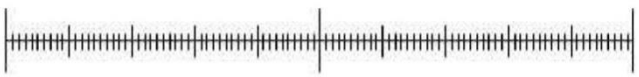
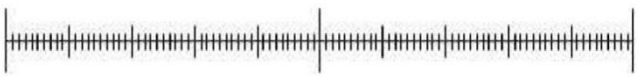
Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

Figure 229 : Page 3 du questionnaire utilisé au cours des enquêtes.

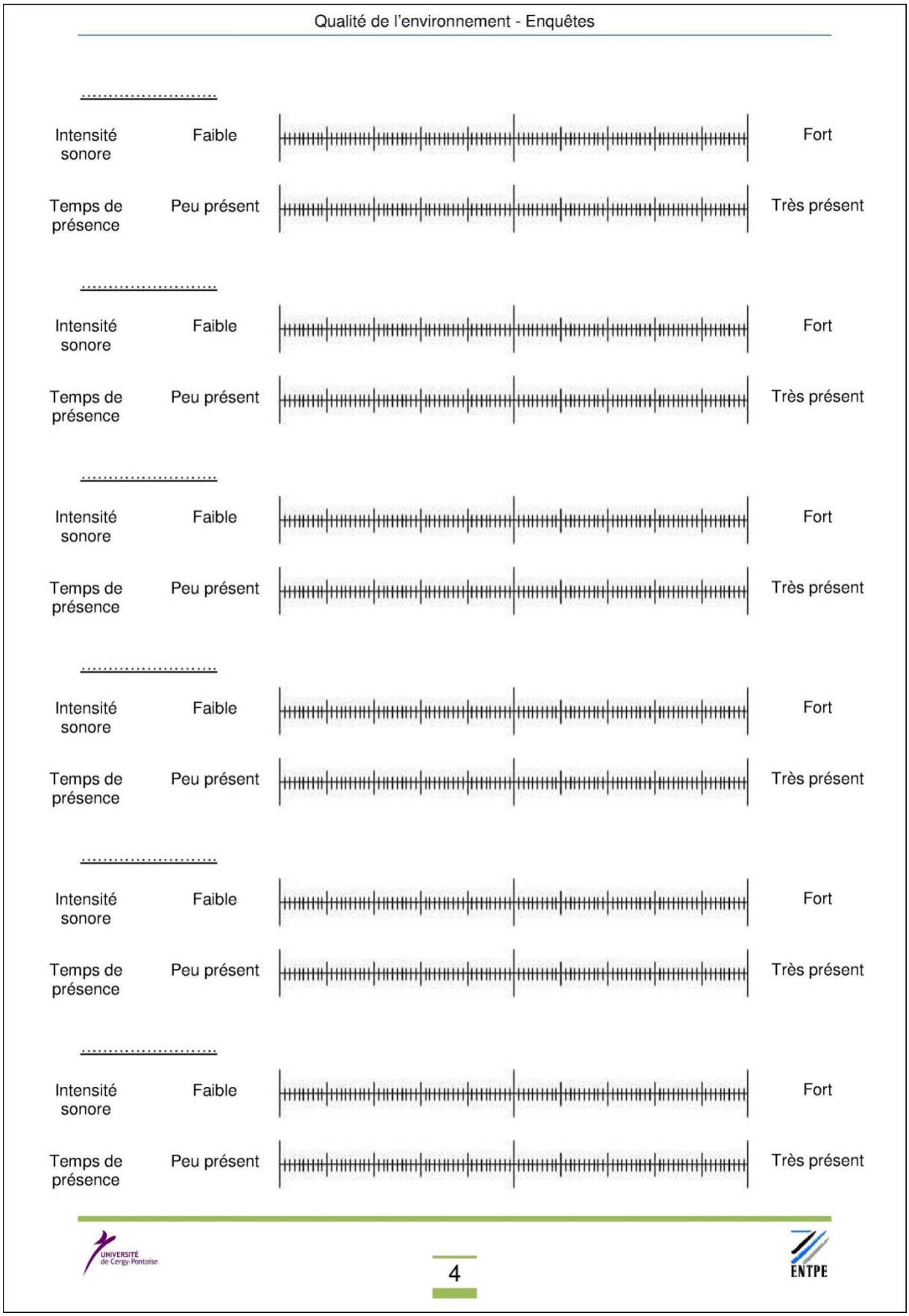


Figure 230 : Page 4 du questionnaire utilisé au cours des enquêtes.

Parmi les sources listées ci-dessous, il en est certaines que vous n'avez pas citées. Si désormais vous parvenez à les identifier, veuillez noter de la même façon que précédemment leur intensité sonore et leur temps de présence.

Voiture / Motos

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore — Faible — Fort

Temps de présence — Peu présent — Très présent

Mobylettes / Scooters

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore — Faible — Fort

Temps de présence — Peu présent — Très présent

Poids lourds / Bus

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore — Faible — Fort

Temps de présence — Peu présent — Très présent

Klaxons / Sirènes

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore — Faible — Fort

Temps de présence — Peu présent — Très présent

Activité commerciale (livraison, chantier, entretien de la ville, …)

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore — Faible — Fort

Temps de présence — Peu présent — Très présent

Figure 231 : Page 5 du questionnaire utilisé au cours des enquêtes.

Présence humaine (voix, pas, …)

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

Oiseaux

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

Eléments naturels (bruit d'eau, bruit du vent dans les feuilles, …)

☐ Déjà noté ☐ Source inexistante ☐ J'entends la source

Intensité sonore	Faible		Fort
Temps de présence	Peu présent		Très présent

5. Jusqu'à quel point l'environnement sonore est-il approprié à votre activité du moment ?

Pas du tout		Très

6. Précisez pour quelles raisons vous fréquentez cet endroit

☐ visites personnelles (commerce, amis, détente) ☐ raisons professionnelles

☐ rendez-vous pour des services (médecin, agences) ☐ autre motif : ……..

7. Habitez-vous le quartier ?

☐ Oui ☐ Non

Le questionnaire est à présent terminé. Je vous remercie de votre participation.

Figure 232 : Page 6 du questionnaire utilisé au cours des enquêtes.

Qualité de l'environnement - Enquêtes

Opérateur : Date : Heure : Ville :
Adresse :

Conditions météorologiques :

□ Journée froide
□ Journée chaude
□ Ciel dégagé
□ Nuageux
□ Pluie
□ Vent

Description morphologique du lieu :

□ Rue en tissu ouvert
□ Rue en U
□ Rue en L

□ Parc

□ Circulation automobile en vue directe
- □ sens unique
- □ double sens
- □ Nombre de voies : .....
- □ Présence de feu tricolore

□ Présence de végétation
- □ Arbres
- □ Haies / arbustes
- □ Jardinières

□ Habitat individuel continu
□ Habitat individuel discontinu
□ Habitat collectif. Nombre d'étage : .....
□ Grandes surfaces
□ Petits commerces

Profil de l'usager :

☐ Homme ☐ Femme

☐ Adolescent ☐ Adulte ☐ Personne âgée

UNIVERSITÉ de Cergy-Pontoise ENTPE

Figure 233 : Description du contexte et du profil de l'usager questionné

ANNEXE 4 – CORRELATIONS

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – INTERIEUR DU PARC A LYON (PARC)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Surp
Ag.Son	1,000	0,650	0,403	0,512	0,479	0,110	-0,408	0,321	0,095	-0,183	-0,257	-0,168	0,223	0,189	-0,044	-0,151	0,398	0,195	-0,205	-0,310	-0,110	-0,035	0,151	-0,113	-0,375	-0,200
Adeq	0,650	1,000	0,222	0,411	0,513	0,156	-0,428	0,235	0,089	0,110	-0,223	-0,122	0,139	0,168	-0,223	-0,240	0,257	0,101	-0,246	-0,062	-0,148	-0,011	0,219	-0,287	-0,384	-0,343
Ag.Gl	0,403	0,222	1,000	0,388	0,546	0,105	-0,266	0,502	0,268	-0,084	0,114	0,067	-0,027	0,038	0,133	0,036	0,093	0,021	-0,181	0,036	0,154	-0,017	0,251	0,166	0,107	-0,029
Ag.Air	0,512	0,411	0,388	1,000	0,450	-0,185	-0,276	0,126	0,250	-0,091	-0,244	-0,160	-0,084	-0,022	-0,124	-0,322	0,427	0,240	-0,233	-0,205	-0,159	-0,049	-0,006	-0,133	-0,166	0,160
Ag.Vis	0,479	0,513	0,546	0,450	1,000	0,044	-0,454	0,176	0,003	-0,198	0,012	0,011	0,168	-0,229	0,029	-0,093	0,312	-0,018	-0,448	-0,032	-0,023	0,101	0,156	0,050	-0,145	-0,050
Anim	0,110	0,156	0,105	-0,185	0,044	1,000	0,246	0,117	0,125	0,166	0,000	0,052	0,071	0,351	0,173	0,350	-0,342	-0,011	0,449	-0,092	-0,024	0,100	0,354	0,190	0,030	-0,457
Dyn	-0,408	-0,428	-0,266	-0,276	-0,454	0,246	1,000	0,044	-0,084	0,112	0,147	0,367	-0,144	0,191	0,013	0,128	-0,383	-0,255	0,658	0,079	0,317	0,054	-0,071	0,117	0,268	0,056
Env	0,321	0,235	0,502	0,126	0,176	0,117	0,044	1,000	0,172	0,040	0,162	0,116	-0,081	0,337	0,133	0,107	-0,006	-0,073	0,088	0,139	0,181	-0,116	0,050	0,094	-0,031	-0,005
Pres.Act	0,095	0,089	0,268	0,250	0,003	0,125	-0,084	0,172	1,000	-0,074	-0,132	-0,128	-0,364	-0,087	0,005	0,034	-0,226	0,629	0,031	-0,164	-0,151	-0,279	-0,133	-0,028	-0,121	-0,083
Pres.Hum	-0,183	0,110	-0,084	-0,091	-0,198	0,166	0,112	0,040	-0,074	1,000	0,212	0,229	-0,208	0,130	0,108	0,029	-0,185	-0,110	0,367	0,144	0,086	0,206	0,107	0,168	-0,053	-0,354
Pres.Klax	-0,257	-0,223	0,114	-0,244	0,012	0,000	0,147	0,162	-0,132	0,212	1,000	0,660	0,186	-0,167	0,373	0,159	-0,194	-0,154	0,215	0,733	0,588	0,012	0,024	0,772	0,279	-0,051
Pres.Mob	-0,168	-0,122	0,067	-0,160	0,011	0,052	0,367	0,116	-0,128	0,229	0,660	1,000	0,269	-0,124	0,151	0,198	-0,071	-0,162	0,285	0,423	0,671	0,146	-0,030	0,516	0,182	0,021
Pres.Nat	0,223	0,139	-0,027	-0,084	0,168	0,071	-0,144	-0,081	-0,364	-0,208	0,186	0,269	1,000	0,001	0,239	-0,006	-0,089	-0,234	-0,185	0,169	0,259	0,531	0,187	0,238	0,034	0,084
Pres.Ois	0,189	0,168	0,038	-0,022	-0,229	0,351	0,191	0,337	-0,087	0,130	-0,167	-0,124	0,001	1,000	0,010	0,246	-0,100	-0,222	0,287	-0,153	-0,281	0,044	0,422	-0,088	-0,124	-0,132
Pres.PL	-0,044	-0,223	0,133	-0,124	0,029	0,173	0,013	0,133	0,005	0,108	0,373	0,151	0,239	0,010	1,000	0,188	-0,331	-0,086	0,149	0,167	0,187	-0,084	-0,080	0,685	-0,021	-0,002
Pres.VL	-0,151	-0,240	0,036	-0,322	-0,093	0,350	0,128	0,107	0,034	0,029	0,159	0,198	-0,006	0,246	0,188	1,000	-0,190	-0,058	0,215	0,072	0,126	-0,144	0,095	0,248	0,264	-0,174
Sil	0,398	0,257	0,093	0,427	0,312	-0,342	-0,383	-0,006	-0,226	-0,185	-0,194	-0,071	-0,089	-0,100	-0,331	-0,190	1,000	0,094	-0,304	-0,181	-0,191	-0,116	-0,053	-0,307	-0,227	0,189
Son.Act	0,195	0,101	0,021	0,240	-0,018	-0,011	-0,255	-0,073	0,629	-0,110	-0,154	-0,162	-0,234	-0,222	-0,086	-0,058	0,094	1,000	-0,178	-0,190	-0,178	-0,382	-0,321	-0,099	-0,195	0,147
Son.Hum	-0,205	-0,246	-0,181	-0,233	-0,448	0,449	0,658	0,088	0,031	0,367	0,215	0,285	-0,185	0,287	0,149	0,215	-0,304	-0,178	1,000	0,052	0,242	-0,061	0,059	0,240	0,154	-0,306
Son.Klax	-0,310	-0,062	0,036	-0,205	-0,032	-0,092	0,079	0,139	-0,164	0,144	0,733	0,423	0,169	-0,153	0,167	0,072	-0,181	-0,190	0,052	1,000	0,617	0,161	0,051	0,329	0,342	-0,090
Son.Mob	-0,110	-0,148	-0,154	-0,159	-0,023	-0,024	0,317	0,181	-0,151	0,086	0,588	0,671	0,259	-0,281	0,188	1,000	-0,190	-0,178	0,242	0,617	1,000	0,027	-0,056	0,393	0,372	-0,011
Son.Nat	-0,035	-0,011	-0,017	-0,049	0,101	0,100	0,054	-0,116	-0,279	0,206	0,012	0,146	0,531	0,044	-0,084	-0,144	-0,116	-0,382	-0,061	0,161	0,027	1,000	0,405	-0,072	0,154	-0,014
Son.Ois	0,151	0,219	0,251	-0,006	0,156	0,354	-0,071	0,050	-0,133	0,107	0,024	-0,030	0,187	0,422	-0,080	0,095	-0,053	-0,321	0,059	0,051	-0,056	0,405	1,000	-0,023	0,063	-0,157
Son.PL	-0,113	-0,287	0,166	-0,133	0,050	0,190	0,117	0,094	-0,028	0,168	0,772	0,516	0,238	-0,088	0,685	0,248	-0,307	-0,099	0,240	0,329	0,393	-0,072	-0,023	1,000	0,139	-0,023
Son.VL	-0,375	-0,384	0,107	-0,166	-0,145	0,030	0,268	-0,031	-0,121	-0,053	0,279	0,182	0,034	-0,124	-0,021	0,264	-0,227	-0,195	0,154	0,342	0,372	0,154	0,063	0,139	1,000	0,029
Surp	-0,200	-0,343	-0,029	0,160	-0,050	-0,457	0,056	-0,005	-0,083	-0,354	-0,051	0,021	0,084	-0,132	-0,002	-0,174	0,189	0,147	-0,306	-0,090	-0,011	-0,014	-0,157	-0,023	0,029	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Surp
Ag.Son	1,000	0,000	0,010	0,001	0,002	0,501	0,009	0,043	0,560	0,259	0,110	0,299	0,167	0,242	0,790	0,351	0,011	0,227	0,204	0,052	0,500	0,829	0,353	0,487	0,017	0,215
Adeq	0,000	1,000	0,168	0,008	0,001	0,336	0,006	0,145	0,586	0,500	0,166	0,454	0,392	0,299	0,166	0,135	0,109	0,533	0,125	0,702	0,362	0,947	0,175	0,073	0,014	0,030
Ag.Gl	0,010	0,168	1,000	0,013	0,000	0,518	0,097	0,001	0,094	0,608	0,482	0,682	0,868	0,814	0,412	0,825	0,568	0,896	0,264	0,825	0,342	0,919	0,118	0,306	0,510	0,859
Ag.Air	0,001	0,008	0,013	1,000	0,004	0,253	0,084	0,437	0,120	0,578	0,129	0,325	0,605	0,890	0,446	0,042	0,006	0,136	0,148	0,204	0,328	0,763	0,972	0,414	0,307	0,325
Ag.Vis	0,002	0,001	0,000	0,004	1,000	0,787	0,003	0,277	0,988	0,220	0,944	0,945	0,300	0,156	0,860	0,567	0,050	0,911	0,004	0,843	0,887	0,537	0,337	0,759	0,370	0,761
Anim	0,501	0,336	0,518	0,253	0,787	1,000	0,126	0,472	0,443	0,305	0,999	0,750	0,664	0,027	0,287	0,027	0,031	0,946	0,004	0,573	0,885	0,539	0,025	0,241	0,852	0,003
Dyn	0,009	0,006	0,097	0,084	0,003	0,126	1,000	0,786	0,605	0,491	0,364	0,020	0,374	0,238	0,935	0,432	0,015	0,112	0,000	0,630	0,046	0,740	0,662	0,473	0,095	0,729
Env	0,043	0,145	0,001	0,437	0,277	0,472	0,786	1,000	0,287	0,806	0,317	0,475	0,618	0,033	0,413	0,510	0,972	0,652	0,591	0,393	0,263	0,477	0,759	0,564	0,847	0,977
Pres.Act	0,560	0,586	0,094	0,120	0,988	0,443	0,605	0,287	1,000	0,650	0,416	0,432	0,021	0,592	0,975	0,837	0,160	0,000	0,848	0,313	0,353	0,082	0,413	0,865	0,458	0,612
Pres.Hum	0,259	0,500	0,608	0,578	0,220	0,305	0,491	0,806	0,650	1,000	0,190	0,155	0,198	0,424	0,509	0,859	0,254	0,500	0,020	0,376	0,600	0,202	0,509	0,299	0,744	0,025
Pres.Klax	0,110	0,166	0,482	0,129	0,944	0,999	0,364	0,317	0,416	0,190	1,000	0,000	0,251	0,302	0,018	0,327	0,230	0,344	0,183	0,000	0,000	0,943	0,881	0,000	0,081	0,752
Pres.Mob	0,299	0,454	0,682	0,325	0,945	0,750	0,020	0,475	0,432	0,155	0,000	1,000	0,094	0,448	0,354	0,222	0,665	0,318	0,074	0,007	0,000	0,370	0,855	0,001	0,261	0,898
Pres.Nat	0,167	0,392	0,868	0,605	0,300	0,664	0,374	0,618	0,021	0,198	0,251	0,094	1,000	0,996	0,138	0,970	0,583	0,146	0,252	0,298	0,107	0,000	0,247	0,139	0,836	0,605
Pres.Ois	0,242	0,299	0,814	0,890	0,156	0,027	0,238	0,033	0,592	0,424	0,302	0,448	0,996	1,000	0,951	0,127	0,539	0,169	0,072	0,347	0,079	0,786	0,007	0,591	0,446	0,416
Pres.PL	0,790	0,166	0,412	0,446	0,860	0,287	0,935	0,413	0,975	0,509	0,018	0,354	0,138	0,951	1,000	0,246	0,037	0,597	0,358	0,302	0,248	0,606	0,625	0,000	0,896	0,991
Pres.VL	0,351	0,135	0,825	0,042	0,567	0,027	0,432	0,510	0,837	0,859	0,327	0,222	0,970	0,127	0,246	1,000	0,240	0,723	0,182	0,659	0,439	0,375	0,560	0,123	0,100	0,283
Sil	0,011	0,109	0,568	0,050	0,050	0,031	0,015	0,972	0,160	0,254	0,230	0,665	0,583	0,539	0,037	0,240	1,000	0,563	0,057	0,264	0,239	0,478	0,743	0,054	0,158	0,244
Son.Act	0,227	0,533	0,896	0,136	0,911	0,946	0,112	0,652	0,000	0,500	0,344	0,318	0,146	0,169	0,597	0,723	0,563	1,000	0,273	0,240	0,273	0,015	0,044	0,543	0,228	0,366
Son.Hum	0,204	0,125	0,264	0,148	0,004	0,004	0,000	0,591	0,848	0,020	0,183	0,074	0,252	0,072	0,358	0,182	0,057	0,273	1,000	0,751	0,133	0,707	0,716	0,135	0,344	0,055
Son.Klax	0,052	0,702	0,825	0,204	0,843	0,573	0,630	0,393	0,313	0,376	0,000	0,007	0,298	0,347	0,302	0,659	0,264	0,240	0,751	1,000	0,000	0,322	0,754	0,038	0,031	0,580
Son.Mob	0,500	0,362	0,342	0,328	0,887	0,885	0,046	0,263	0,353	0,600	0,000	0,000	0,107	0,079	0,248	0,439	0,239	0,273	0,133	0,000	1,000	0,871	0,729	0,012	0,018	0,947
Son.Nat	0,829	0,947	0,919	0,763	0,537	0,539	0,740	0,477	0,082	0,202	0,943	0,370	0,000	0,786	0,606	0,375	0,478	0,015	0,707	0,322	0,871	1,000	0,010	0,659	0,342	0,934
Son.Ois	0,353	0,175	0,118	0,972	0,337	0,025	0,662	0,759	0,413	0,509	0,881	0,855	0,247	0,007	0,625	0,560	0,743	0,044	0,716	0,754	0,729	0,010	1,000	0,889	0,700	0,333
Son.PL	0,487	0,073	0,306	0,414	0,759	0,241	0,473	0,564	0,865	0,299	0,000	0,001	0,139	0,591	0,000	0,123	0,054	0,543	0,135	0,038	0,012	0,659	0,889	1,000	0,392	0,890
Son.VL	0,017	0,014	0,510	0,307	0,370	0,852	0,095	0,847	0,458	0,744	0,081	0,261	0,836	0,446	0,896	0,100	0,158	0,228	0,344	0,031	0,018	0,342	0,700	0,392	1,000	0,859
Surp	0,215	0,030	0,859	0,325	0,761	0,003	0,729	0,977	0,612	0,025	0,752	0,898	0,605	0,416	0,991	0,283	0,244	0,366	0,055	0,580	0,947	0,934	0,333	0,890	0,859	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION COTE PARC (TPARC)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,194	0,091	0,488	0,210	-0,172	-0,069	-0,112	0,021	-0,044	-0,056	-0,001	0,170	-0,140	-0,115	-0,380	0,180	0,063	-0,071	0,035	-0,095	0,051	0,086	-0,203	-0,379	-0,143
Adeq	0,194	1,000	0,084	0,140	0,132	0,183	0,184	0,101	0,213	-0,009	-0,181	-0,071	0,022	0,139	-0,173	-0,002	-0,003	0,261	0,082	0,022	-0,131	0,072	0,331	-0,149	0,136	-0,072
Ag.Gl	0,091	0,084	1,000	0,007	0,482	-0,196	-0,230	-0,147	0,123	-0,079	0,105	0,023	0,058	-0,029	-0,017	-0,002	0,487	0,133	-0,344	-0,071	-0,085	-0,017	-0,135	-0,058	-0,111	-0,022
Ag.Air	0,488	0,140	0,007	1,000	0,296	0,082	-0,205	-0,091	0,214	0,313	-0,191	-0,074	-0,015	0,187	-0,065	-0,048	0,120	0,283	0,066	-0,062	-0,051	-0,076	0,209	-0,211	-0,284	-0,373
Ag.Vis	0,210	0,132	0,482	0,296	1,000	-0,124	-0,143	-0,090	0,131	-0,048	0,043	-0,030	0,292	-0,067	0,116	0,087	0,262	0,154	-0,256	0,058	0,028	0,038	-0,242	-0,003	-0,086	0,100
Anim	-0,172	0,183	-0,196	0,082	-0,124	1,000	-0,072	0,204	-0,003	0,413	-0,117	0,005	-0,218	0,074	-0,232	-0,152	-0,511	0,096	0,312	0,051	0,088	-0,127	-0,145	-0,108	-0,012	-0,211
Dyn	-0,069	0,184	-0,230	-0,205	-0,143	-0,072	1,000	0,091	-0,051	-0,032	0,057	0,058	0,212	-0,087	0,138	0,027	-0,182	0,060	0,371	0,131	0,074	0,269	0,298	0,257	0,353	0,265
Env	-0,112	0,101	-0,147	-0,091	-0,090	0,204	0,091	1,000	-0,063	0,204	0,114	0,172	-0,029	-0,070	-0,048	-0,238	-0,231	0,049	0,123	0,183	0,268	0,010	-0,096	0,034	-0,058	0,230
Pres.Act	0,021	0,213	0,123	0,214	0,131	-0,003	-0,051	-0,063	1,000	0,211	-0,001	-0,142	-0,196	0,056	0,134	0,045	-0,017	0,822	0,288	0,088	-0,163	0,036	0,003	0,235	0,185	-0,035
Pres.Hum	-0,044	-0,009	-0,079	0,313	-0,048	0,413	-0,032	0,204	0,211	1,000	-0,129	-0,153	0,041	0,210	0,104	0,058	-0,330	0,233	0,566	0,116	-0,064	0,077	-0,152	0,191	-0,041	-0,198
Pres.Klax	-0,056	-0,181	0,105	-0,191	0,043	-0,117	0,057	0,114	-0,001	-0,129	1,000	0,420	-0,103	-0,359	0,495	0,095	-0,027	-0,053	-0,057	0,831	0,433	-0,009	-0,222	0,396	0,166	-0,023
Pres.Mob	-0,001	-0,071	0,023	-0,074	-0,030	0,005	0,058	0,172	-0,142	-0,153	0,420	1,000	-0,016	-0,231	0,396	0,142	-0,077	-0,136	-0,089	0,320	0,870	0,113	-0,180	0,267	0,316	-0,033
Pres.Nat	0,170	0,022	0,058	-0,015	0,292	-0,218	0,212	-0,029	-0,196	0,041	-0,103	-0,016	1,000	-0,055	0,028	0,039	0,091	-0,211	0,123	-0,078	-0,049	0,482	0,029	-0,040	0,035	0,026
Pres.Ois	-0,140	0,139	-0,029	0,187	-0,067	0,074	-0,087	-0,070	0,056	0,210	-0,359	-0,231	-0,055	1,000	-0,178	0,406	0,116	0,088	-0,038	-0,299	-0,074	0,006	0,587	-0,060	0,074	0,003
Pres.PL	-0,115	-0,173	-0,017	-0,065	0,116	-0,232	0,138	-0,048	0,134	0,104	0,495	0,396	0,028	-0,178	1,000	0,344	0,045	0,061	0,105	0,324	0,332	0,267	-0,128	0,700	0,399	0,133
Pres.VL	-0,380	-0,002	-0,002	-0,048	0,087	-0,152	0,027	-0,238	0,045	0,058	0,095	0,142	0,039	-0,178	0,344	1,000	0,097	-0,010	-0,094	0,038	0,198	0,208	0,102	0,362	0,589	-0,109
Sil	0,180	-0,003	0,487	0,120	0,262	-0,511	-0,182	-0,231	-0,017	-0,330	-0,027	-0,077	-0,211	0,088	0,061	0,097	1,000	-0,172	-0,569	-0,200	-0,128	-0,141	0,257	-0,080	0,013	-0,141
Son.Act	0,063	0,261	0,133	0,283	0,154	0,096	0,060	0,049	0,822	0,233	-0,053	-0,136	-0,211	0,088	0,061	-0,010	-0,172	1,000	0,362	-0,011	-0,156	-0,041	-0,049	0,206	0,165	0,185
Son.Hum	-0,071	0,082	-0,344	0,066	-0,256	0,312	0,371	0,123	0,288	0,566	-0,057	-0,089	0,123	-0,038	0,105	-0,094	-0,569	0,362	1,000	0,084	-0,134	0,193	-0,073	0,221	0,180	-0,101
Son.Klax	0,035	0,022	-0,071	-0,062	0,058	0,051	0,131	0,183	0,088	0,116	0,831	0,320	-0,078	-0,299	0,324	0,038	-0,200	-0,011	0,084	1,000	0,414	0,083	-0,165	0,362	0,101	-0,122
Son.Mob	-0,095	-0,131	-0,085	-0,051	0,028	0,088	0,074	0,268	-0,163	-0,064	0,433	0,870	-0,049	-0,074	0,332	0,198	-0,128	-0,156	-0,134	0,414	1,000	0,054	-0,109	0,224	0,341	0,111
Son.Nat	0,051	0,072	-0,017	-0,076	0,038	-0,127	0,269	0,010	0,036	0,077	-0,009	0,113	0,482	0,006	0,267	0,208	-0,141	-0,041	0,193	0,083	0,054	1,000	0,110	0,411	0,393	0,124
Son.Ois	0,086	0,331	-0,135	0,209	-0,242	-0,145	0,298	-0,096	0,003	-0,152	-0,222	-0,180	0,029	0,587	-0,128	0,102	0,257	-0,049	-0,073	-0,165	-0,109	0,110	1,000	-0,177	0,028	-0,036
Son.PL	-0,203	-0,149	-0,058	-0,211	-0,003	-0,108	0,257	0,034	0,235	0,191	0,396	0,267	-0,040	-0,060	0,700	0,362	-0,080	0,206	0,221	0,362	0,224	0,411	-0,177	1,000	0,613	0,208
Son.VL	-0,379	0,136	-0,111	-0,284	-0,086	-0,012	0,353	-0,058	0,185	-0,041	0,166	0,316	0,035	0,074	0,399	0,589	0,013	0,165	0,180	0,101	0,341	0,393	0,028	0,613	1,000	0,073
Supp	-0,143	-0,072	-0,022	-0,373	0,100	-0,211	0,265	0,230	-0,035	-0,198	-0,023	-0,033	0,026	0,003	0,133	-0,109	-0,141	0,185	-0,101	-0,122	0,111	0,124	-0,036	0,208	0,073	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,230	0,578	0,001	0,193	0,288	0,670	0,490	0,899	0,787	0,730	0,996	0,294	0,390	0,480	0,015	0,267	0,700	0,662	0,832	0,560	0,756	0,598	0,208	0,016	0,380
Adeq	0,230	1,000	0,607	0,389	0,417	0,258	0,255	0,536	0,186	0,958	0,264	0,663	0,893	0,393	0,284	0,991	0,986	0,104	0,613	0,892	0,422	0,659	0,037	0,360	0,402	0,660
Ag.Gl	0,578	0,607	1,000	0,967	0,002	0,224	0,154	0,366	0,451	0,630	0,519	0,886	0,721	0,860	0,919	0,991	0,001	0,412	0,030	0,663	0,601	0,919	0,406	0,724	0,496	0,894
Ag.Air	0,001	0,389	0,967	1,000	0,064	0,613	0,205	0,575	0,185	0,049	0,239	0,649	0,927	0,247	0,692	0,771	0,461	0,076	0,687	0,705	0,755	0,643	0,196	0,191	0,076	0,018
Ag.Vis	0,193	0,417	0,002	0,064	1,000	0,445	0,379	0,581	0,419	0,767	0,794	0,853	0,068	0,681	0,474	0,595	0,102	0,342	0,110	0,724	0,866	0,817	0,133	0,986	0,596	0,538
Anim	0,288	0,258	0,224	0,613	0,445	1,000	0,658	0,206	0,984	0,008	0,473	0,975	0,177	0,651	0,149	0,349	0,001	0,556	0,050	0,755	0,589	0,433	0,373	0,506	0,940	0,191
Dyn	0,670	0,255	0,154	0,205	0,379	0,658	1,000	0,578	0,753	0,844	0,727	0,722	0,188	0,595	0,397	0,868	0,262	0,715	0,018	0,420	0,652	0,094	0,062	0,109	0,026	0,098
Env	0,490	0,536	0,366	0,575	0,581	0,206	0,578	1,000	0,700	0,207	0,483	0,287	0,861	0,667	0,767	0,139	0,152	0,762	0,449	0,260	0,095	0,950	0,557	0,833	0,722	0,154
Pres.Act	0,899	0,186	0,451	0,185	0,419	0,984	0,753	0,700	1,000	0,191	0,994	0,382	0,225	0,734	0,411	0,783	0,916	0,000	0,072	0,589	0,314	0,825	0,986	0,144	0,253	0,829
Pres.Hum	0,787	0,958	0,630	0,049	0,767	0,008	0,844	0,207	0,191	1,000	0,426	0,347	0,802	0,192	0,521	0,723	0,038	0,147	0,000	0,477	0,693	0,637	0,349	0,238	0,803	0,220
Pres.Klax	0,730	0,264	0,519	0,239	0,794	0,473	0,727	0,483	0,994	0,426	1,000	0,007	0,528	0,023	0,001	0,562	0,868	0,746	0,725	0,000	0,005	0,954	0,168	0,011	0,307	0,890
Pres.Mob	0,996	0,663	0,886	0,649	0,853	0,975	0,722	0,287	0,382	0,347	0,007	1,000	0,921	0,151	0,012	0,382	0,639	0,403	0,586	0,044	0,000	0,487	0,267	0,095	0,047	0,838
Pres.Nat	0,294	0,893	0,721	0,927	0,068	0,177	0,188	0,861	0,225	0,802	0,528	0,921	1,000	0,736	0,865	0,810	0,575	0,191	0,449	0,632	0,762	0,002	0,859	0,805	0,832	0,875
Pres.Ois	0,390	0,393	0,860	0,247	0,681	0,651	0,595	0,667	0,734	0,192	0,023	0,151	0,736	1,000	0,273	0,009	0,476	0,587	0,816	0,061	0,648	0,971	0,000	0,714	0,651	0,984
Pres.PL	0,480	0,284	0,919	0,692	0,474	0,149	0,397	0,767	0,411	0,521	0,001	0,012	0,865	0,273	1,000	0,030	0,781	0,708	0,518	0,042	0,036	0,095	0,431	0,000	0,011	0,414
Pres.VL	0,015	0,991	0,991	0,771	0,595	0,349	0,868	0,139	0,783	0,723	0,562	0,382	0,810	0,009	0,030	1,000	0,553	0,952	0,562	0,814	0,220	0,198	0,529	0,022	0,000	0,504
Sil	0,267	0,986	0,461	0,102	0,001	0,262	0,152	0,038	0,868	0,639	0,476	0,865	0,921	0,151	0,012	0,382	1,000	0,289	0,000	0,216	0,430	0,386	0,109	0,625	0,937	0,384
Son.Act	0,700	0,104	0,412	0,076	0,342	0,556	0,715	0,762	0,000	0,147	0,746	0,403	0,191	0,587	0,708	0,952	0,289	1,000	0,022	0,947	0,335	0,802	0,766	0,202	0,310	0,252
Son.Hum	0,662	0,613	0,030	0,687	0,110	0,050	0,018	0,449	0,072	0,000	0,725	0,586	0,449	0,816	0,518	0,562	0,000	0,022	1,000	0,608	0,410	0,234	0,655	0,170	0,267	0,534
Son.Klax	0,832	0,892	0,663	0,705	0,724	0,755	0,420	0,260	0,589	0,477	0,000	0,044	0,632	0,061	0,042	0,814	0,216	0,947	0,608	1,000	0,008	0,609	0,310	0,022	0,537	0,453
Son.Mob	0,560	0,422	0,601	0,755	0,866	0,589	0,652	0,095	0,314	0,693	0,005	0,000	0,762	0,648	0,036	0,220	0,430	0,335	0,410	0,008	1,000	0,740	0,503	0,165	0,031	0,497
Son.Nat	0,756	0,659	0,919	0,643	0,817	0,433	0,094	0,950	0,825	0,637	0,954	0,487	0,002	0,971	0,095	0,198	0,386	0,802	0,234	0,609	0,740	1,000	0,501	0,008	0,012	0,446
Son.Ois	0,598	0,037	0,406	0,196	0,133	0,373	0,062	0,557	0,986	0,349	0,168	0,267	0,859	0,000	0,431	0,529	0,109	0,766	0,655	0,310	0,503	0,501	1,000	0,275	0,863	0,826
Son.PL	0,208	0,360	0,724	0,191	0,986	0,506	0,109	0,833	0,144	0,238	0,011	0,095	0,805	0,714	0,000	0,022	0,625	0,202	0,170	0,022	0,165	0,008	0,275	1,000	0,000	0,198
Son.VL	0,016	0,402	0,496	0,076	0,596	0,940	0,026	0,722	0,253	0,803	0,307	0,047	0,832	0,651	0,011	0,000	0,937	0,310	0,267	0,537	0,031	0,012	0,863	0,000	1,000	0,653
Supp	0,380	0,660	0,894	0,018	0,538	0,191	0,098	0,154	0,829	0,220	0,890	0,838	0,875	0,984	0,414	0,504	0,384	0,252	0,534	0,453	0,497	0,446	0,826	0,198	0,653	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION COTE BOULEVARD (TBLVL)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,383	0,682	0,075	0,260	-0,109	0,052	-0,326	0,345	0,273	-0,070	0,069	0,227	-0,159	0,237	-0,081	0,629	0,347	0,385	-0,070	0,136	0,094	-0,151	0,381	0,020	-0,296
Adeq	0,383	1,000	0,333	0,264	0,116	-0,403	-0,075	-0,146	0,093	0,033	0,147	0,142	0,030	0,084	-0,247	0,132	0,417	0,091	0,119	0,097	0,020	-0,131	0,142	-0,091	-0,272	-0,084
Ag.Gl	0,682	0,333	1,000	0,121	0,488	-0,139	-0,136	-0,044	0,456	0,284	0,102	-0,088	0,008	-0,186	0,018	0,038	0,458	0,446	0,411	0,036	0,024	0,153	-0,154	0,150	-0,086	-0,373
Ag.Air	0,075	0,264	0,121	1,000	0,321	0,029	-0,216	-0,006	0,025	-0,127	0,077	0,109	0,006	-0,320	-0,352	0,050	0,079	0,005	0,104	-0,017	0,121	0,086	-0,119	-0,112	-0,179	0,060
Ag.Vis	0,260	0,116	0,488	0,321	1,000	-0,070	-0,165	0,282	0,189	0,134	0,240	-0,079	-0,154	-0,180	-0,100	-0,021	0,127	0,163	0,192	0,159	0,214	-0,076	-0,064	-0,026	0,000	-0,161
Anim	-0,109	-0,403	-0,139	0,029	-0,070	1,000	-0,249	-0,044	-0,067	0,154	-0,162	0,179	-0,022	0,085	0,185	0,060	-0,174	-0,055	-0,193	0,180	0,114	0,104	0,067	0,332	-0,478
Dyn	0,052	-0,075	-0,136	-0,216	-0,165	-0,249	1,000	-0,249	-0,184	-0,030	0,051	-0,246	-0,018	-0,267	-0,072	-0,198	-0,079	-0,151	-0,134	-0,122	-0,405	-0,081	-0,250	-0,048	0,068	0,402
Env	-0,326	-0,146	-0,044	-0,006	0,282	-0,044	-0,249	1,000	0,163	-0,102	0,183	0,154	-0,178	0,197	-0,062	0,026	-0,152	0,175	-0,013	0,375	0,198	-0,086	0,173	0,027	-0,107	-0,011
Pres.Act	0,345	0,093	0,456	0,025	0,189	-0,067	-0,184	0,163	1,000	0,277	-0,110	0,210	-0,023	-0,039	-0,033	0,154	0,276	0,933	0,347	0,216	0,317	0,015	-0,091	0,282	-0,011	-0,186
Pres.Hum	0,273	0,033	0,284	-0,127	0,134	0,154	-0,030	-0,102	0,277	1,000	-0,208	0,291	0,173	0,136	0,394	0,074	0,081	0,161	0,727	-0,160	0,299	0,254	-0,184	0,322	0,012	-0,282
Pres.Klax	-0,070	0,147	0,102	0,077	0,240	-0,162	0,051	0,183	-0,110	-0,208	1,000	0,010	-0,087	-0,039	-0,171	0,336	-0,142	-0,083	-0,181	0,706	-0,052	0,013	0,223	-0,161	0,103	0,084
Pres.Mob	0,069	0,142	-0,088	0,109	-0,079	0,179	-0,246	0,154	0,210	0,291	0,010	1,000	-0,191	0,404	0,115	0,067	0,188	0,183	0,196	0,037	0,785	-0,148	0,228	0,374	-0,069	-0,173
Pres.Nat	0,227	0,030	0,008	0,006	-0,154	-0,022	-0,018	-0,178	-0,023	0,173	-0,087	-0,191	1,000	-0,225	0,074	-0,127	0,123	-0,045	0,202	0,012	-0,115	0,712	-0,260	-0,023	0,052	0,002
Pres.Ois	-0,159	0,084	-0,186	-0,320	-0,180	0,085	-0,267	0,197	-0,039	0,136	-0,039	0,404	-0,225	1,000	0,301	0,204	0,082	0,098	0,158	0,207	0,286	-0,191	0,713	0,026	0,000	-0,195
Pres.PL	0,237	-0,247	0,018	-0,352	-0,100	0,185	-0,072	-0,062	-0,033	0,394	-0,171	0,115	0,074	0,301	1,000	-0,117	0,127	0,003	0,324	-0,124	0,212	0,034	0,036	0,683	0,165	-0,180
Pres.VL	-0,081	0,132	0,038	0,050	-0,021	0,060	-0,198	0,026	0,154	0,074	0,336	0,067	-0,127	0,204	-0,117	1,000	-0,298	0,165	0,151	0,392	-0,139	0,149	0,160	-0,123	0,231	-0,347
Sil	0,629	0,417	0,458	0,079	0,127	-0,174	-0,079	-0,152	0,276	0,081	-0,142	0,188	0,123	0,082	0,127	-0,298	1,000	0,279	0,244	-0,085	0,229	-0,061	0,095	0,269	-0,237	0,102
Son.Act	0,347	0,091	0,446	0,005	0,163	-0,055	-0,151	0,175	0,933	0,161	-0,083	0,183	-0,045	0,098	0,003	0,165	0,279	1,000	0,288	0,295	0,315	-0,002	-0,001	0,250	0,078	-0,211
Son.Hum	0,385	0,119	0,411	0,104	0,192	-0,060	-0,134	-0,013	0,347	0,727	-0,181	0,196	0,202	0,158	0,324	0,151	0,244	0,288	1,000	0,109	0,184	0,279	-0,109	0,694	0,053	-0,308
Son.Klax	-0,070	0,097	0,036	-0,017	0,159	-0,193	-0,122	0,375	0,216	-0,160	0,706	0,037	0,012	0,207	-0,124	0,392	-0,085	0,295	-0,109	1,000	0,032	-0,020	0,175	-0,119	0,045	-0,007
Son.Mob	0,136	0,020	0,024	0,214	0,180	-0,405	0,198	0,317	0,299	-0,052	0,785	-0,115	0,286	0,212	-0,139	0,229	0,315	0,184	0,032	1,000	-0,079	0,140	0,475	0,059	0,149	-0,203
Son.Nat	0,094	-0,131	0,153	0,086	-0,076	0,114	-0,081	-0,086	0,015	0,254	0,013	-0,148	0,712	-0,191	0,034	0,149	-0,061	-0,002	0,279	-0,020	-0,079	1,000	-0,215	-0,019	0,003	-0,203
Son.Ois	-0,151	0,142	-0,154	-0,119	-0,064	0,104	-0,230	0,173	-0,091	-0,184	0,223	0,228	-0,260	0,713	0,036	0,160	0,095	-0,001	-0,109	0,175	0,140	-0,215	1,000	-0,101	0,047	-0,111
Son.PL	0,381	-0,091	0,150	-0,112	-0,026	0,067	-0,048	0,027	0,282	0,322	-0,161	0,374	-0,023	0,026	0,683	-0,123	0,269	0,250	0,248	-0,119	0,475	-0,019	-0,101	1,000	-0,009	-0,168
Son.VL	0,020	-0,272	-0,086	-0,179	0,000	0,332	0,068	-0,107	-0,011	0,012	0,103	-0,069	0,052	0,000	0,165	0,231	-0,237	0,078	0,053	0,045	0,059	0,003	0,047	-0,009	1,000	-0,194
Supp	-0,296	-0,084	-0,373	0,060	-0,161	-0,478	0,402	-0,011	-0,186	-0,282	0,084	-0,173	0,002	-0,195	-0,180	-0,347	0,102	-0,211	-0,308	-0,007	-0,191	-0,203	-0,111	-0,168	-0,194	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,015	0,000	0,646	0,105	0,504	0,751	0,040	0,029	0,088	0,667	0,672	0,159	0,328	0,141	0,619	0,000	0,028	0,014	0,668	0,404	0,566	0,351	0,015	0,904	0,064
Adeq	1,000	0,036	0,100	0,478	0,010	0,647	0,369	0,569	0,839	0,366	0,382	0,854	0,606	0,124	0,415	0,008	0,578	0,465	0,904	0,420	0,383	0,576	0,089	0,606
Ag.Gl	0,000	0,036	1,000	0,457	0,001	0,394	0,402	0,789	0,003	0,076	0,529	0,591	0,963	0,250	0,914	0,814	0,003	0,004	0,008	0,824	0,886	0,347	0,342	0,357	0,599	0,018
Ag.Air	0,646	0,100	0,457	1,000	0,044	0,857	0,182	0,971	0,881	0,434	0,638	0,502	0,970	0,044	0,026	0,759	0,628	0,976	0,522	0,919	0,458	0,596	0,466	0,491	0,268	0,714
Ag.Vis	0,105	0,478	0,001	0,044	1,000	0,669	0,309	0,078	0,242	0,409	0,136	0,628	0,343	0,267	0,540	0,899	0,435	0,314	0,236	0,326	0,185	0,642	0,694	0,872	1,000	0,322
Anim	0,504	0,010	0,394	0,857	0,669	1,000	0,121	0,786	0,681	0,342	0,316	0,269	0,895	0,604	0,253	0,714	0,283	0,736	0,714	0,234	0,266	0,483	0,522	0,682	0,037	0,002
Dyn	0,751	0,647	0,402	0,182	0,309	0,121	1,000	0,121	0,257	0,852	0,756	0,126	0,915	0,096	0,658	0,220	0,627	0,352	0,409	0,455	0,010	0,619	0,120	0,770	0,679	0,010
Env	0,040	0,369	0,789	0,971	0,078	0,786	0,121	1,000	0,315	0,529	0,258	0,344	0,272	0,222	0,704	0,876	0,350	0,279	0,934	0,017	0,220	0,600	0,285	0,868	0,510	0,947
Pres.Act	0,029	0,569	0,003	0,881	0,242	0,681	0,257	0,315	1,000	0,083	0,498	0,193	0,890	0,811	0,841	0,341	0,085	0,000	0,028	0,181	0,047	0,929	0,577	0,078	0,946	0,251
Pres.Hum	0,088	0,839	0,076	0,434	0,409	0,342	0,852	0,529	0,083	1,000	0,198	0,068	0,287	0,403	0,012	0,652	0,618	0,322	0,000	0,324	0,061	0,114	0,236	0,043	0,943	0,078
Pres.Klax	0,667	0,366	0,529	0,638	0,136	0,316	0,756	0,258	0,498	0,198	1,000	0,951	0,594	0,809	0,292	0,034	0,382	0,246	0,263	0,000	0,751	0,935	0,320	0,527	0,320	0,607
Pres.Mob	0,672	0,382	0,591	0,502	0,628	0,269	0,126	0,344	0,193	0,068	0,951	1,000	0,239	0,010	0,478	0,683	0,246	0,258	0,225	0,820	0,000	0,361	0,157	0,018	0,670	0,286
Pres.Nat	0,159	0,854	0,963	0,970	0,343	0,895	0,915	0,272	0,890	0,287	0,594	0,239	1,000	0,162	0,651	0,436	0,448	0,784	0,212	0,942	0,481	0,000	0,105	0,887	0,750	0,989
Pres.Ois	0,328	0,606	0,250	0,044	0,267	0,604	0,096	0,222	0,811	0,403	0,809	0,010	0,162	1,000	0,059	0,206	0,617	0,545	0,331	0,201	0,074	0,237	0,000	0,873	0,998	0,228
Pres.PL	0,141	0,124	0,914	0,026	0,540	0,253	0,658	0,704	0,841	0,012	0,292	0,478	0,651	0,059	1,000	0,471	0,435	0,985	0,041	0,444	0,189	0,833	0,825	0,000	0,310	0,266
Pres.VL	0,619	0,415	0,814	0,759	0,899	0,714	0,220	0,876	0,341	0,652	0,034	0,683	0,436	0,206	0,471	1,000	0,062	0,308	0,353	0,012	0,391	0,360	0,324	0,451	0,152	0,028
Sil	0,000	0,008	0,003	0,628	0,435	0,283	0,627	0,350	0,085	0,618	0,382	0,246	0,448	0,617	0,435	0,062	1,000	0,081	0,129	0,600	0,154	0,707	0,558	0,018	0,887	0,533
Son.Act	0,028	0,578	0,004	0,976	0,314	0,736	0,352	0,279	0,000	0,322	0,610	0,258	0,784	0,545	0,985	0,308	0,081	1,000	0,071	0,065	0,048	0,990	0,996	0,121	0,630	0,192
Son.Hum	0,014	0,465	0,008	0,522	0,236	0,714	0,409	0,934	0,028	0,000	0,263	0,225	0,212	0,331	0,041	0,353	0,129	0,071	1,000	0,503	0,256	0,081	0,502	0,122	0,744	0,053
Son.Klax	0,668	0,553	0,824	0,919	0,326	0,234	0,455	0,017	0,181	0,324	0,000	0,820	0,942	0,201	0,444	0,012	0,600	0,065	0,503	1,000	0,845	0,903	0,281	0,464	0,783	0,967
Son.Mob	0,404	0,904	0,886	0,458	0,185	0,266	0,010	0,220	0,047	0,061	0,751	0,000	0,481	0,074	0,189	0,391	0,154	0,048	0,256	0,845	1,000	0,627	0,390	0,002	0,719	0,239
Son.Nat	0,566	0,420	0,347	0,596	0,642	0,483	0,619	0,600	0,929	0,114	0,935	0,361	0,000	0,237	0,833	0,360	0,707	0,990	0,081	0,903	0,627	1,000	0,182	0,908	0,984	0,209
Son.Ois	0,351	0,383	0,342	0,466	0,694	0,522	0,120	0,285	0,577	0,256	0,167	0,157	0,105	0,000	0,825	0,324	0,558	0,996	0,502	0,281	0,390	0,182	1,000	0,534	0,775	0,495
Son.PL	0,015	0,576	0,357	0,491	0,872	0,682	0,770	0,868	0,078	0,043	0,320	0,018	0,887	0,873	0,000	0,451	0,093	0,121	0,122	0,464	0,002	0,908	0,534	1,000	0,956	0,301
Son.VL	0,904	0,089	0,599	0,268	1,000	0,037	0,679	0,510	0,946	0,943	0,527	0,670	0,750	0,998	0,310	0,152	0,142	0,630	0,744	0,783	0,719	0,984	0,775	0,956	1,000	0,229
Supp	0,064	0,606	0,018	0,714	0,322	0,002	0,010	0,947	0,251	0,078	0,607	0,286	0,989	0,228	0,266	0,028	0,533	0,192	0,053	0,967	0,239	0,209	0,495	0,301	0,229	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – BOULEVARD A LYON (BLVL)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Ag.Son	1,000	0,341	0,343	0,420	0,457	-0,002	-0,118	0,000	-0,092	-0,216	0,225	-0,048	-0,174	0,062	0,003	-0,291	0,516	-0,100	0,128	-0,146	-0,054	-0,214	0,146	-0,160	-0,361	0,242
Adeq	0,341	1,000	0,526	0,217	0,443	0,156	-0,066	0,217	0,129	-0,156	-0,063	-0,013	-0,286	-0,015	-0,029	-0,240	0,182	0,154	0,139	-0,074	-0,016	-0,208	0,116	0,007	-0,185	0,283
Ag.Gl	0,343	0,526	1,000	0,463	0,568	-0,125	-0,234	-0,147	-0,023	-0,141	-0,139	-0,248	-0,202	0,021	-0,261	-0,483	0,374	-0,055	0,004	-0,184	-0,041	-0,218	-0,002	-0,347	-0,126	0,113
Ag.Air	0,420	0,217	0,463	1,000	0,560	0,095	-0,263	-0,226	0,048	-0,358	-0,140	-0,350	-0,076	-0,069	-0,179	-0,287	0,222	-0,054	-0,112	-0,262	-0,119	-0,054	0,123	-0,233	-0,174	-0,087
Ag.Vis	0,457	0,443	0,568	0,560	1,000	0,176	-0,447	0,027	0,106	-0,258	-0,040	-0,254	-0,324	-0,170	-0,234	-0,403	0,168	0,092	0,031	-0,101	-0,104	-0,285	0,029	-0,310	-0,216	0,167
Anim	-0,002	0,156	-0,125	0,095	0,176	1,000	0,000	0,209	-0,122	0,189	-0,091	0,259	0,072	-0,030	-0,130	0,030	-0,101	-0,086	0,226	0,064	0,178	0,116	0,074	-0,029	-0,035	0,047
Dyn	-0,118	-0,066	-0,234	-0,263	-0,447	0,000	1,000	0,021	0,119	0,001	-0,030	0,271	0,294	0,071	0,022	0,039	0,073	0,167	0,091	-0,070	0,104	0,270	0,043	0,071	0,127	0,097
Env	0,000	0,217	-0,147	-0,226	0,027	0,209	0,021	1,000	0,178	0,167	-0,082	0,048	0,015	-0,025	0,231	0,059	-0,019	0,134	0,120	0,047	-0,041	0,282	-0,026	0,218	-0,155	0,155
Pres.Act	-0,092	0,129	-0,023	0,048	0,106	-0,122	0,119	0,178	1,000	-0,360	0,054	0,062	-0,166	0,037	0,446	0,033	-0,199	0,892	-0,267	0,020	-0,064	-0,162	0,155	0,242	0,103	-0,039
Pres.Hum	-0,216	-0,156	-0,141	-0,358	-0,258	0,189	0,001	0,167	-0,360	1,000	0,269	0,220	0,319	0,237	0,175	0,195	0,146	-0,372	0,297	0,170	0,002	0,209	-0,153	0,172	0,276	-0,128
Pres.Klax	0,225	-0,063	-0,139	-0,140	-0,040	-0,091	-0,030	-0,082	0,054	0,269	1,000	0,289	-0,077	0,087	0,490	0,102	0,071	-0,031	0,200	0,588	0,084	-0,276	-0,044	0,182	0,250	-0,084
Pres.Mob	-0,048	-0,013	-0,248	-0,350	-0,254	0,259	0,271	0,048	0,062	0,220	0,289	1,000	0,140	0,207	0,340	-0,057	0,135	0,202	0,140	0,326	0,694	-0,016	0,064	0,320	0,153	-0,017
Pres.Nat	-0,174	-0,286	-0,202	-0,076	-0,324	0,072	0,294	0,015	-0,166	0,319	-0,077	0,140	1,000	-0,024	-0,023	0,202	-0,076	-0,199	0,149	-0,093	0,006	0,762	-0,018	0,122	0,155	-0,066
Pres.Ois	0,062	-0,015	0,021	-0,069	-0,170	-0,030	0,071	-0,025	0,037	0,237	0,087	0,207	-0,024	1,000	-0,009	-0,027	0,270	0,065	-0,059	-0,133	-0,070	-0,171	0,514	-0,166	-0,024	-0,040
Pres.PL	0,003	-0,029	-0,261	-0,179	-0,234	-0,130	0,022	0,231	0,446	0,175	0,490	0,340	-0,023	-0,009	1,000	0,278	0,024	0,396	0,303	0,129	-0,045	-0,036	0,687	0,261	-0,144	
Pres.VL	-0,291	-0,240	-0,483	-0,287	-0,403	0,030	0,039	0,059	0,033	0,195	0,102	-0,057	0,202	-0,027	0,278	1,000	-0,437	0,011	-0,060	-0,021	-0,371	0,119	0,015	0,323	0,304	-0,272
Sil	0,516	0,182	0,374	0,222	0,168	-0,101	0,073	-0,019	-0,199	0,146	0,071	0,135	-0,076	0,270	0,024	-0,437	1,000	-0,152	-0,030	-0,102	0,213	-0,180	-0,123	-0,111	-0,309	0,169
Son.Act	-0,100	0,154	-0,055	-0,054	0,092	-0,086	0,167	0,134	0,892	-0,372	-0,031	0,202	-0,199	0,065	0,396	0,011	-0,152	1,000	-0,215	-0,022	0,007	-0,194	0,233	0,239	0,089	-0,038
Son.Hum	0,128	0,139	0,004	-0,112	0,031	0,226	0,091	0,120	-0,267	0,297	0,200	0,140	0,149	-0,059	-0,169	-0,060	-0,030	-0,215	1,000	-0,069	0,183	0,268	0,107	-0,058	0,044	0,147
Son.Klax	-0,146	-0,074	-0,184	-0,262	-0,101	0,064	-0,070	0,047	0,020	0,170	0,588	0,326	-0,093	-0,133	0,303	-0,021	-0,102	-0,022	-0,069	1,000	0,273	-0,214	-0,112	0,268	0,336	-0,091
Son.Mob	-0,054	-0,016	-0,041	-0,119	-0,104	0,178	0,104	-0,041	-0,064	0,002	0,084	0,694	0,006	-0,070	0,129	-0,371	0,213	0,007	0,183	0,273	1,000	-0,005	-0,111	0,175	0,017	-0,007
Son.Nat	-0,214	-0,208	-0,218	-0,054	-0,285	0,116	0,270	0,282	-0,162	0,209	-0,276	-0,016	0,762	-0,171	-0,045	0,119	-0,180	-0,194	0,268	-0,214	-0,005	1,000	-0,015	0,196	0,105	0,054
Son.Ois	0,146	0,116	-0,002	0,123	0,029	0,074	0,043	-0,026	0,155	-0,153	-0,044	0,064	-0,018	0,514	-0,036	0,015	-0,123	0,233	0,107	-0,112	-0,111	-0,015	1,000	-0,044	0,137	0,090
Son.PL	-0,160	0,007	-0,347	-0,233	-0,310	-0,029	0,071	0,218	0,242	0,172	0,182	0,320	0,122	-0,166	0,687	0,323	-0,111	0,239	-0,058	0,268	0,175	0,196	-0,044	1,000	0,221	-0,150
Son.VL	-0,361	-0,185	-0,126	-0,174	-0,216	-0,035	0,127	-0,155	0,103	0,276	0,250	0,153	0,155	-0,024	0,261	0,304	-0,309	0,089	0,044	0,336	0,017	0,105	0,137	0,221	1,000	-0,175
Sup	0,242	0,283	0,113	-0,087	0,167	0,047	0,097	0,155	-0,039	-0,128	-0,084	-0,017	-0,066	-0,040	-0,144	-0,272	0,169	-0,038	0,147	-0,091	-0,007	0,054	0,090	-0,150	-0,175	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Ag.Son	1,000	0,031	0,030	0,007	0,003	0,988	0,468	0,999	0,573	0,180	0,163	0,768	0,283	0,704	0,986	0,069	0,001	0,538	0,433	0,367	0,739	0,184	0,368	0,323	0,022	0,133
Adeq	0,031	1,000	0,000	0,178	0,004	0,338	0,684	0,179	0,426	0,337	0,700	0,936	0,074	0,925	0,858	0,136	0,261	0,344	0,392	0,648	0,924	0,199	0,478	0,965	0,254	0,077
Ag.Gl	0,030	0,000	1,000	0,003	0,000	0,442	0,146	0,365	0,890	0,384	0,391	0,123	0,211	0,900	0,104	0,002	0,017	0,737	0,982	0,256	0,800	0,176	0,990	0,028	0,440	0,486
Ag.Air	0,007	0,178	0,003	1,000	0,000	0,561	0,102	0,161	0,769	0,023	0,389	0,027	0,641	0,673	0,268	0,073	0,169	0,741	0,492	0,103	0,464	0,738	0,449	0,147	0,283	0,593
Ag.Vis	0,003	0,004	0,000	0,000	1,000	0,278	0,004	0,868	0,516	0,108	0,808	0,114	0,041	0,294	0,146	0,010	0,299	0,573	0,848	0,534	0,523	0,075	0,861	0,052	0,180	0,304
Anim	0,988	0,338	0,442	0,561	0,278	1,000	0,999	0,195	0,453	0,243	0,577	0,107	0,657	0,855	0,425	0,855	0,537	0,596	0,161	0,695	0,271	0,477	0,649	0,861	0,831	0,775
Dyn	0,468	0,684	0,146	0,102	0,004	0,999	1,000	0,898	0,465	0,996	0,853	0,090	0,065	0,664	0,892	0,809	0,654	0,303	0,575	0,669	0,522	0,092	0,791	0,665	0,433	0,552
Env	0,999	0,179	0,365	0,161	0,868	0,195	0,898	1,000	0,272	0,304	0,614	0,768	0,928	0,877	0,151	0,719	0,907	0,409	0,459	0,772	0,800	0,078	0,875	0,177	0,339	0,339
Pres.Act	0,573	0,426	0,890	0,769	0,516	0,453	0,465	0,272	1,000	0,022	0,742	0,704	0,305	0,820	0,004	0,842	0,218	0,000	0,096	0,903	0,693	0,317	0,338	0,132	0,527	0,813
Pres.Hum	0,180	0,337	0,384	0,023	0,108	0,243	0,996	0,304	0,022	1,000	0,093	0,173	0,045	0,142	0,280	0,228	0,370	0,018	0,063	0,294	0,990	0,196	0,346	0,289	0,085	0,430
Pres.Klax	0,163	0,700	0,391	0,389	0,808	0,577	0,853	0,614	0,742	0,093	1,000	0,071	0,637	0,593	0,001	0,532	0,661	0,852	0,217	0,000	0,607	0,084	0,788	0,260	0,120	0,608
Pres.Mob	0,768	0,936	0,123	0,027	0,114	0,107	0,090	0,768	0,704	0,173	0,071	1,000	0,390	0,199	0,032	0,729	0,406	0,211	0,390	0,040	0,000	0,922	0,693	0,044	0,346	0,915
Pres.Nat	0,283	0,074	0,211	0,641	0,041	0,657	0,065	0,928	0,305	0,045	0,637	0,390	1,000	0,884	0,887	0,212	0,642	0,218	0,359	0,569	0,969	0,000	0,912	0,452	0,339	0,685
Pres.Ois	0,704	0,925	0,900	0,673	0,294	0,855	0,664	0,877	0,820	0,142	0,593	0,199	0,884	1,000	0,956	0,869	0,092	0,692	0,719	0,414	0,668	0,292	0,001	0,306	0,884	0,805
Pres.PL	0,986	0,858	0,104	0,268	0,146	0,425	0,892	0,151	0,892	0,280	0,001	0,032	0,887	0,956	1,000	0,083	0,885	0,011	0,298	0,057	0,428	0,781	0,826	0,000	0,104	0,374
Pres.VL	0,069	0,136	0,002	0,073	0,010	0,855	0,809	0,719	0,842	0,228	0,532	0,729	0,032	0,869	0,083	1,000	0,005	0,947	0,714	0,897	0,018	0,464	0,929	0,042	0,056	0,089
Sil	0,001	0,261	0,017	0,169	0,299	0,537	0,654	0,907	0,218	0,370	0,661	0,406	0,885	0,092	0,885	0,005	1,000	0,349	0,853	0,532	0,187	0,265	0,450	0,494	0,053	0,298
Son.Act	0,538	0,344	0,737	0,741	0,573	0,596	0,303	0,409	0,000	0,018	0,852	0,211	0,218	0,692	0,011	0,947	0,349	1,000	0,183	0,892	0,968	0,229	0,148	0,137	0,584	0,816
Son.Hum	0,433	0,392	0,982	0,492	0,848	0,161	0,575	0,459	0,096	0,063	0,217	0,390	0,359	0,719	0,298	0,714	0,853	0,183	1,000	0,672	0,259	0,094	0,512	0,724	0,787	0,365
Son.Klax	0,367	0,648	0,256	0,103	0,534	0,695	0,669	0,772	0,903	0,294	0,000	0,040	0,569	0,414	0,057	0,897	0,532	0,892	0,672	1,000	0,088	0,185	0,491	0,095	0,034	0,577
Son.Mob	0,739	0,924	0,800	0,464	0,523	0,271	0,522	0,800	0,693	0,990	0,607	0,000	0,969	0,668	0,428	0,018	0,187	0,968	0,259	0,088	1,000	0,978	0,496	0,279	0,916	0,967
Son.Nat	0,184	0,199	0,176	0,738	0,075	0,477	0,092	0,078	0,317	0,196	0,084	0,922	0,000	0,292	0,781	0,464	0,265	0,229	0,094	0,185	0,978	1,000	0,927	0,225	0,521	0,741
Son.Ois	0,368	0,478	0,990	0,449	0,861	0,649	0,791	0,875	0,338	0,346	0,788	0,693	0,912	0,001	0,826	0,929	0,450	0,148	0,512	0,491	0,496	0,927	1,000	0,788	0,401	0,580
Son.PL	0,323	0,965	0,028	0,147	0,052	0,861	0,665	0,177	0,132	0,289	0,260	0,044	0,452	0,306	0,000	0,042	0,494	0,137	0,724	0,095	0,279	0,225	0,788	1,000	0,170	0,356
Son.VL	0,022	0,254	0,440	0,283	0,180	0,831	0,433	0,339	0,527	0,085	0,120	0,346	0,339	0,884	0,104	0,056	0,053	0,584	0,787	0,034	0,916	0,521	0,401	0,170	1,000	0,281
Sup	0,133	0,077	0,486	0,593	0,304	0,775	0,552	0,339	0,813	0,430	0,608	0,915	0,685	0,805	0,374	0,089	0,298	0,816	0,365	0,577	0,967	0,741	0,580	0,356	0,281	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – RUE PIETONNE (PIETON)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Surp
Ag.Son	1,000	0,678	0,527	0,328	0,324	0,247	-0,259	0,285	0,026	0,257	-0,317	-0,290	0,113	0,201	-0,381	-0,483	0,522	-0,161	-0,161	-0,365	-0,116	0,044	0,203	-0,139	-0,224	-0,042
Adeq	0,678	1,000	0,391	0,377	0,261	-0,115	-0,195	0,079	0,180	0,294	-0,391	-0,344	0,105	0,121	-0,531	-0,372	0,453	0,185	0,018	-0,296	-0,156	-0,030	0,125	-0,187	-0,257	-0,211
Ag.Gl	0,527	0,391	1,000	0,442	0,474	0,028	0,054	0,286	0,258	-0,030	-0,337	-0,003	-0,076	0,054	-0,015	-0,393	0,318	0,072	-0,160	-0,512	0,094	-0,105	-0,030	-0,005	-0,193	0,015
Ag.Air	0,328	0,377	0,442	1,000	0,446	-0,019	0,165	0,128	0,239	0,064	-0,330	0,017	0,017	0,063	-0,258	0,072	0,001	0,178	-0,088	-0,271	0,060	-0,107	-0,056	-0,264	-0,272	0,069
Ag.Vis	0,324	0,261	0,474	0,446	1,000	0,202	0,033	0,030	0,046	0,033	-0,308	0,085	-0,078	-0,017	0,143	-0,109	-0,001	0,210	-0,012	-0,224	0,055	-0,215	0,032	0,012	-0,448	-0,128
Anim	0,247	-0,115	0,028	-0,019	0,202	1,000	-0,173	0,153	-0,022	0,014	0,040	0,117	0,103	0,156	0,195	-0,072	-0,126	-0,263	-0,145	0,119	0,040	0,087	0,125	0,165	-0,128	0,044
Dyn	-0,259	-0,195	0,054	0,165	0,033	-0,173	1,000	-0,122	-0,082	-0,213	-0,185	-0,236	0,174	0,144	-0,040	0,200	-0,379	0,205	0,035	-0,170	-0,199	0,175	-0,105	0,035	-0,141	0,363
Env	0,285	0,079	0,286	0,128	0,030	0,153	-0,122	1,000	0,121	0,113	0,176	0,110	0,054	0,180	0,064	-0,193	-0,134	-0,164	0,255	-0,205	-0,066	-0,064	0,262	-0,103	-0,017	0,081
Pres.Act	0,026	0,180	0,258	0,239	0,046	-0,022	-0,082	0,121	1,000	0,088	-0,278	-0,137	0,034	0,173	-0,162	-0,187	0,036	0,444	0,073	-0,333	-0,184	-0,114	0,282	-0,304	-0,128	0,005
Pres.Hum	0,257	0,294	-0,030	0,064	0,033	0,014	-0,213	0,113	0,088	1,000	0,032	0,024	0,002	0,039	-0,264	-0,300	0,164	-0,033	0,343	-0,178	-0,053	-0,017	0,048	-0,347	0,050	-0,023
Pres.Klax	-0,317	-0,391	-0,337	-0,330	-0,308	0,040	-0,185	0,176	-0,278	0,032	1,000	0,284	-0,102	-0,091	0,305	0,077	-0,234	-0,361	0,550	0,298	-0,128	-0,104	0,174	0,074	-0,064
Pres.Mob	-0,290	-0,344	-0,003	0,017	0,085	0,117	-0,236	0,110	-0,137	0,024	0,284	1,000	-0,160	-0,176	0,534	0,363	-0,120	-0,183	0,171	0,831	-0,202	-0,187	0,213	0,397	-0,181
Pres.Nat	0,113	0,105	-0,076	0,017	-0,078	0,103	0,174	0,054	0,034	0,002	-0,102	-0,160	1,000	0,865	-0,120	0,005	-0,085	-0,079	0,082	-0,185	0,680	0,318	-0,135	-0,189	0,055
Pres.Ois	0,201	0,121	0,054	0,063	-0,017	0,156	0,144	0,180	0,173	0,039	-0,091	-0,176	0,865	1,000	-0,085	-0,140	-0,090	-0,070	0,033	-0,016	-0,213	0,533	0,468	-0,118	-0,258	-0,015
Pres.PL	-0,381	-0,531	-0,015	-0,258	0,143	0,195	-0,040	0,064	-0,162	-0,264	0,305	0,534	-0,120	-0,085	1,000	0,226	-0,320	-0,161	0,213	0,322	0,266	-0,128	-0,091	0,571	0,262	-0,054
Pres.VL	-0,483	-0,372	-0,393	0,072	-0,109	-0,072	0,200	-0,193	-0,187	-0,300	0,077	0,363	0,005	-0,140	0,226	1,000	-0,463	-0,187	-0,036	-0,234	0,211	-0,102	-0,200	0,080	0,486	-0,020
Sil	0,522	0,453	0,318	0,001	-0,001	-0,126	-0,379	-0,134	0,036	0,164	-0,234	-0,120	-0,085	-0,090	-0,320	-0,463	1,000	-0,187	-0,248	-0,298	0,115	0,086	0,013	-0,103	-0,028	-0,210
Son.Act	-0,161	0,185	0,072	0,178	0,210	-0,263	0,205	-0,164	0,444	-0,033	-0,361	-0,183	-0,079	-0,070	-0,161	0,186	-0,187	1,000	-0,003	-0,067	-0,093	-0,186	0,172	-0,112	-0,055	0,104
Son.Hum	-0,161	0,018	0,072	0,118	-0,088	-0,012	-0,145	0,035	0,073	0,343	0,132	-0,017	-0,038	0,033	-0,036	-0,234	-0,248	-0,003	1,000	-0,051	-0,161	0,151	-0,051	-0,071	0,123
Son.Klax	-0,365	-0,296	-0,512	-0,271	-0,224	0,119	-0,170	-0,205	-0,333	-0,178	0,550	0,171	0,082	-0,016	0,213	0,322	-0,298	-0,067	-0,051	1,000	0,295	-0,094	-0,080	0,452	-0,042	-0,082
Son.Mob	-0,116	-0,156	0,094	0,060	0,055	0,040	-0,199	-0,066	-0,184	-0,053	0,298	0,831	-0,185	-0,213	0,266	0,211	0,115	-0,093	-0,161	0,295	1,000	-0,227	-0,227	0,292	0,197	-0,177
Son.Nat	0,044	-0,030	-0,105	-0,107	-0,215	0,087	0,175	-0,064	-0,114	-0,017	-0,128	-0,202	0,680	0,533	-0,128	-0,102	0,086	-0,186	-0,051	-0,094	-0,227	1,000	0,251	-0,144	-0,043	0,022
Son.Ois	0,203	0,125	-0,030	-0,056	-0,264	0,012	0,165	0,125	-0,105	0,262	0,282	0,048	-0,104	-0,187	0,318	0,468	-0,091	-0,200	0,013	0,172	0,151	-0,080	-0,227	0,251	1,000	-0,125	0,054	-0,102
Son.PL	-0,139	-0,187	-0,005	-0,264	0,012	0,165	0,035	-0,103	-0,304	-0,347	0,174	0,213	-0,135	-0,118	0,571	0,080	-0,103	-0,112	-0,022	0,452	0,292	-0,144	-0,125	1,000	0,054	-0,053
Son.VL	-0,224	-0,257	-0,193	-0,272	-0,448	-0,128	-0,141	-0,017	-0,128	0,050	0,074	0,397	-0,189	-0,258	0,262	0,486	-0,028	-0,055	-0,071	-0,042	0,197	-0,043	-0,241	0,054	1,000	-0,053
Surp	-0,042	-0,211	0,015	0,069	-0,128	0,044	0,363	0,081	0,005	-0,023	-0,064	-0,181	0,055	-0,015	-0,054	-0,020	-0,210	0,104	0,123	-0,082	-0,177	0,022	-0,149	-0,102	-0,053	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Surp
Ag.Son	1,000	0,000	0,000	0,039	0,041	0,124	0,106	0,075	0,872	0,110	0,046	0,069	0,486	0,213	0,015	0,002	0,001	0,322	0,320	0,020	0,476	0,789	0,208	0,392	0,164	0,799
Adeq	0,000	1,000	0,013	0,016	0,103	0,480	0,227	0,627	0,265	0,066	0,013	0,030	0,518	0,456	0,000	0,018	0,003	0,254	0,910	0,064	0,337	0,853	0,443	0,249	0,109	0,192
Ag.Gl	0,000	0,013	1,000	0,004	0,002	0,864	0,739	0,073	0,107	0,856	0,033	0,984	0,642	0,743	0,925	0,012	0,046	0,660	0,325	0,001	0,563	0,519	0,853	0,978	0,232	0,927
Ag.Air	0,039	0,016	0,004	1,000	0,004	0,906	0,310	0,430	0,137	0,696	0,038	0,919	0,915	0,698	0,107	0,660	0,997	0,272	0,591	0,091	0,713	0,512	0,729	0,100	0,089	0,674
Ag.Vis	0,041	0,103	0,002	0,004	1,000	0,210	0,838	0,855	0,780	0,841	0,053	0,604	0,630	0,918	0,378	0,505	0,997	0,193	0,940	0,165	0,735	0,182	0,843	0,943	0,004	0,431
Anim	0,124	0,480	0,864	0,906	0,210	1,000	0,286	0,346	0,895	0,933	0,806	0,472	0,527	0,335	0,228	0,657	0,440	0,100	0,373	0,466	0,806	0,595	0,443	0,309	0,429	0,787
Dyn	0,106	0,227	0,739	0,310	0,838	0,286	1,000	0,454	0,615	0,186	0,254	0,142	0,283	0,376	0,805	0,217	0,016	0,204	0,832	0,295	0,218	0,281	0,519	0,832	0,386	0,021
Env	0,075	0,627	0,073	0,430	0,855	0,346	0,454	1,000	0,456	0,486	0,277	0,500	0,739	0,266	0,694	0,234	0,410	0,312	0,113	0,205	0,684	0,694	0,102	0,527	0,918	0,621
Pres.Act	0,872	0,265	0,107	0,137	0,780	0,895	0,615	0,456	1,000	0,589	0,083	0,401	0,833	0,286	0,318	0,248	0,823	0,004	0,653	0,036	0,255	0,485	0,078	0,057	0,433	0,976
Pres.Hum	0,110	0,066	0,856	0,696	0,841	0,933	0,186	0,486	0,589	1,000	0,846	0,885	0,991	0,812	0,100	0,060	0,311	0,841	0,030	0,271	0,743	0,919	0,768	0,028	0,759	0,886
Pres.Klax	0,046	0,013	0,033	0,038	0,053	0,806	0,254	0,277	0,083	0,846	1,000	0,076	0,531	0,574	0,056	0,637	0,146	0,022	0,416	0,000	0,061	0,433	0,523	0,282	0,652	0,695
Pres.Mob	0,069	0,030	0,984	0,919	0,604	0,472	0,142	0,500	0,401	0,885	0,076	1,000	0,325	0,278	0,000	0,022	0,462	0,258	0,918	0,293	0,000	0,212	0,247	0,188	0,011	0,263
Pres.Nat	0,486	0,518	0,642	0,915	0,630	0,527	0,283	0,739	0,833	0,991	0,531	0,325	1,000	0,000	0,462	0,974	0,600	0,627	0,817	0,617	0,254	0,000	0,046	0,408	0,244	0,734
Pres.Ois	0,213	0,456	0,743	0,698	0,918	0,335	0,376	0,266	0,286	0,812	0,574	0,278	0,000	1,000	0,603	0,390	0,579	0,669	0,840	0,922	0,186	0,000	0,002	0,470	0,108	0,925
Pres.PL	0,015	0,000	0,925	0,107	0,378	0,228	0,805	0,694	0,318	0,100	0,056	0,000	0,462	0,603	1,000	0,160	0,044	0,321	0,823	0,187	0,098	0,431	0,577	0,000	0,102	0,740
Pres.VL	0,002	0,018	0,012	0,660	0,505	0,657	0,217	0,234	0,248	0,060	0,637	0,022	0,974	0,390	0,160	1,000	0,003	0,252	0,147	0,043	0,191	0,529	0,216	0,625	0,001	0,905
Sil	0,001	0,003	0,046	0,997	0,997	0,440	0,016	0,410	0,823	0,311	0,146	0,462	0,600	0,579	0,044	0,003	1,000	0,248	0,123	0,062	0,482	0,599	0,939	0,529	0,866	0,194
Son.Act	0,322	0,254	0,660	0,272	0,193	0,100	0,204	0,312	0,004	0,841	0,022	0,258	0,627	0,669	0,321	0,252	0,248	1,000	0,986	0,682	0,568	0,252	0,288	0,490	0,734	0,524
Son.Hum	0,320	0,910	0,325	0,591	0,940	0,373	0,832	0,113	0,653	0,030	0,416	0,918	0,817	0,840	0,823	0,147	0,123	0,986	1,000	0,756	0,320	0,753	0,351	0,893	0,665	0,450
Son.Klax	0,020	0,064	0,001	0,091	0,165	0,466	0,295	0,205	0,036	0,271	0,000	0,293	0,617	0,922	0,187	0,043	0,062	0,682	0,756	1,000	0,065	0,624	0,003	0,795	0,613	
Son.Mob	0,476	0,337	0,563	0,713	0,735	0,806	0,218	0,684	0,255	0,743	0,061	0,000	0,254	0,186	0,098	0,191	0,482	0,568	0,320	0,065	1,000	0,160	0,159	0,067	0,222	0,274
Son.Nat	0,789	0,853	0,519	0,512	0,843	0,595	0,281	0,694	0,485	0,919	0,433	0,212	0,000	0,000	0,431	0,529	0,599	0,252	0,753	0,563	0,160	1,000	0,118	0,375	0,794	0,895
Son.Ois	0,208	0,443	0,853	0,729	0,843	0,443	0,519	0,102	0,078	0,768	0,523	0,247	0,046	0,002	0,577	0,216	0,939	0,288	0,351	0,624	0,159	0,118	1,000	0,442	0,135	0,357
Son.PL	0,392	0,249	0,978	0,100	0,943	0,309	0,832	0,527	0,057	0,028	0,282	0,188	0,408	0,470	0,000	0,625	0,529	0,490	0,893	0,003	0,067	0,375	0,442	1,000	0,739	0,531
Son.VL	0,164	0,109	0,232	0,089	0,004	0,429	0,386	0,918	0,433	0,759	0,652	0,011	0,244	0,108	0,102	0,001	0,866	0,734	0,665	0,795	0,222	0,794	0,135	0,739	1,000	0,746
Surp	0,799	0,192	0,927	0,674	0,431	0,787	0,021	0,621	0,976	0,886	0,695	0,263	0,734	0,925	0,740	0,905	0,194	0,524	0,450	0,613	0,274	0,895	0,357	0,531	0,746	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION RUE CIRCULEE (TPIETON)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Susp
Ag.Son	1,000	0,352	0,502	0,562	0,336	0,262	-0,066	0,252	-0,069	0,029	-0,256	-0,116	-0,098	-0,027	-0,106	-0,018	0,356	-0,270	0,072	-0,299	-0,207	-0,145	0,025	-0,344	-0,134	-0,131
Adeq	0,352	1,000	0,231	0,294	0,637	-0,054	-0,002	-0,094	0,052	0,073	-0,114	-0,114	0,003	0,108	-0,003	0,097	0,467	0,111	-0,166	-0,312	-0,263	-0,010	0,094	0,059	-0,074	-0,005
Ag.Gl	0,502	0,231	1,000	0,466	0,276	0,084	-0,065	0,380	-0,094	0,095	-0,386	-0,254	-0,086	0,080	-0,253	-0,051	0,082	-0,178	0,092	-0,338	-0,033	-0,089	0,183	-0,068	0,036	-0,166
Ag.Air	0,562	0,294	0,466	1,000	0,198	0,157	-0,066	0,290	0,057	-0,065	-0,151	-0,034	-0,012	0,058	-0,037	0,054	0,138	-0,100	-0,002	-0,268	-0,091	-0,049	0,327	-0,003	-0,065	-0,254
Ag.Vis	0,336	0,637	0,276	0,198	1,000	0,081	0,089	-0,008	0,045	-0,195	-0,293	-0,374	-0,024	0,019	-0,168	-0,087	0,313	0,102	-0,164	-0,182	-0,452	-0,019	0,070	-0,019	-0,015	0,093
Anim	0,262	-0,054	0,084	0,157	0,081	1,000	0,303	1,000	-0,086	-0,019	-0,066	-0,144	0,061	0,241	-0,184	0,102	-0,260	0,005	0,257	-0,012	-0,091	0,021	0,366	-0,318	-0,074	-0,086
Dyn	-0,066	-0,002	-0,065	-0,066	0,089	0,303	1,000	-0,039	-0,007	-0,012	-0,165	-0,195	0,037	0,100	0,084	-0,116	-0,297	0,222	0,167	0,205	-0,083	-0,047	-0,054	0,123	-0,049	0,284
Env	0,252	-0,094	0,380	0,290	-0,008	-0,158	-0,039	1,000	0,160	0,074	-0,036	-0,056	-0,176	0,010	0,130	-0,117	-0,171	0,036	0,220	0,040	0,148	-0,049	-0,054	0,321	0,021	-0,028
Pres.Act	-0,069	0,052	-0,094	0,057	0,045	-0,086	-0,007	0,160	1,000	0,097	0,313	-0,256	0,238	-0,166	0,275	0,027	-0,074	0,613	0,114	0,123	-0,341	0,219	-0,131	0,062	-0,141	-0,015
Pres.Hum	0,029	0,073	0,095	-0,065	-0,195	-0,019	-0,012	0,074	0,097	1,000	0,246	-0,011	0,105	0,193	0,076	0,104	-0,150	0,086	0,096	0,208	0,227	0,043	0,018	0,113	0,162	0,091
Pres.Klax	-0,256	-0,114	-0,386	-0,151	-0,293	-0,066	0,165	-0,036	0,313	0,246	1,000	0,170	0,073	-0,112	0,675	0,186	-0,315	0,400	0,215	0,720	0,075	0,013	-0,172	0,397	0,008	0,310
Pres.Mob	-0,116	-0,114	-0,254	-0,034	-0,374	-0,144	-0,195	-0,056	-0,256	-0,011	0,170	1,000	0,052	0,078	0,139	0,491	0,016	-0,182	0,159	0,096	0,669	0,047	0,171	0,035	0,424	0,008
Pres.Nat	-0,098	0,003	-0,086	-0,012	-0,024	0,061	0,037	-0,176	0,238	0,105	0,073	0,052	1,000	0,216	-0,082	-0,025	-0,013	0,124	0,276	-0,012	-0,014	0,756	0,026	-0,089	0,016	0,163
Pres.Ois	-0,027	0,108	0,080	0,058	0,019	0,241	0,100	0,010	-0,166	0,193	-0,112	0,078	0,216	1,000	-0,197	0,216	-0,057	0,100	-0,121	-0,040	0,203	0,247	0,579	0,023	0,310	-0,064
Pres.PL	-0,106	-0,003	-0,253	-0,037	-0,168	-0,184	0,084	0,130	0,275	0,076	0,675	0,139	-0,082	-0,197	1,000	0,093	-0,231	0,337	0,189	0,641	0,082	-0,071	-0,205	0,573	0,144	0,334
Pres.VL	-0,018	0,097	-0,051	0,054	-0,087	0,102	-0,116	-0,117	0,027	0,104	0,186	0,491	-0,025	0,216	0,093	1,000	0,188	0,115	-0,059	0,073	0,181	-0,040	0,503	0,156	0,304	0,036
Sil	0,356	0,467	0,082	0,138	0,313	-0,260	-0,297	-0,171	-0,074	-0,150	-0,315	0,016	-0,013	-0,057	-0,231	0,188	1,000	-0,181	-0,425	-0,448	-0,206	-0,049	0,071	-0,170	-0,192	-0,039
Son.Act	-0,270	0,111	-0,178	-0,100	0,102	0,005	0,222	0,036	0,613	0,086	0,400	-0,182	0,124	0,100	0,337	0,115	-0,181	1,000	0,208	0,177	-0,206	0,094	-0,038	0,342	0,031	0,048
Son.Hum	0,072	-0,166	0,092	-0,002	-0,164	0,257	0,167	0,220	0,114	0,096	0,215	0,159	0,276	-0,121	0,189	-0,059	-0,425	0,208	1,000	0,111	0,209	0,260	0,030	-0,007	0,193	0,232
Son.Klax	-0,299	-0,312	-0,338	-0,268	-0,182	-0,012	0,205	0,040	0,123	0,208	0,720	0,096	-0,012	-0,040	0,641	0,073	-0,448	0,177	0,111	1,000	0,226	-0,039	-0,165	0,317	0,196	0,503
Son.Mob	-0,207	-0,263	-0,033	-0,091	-0,452	-0,091	-0,083	0,148	-0,341	0,227	0,075	0,669	-0,014	0,203	0,082	0,181	-0,206	-0,206	0,209	0,226	1,000	0,058	0,286	0,209	0,522	0,060
Son.Nat	-0,145	-0,010	-0,089	-0,049	-0,019	0,021	-0,047	-0,049	0,219	0,043	0,013	0,047	0,756	0,247	-0,071	-0,040	-0,049	0,094	0,260	-0,039	0,058	1,000	0,178	-0,063	0,060	0,208
Son.Ois	0,025	0,094	0,183	0,327	0,070	0,366	-0,054	-0,054	-0,131	0,018	-0,172	0,171	0,026	0,579	-0,205	0,503	0,071	-0,038	0,030	-0,165	0,286	0,178	1,000	0,053	0,300	-0,076
Son.PL	-0,344	0,072	-0,166	0,092	-0,002	-0,164	0,257	0,167	0,220	0,114	0,096	0,215	0,159	0,276	-0,121	0,189	-0,059	-0,425	0,208	1,000	0,111	0,209	0,260	0,030	-0,007	0,193	0,232
Son.VL	-0,134	-0,074	0,036	-0,065	-0,015	-0,074	-0,049	0,021	-0,141	0,162	0,008	0,424	0,016	0,310	0,144	0,304	-0,192	0,031	0,193	0,196	0,522	0,060	0,300	0,275	1,000	0,013
Susp	-0,131	-0,005	-0,166	-0,254	0,093	-0,086	0,284	-0,028	-0,015	0,091	0,310	0,008	0,163	-0,064	0,334	0,036	-0,039	0,048	0,232	0,503	0,060	0,208	-0,076	0,113	0,013	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Susp
Ag.Son	1,000	0,026	0,001	0,000	0,034	0,102	0,684	0,117	0,674	0,858	0,110	0,476	0,549	0,867	0,513	0,911	0,024	0,092	0,659	0,061	0,200	0,372	0,877	0,030	0,411	0,422
Adeq	0,026	1,000	0,152	0,065	0,000	0,740	0,989	0,566	0,748	0,655	0,482	0,482	0,983	0,506	0,987	0,553	0,002	0,496	0,305	0,050	0,101	0,952	0,562	0,718	0,651	0,975
Ag.Gl	0,001	0,152	1,000	0,002	0,085	0,605	0,691	0,016	0,563	0,559	0,014	0,114	0,600	0,623	0,116	0,755	0,614	0,273	0,572	0,033	0,840	0,586	0,258	0,679	0,827	0,306
Ag.Air	0,000	0,065	0,002	1,000	0,221	0,333	0,684	0,070	0,729	0,689	0,351	0,837	0,942	0,721	0,822	0,739	0,397	0,541	0,989	0,094	0,576	0,762	0,040	0,988	0,691	0,114
Ag.Vis	0,034	0,000	0,085	0,221	1,000	0,621	0,584	0,961	0,782	0,228	0,066	0,017	0,885	0,907	0,301	0,594	0,049	0,530	0,313	0,262	0,003	0,909	0,670	0,909	0,925	0,570
Anim	0,102	0,740	0,605	0,333	0,621	1,000	0,057	0,330	0,600	0,906	0,687	0,375	0,707	0,134	0,254	0,530	0,106	0,976	0,109	0,943	0,576	0,899	0,020	0,046	0,652	0,597
Dyn	0,684	0,989	0,691	0,684	0,584	0,057	1,000	0,813	0,968	0,944	0,308	0,229	0,820	0,539	0,607	0,475	0,063	0,169	0,304	0,204	0,610	0,774	0,742	0,448	0,763	0,076
Env	0,117	0,566	0,016	0,070	0,961	0,330	0,813	1,000	0,324	0,652	0,824	0,730	0,277	0,951	0,424	0,472	0,292	0,827	0,173	0,807	0,362	0,766	0,739	0,044	0,896	0,863
Pres.Act	0,674	0,748	0,563	0,729	0,782	0,600	0,968	0,324	1,000	0,550	0,049	0,110	0,138	0,307	0,086	0,868	0,649	0,000	0,484	0,451	0,031	0,175	0,419	0,705	0,386	0,928
Pres.Hum	0,858	0,655	0,559	0,689	0,228	0,906	0,944	0,652	0,550	1,000	0,127	0,946	0,520	0,234	0,640	0,522	0,355	0,597	0,557	0,197	0,160	0,794	0,913	0,487	0,319	0,575
Pres.Klax	0,110	0,482	0,014	0,351	0,066	0,687	0,308	0,824	0,049	0,127	1,000	0,293	0,653	0,492	0,000	0,251	0,047	0,011	0,182	0,000	0,648	0,936	0,289	0,011	0,961	0,052
Pres.Mob	0,476	0,482	0,114	0,837	0,017	0,375	0,229	0,730	0,110	0,946	0,293	1,000	0,750	0,632	0,393	0,001	0,922	0,262	0,326	0,554	0,000	0,772	0,292	0,829	0,006	0,960
Pres.Nat	0,549	0,983	0,600	0,942	0,885	0,707	0,820	0,277	0,138	0,520	0,653	0,750	1,000	0,181	0,617	0,879	0,934	0,446	0,084	0,939	0,931	0,000	0,872	0,584	0,920	0,315
Pres.Ois	0,867	0,506	0,623	0,721	0,907	0,134	0,539	0,951	0,307	0,234	0,492	0,632	0,181	1,000	0,223	0,181	0,726	0,541	0,456	0,804	0,209	0,125	0,000	0,890	0,051	0,696
Pres.PL	0,513	0,987	0,116	0,822	0,301	0,254	0,607	0,424	0,086	0,640	0,000	0,393	0,617	0,223	1,000	0,569	0,151	0,033	0,243	0,000	0,614	0,662	0,205	0,000	0,377	0,035
Pres.VL	0,911	0,553	0,735	0,739	0,594	0,530	0,475	0,472	0,868	0,522	0,251	0,001	0,879	0,181	0,569	1,000	0,247	0,480	0,719	0,656	0,263	0,806	0,001	0,337	0,056	0,825
Sil	0,024	0,002	0,614	0,397	0,049	0,106	0,063	0,292	0,649	0,355	0,047	0,922	0,934	0,726	0,151	0,247	1,000	0,265	0,006	0,004	0,202	0,762	0,662	0,295	0,234	0,812
Son.Act	0,092	0,496	0,273	0,541	0,530	0,976	0,169	0,827	0,000	0,597	0,011	0,262	0,446	0,541	0,033	0,480	0,265	1,000	0,199	0,276	0,202	0,563	0,818	0,031	0,850	0,770
Son.Hum	0,659	0,305	0,572	0,989	0,313	0,109	0,304	0,173	0,484	0,557	0,182	0,326	0,084	0,456	0,243	0,719	0,006	0,199	1,000	0,497	0,195	0,105	0,853	0,967	0,233	0,149
Son.Klax	0,061	0,050	0,033	0,094	0,262	0,943	0,204	0,807	0,451	0,197	0,000	0,554	0,939	0,804	0,000	0,656	0,004	0,276	0,497	1,000	0,161	0,810	0,309	0,046	0,226	0,001
Son.Mob	0,200	0,101	0,840	0,576	0,003	0,576	0,610	0,362	0,031	0,160	0,648	0,000	0,931	0,209	0,614	0,263	0,202	0,202	0,195	0,161	1,000	0,722	0,074	0,195	0,001	0,713
Son.Nat	0,372	0,952	0,586	0,762	0,909	0,899	0,774	0,766	0,175	0,794	0,936	0,772	0,000	0,125	0,662	0,806	0,762	0,563	0,105	0,810	0,722	1,000	0,272	0,701	0,714	0,199
Son.Ois	0,877	0,562	0,258	0,040	0,670	0,020	0,742	0,739	0,419	0,913	0,289	0,292	0,872	0,000	0,205	0,001	0,662	0,818	0,853	0,309	0,074	0,272	1,000	0,745	0,060	0,639
Son.PL	0,030	0,718	0,679	0,988	0,909	0,046	0,044	0,705	0,487	0,011	0,829	0,584	0,890	0,000	0,000	0,337	0,295	0,031	0,967	0,046	0,195	0,701	0,745	1,000	0,086	0,489
Son.VL	0,411	0,651	0,827	0,691	0,925	0,652	0,763	0,896	0,386	0,319	0,961	0,006	0,920	0,051	0,377	0,056	0,234	0,850	0,233	0,226	0,001	0,714	0,060	0,086	1,000	0,935
Susp	0,422	0,975	0,306	0,114	0,570	0,597	0,076	0,863	0,928	0,575	0,052	0,960	0,315	0,696	0,035	0,825	0,812	0,770	0,149	0,001	0,713	0,199	0,639	0,489	0,935	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – TRANSITION RUE PIETONNE (TRUE)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,340	0,535	0,350	0,344	0,153	-0,200	0,353	-0,163	0,104	-0,191	-0,058	-0,161	0,127	-0,071	-0,024	0,427	-0,134	0,193	-0,263	-0,002	0,131	0,052	-0,030	-0,085	-0,300
Adeq	0,340	1,000	0,299	0,404	0,259	0,164	-0,248	0,303	-0,004	-0,043	-0,062	-0,018	-0,265	0,093	-0,051	-0,035	0,029	-0,063	-0,025	0,019	-0,194	-0,258	0,056	-0,082	-0,235	-0,186
Ag.Gl	0,535	0,299	1,000	0,390	0,560	0,217	-0,345	0,097	-0,191	0,194	0,049	0,042	0,068	-0,018	-0,008	0,241	0,083	-0,113	0,209	-0,113	0,206	0,168	-0,184	0,011	-0,007	-0,471
Ag.Air	0,350	0,404	0,390	1,000	0,482	0,155	-0,203	-0,171	-0,134	-0,065	0,009	0,002	0,056	-0,238	-0,046	0,041	-0,106	-0,172	0,257	-0,199	-0,046	0,055	-0,187	-0,255	0,206	-0,252
Ag.Vis	0,344	0,259	0,560	0,482	1,000	0,282	-0,390	0,152	-0,095	0,012	0,090	-0,161	0,062	0,074	-0,074	0,256	-0,302	-0,076	0,239	-0,039	0,037	0,041	0,078	-0,027	0,043	-0,368
Anim	0,153	0,164	0,217	0,155	0,282	1,000	0,053	0,187	0,056	0,394	0,081	0,151	-0,259	-0,151	0,129	0,341	-0,329	-0,001	0,266	-0,120	0,084	-0,208	-0,035	0,000	0,102	0,093
Dyn	-0,200	-0,248	-0,345	-0,203	-0,390	0,053	1,000	0,052	0,121	-0,006	-0,274	0,030	-0,022	0,085	-0,069	-0,277	-0,039	0,007	-0,215	-0,206	0,195	-0,158	0,117	0,039	0,064	0,285
Env	0,353	0,303	0,097	-0,171	0,152	0,187	0,052	1,000	0,044	0,168	-0,158	-0,269	-0,071	0,115	-0,247	-0,022	0,048	0,066	0,374	-0,022	-0,083	0,067	0,228	-0,056	-0,269	0,179
Pres.Act	-0,163	-0,004	-0,191	-0,134	-0,095	0,056	0,121	0,044	1,000	0,155	0,031	0,321	0,012	-0,209	0,071	0,241	-0,183	0,720	0,010	0,171	0,088	0,031	-0,198	0,163	-0,147	0,240
Pres.Hum	0,104	-0,043	0,194	-0,065	0,012	0,394	-0,006	0,168	0,155	1,000	-0,167	0,147	0,123	0,075	-0,106	0,148	-0,147	0,068	0,499	-0,125	0,466	0,131	-0,066	-0,200	0,368	-0,078
Pres.Klax	-0,191	-0,062	0,049	0,009	0,090	0,081	-0,274	-0,158	0,031	-0,167	1,000	0,285	0,065	-0,053	0,715	0,440	-0,075	0,046	-0,018	0,824	0,041	-0,031	-0,015	0,582	-0,033	-0,090
Pres.Mob	-0,058	-0,018	0,042	0,002	-0,161	0,151	0,030	-0,269	0,321	0,147	0,285	1,000	-0,018	0,015	0,402	0,529	-0,181	0,097	-0,034	0,120	0,514	0,095	-0,121	0,177	0,363	0,094
Pres.Nat	-0,161	-0,265	0,068	0,056	0,062	-0,259	-0,022	-0,071	0,012	0,123	0,065	-0,018	1,000	-0,220	-0,148	0,142	-0,141	0,242	0,109	0,212	0,113	0,602	-0,198	-0,060	0,269	-0,163
Pres.Ois	0,127	0,093	-0,018	-0,238	0,074	-0,151	0,085	0,115	-0,209	0,075	-0,053	0,015	-0,220	1,000	0,014	-0,132	-0,023	-0,296	-0,120	0,008	0,295	-0,278	0,533	0,102	0,141	-0,268
Pres.PL	-0,071	-0,051	-0,008	-0,046	-0,074	0,129	-0,069	-0,247	0,071	-0,106	0,715	0,402	-0,148	0,014	1,000	0,253	0,031	0,022	-0,099	0,506	0,137	-0,111	-0,078	0,818	-0,055	-0,103
Pres.VL	-0,024	-0,035	0,241	0,041	0,256	0,341	-0,277	-0,022	0,241	0,148	0,440	0,529	0,142	-0,132	0,253	1,000	-0,435	0,247	0,126	0,323	0,187	0,168	-0,159	0,187	0,108	0,054
Sil	0,427	0,029	0,083	-0,106	-0,302	-0,329	-0,039	0,048	-0,183	0,147	-0,075	-0,181	-0,141	-0,023	0,031	-0,435	1,000	-0,154	-0,201	-0,032	-0,106	0,045	-0,056	0,062	-0,175	-0,143
Son.Act	-0,134	-0,063	-0,113	-0,172	-0,076	-0,001	0,007	0,066	0,720	0,068	0,046	0,097	0,242	-0,296	0,022	0,247	-0,154	1,000	0,022	0,246	-0,001	0,098	-0,283	0,263	-0,128	0,280
Son.Hum	0,193	-0,025	0,209	0,257	0,239	0,266	-0,215	0,374	-0,010	0,499	-0,018	-0,034	0,109	-0,120	-0,099	0,126	-0,201	0,022	1,000	-0,150	0,283	0,316	0,048	-0,277	0,360	0,065
Son.Klax	-0,263	0,019	-0,113	-0,199	-0,039	-0,120	-0,206	-0,022	0,171	-0,125	0,824	0,120	0,212	0,008	0,506	0,323	-0,032	0,246	-0,150	1,000	-0,028	0,030	0,009	0,530	-0,149	-0,131
Son.Mob	-0,002	-0,194	0,206	-0,046	0,037	0,084	0,195	-0,083	0,088	0,466	0,041	0,514	0,113	0,295	0,137	0,187	-0,106	-0,001	0,283	-0,028	1,000	0,036	-0,049	0,056	0,487	-0,204
Son.Nat	0,131	-0,258	0,168	0,055	0,041	-0,208	-0,158	0,067	0,031	0,131	-0,031	0,095	0,602	-0,278	-0,111	0,168	0,045	0,098	0,316	0,030	0,036	1,000	-0,178	-0,084	0,187	0,005
Son.Ois	0,052	0,056	-0,184	-0,187	0,078	-0,035	0,117	0,228	-0,198	-0,066	-0,015	-0,121	-0,198	0,533	-0,078	-0,159	-0,056	-0,283	0,048	0,009	-0,049	-0,178	1,000	-0,066	0,119	0,061
Son.PL	-0,030	-0,082	0,011	-0,255	-0,027	0,000	0,039	-0,056	0,163	-0,200	0,582	0,177	-0,060	0,102	0,818	0,187	0,062	0,263	-0,277	0,530	0,056	-0,084	-0,066	1,000	-0,282	-0,063
Son.VL	-0,085	-0,235	-0,007	0,206	0,043	0,102	0,064	-0,269	-0,147	0,368	-0,033	0,363	0,269	0,141	-0,055	0,108	-0,175	-0,128	0,360	-0,149	0,487	0,187	0,119	-0,282	1,000	0,008
Supp	-0,300	-0,186	-0,471	-0,252	-0,368	0,093	0,285	0,179	0,240	-0,078	-0,090	0,094	-0,163	-0,268	-0,103	0,054	-0,143	0,280	0,065	-0,131	-0,204	0,005	0,061	-0,063	0,008	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,032	0,000	0,027	0,030	0,346	0,215	0,025	0,315	0,523	0,238	0,724	0,321	0,436	0,663	0,884	0,006	0,409	0,232	0,101	0,990	0,421	0,749	0,853	0,603	0,060
Adeq	0,032	1,000	0,061	0,010	0,107	0,313	0,123	0,057	0,979	0,793	0,702	0,912	0,099	0,568	0,756	0,832	0,861	0,700	0,876	0,906	0,230	0,108	0,731	0,614	0,145	0,250
Ag.Gl	0,000	0,061	1,000	0,013	0,000	0,179	0,029	0,551	0,239	0,230	0,765	0,797	0,678	0,915	0,962	0,134	0,611	0,488	0,196	0,486	0,202	0,301	0,257	0,947	0,968	0,002
Ag.Air	0,027	0,010	0,013	1,000	0,002	0,339	0,208	0,291	0,409	0,692	0,958	0,990	0,734	0,139	0,780	0,801	0,515	0,289	0,110	0,219	0,776	0,735	0,249	0,112	0,203	0,116
Ag.Vis	0,030	0,107	0,000	0,002	1,000	0,077	0,013	0,349	0,560	0,944	0,582	0,320	0,704	0,648	0,650	0,111	0,059	0,640	0,137	0,813	0,822	0,803	0,633	0,870	0,793	0,019
Anim	0,346	0,313	0,179	0,339	0,077	1,000	0,746	0,249	0,733	0,012	0,618	0,351	0,107	0,351	0,429	0,031	0,038	0,996	0,098	0,462	0,605	0,197	0,828	0,999	0,533	0,569
Dyn	0,215	0,123	0,029	0,208	0,013	0,746	1,000	0,751	0,456	0,972	0,087	0,855	0,895	0,604	0,671	0,083	0,810	0,968	0,182	0,201	0,227	0,331	0,474	0,811	0,694	0,075
Env	0,025	0,057	0,551	0,291	0,349	0,249	0,751	1,000	0,788	0,300	0,330	0,093	0,662	0,480	0,124	0,892	0,770	0,684	0,017	0,892	0,611	0,679	0,156	0,734	0,093	0,268
Pres.Act	0,315	0,979	0,239	0,409	0,560	0,733	0,456	0,788	1,000	0,340	0,848	0,044	0,942	0,197	0,664	0,134	0,258	0,000	0,949	0,292	0,588	0,850	0,221	0,316	0,364	0,135
Pres.Hum	0,523	0,793	0,230	0,692	0,944	0,012	0,972	0,300	0,340	1,000	0,303	0,366	0,451	0,645	0,516	0,362	0,364	0,676	0,001	0,444	0,002	0,419	0,685	0,215	0,020	0,631
Pres.Klax	0,238	0,702	0,765	0,958	0,582	0,618	0,087	0,330	0,848	0,303	1,000	0,075	0,688	0,748	0,000	0,005	0,645	0,776	0,911	0,000	0,800	0,851	0,928	0,000	0,842	0,582
Pres.Mob	0,724	0,912	0,797	0,990	0,320	0,351	0,855	0,093	0,044	0,366	0,075	1,000	0,914	0,925	0,010	0,000	0,264	0,550	0,837	0,461	0,001	0,561	0,459	0,274	0,021	0,563
Pres.Nat	0,321	0,099	0,678	0,734	0,704	0,107	0,895	0,662	0,942	0,451	0,688	0,914	1,000	0,172	0,361	0,381	0,385	0,132	0,501	0,189	0,486	0,000	0,220	0,715	0,094	0,315
Pres.Ois	0,436	0,568	0,915	0,139	0,648	0,351	0,604	0,480	0,197	0,645	0,748	0,925	0,172	1,000	0,931	0,418	0,888	0,064	0,461	0,962	0,065	0,083	0,000	0,532	0,384	0,095
Pres.PL	0,663	0,756	0,962	0,780	0,650	0,429	0,671	0,124	0,664	0,516	0,000	0,010	0,361	0,931	1,000	0,115	0,851	0,892	0,544	0,001	0,400	0,494	0,630	0,000	0,735	0,527
Pres.VL	0,884	0,832	0,134	0,801	0,111	0,031	0,083	0,892	0,134	0,362	0,005	0,000	0,381	0,418	0,115	1,000	0,005	0,125	0,438	0,042	0,248	0,299	0,327	0,248	0,509	0,742
Sil	0,006	0,861	0,611	0,515	0,059	0,038	0,810	0,770	0,258	0,364	0,645	0,264	0,385	0,888	0,851	0,005	1,000	0,342	0,213	0,844	0,514	0,782	0,730	0,742	0,705	0,379
Son.Act	0,409	0,700	0,488	0,289	0,640	0,996	0,968	0,684	0,000	0,676	0,776	0,550	0,132	0,064	0,892	0,125	0,342	1,000	0,891	0,126	0,994	0,548	0,077	0,101	0,431	0,080
Son.Hum	0,232	0,876	0,196	0,110	0,137	0,098	0,182	0,017	0,949	0,001	0,911	0,837	0,501	0,461	0,544	0,438	0,213	0,891	1,000	0,356	0,077	0,047	0,771	0,083	0,023	0,689
Son.Klax	0,101	0,906	0,486	0,219	0,813	0,462	0,201	0,892	0,292	0,444	0,000	0,461	0,189	0,962	0,001	0,042	0,844	0,126	0,356	1,000	0,865	0,852	0,955	0,000	0,358	0,421
Son.Mob	0,990	0,230	0,202	0,776	0,822	0,605	0,227	0,611	0,588	0,002	0,800	0,001	0,486	0,065	0,400	0,248	0,514	0,994	0,077	0,865	1,000	0,827	0,763	0,731	0,001	0,206
Son.Nat	0,421	0,108	0,301	0,735	0,803	0,197	0,331	0,679	0,850	0,419	0,851	0,561	0,000	0,083	0,494	0,299	0,782	0,548	0,047	0,852	0,827	1,000	0,271	0,607	0,247	0,975
Son.Ois	0,749	0,731	0,257	0,249	0,633	0,828	0,474	0,156	0,221	0,685	0,928	0,459	0,220	0,000	0,630	0,327	0,730	0,077	0,771	0,955	0,763	0,271	1,000	0,688	0,465	0,709
Son.PL	0,853	0,614	0,947	0,112	0,870	0,999	0,811	0,734	0,316	0,215	0,000	0,274	0,715	0,532	0,000	0,248	0,705	0,101	0,083	0,000	0,731	0,607	0,688	1,000	0,077	0,702
Son.VL	0,603	0,145	0,968	0,203	0,793	0,533	0,694	0,093	0,364	0,020	0,842	0,021	0,094	0,384	0,735	0,509	0,280	0,431	0,023	0,358	0,001	0,247	0,465	0,077	1,000	0,961
Supp	0,060	0,250	0,002	0,116	0,019	0,569	0,075	0,268	0,135	0,631	0,582	0,563	0,315	0,095	0,527	0,742	0,379	0,080	0,689	0,421	0,206	0,975	0,709	0,702	0,961	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – BOULEVARD A PARIS (BLVP)

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,452	0,578	0,547	0,304	0,073	-0,291	0,154	-0,157	-0,477	-0,170	-0,110	-0,116	-0,142	-0,090	-0,242	0,690	0,064	0,028	-0,272	-0,197	-0,081	-0,116	-0,121	-0,058	0,001
Adeq	0,452	1,000	0,319	0,402	0,321	-0,014	0,000	-0,086	-0,312	-0,280	0,012	-0,075	-0,035	-0,052	-0,173	-0,051	0,349	-0,174	0,249	0,037	-0,056	0,015	0,018	-0,089	-0,109	-0,103
Ag.Gl	0,578	0,319	1,000	0,342	0,621	0,109	-0,067	-0,102	0,016	-0,315	-0,123	-0,273	-0,143	-0,256	-0,087	0,139	0,447	0,256	-0,080	0,034	-0,180	-0,167	-0,347	-0,001	-0,169	0,122
Ag.Air	0,547	0,402	0,342	1,000	0,464	-0,016	0,048	-0,064	-0,062	-0,251	-0,086	-0,200	0,036	-0,081	-0,155	-0,086	0,500	0,074	-0,061	-0,038	-0,129	-0,005	-0,063	-0,015	-0,173	0,214
Ag.Vis	0,304	0,321	0,621	0,464	1,000	-0,136	0,014	-0,286	-0,079	0,036	-0,089	-0,262	-0,216	-0,174	-0,105	0,139	0,268	0,028	0,042	0,116	-0,012	-0,161	-0,186	-0,019	-0,200	0,148
Anim	0,073	-0,014	0,109	-0,016	-0,136	1,000	0,011	0,371	0,292	-0,003	0,285	0,067	-0,051	-0,205	0,048	0,001	0,046	0,294	0,112	0,210	-0,087	0,100	-0,079	0,030	0,141	0,018
Dyn	-0,291	0,000	-0,067	0,048	0,014	0,011	1,000	-0,029	0,278	0,205	0,114	-0,101	-0,083	0,042	-0,011	-0,022	-0,145	0,160	-0,044	0,162	0,105	-0,026	0,154	0,092	-0,285	0,098
Env	0,154	-0,086	-0,102	-0,064	-0,286	0,371	-0,029	1,000	0,117	-0,065	0,093	0,024	0,078	0,102	-0,166	0,099	-0,039	0,031	0,079	-0,089	-0,005	0,178	-0,032	-0,100	0,354	-0,215
Pres.Act	-0,157	-0,312	0,016	-0,062	-0,079	0,292	0,278	0,117	1,000	0,239	0,610	0,091	0,009	-0,077	0,291	0,079	-0,027	0,797	-0,079	0,313	-0,024	-0,001	0,027	0,188	-0,117	0,185
Pres.Hum	-0,477	-0,280	-0,315	-0,251	0,036	-0,003	0,205	-0,065	0,239	1,000	0,252	0,145	0,027	0,001	0,227	0,122	-0,323	0,116	0,256	0,355	0,213	0,083	0,064	0,329	-0,064	0,309
Pres.Klax	-0,170	0,012	-0,123	-0,086	-0,089	0,285	0,114	0,093	0,610	0,252	1,000	0,201	0,302	0,007	0,304	0,162	-0,134	0,449	0,135	0,682	0,092	0,390	0,127	0,295	0,101	0,245
Pres.Mob	-0,110	-0,075	-0,273	-0,200	-0,262	0,067	-0,101	0,024	0,091	0,145	0,201	1,000	-0,112	0,241	0,401	0,219	-0,064	0,132	0,180	-0,010	0,627	-0,091	0,185	0,200	0,164	0,008
Pres.Nat	-0,116	-0,035	-0,143	0,036	-0,216	-0,051	-0,083	0,078	0,009	0,027	0,302	-0,112	1,000	0,285	0,016	-0,088	-0,046	-0,007	-0,003	0,230	-0,133	0,780	0,026	0,050	0,013	0,013
Pres.Ois	-0,142	-0,052	-0,256	-0,081	-0,174	-0,205	0,042	0,102	-0,077	0,001	0,007	0,241	0,285	1,000	0,228	0,197	-0,221	-0,085	0,127	-0,060	0,295	0,025	0,769	0,198	0,136	-0,038
Pres.PL	-0,090	-0,173	-0,087	-0,155	-0,105	0,048	-0,011	-0,166	0,291	0,227	0,304	0,401	0,016	0,228	1,000	0,024	-0,088	0,113	0,096	0,265	0,171	0,095	0,143	0,779	0,089	0,343
Pres.VL	-0,242	-0,051	0,139	-0,086	0,139	0,001	-0,022	0,099	0,079	0,122	0,162	0,219	-0,088	0,198	0,024	1,000	-0,161	-0,043	-0,086	0,293	0,484	-0,169	-0,049	0,060	0,468	0,012
Sil	0,690	0,349	0,447	0,500	0,268	0,046	-0,145	-0,039	-0,027	-0,323	-0,134	-0,064	-0,046	-0,221	-0,088	-0,161	1,000	0,055	0,158	-0,269	-0,078	-0,052	-0,213	-0,151	-0,010	0,206
Son.Act	0,064	-0,174	0,256	0,074	0,028	0,294	0,160	0,031	0,797	0,116	0,449	0,132	-0,007	-0,085	0,113	-0,043	0,055	1,000	-0,064	0,290	-0,035	-0,100	0,024	0,171	-0,341	0,090
Son.Hum	0,028	0,249	-0,080	-0,061	0,042	0,112	-0,044	0,079	-0,079	0,256	0,135	0,180	-0,003	0,127	0,096	-0,086	0,158	-0,064	1,000	0,041	0,135	0,106	0,205	0,152	0,071	0,202
Son.Klax	-0,272	0,037	0,034	-0,038	0,116	0,210	0,162	-0,089	0,313	0,355	0,682	-0,010	0,230	-0,060	0,265	0,293	-0,269	0,290	0,041	1,000	0,145	0,251	-0,046	0,501	0,113	0,312
Son.Mob	-0,197	-0,056	-0,180	-0,129	-0,012	-0,087	0,105	-0,005	-0,024	0,213	0,092	0,627	-0,133	0,295	0,171	0,484	-0,078	-0,035	0,135	0,145	1,000	-0,113	0,214	0,147	0,380	-0,003
Son.Nat	-0,081	0,015	-0,167	-0,005	-0,161	0,100	-0,026	0,178	-0,001	0,083	0,390	-0,091	0,780	0,025	0,095	-0,169	-0,052	-0,100	0,106	0,251	-0,113	1,000	-0,050	0,070	0,051	0,093
Son.Ois	-0,116	0,018	-0,347	-0,063	-0,186	-0,079	0,154	-0,032	0,027	0,064	0,127	0,185	0,026	0,769	0,143	-0,049	-0,213	0,024	0,205	-0,046	0,214	-0,050	1,000	0,146	0,044	-0,034
Son.PL	-0,121	-0,089	-0,001	-0,015	-0,019	0,030	0,092	-0,100	0,188	0,329	0,295	0,200	0,050	0,198	0,779	0,060	-0,151	0,171	0,152	0,501	0,147	0,070	0,146	1,000	0,030	0,371
Son.VL	-0,058	-0,109	-0,169	-0,173	-0,200	0,141	-0,285	0,354	-0,117	-0,064	0,101	0,164	0,013	0,136	0,089	0,468	-0,010	-0,341	0,071	0,113	0,380	0,051	0,044	0,030	1,000	-0,083
Supp	0,001	-0,103	0,122	0,214	0,148	0,018	0,098	-0,215	0,185	0,309	0,245	0,008	0,013	-0,038	0,343	0,012	0,206	0,090	0,202	0,312	-0,003	0,093	-0,034	0,371	-0,083	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Supp
Ag.Son	1,000	0,003	0,000	0,000	0,057	0,655	0,069	0,342	0,334	0,002	0,295	0,300	0,475	0,381	0,582	0,133	0,000	0,694	0,862	0,090	0,224	0,620	0,477	0,458	0,722	0,996
Adeq	0,003	1,000	0,045	0,010	0,043	0,930	0,998	0,598	0,050	0,080	0,943	0,647	0,831	0,751	0,286	0,753	0,027	0,282	0,121	0,821	0,729	0,927	0,914	0,586	0,502	0,527
Ag.Gl	0,000	0,045	1,000	0,031	0,000	0,502	0,683	0,531	0,924	0,048	0,449	0,089	0,379	0,111	0,595	0,391	0,004	0,111	0,622	0,836	0,267	0,304	0,028	0,997	0,298	0,455
Ag.Air	0,000	0,010	0,031	1,000	0,003	0,920	0,770	0,697	0,702	0,119	0,600	0,216	0,825	0,620	0,339	0,596	0,001	0,652	0,707	0,814	0,427	0,973	0,701	0,928	0,285	0,184
Ag.Vis	0,057	0,043	0,000	0,000	1,000	0,404	0,933	0,074	0,629	0,824	0,587	0,103	0,181	0,284	0,517	0,392	0,095	0,866	0,798	0,473	0,942	0,322	0,251	0,905	0,215	0,364
Anim	0,655	0,930	0,502	0,920	0,404	1,000	0,947	0,018	0,068	0,987	0,074	0,679	0,755	0,204	0,766	0,993	0,776	0,065	0,492	0,194	0,595	0,541	0,630	0,856	0,385	0,914
Dyn	0,069	0,998	0,683	0,770	0,933	0,947	1,000	0,861	0,082	0,205	0,482	0,534	0,611	0,797	0,944	0,893	0,372	0,323	0,788	0,318	0,518	0,873	0,342	0,574	0,074	0,549
Env	0,342	0,598	0,531	0,697	0,074	0,018	0,861	1,000	0,471	0,692	0,568	0,884	0,633	0,530	0,306	0,544	0,809	0,847	0,628	0,587	0,978	0,272	0,846	0,539	0,025	0,184
Pres.Act	0,334	0,050	0,924	0,702	0,629	0,068	0,082	0,471	1,000	0,138	0,000	0,577	0,957	0,636	0,068	0,630	0,866	0,000	0,628	0,049	0,885	0,995	0,869	0,245	0,473	0,252
Pres.Hum	0,002	0,080	0,048	0,119	0,824	0,987	0,205	0,692	0,138	1,000	0,117	0,372	0,868	0,994	0,159	0,453	0,042	0,475	0,111	0,025	0,188	0,613	0,697	0,038	0,693	0,052
Pres.Klax	0,295	0,943	0,449	0,600	0,587	0,074	0,482	0,568	0,000	0,117	1,000	0,213	0,059	0,965	0,056	0,317	0,411	0,004	0,407	0,000	0,572	0,013	0,435	0,065	0,537	0,127
Pres.Mob	0,500	0,647	0,089	0,216	0,103	0,679	0,534	0,884	0,577	0,372	0,213	1,000	0,490	0,135	0,010	0,174	0,694	0,418	0,267	0,952	0,000	0,575	0,253	0,216	0,312	0,959
Pres.Nat	0,475	0,831	0,379	0,825	0,181	0,755	0,611	0,633	0,957	0,868	0,059	0,490	1,000	0,075	0,924	0,591	0,779	0,967	0,985	0,154	0,413	0,000	0,875	0,759	0,937	0,938
Pres.Ois	0,381	0,751	0,111	0,620	0,284	0,204	0,797	0,530	0,636	0,994	0,965	0,135	0,075	1,000	0,158	0,223	0,170	0,602	0,434	0,713	0,065	0,877	0,000	0,220	0,401	0,814
Pres.PL	0,582	0,286	0,595	0,339	0,517	0,766	0,944	0,306	0,068	0,159	0,056	0,010	0,924	0,158	1,000	0,884	0,591	0,486	0,556	0,099	0,292	0,559	0,378	0,000	0,586	0,030
Pres.VL	0,133	0,753	0,391	0,596	0,392	0,993	0,893	0,544	0,630	0,453	0,317	0,174	0,591	0,223	0,884	1,000	0,320	0,794	0,600	0,066	0,002	0,299	0,765	0,715	0,002	0,941
Sil	0,000	0,027	0,004	0,001	0,095	0,776	0,372	0,809	0,866	0,042	0,411	0,694	0,779	0,170	0,591	0,320	1,000	0,737	0,330	0,094	0,632	0,749	0,187	0,352	0,952	0,203
Son.Act	0,694	0,282	0,111	0,652	0,866	0,065	0,323	0,847	0,000	0,475	0,004	0,418	0,967	0,602	0,486	0,794	0,737	1,000	0,695	0,070	0,831	0,537	0,882	0,292	0,031	0,579
Son.Hum	0,862	0,121	0,622	0,707	0,798	0,492	0,788	0,628	0,628	0,111	0,407	0,267	0,985	0,434	0,556	0,600	0,330	0,695	1,000	0,804	0,405	0,514	0,205	0,350	0,664	0,212
Son.Klax	0,090	0,821	0,836	0,814	0,475	0,194	0,318	0,587	0,049	0,025	0,000	0,952	0,154	0,713	0,099	0,066	0,094	0,070	0,804	1,000	0,372	0,119	0,776	0,001	0,486	0,050
Son.Mob	0,224	0,729	0,267	0,427	0,942	0,595	0,518	0,978	0,885	0,188	0,572	0,000	0,413	0,065	0,292	0,002	0,632	0,831	0,405	0,372	1,000	0,487	0,185	0,367	0,016	0,986
Son.Nat	0,620	0,927	0,304	0,973	0,322	0,541	0,873	0,272	0,995	0,613	0,013	0,575	0,000	0,877	0,559	0,299	0,749	0,537	0,514	0,119	0,487	1,000	0,761	0,669	0,755	0,568
Son.Ois	0,477	0,914	0,028	0,701	0,251	0,630	0,342	0,846	0,869	0,697	0,435	0,253	0,875	0,000	0,378	0,765	0,187	0,882	0,205	0,776	0,185	0,761	1,000	0,369	0,786	0,837
Son.PL	0,458	0,586	0,997	0,928	0,905	0,856	0,574	0,539	0,245	0,038	0,065	0,216	0,759	0,220	0,000	0,715	0,352	0,292	0,350	0,001	0,367	0,669	0,369	1,000	0,857	0,018
Son.VL	0,722	0,502	0,298	0,285	0,215	0,385	0,074	0,025	0,473	0,693	0,537	0,312	0,937	0,401	0,586	0,002	0,952	0,031	0,664	0,486	0,016	0,755	0,786	0,857	1,000	0,609
Supp	0,996	0,527	0,455	0,184	0,364	0,914	0,549	0,184	0,252	0,052	0,127	0,959	0,938	0,814	0,030	0,941	0,203	0,579	0,212	0,050	0,986	0,568	0,837	0,018	0,609	1,000

TABLES DES CORRELATIONS (R ET P) – ENSEMBLE DES LIEUX

R	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Ag.Son	1,000	0,606	0,676	0,559	0,535	0,067	-0,146	0,044	0,144	0,239	-0,244	-0,190	0,172	0,264	-0,261	-0,435	0,673	0,131	0,284	-0,360	-0,202	0,149	0,320	-0,337	-0,508	-0,037
Adeq	0,606	1,000	0,535	0,464	0,490	0,015	-0,103	-0,002	0,170	0,212	-0,177	-0,177	0,082	0,269	-0,312	-0,316	0,521	0,186	0,256	-0,213	-0,241	0,080	0,324	-0,320	-0,430	-0,042
Ag.Gl	0,676	0,535	1,000	0,524	0,671	0,022	-0,135	-0,012	0,164	0,245	-0,201	-0,195	0,126	0,244	-0,242	-0,312	0,558	0,165	0,259	-0,292	-0,147	0,129	0,264	-0,291	-0,420	-0,020
Ag.Air	0,559	0,464	0,524	1,000	0,541	0,057	-0,127	-0,056	0,039	0,106	-0,184	-0,219	0,190	0,248	-0,233	-0,173	0,395	0,038	0,195	-0,249	-0,218	0,190	0,340	-0,302	-0,375	-0,011
Ag.Vis	0,535	0,490	0,671	0,541	1,000	0,061	-0,162	-0,032	0,116	0,157	-0,150	-0,232	0,129	0,189	-0,207	-0,234	0,396	0,150	0,177	-0,181	-0,187	0,116	0,236	-0,252	-0,425	0,034
Anim	0,067	0,015	0,022	0,057	0,061	1,000	-0,009	0,156	0,072	0,220	-0,010	0,029	-0,092	0,012	-0,004	0,019	-0,176	0,038	0,208	0,006	0,009	-0,009	0,070	-0,020	-0,001	-0,106
Dyn	-0,146	-0,103	-0,135	-0,127	-0,162	-0,009	1,000	-0,022	0,003	0,005	-0,013	0,059	0,038	0,014	-0,006	-0,023	-0,159	0,045	0,089	-0,017	0,069	0,041	-0,023	0,068	0,072	0,208
Env	0,044	-0,002	-0,012	-0,056	-0,032	0,156	-0,022	1,000	0,146	0,065	0,060	0,002	-0,085	-0,008	-0,029	-0,069	-0,126	0,054	0,112	0,057	0,073	-0,032	-0,035	0,039	0,010	0,016
Pres.Act	0,144	0,170	0,164	0,039	0,116	0,072	0,003	0,146	1,000	0,291	-0,044	-0,047	-0,188	-0,192	-0,095	-0,344	0,098	0,738	0,182	-0,102	-0,079	-0,181	-0,110	-0,099	-0,232	0,007
Pres.Hum	0,239	0,212	0,245	0,106	0,157	0,220	0,005	0,065	0,291	1,000	-0,080	-0,010	0,000	0,142	-0,068	-0,284	0,157	0,219	0,544	-0,112	0,040	0,051	0,058	-0,107	-0,173	-0,060
Pres.Klax	-0,244	-0,177	-0,201	-0,184	-0,150	-0,010	-0,013	0,060	-0,044	-0,080	1,000	0,213	-0,047	-0,162	0,394	0,300	-0,241	-0,070	-0,033	0,716	0,114	-0,054	-0,094	0,322	0,233	0,030
Pres.Mob	-0,190	-0,177	-0,195	-0,219	-0,232	0,029	0,059	0,002	-0,047	-0,010	0,213	1,000	-0,081	-0,071	0,273	0,230	-0,156	-0,034	-0,062	0,187	0,738	-0,092	-0,130	0,275	0,337	0,010
Pres.Nat	0,172	0,082	0,126	0,190	0,129	-0,092	0,038	-0,085	-0,188	0,000	-0,047	-0,081	1,000	0,288	-0,024	0,073	0,177	-0,153	0,070	0,001	-0,152	0,705	0,300	-0,082	-0,191	0,039
Pres.Ois	0,264	0,269	0,244	0,248	0,189	0,012	0,014	-0,008	-0,192	0,142	-0,162	-0,071	0,288	1,000	-0,072	0,064	0,281	-0,153	0,142	-0,143	-0,075	0,278	0,683	-0,142	-0,208	-0,023
Pres.PL	-0,261	-0,312	-0,242	-0,233	-0,207	-0,004	-0,006	-0,029	-0,095	-0,068	0,394	0,273	-0,024	-0,072	1,000	0,388	-0,261	-0,114	-0,058	0,367	0,159	0,000	-0,128	0,740	0,330	0,054
Pres.VL	-0,435	-0,316	-0,312	-0,173	-0,234	0,019	-0,023	-0,069	-0,344	-0,284	0,300	0,230	0,073	0,064	0,388	1,000	-0,382	-0,274	-0,212	0,363	0,097	0,086	0,029	0,384	0,498	-0,054
Sil	0,673	0,521	0,558	0,395	0,396	-0,176	-0,159	-0,126	0,098	0,157	-0,241	-0,156	0,177	0,281	-0,261	-0,382	1,000	0,073	0,094	-0,344	-0,181	0,148	0,333	-0,322	-0,467	0,035
Son.Act	0,131	0,186	0,165	0,038	0,150	0,038	0,045	0,054	0,738	0,219	-0,070	-0,034	-0,153	-0,153	-0,114	-0,274	0,073	1,000	0,151	-0,067	-0,048	-0,207	-0,126	-0,033	-0,216	0,076
Son.Hum	0,284	0,256	0,259	0,195	0,177	0,208	0,089	0,112	0,182	0,544	-0,033	-0,062	0,070	0,142	-0,058	-0,212	0,094	0,151	1,000	-0,144	-0,046	0,129	0,167	-0,137	-0,140	0,003
Son.Klax	-0,360	-0,213	-0,292	-0,249	-0,181	0,006	-0,017	0,057	-0,102	-0,112	0,716	0,187	0,001	-0,143	0,367	0,363	-0,344	-0,067	-0,144	1,000	0,195	-0,013	-0,119	0,430	0,281	0,026
Son.Mob	-0,202	-0,241	-0,147	-0,218	-0,187	0,009	0,069	0,073	-0,079	0,040	0,114	0,738	-0,152	-0,075	0,159	0,097	-0,181	-0,048	-0,046	0,195	1,000	-0,184	-0,173	0,251	0,420	-0,036
Son.Nat	0,149	0,080	0,129	0,190	0,116	-0,009	0,041	-0,032	-0,181	0,051	-0,054	-0,092	0,705	0,278	0,000	0,086	0,148	-0,207	0,129	-0,013	-0,184	1,000	0,391	-0,012	-0,138	0,068
Son.Ois	0,320	0,324	0,264	0,340	0,236	0,070	-0,023	-0,035	-0,110	0,058	-0,094	-0,130	0,300	0,683	-0,128	0,029	0,333	-0,126	0,167	-0,119	-0,173	0,391	1,000	-0,194	-0,249	0,004
Son.PL	-0,337	-0,320	-0,291	-0,302	-0,252	-0,020	0,068	0,039	-0,099	-0,107	0,322	0,275	-0,082	-0,142	0,740	0,384	-0,322	-0,033	0,430	0,251	-0,012	-0,194	1,000	0,383	1,000	0,047
Son.VL	-0,508	-0,430	-0,420	-0,375	-0,425	-0,001	0,072	0,010	-0,232	-0,173	0,233	0,337	-0,191	-0,208	0,330	0,498	-0,467	-0,216	-0,140	0,281	0,420	-0,138	-0,249	0,383	1,000	-0,051
Sup	-0,037	-0,042	-0,020	-0,011	0,034	-0,106	0,208	0,016	0,007	-0,060	0,030	0,010	0,039	-0,023	0,054	-0,054	0,035	0,076	0,003	0,026	-0,036	0,068	0,004	0,047	-0,051	1,000

p	Ag.Son	Adeq	Ag.Gl	Ag.Air	Ag.Vis	Anim	Dyn	Env	Pres.Act	Pres.Hum	Pres.Klax	Pres.Mob	Pres.Nat	Pres.Ois	Pres.PL	Pres.VL	Sil	Son.Act	Son.Hum	Son.Klax	Son.Mob	Son.Nat	Son.Ois	Son.PL	Son.VL	Sup
Ag.Son	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,234	0,009	0,435	0,010	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,512
Adeq	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,794	0,065	0,975	0,002	0,000	0,002	0,002	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,154	0,000	0,000	0,000	0,452
Ag.Gl	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,699	0,016	0,831	0,003	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,008	0,021	0,000	0,000	0,000	0,718
Ag.Air	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,308	0,023	0,318	0,489	0,058	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,498	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,851
Ag.Vis	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,280	0,004	0,572	0,039	0,005	0,007	0,000	0,021	0,001	0,000	0,000	0,000	0,007	0,002	0,001	0,001	0,038	0,000	0,000	0,000	0,547
Anim	0,234	0,794	0,699	0,308	0,280	1,000	0,877	0,005	0,196	0,000	0,860	0,611	0,101	0,799	0,937	0,739	0,002	0,501	0,000	0,914	0,877	0,867	0,209	0,726	0,986	0,058
Dyn	0,009	0,065	0,016	0,023	0,004	0,877	1,000	0,695	0,956	0,927	0,814	0,290	0,499	0,799	0,908	0,678	0,004	0,422	0,111	0,761	0,216	0,466	0,684	0,224	0,202	0,000
Env	0,435	0,975	0,831	0,318	0,572	0,005	0,695	1,000	0,009	0,246	0,288	0,971	0,129	0,888	0,602	0,221	0,024	0,337	0,045	0,312	0,192	0,570	0,529	0,489	0,857	0,775
Pres.Act	0,010	0,002	0,003	0,489	0,039	0,196	0,956	0,009	1,000	0,000	0,437	0,398	0,001	0,001	0,089	0,000	0,081	0,000	0,001	0,068	0,159	0,001	0,048	0,078	0,000	0,897
Pres.Hum	0,000	0,000	0,000	0,058	0,005	0,000	0,927	0,246	0,000	1,000	0,154	0,856	0,996	0,011	0,222	0,000	0,005	0,000	0,000	0,045	0,476	0,367	0,305	0,056	0,002	0,286
Pres.Klax	0,000	0,002	0,000	0,001	0,007	0,860	0,814	0,288	0,437	0,154	1,000	0,000	0,401	0,004	0,000	0,000	0,000	0,213	0,561	0,000	0,042	0,337	0,093	0,000	0,000	0,587
Pres.Mob	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,611	0,290	0,971	0,398	0,856	0,000	1,000	0,150	0,206	0,000	0,000	0,005	0,540	0,266	0,001	0,000	0,102	0,020	0,000	0,000	0,862
Pres.Nat	0,002	0,143	0,024	0,001	0,021	0,101	0,499	0,129	0,001	0,996	0,401	0,150	1,000	0,000	0,673	0,191	0,001	0,006	0,214	0,986	0,006	0,000	0,000	0,144	0,001	0,486
Pres.Ois	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,836	0,799	0,888	0,001	0,011	0,004	0,206	0,000	1,000	0,197	0,250	0,000	0,006	0,011	0,010	0,182	0,000	0,011	0,000	0,000	0,676
Pres.PL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,937	0,908	0,602	0,089	0,222	0,000	0,000	0,673	0,197	1,000	0,000	0,000	0,041	0,302	0,000	0,004	0,000	0,022	0,000	0,000	0,337
Pres.VL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,739	0,678	0,221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,191	0,250	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,123	0,603	0,000	0,000	0,334
Sil	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,024	0,081	0,005	0,000	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	1,000	0,193	0,094	0,000	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	0,530
Son.Act	0,019	0,001	0,003	0,498	0,007	0,501	0,422	0,337	0,000	0,000	0,213	0,540	0,006	0,006	0,041	0,000	0,193	1,000	0,007	0,235	0,395	0,000	0,024	0,557	0,000	0,177
Son.Hum	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,045	0,001	0,000	0,561	0,266	0,214	0,011	0,302	0,000	0,094	0,007	1,000	0,010	0,412	0,021	0,003	0,014	0,012	0,960
Son.Klax	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,914	0,761	0,312	0,068	0,045	0,000	0,001	0,986	0,010	0,000	0,000	0,000	0,235	0,010	1,000	0,000	0,823	0,033	0,000	0,000	0,645
Son.Mob	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,877	0,216	0,192	0,159	0,476	0,042	0,000	0,006	0,182	0,004	0,082	0,001	0,395	0,412	0,000	1,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,521
Son.Nat	0,007	0,154	0,021	0,001	0,038	0,867	0,466	0,570	0,001	0,367	0,337	0,102	0,000	0,000	1,000	0,123	0,008	0,000	0,021	0,823	0,001	1,000	0,000	0,833	0,014	0,228
Son.Ois	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,209	0,684	0,529	0,048	0,305	0,093	0,020	0,000	0,011	0,022	0,603	0,000	0,024	0,003	0,033	0,002	0,000	1,000	0,000	0,000	0,937
Son.PL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,726	0,224	0,489	0,078	0,056	0,000	0,000	0,144	0,011	0,000	0,000	0,000	0,557	0,014	0,000	0,000	0,833	0,033	0,000	1,000	0,398
Son.VL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,986	0,202	0,857	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	1,000	0,367
Sup	0,512	0,452	0,718	0,851	0,547	0,058	0,000	0,775	0,897	0,286	0,587	0,862	0,486	0,676	0,337	0,334	0,530	0,177	0,960	0,645	0,521	0,228	0,937	0,398	0,367	1,000

Nom : BROCOLINI Date de soutenance : 13 décembre 2012

Prénom : Laurent Doctorat

Titre :Qualité de l'environnement sonore urbain : Proposition de nouveaux indicateurs

Université de Cergy-Pontoise Ecole doctorale Sciences et Ingénierie

Génie Civil Spécialité : Acoustique

Résumé :

A l'heure actuelle, les seuls moyens d'informer les usagers de la ville de l'environnement sonore dans lequel ils vivent consistent en des indicateurs de niveaux sonores moyens et annuels obtenus par modélisation acoustique des principales infrastructures de transports. Or, ces indicateurs sont difficilement compris et de ce fait mal interprétés par les usagers de la ville car ils ne reflètent pas la signification des bruits perçus et la diversité des situations que les citadins rencontrent. Le but de ce travail de recherche est donc d'analyser la façon dont les usagers de la ville perçoivent le paysage sonore urbain afin de définir des indicateurs de qualité sonore qui pourront être à terme intégrés dans une représentation territoriale cartographique. Pour ce faire, il a tout d'abord été nécessaire de s'attacher à déterminer un pas temporel et spatial de mesure permettant de caractériser des ambiances urbaines d'un point de vue acoustique. A partir d'enregistrements longue durée (trois mois environs) en six points fixes à Paris, il a été possible de déterminer à travers des classifications ascendantes hiérarchiques de Ward associées à des cartes auto-organisatrices de Kohonen qu'une durée de dix minutes semble dans la plupart des cas être suffisante pour caractériser différentes ambiances sonores. Grâce aux mêmes méthodes de classification, l'analyse du maillage spatial a permis de définir quatre zones homogènes qui correspondent (1) au parc, (2) au boulevard, (3) à la rue piétonne puis (4) une zone que l'on qualifiera de zone de transition. La suite de l'étude s'est attachée à construire des modèles de prédiction de la qualité sonore. A partir d'enquêtes de terrain réalisées à Paris et à Lyon, il a été possible d'établir des modèles à la fois locaux (caractérisant le lieu même où le questionnaire a été évalué) et globaux basés d'une part sur des régressions linéaires multiples et d'autre part sur des réseaux de neurones artificiels. La comparaison de ces deux types de modèles a permis entre autre de mettre en évidence l'apport des réseaux de neurones artificiels devant les régressions linéaires multiples en termes de prédiction. Par ailleurs il est ressorti de ces modèles l'importance de variables telles que le silence, l'agrément visuel ou encore la présence de sources sonores particulières comme les véhicules légers pour expliquer la qualité sonore de l'environnement.

Mots clés :

Soundscape; Maillage temporel ; Maillage spatial ; Classification hiérarchique ascendante; Cartes de Kohonen; Indicateurs de qualité sonore ; Régressions linéaires multiples ; Réseaux de neurones artificiels;

Laboratoire de géographie Mobilités, Réseaux, Territoires, Environnements (EA 4113)

Directrice de thèse : Catherine LAVANDIER Co-directeur de thèse : Mathias QUOY

Composition du jury :

Catherine LAVANDIER	Directrice de thèse
Mathias QUOY	Co-directeur de thèse
Dick BOTTELDOOREN	Rapporteur
Jean-Hugh THOMAS	Rapporteur
Catherine MARQUIS-FAVRE	Membre du jury
Jérôme DEFRANCE	Membre du jury
Mathieu LAVANDIER	Invité

UNIVERSITÉ de Cergy-Pontoise