

## 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 12<sup>ème</sup> arrondissement et un dans le 5<sup>ème</sup> 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 (12<sup>ème</sup> arrondissement) et 24 sur le site de Mouffetard (5<sup>ème</sup> arrondissement).

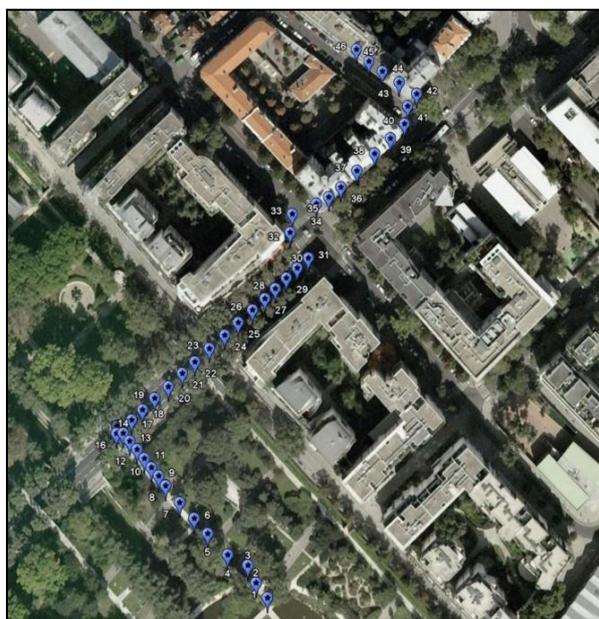


Figure 57 : Description du parcours sur le site de Bercy (12<sup>ème</sup> arrondissement).

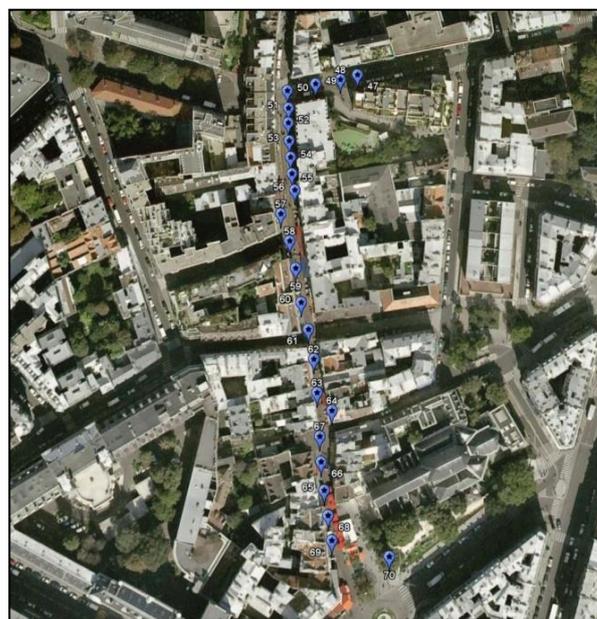


Figure 58 : Description du parcours sur le site de Mouffetard (5<sup>ème</sup> arrondissement).

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'Épée 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 devons 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  $\sigma$ . 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, ...).

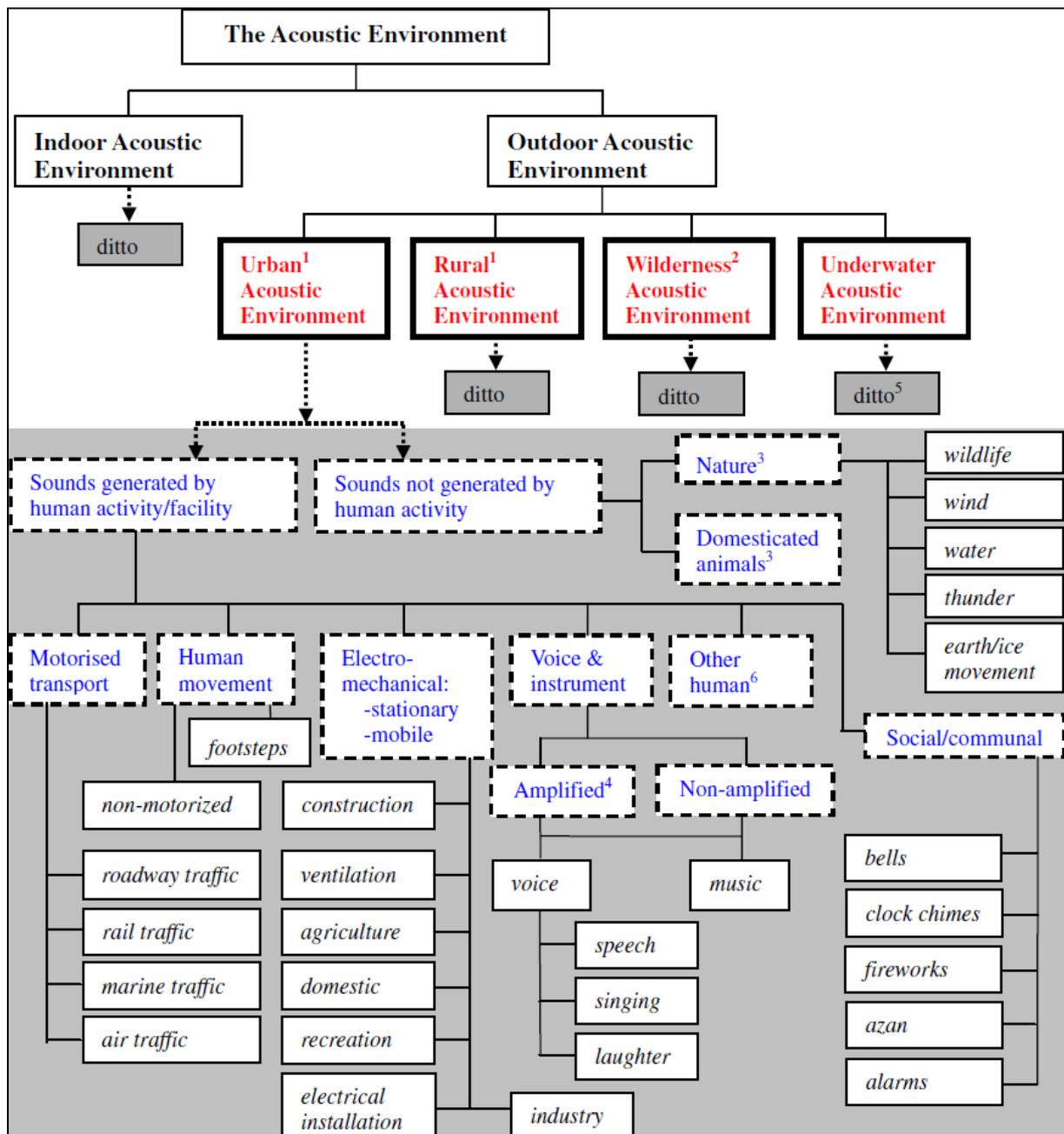


Figure 65 : Classification possible des sources sonores pour l'étude du "soundscape" développée par BROWN A.L *et al.* [BROWN 2011].

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 grossesse 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.

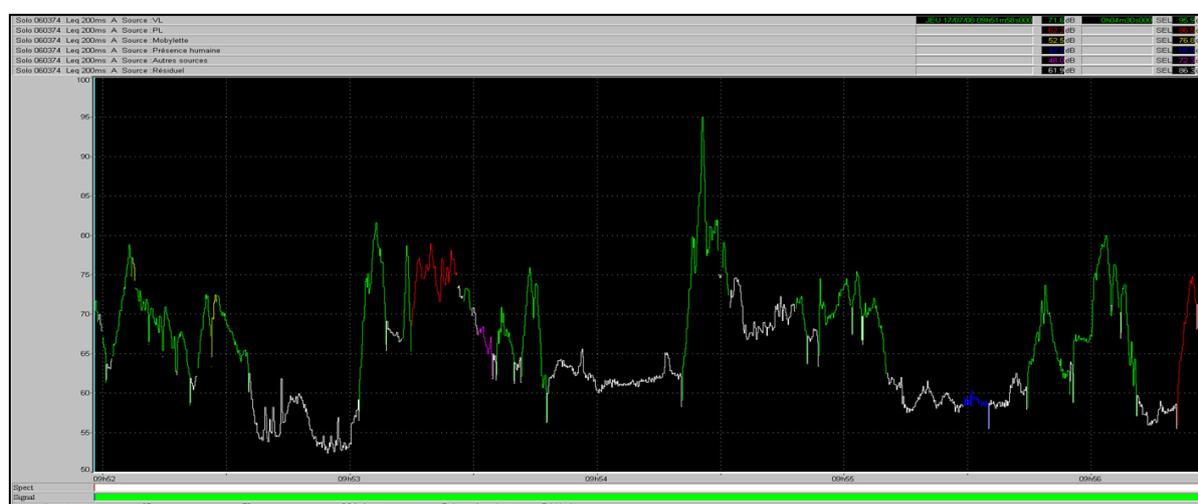


Figure 66 : Exemple d'identification des sources à partir de l'évolution temporelle du  $L_{Aeq,1s}$ .

Sur l'évolution temporelle du  $L_{Aeq}$  apparaît 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  $E_m = L_{A10_{part}} - L_{Aeq}$ . 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 <sub>Aeq</sub> (dB(A))	54,0	56,8	...	63,5	64,4	...
	Ecart-type (dB(A))	2,1	3,3	...	6,2	4,8	...
	L <sub>A90</sub> (dB(A))	51,2	51,2	...	49,3	55,0	...
	L <sub>A10</sub> (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.

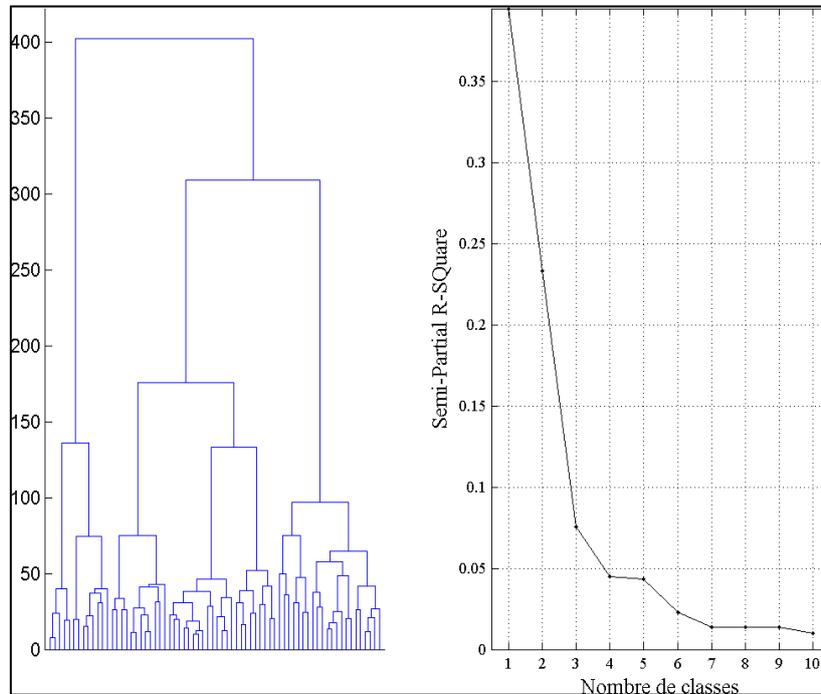


Figure 67 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur les 70 mesures acoustiques de 15 min.

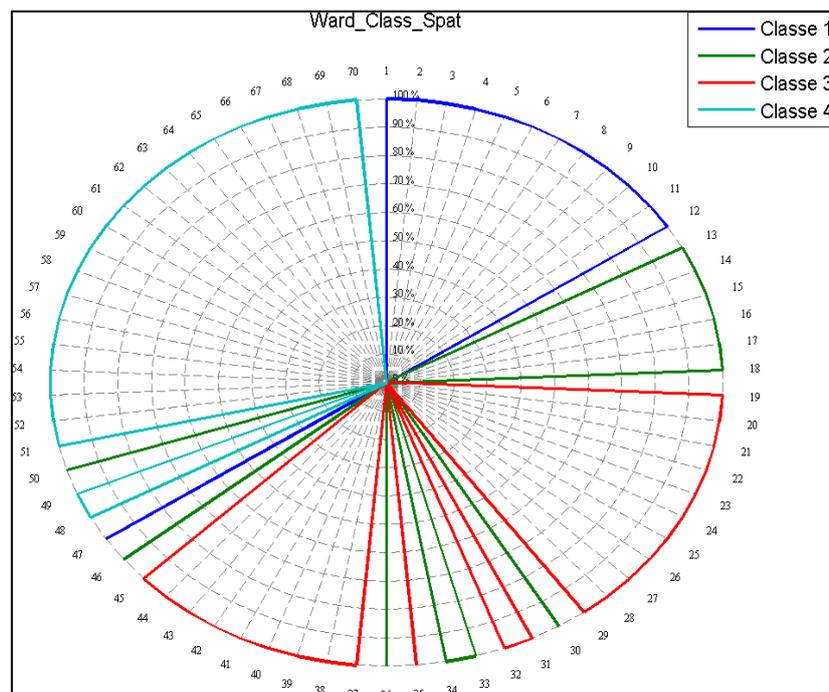


Figure 68 : Répartition des 70 lieux dans les quatre classes issues de la classification de Ward sur les mesures acoustiques de 15 min.

---

#### 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.

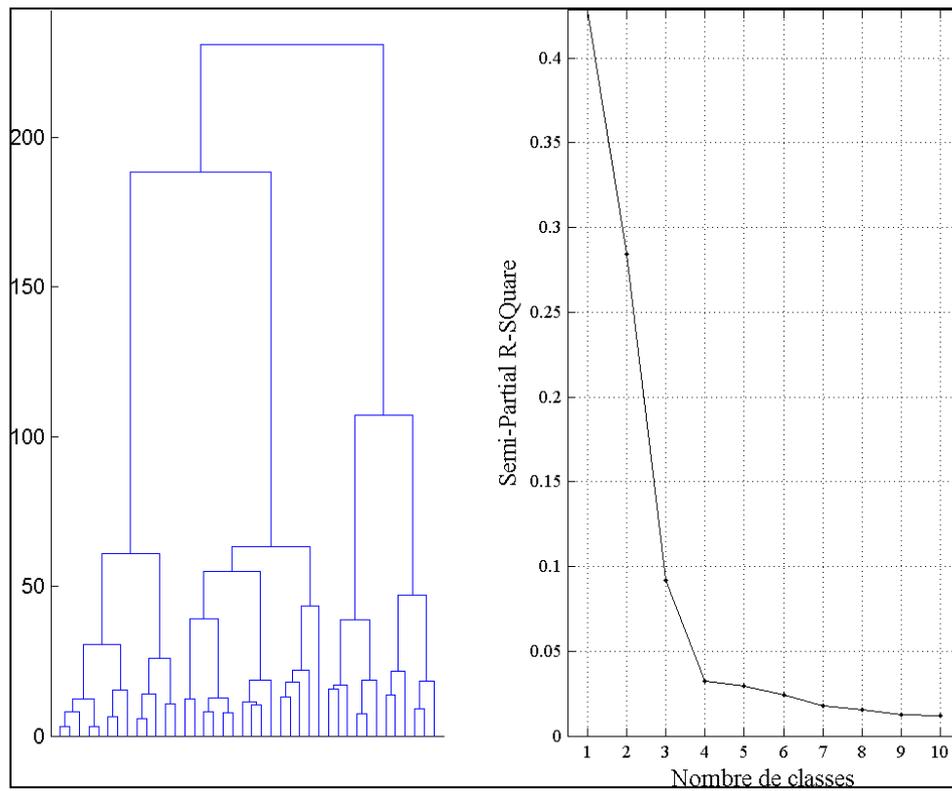


Figure 69 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 15 min.

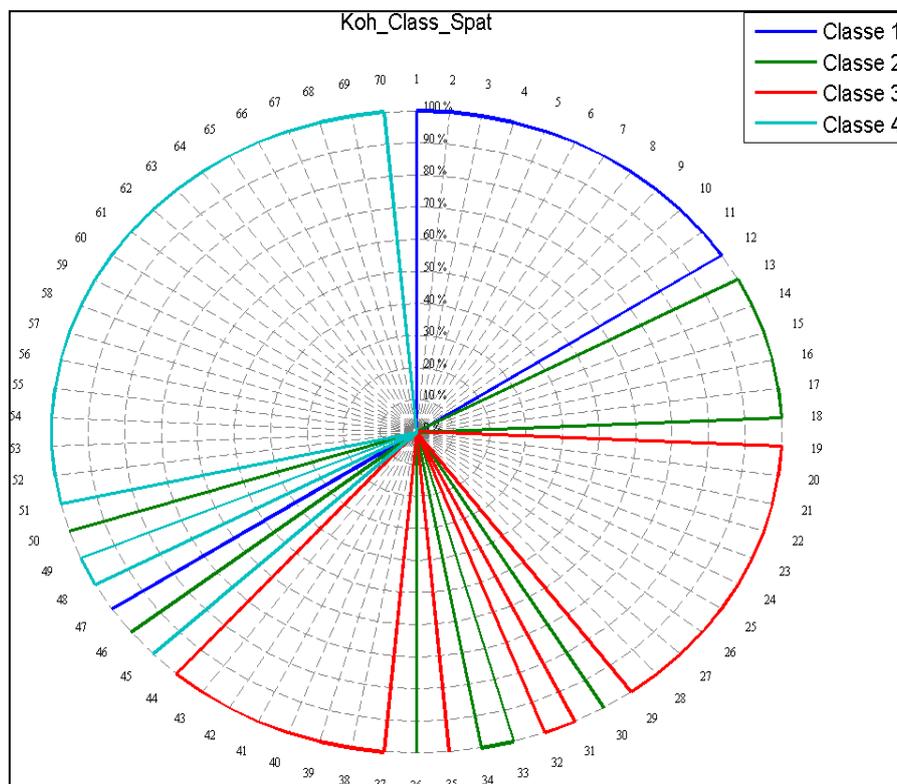


Figure 70 : Répartition des 70 lieux de mesures de 15 min dans chacune des super-classes établies à partir de la classification conjointe.

#### 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.

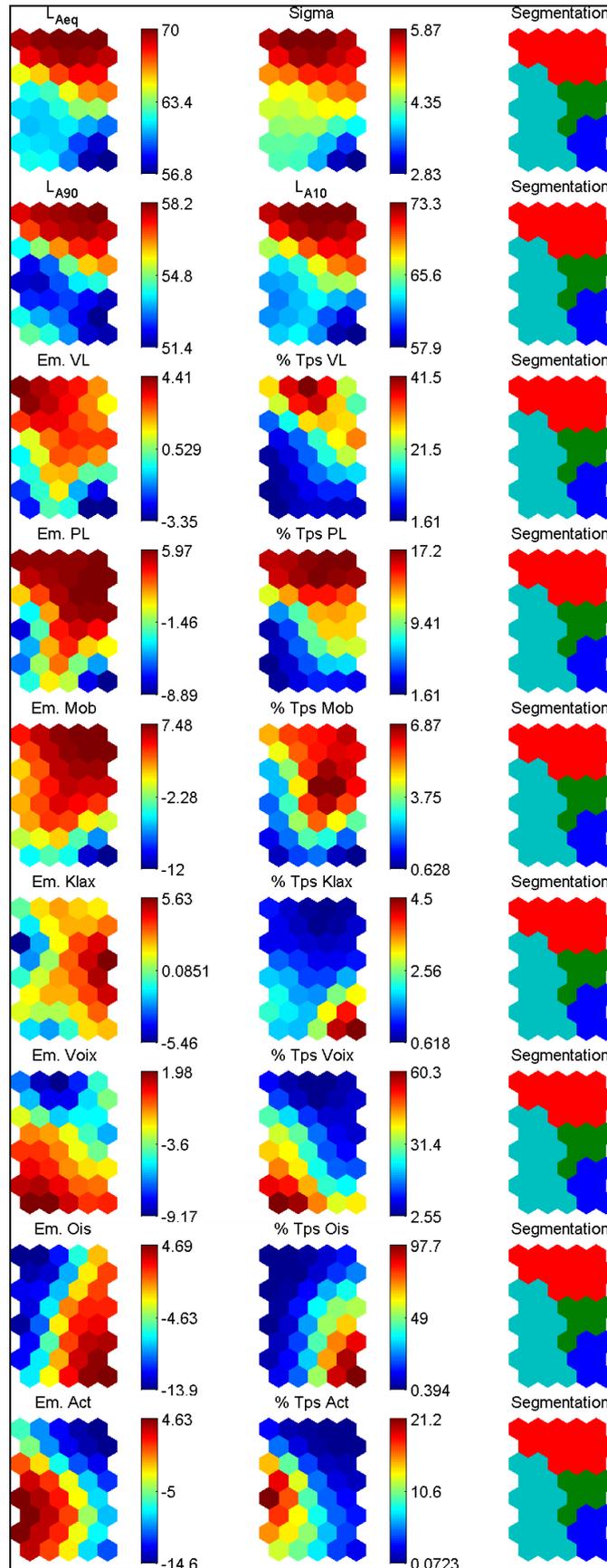


Figure 71 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes.

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.