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.

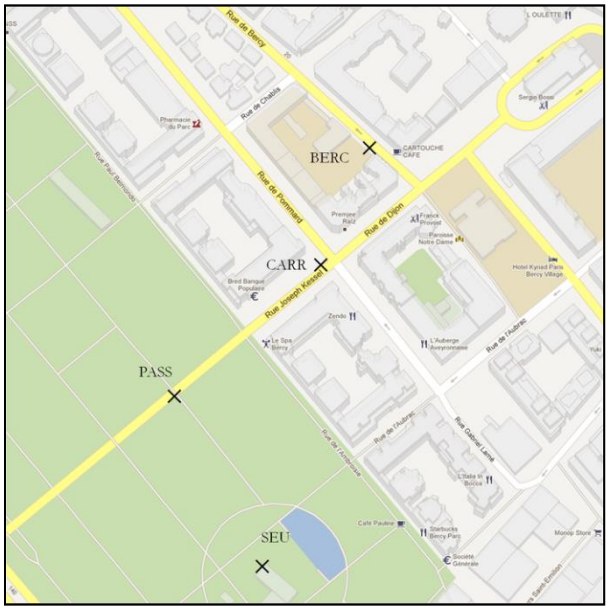

Figure 11: Disposition des points fixes dans le 12ème arrondissement de Paris.

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.

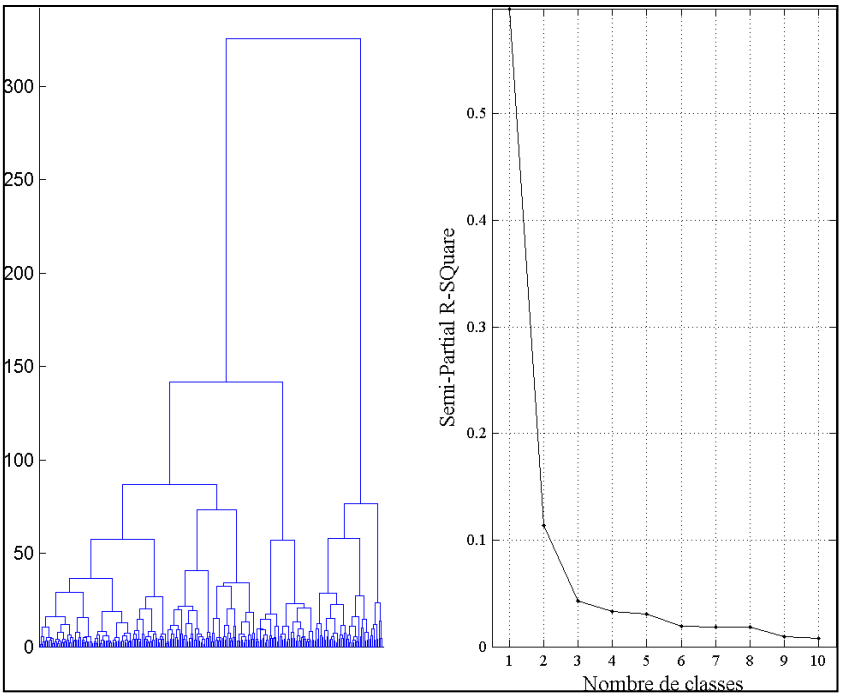

Figure 13:Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur les mesures de 1 h réalisées les jeudis.

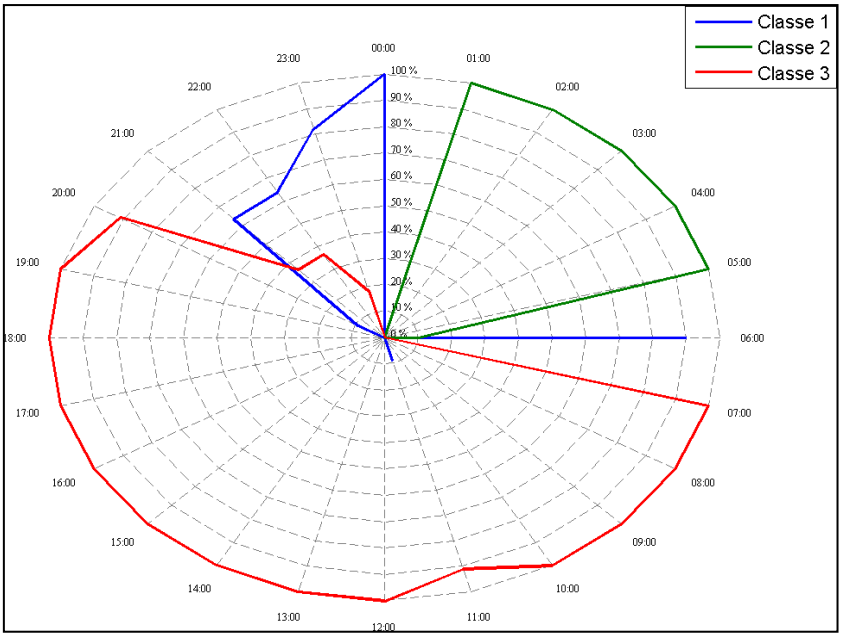

Figure 14 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jeudis qui appartiennent à chaque classe établie à partir de la classification de Ward. Ce graphique représente le rythme des jeudis.

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.

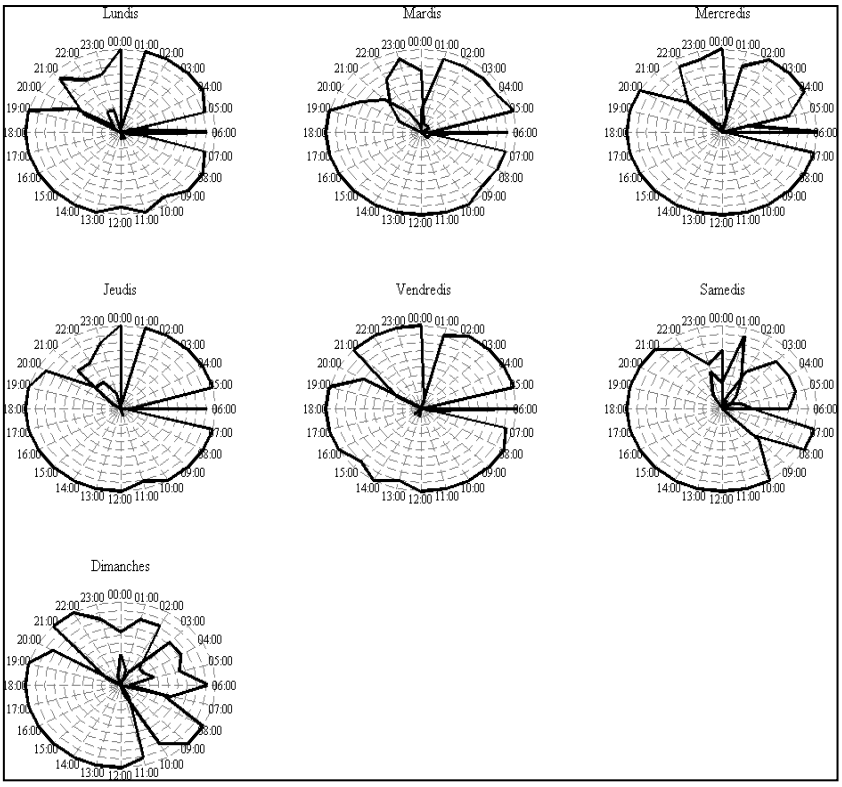

Figure 15 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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.

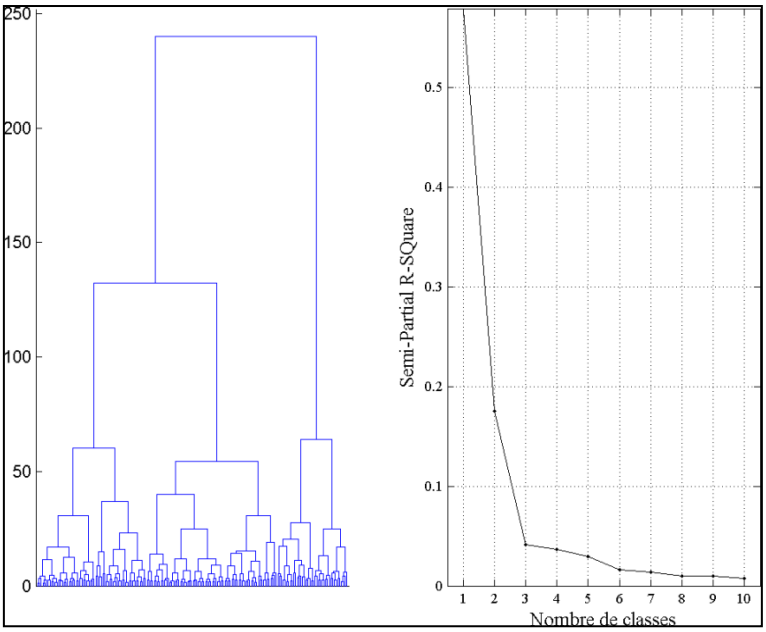

Figure 16 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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.

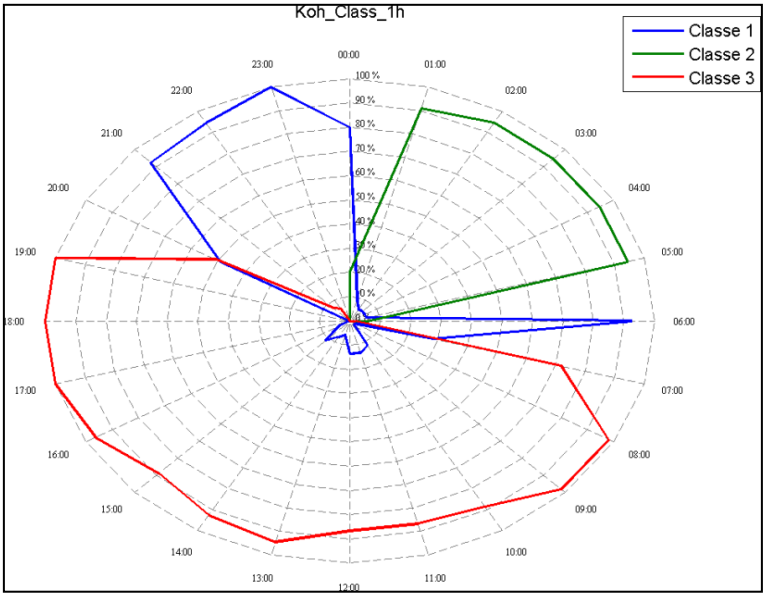

Figure 17 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

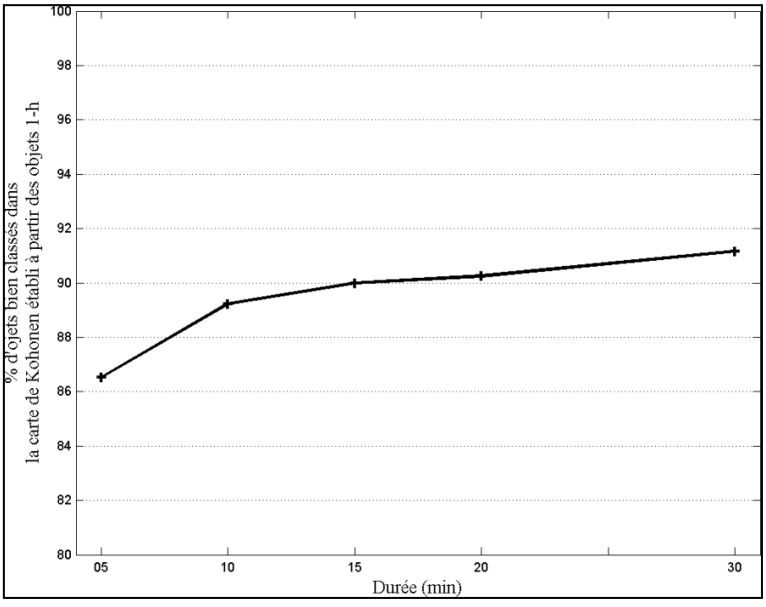

Figure 18 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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.

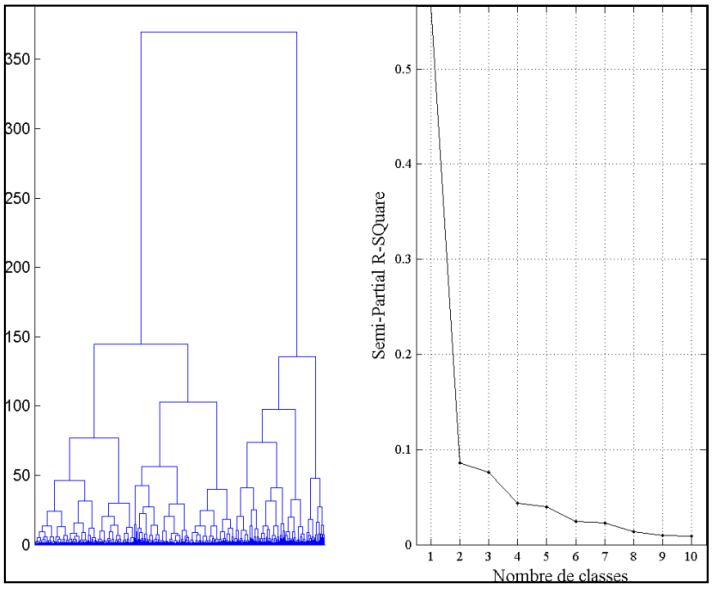

Figure 19 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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.

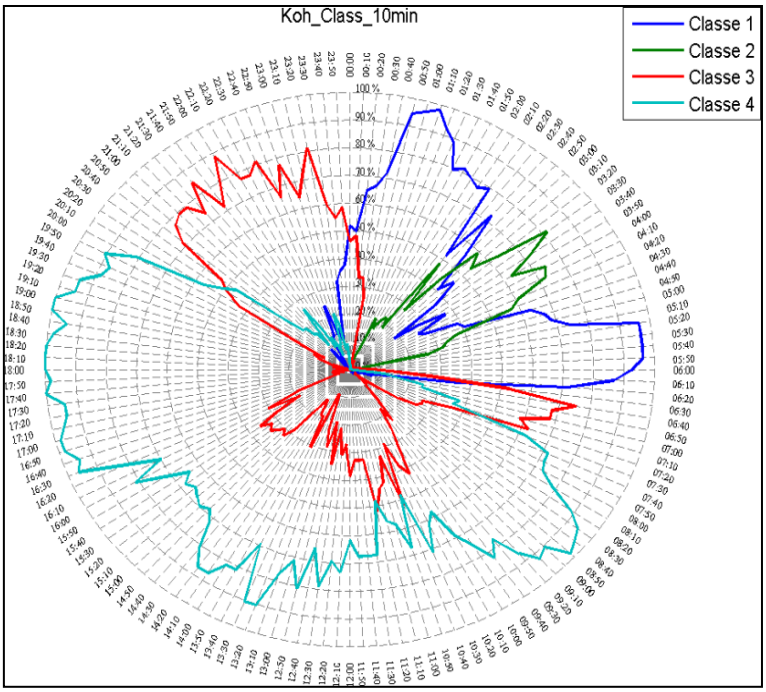

Figure 20 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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.

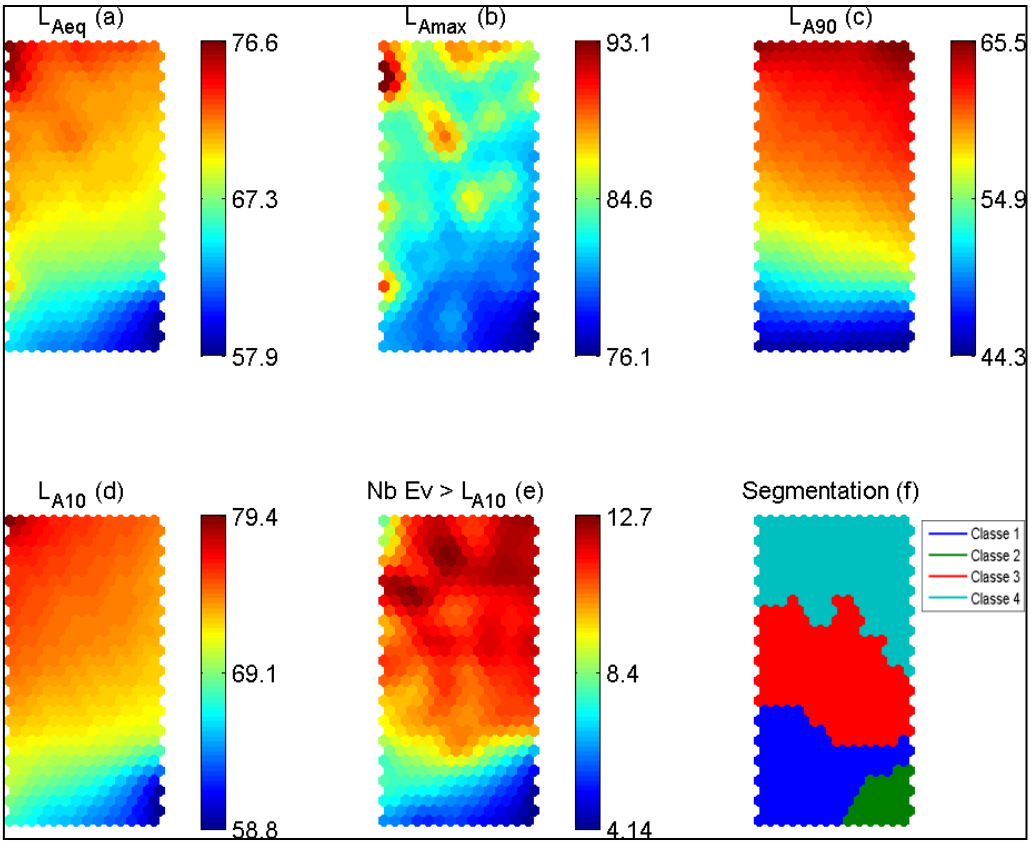

Figure 21 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

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.

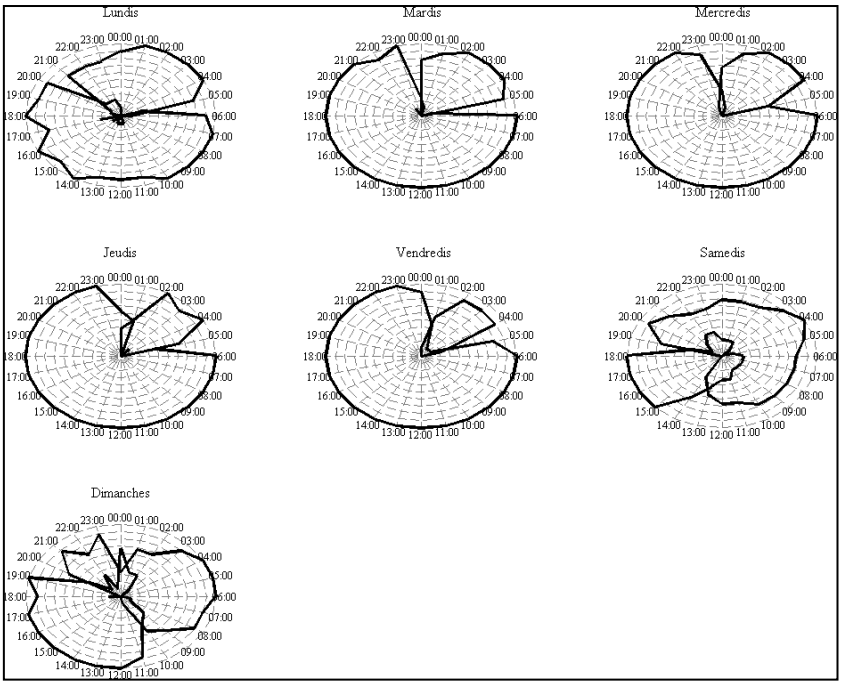

Figure 22 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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.

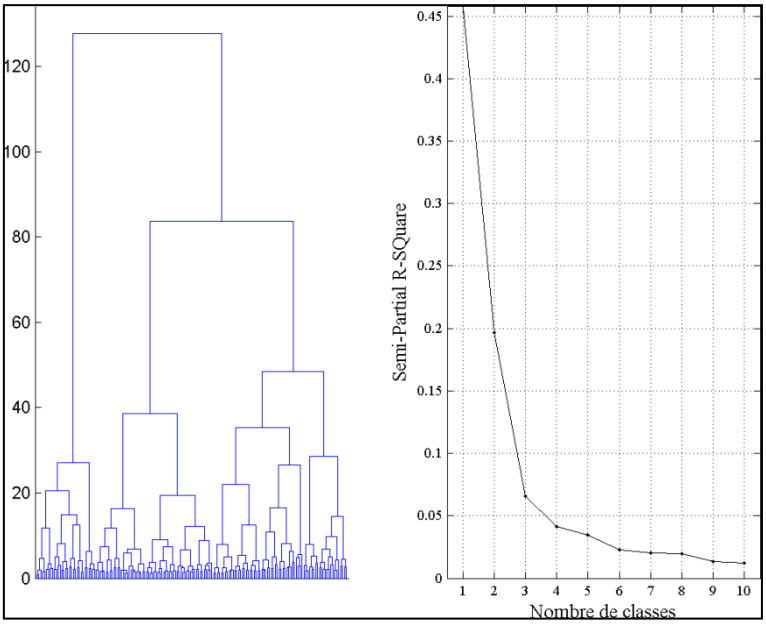

Figure 23 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

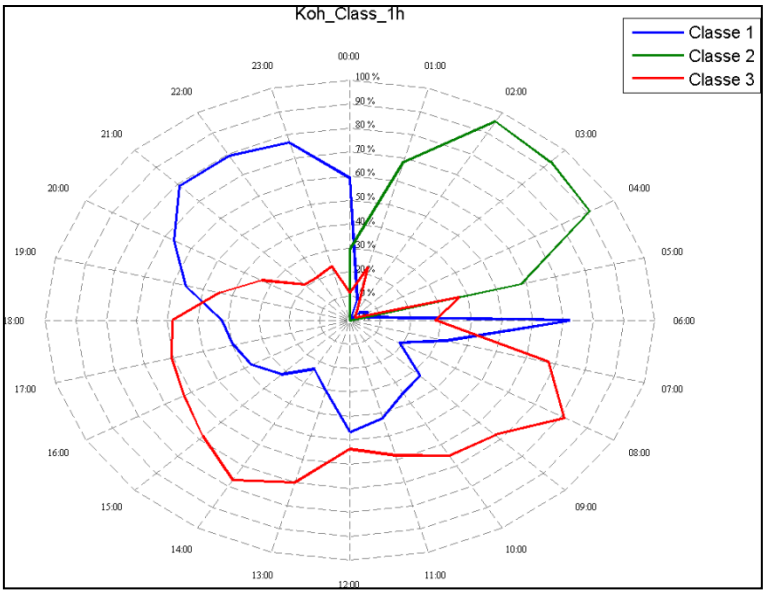

Figure 24 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

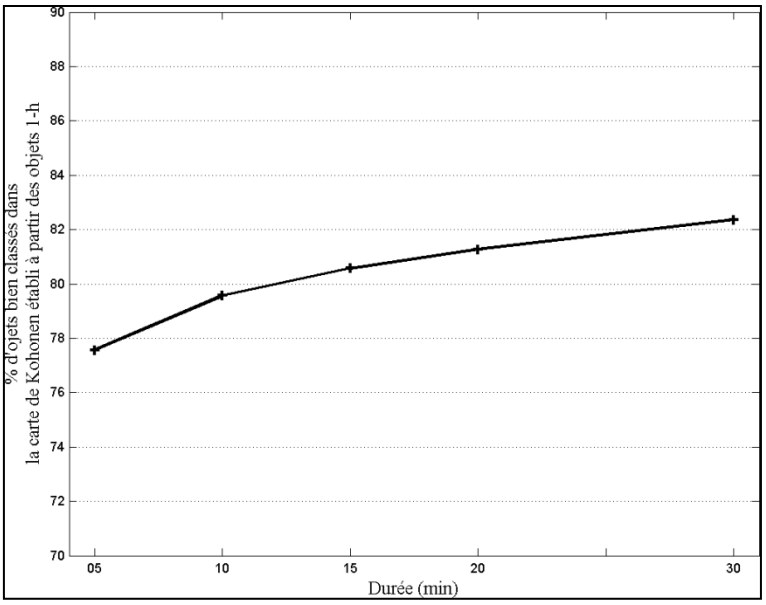

Figure 25 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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.

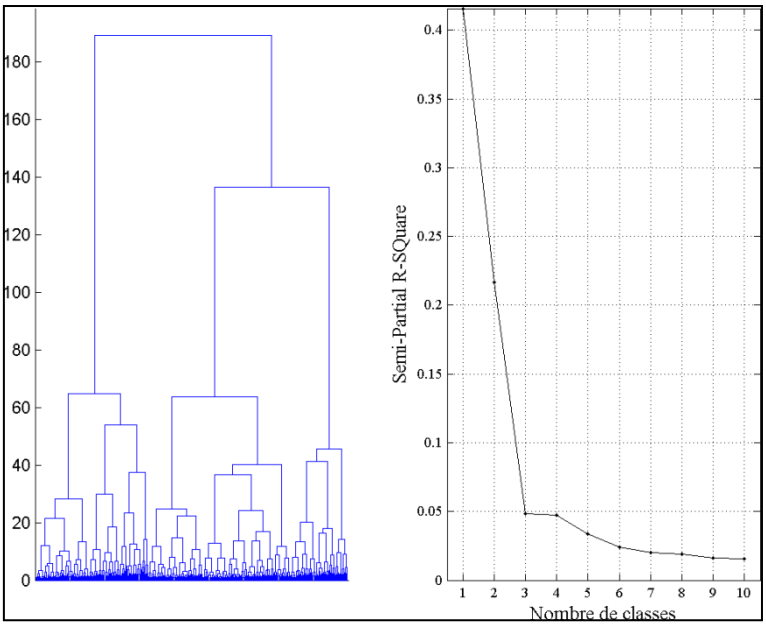

Figure 26 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

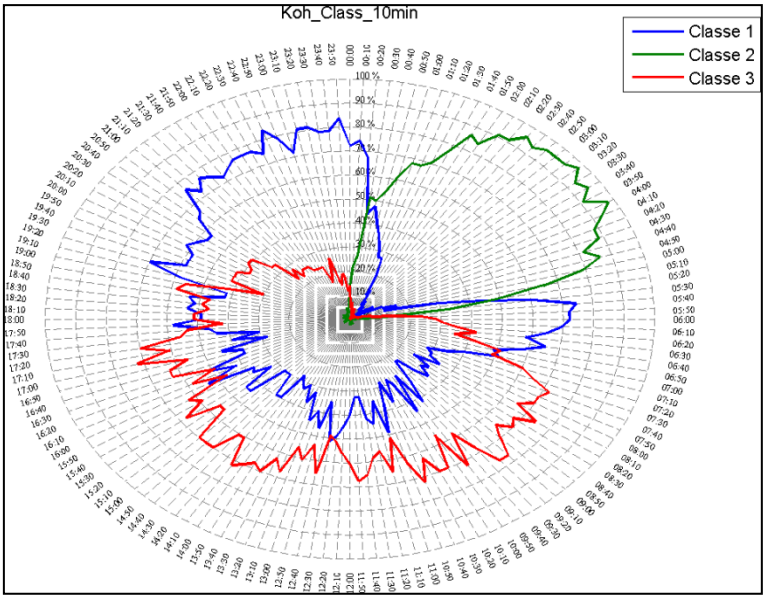

Figure 27 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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)).

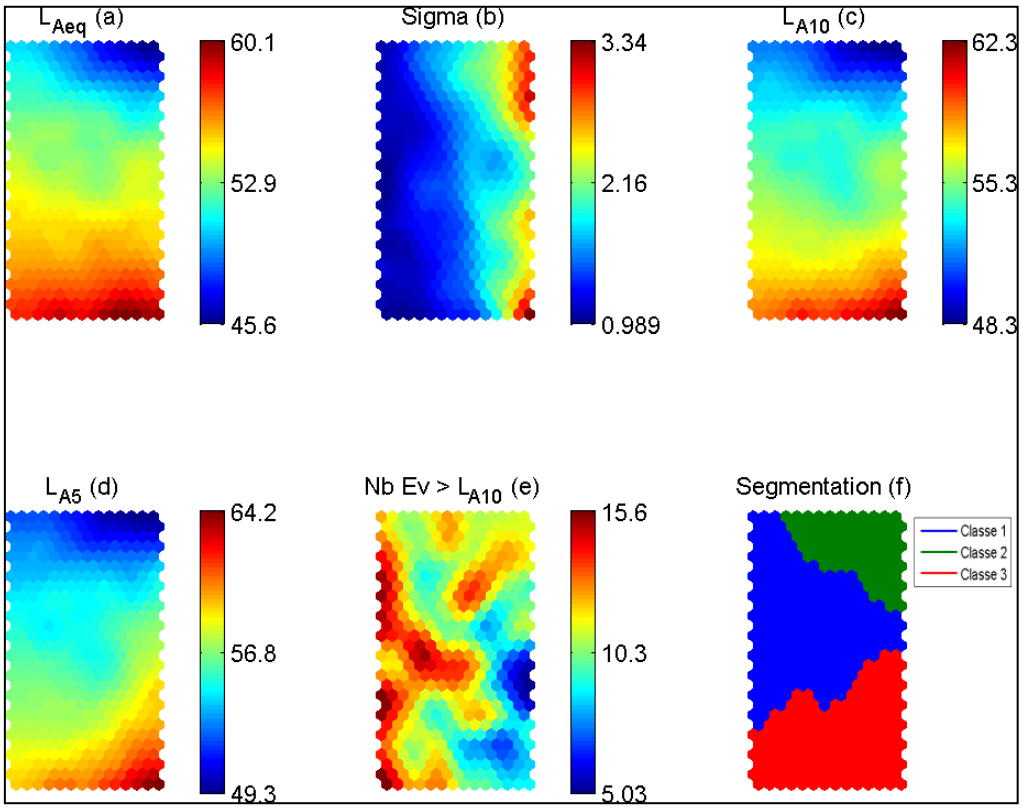

Figure 28 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

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.

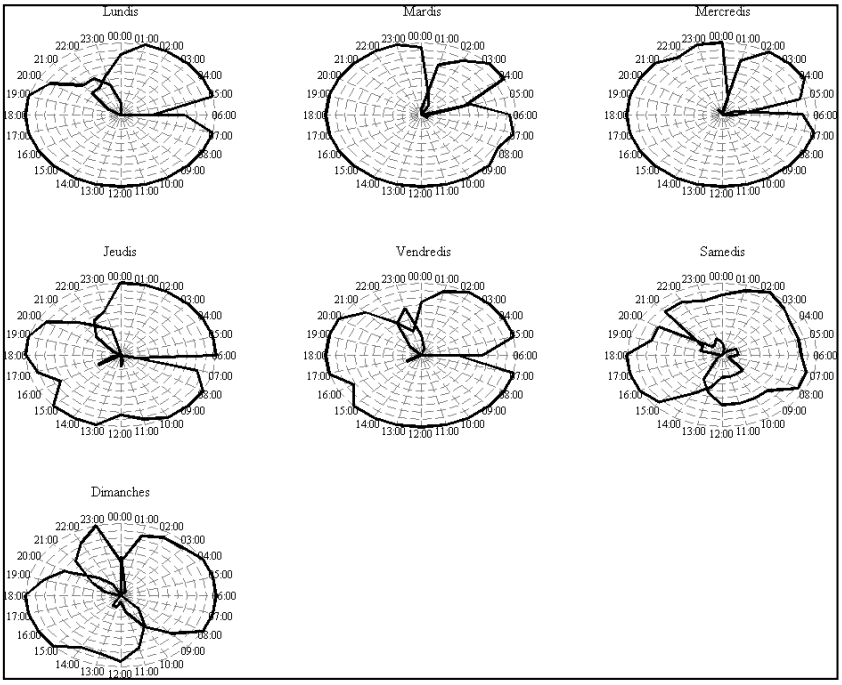

Figure 29 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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).

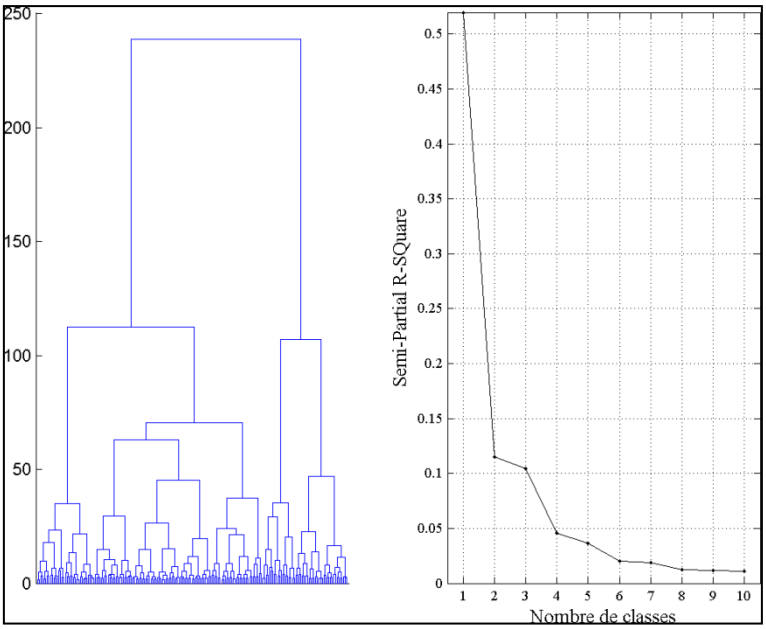

Figure 30 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

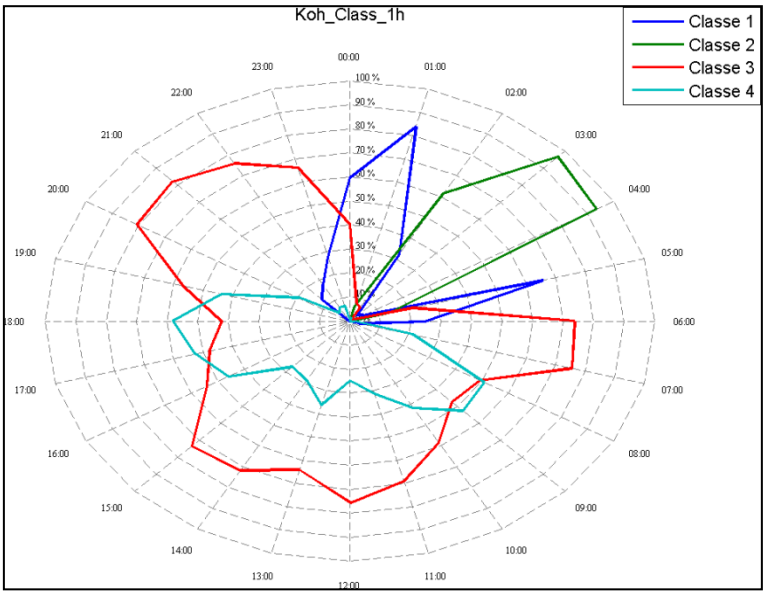

Figure 31 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

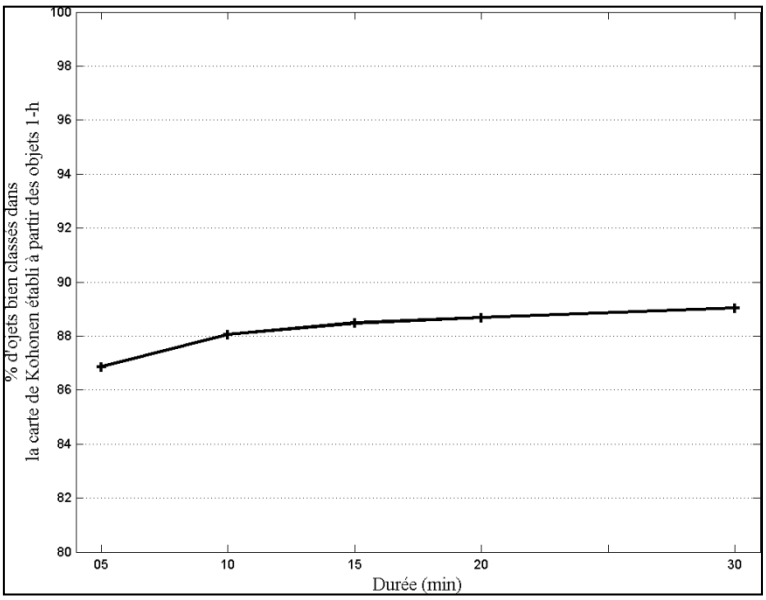

Figure 32 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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) ?

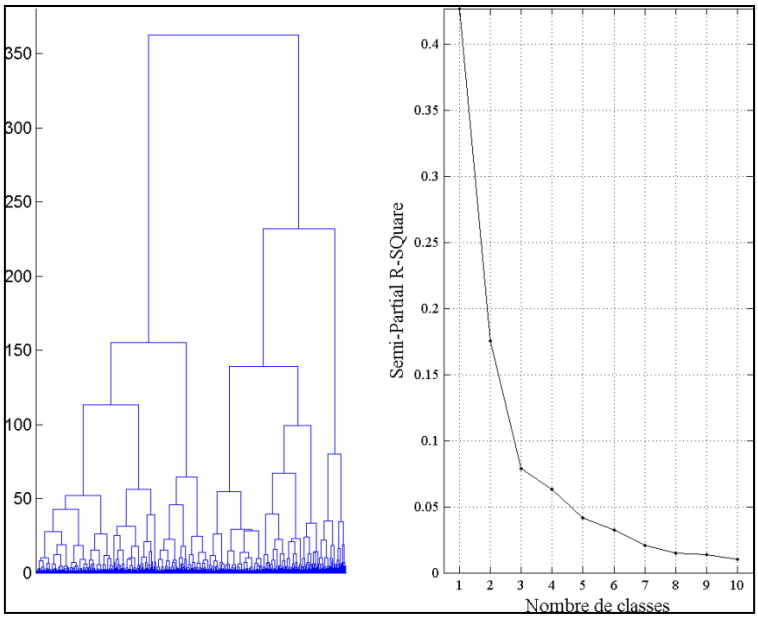

Figure 33 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

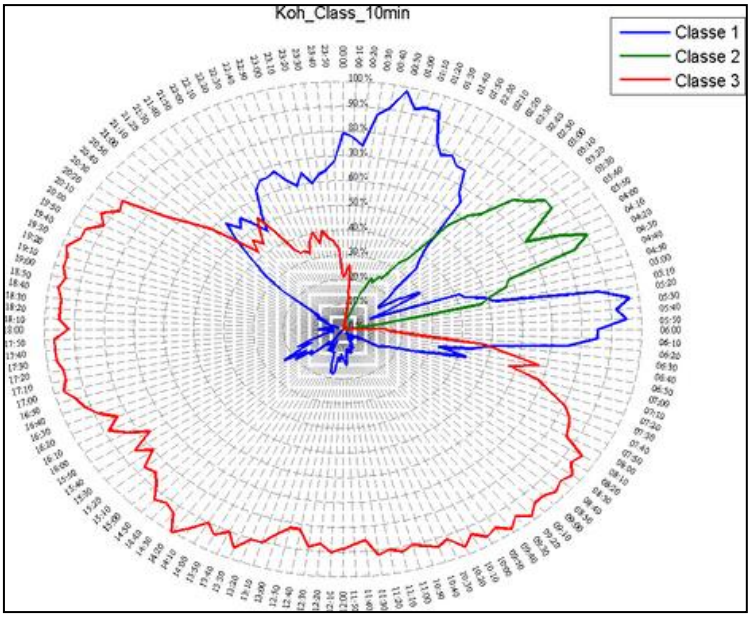

Figure 34 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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.

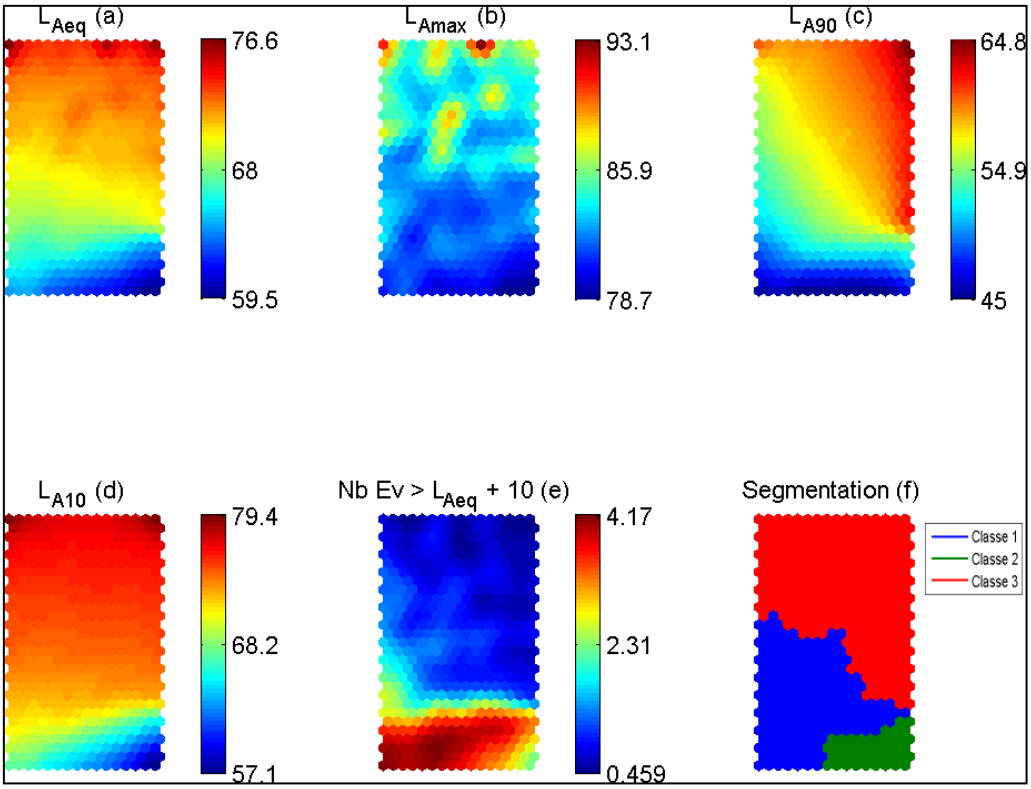

Figure 35 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b, c, d : dB(A); e : nombre d'évènements en 5 min).

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.

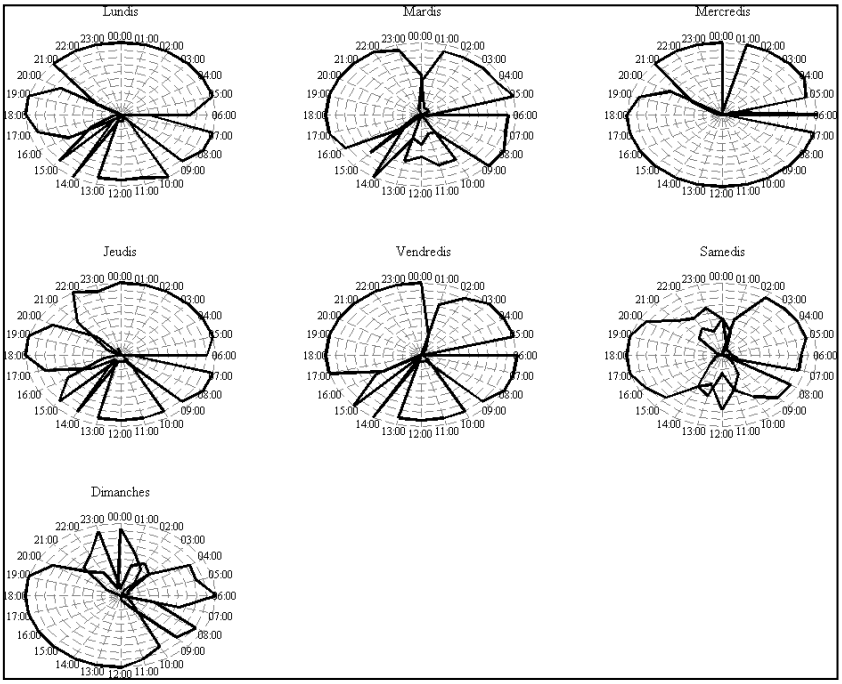

Figure 36 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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.

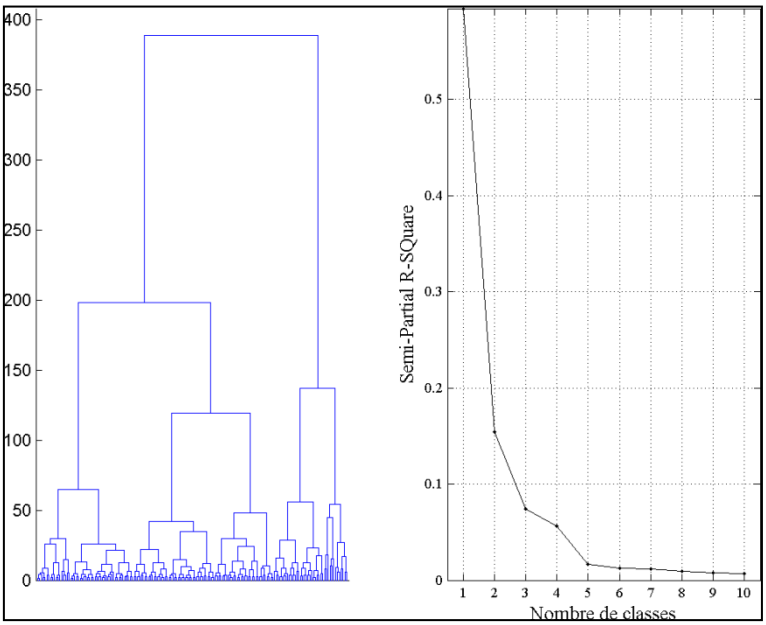

Figure 37 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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).

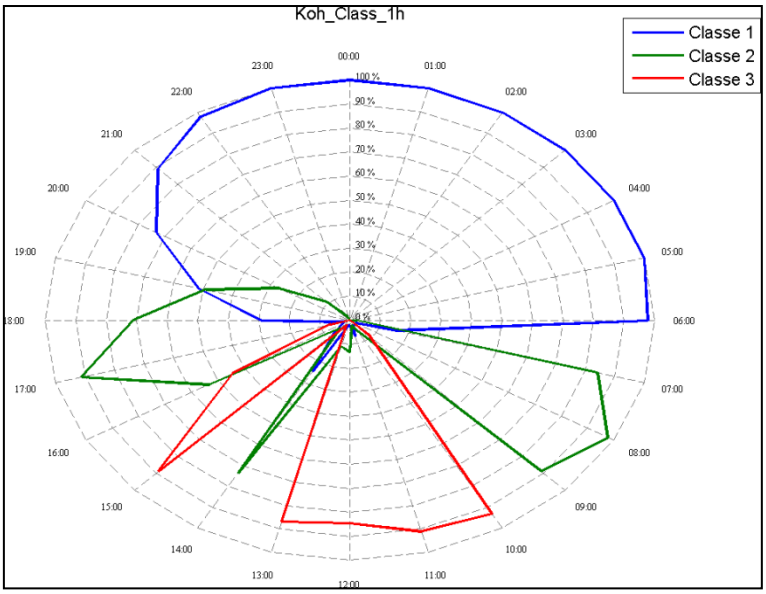

Figure 38 : Pourcentage de mesures de 1h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

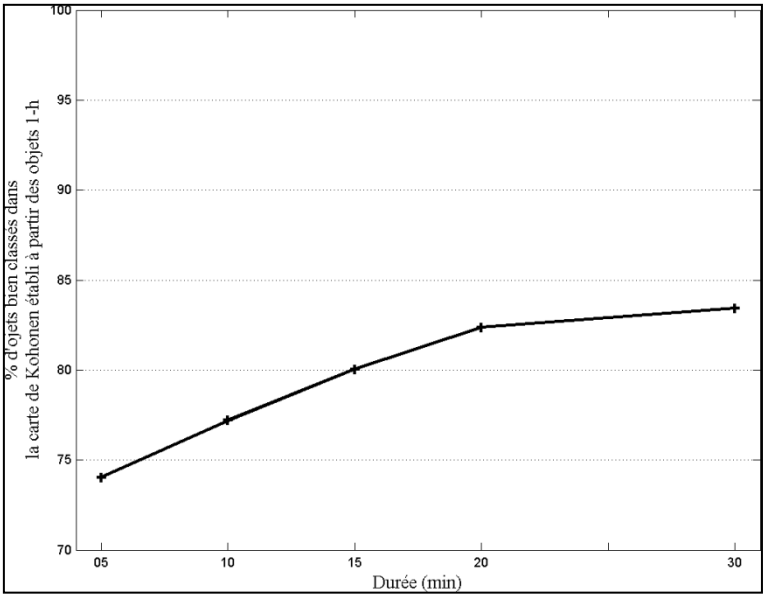

Figure 39 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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.

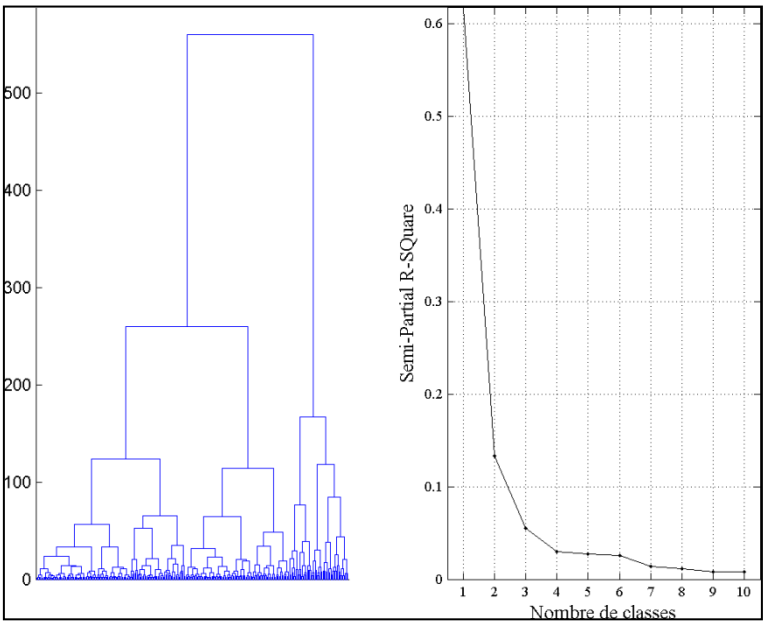

Figure 40 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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).

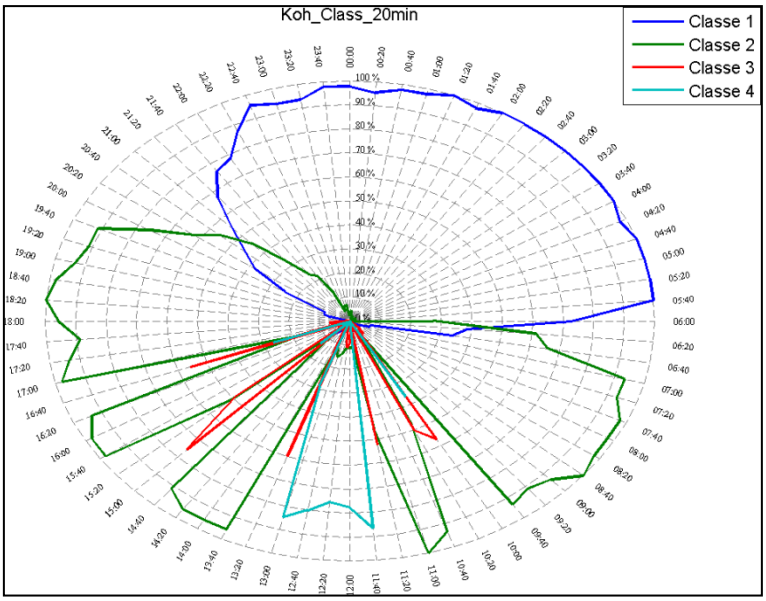

Figure 41 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (20 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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).

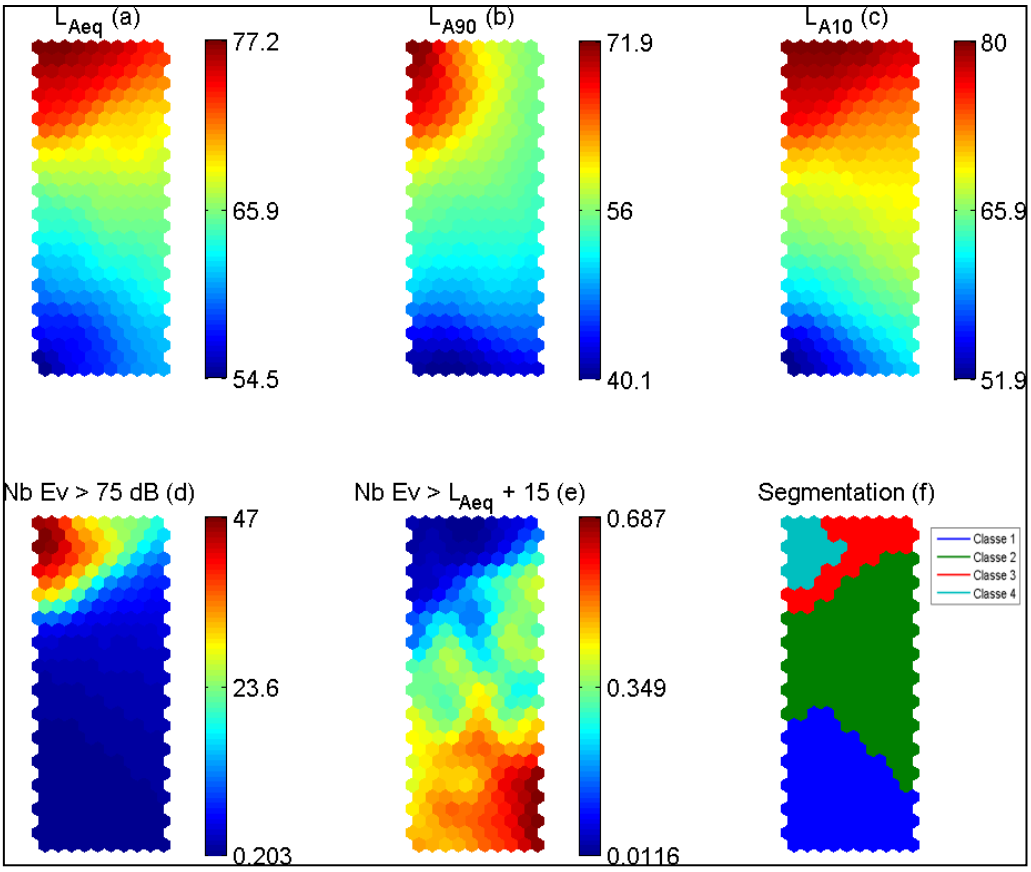

Figure 42 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c : dB(A); d, e : nombre d'évènements en 5 min).

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.

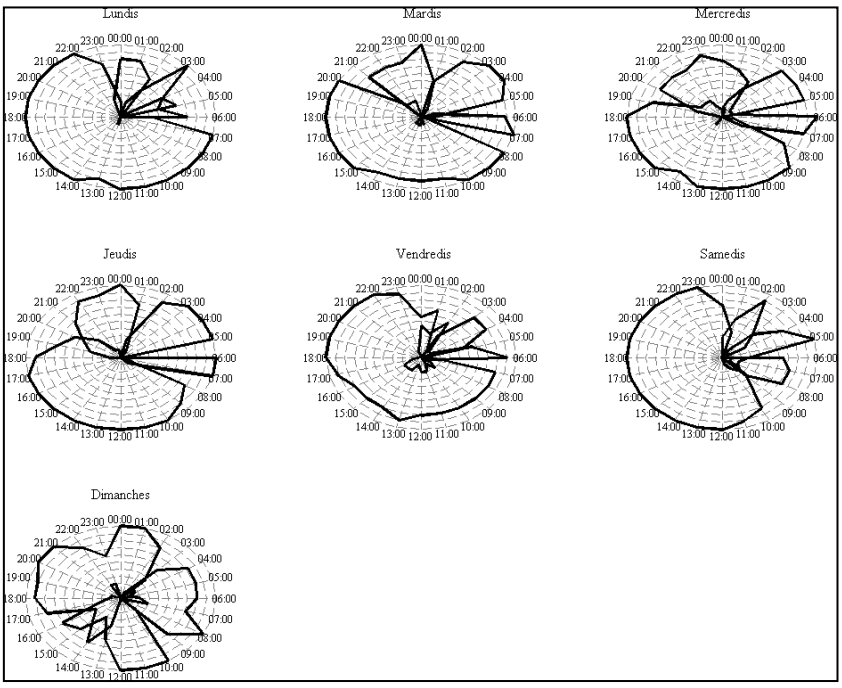

Figure 43 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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.

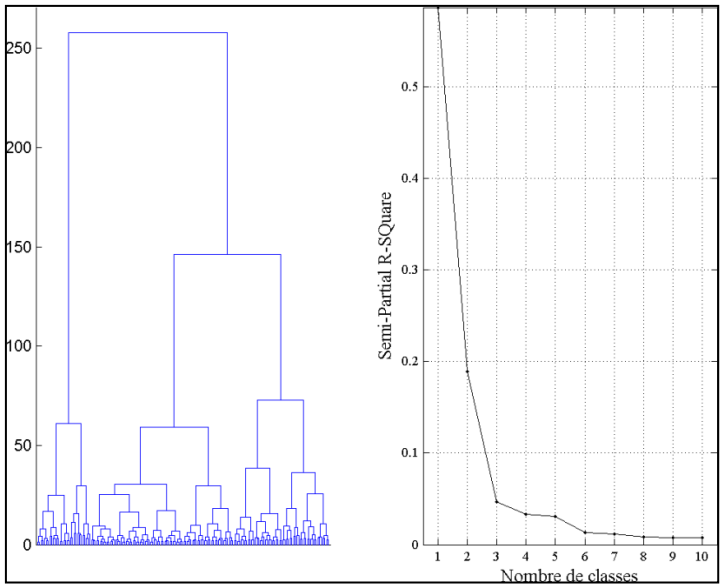

Figure 44 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

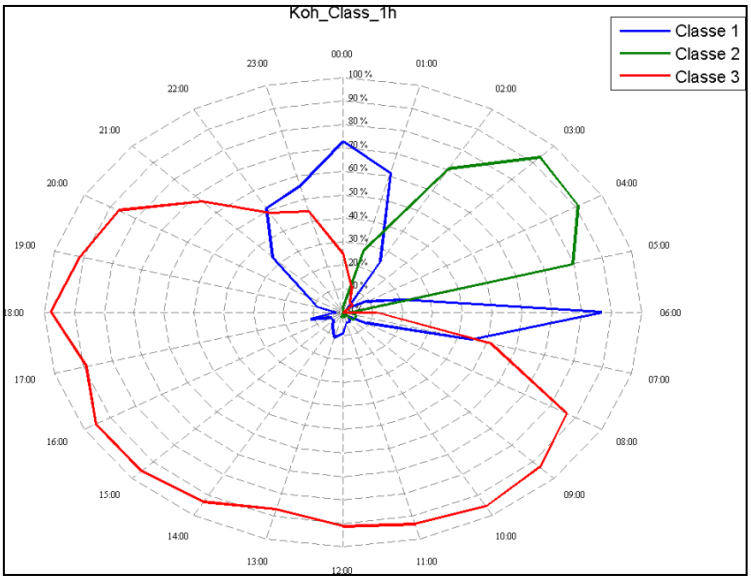

Figure 45 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

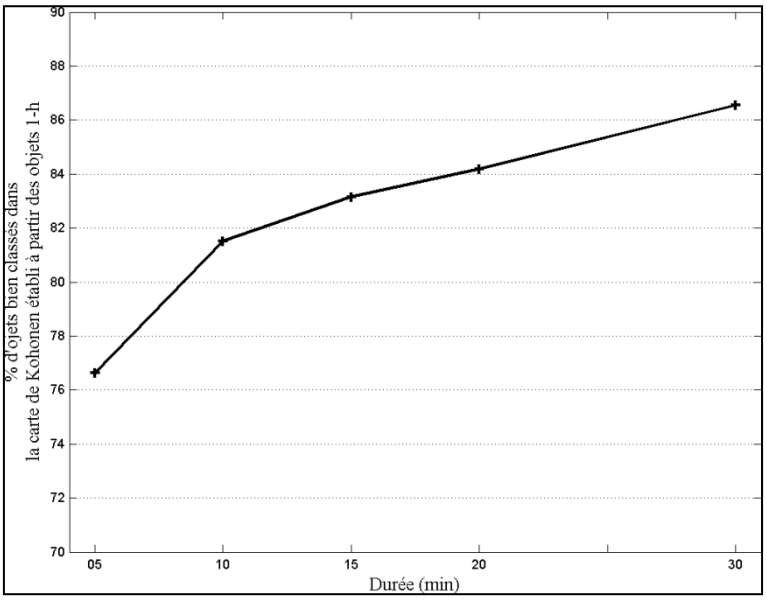

Figure 46 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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.

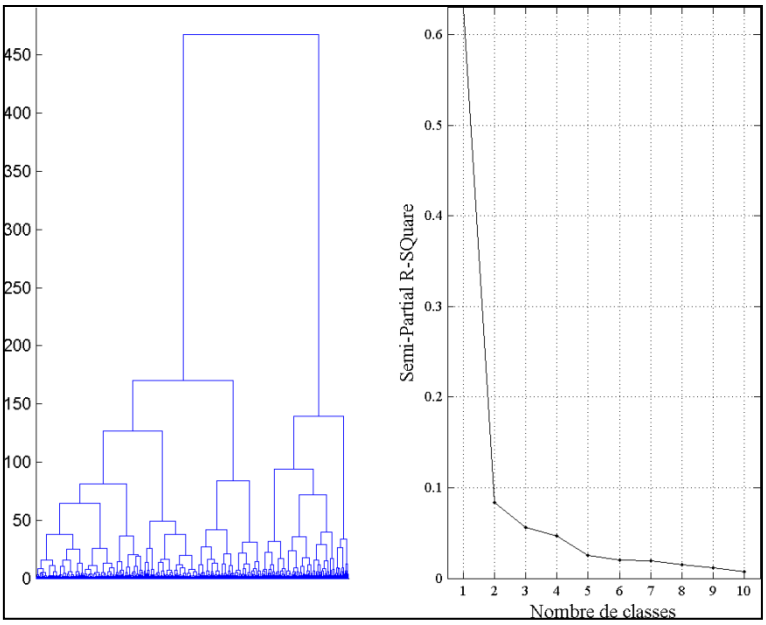

Figure 47 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

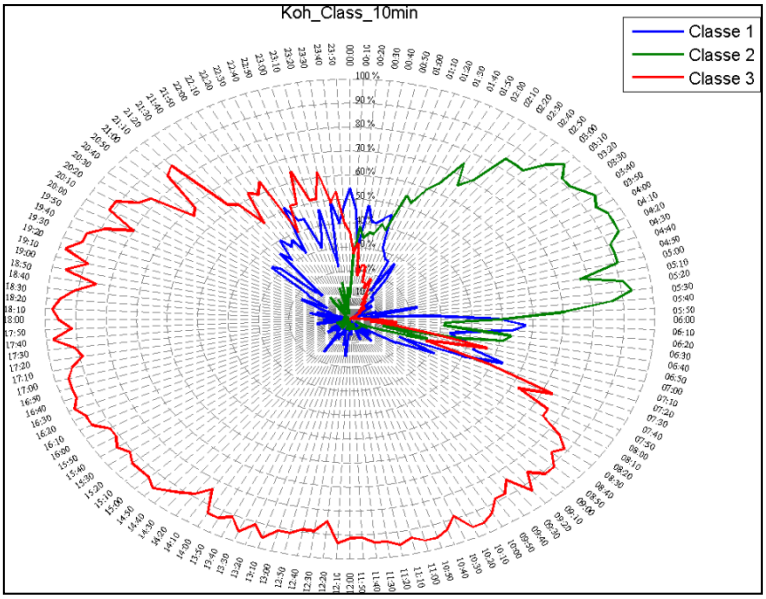

Figure 48 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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).

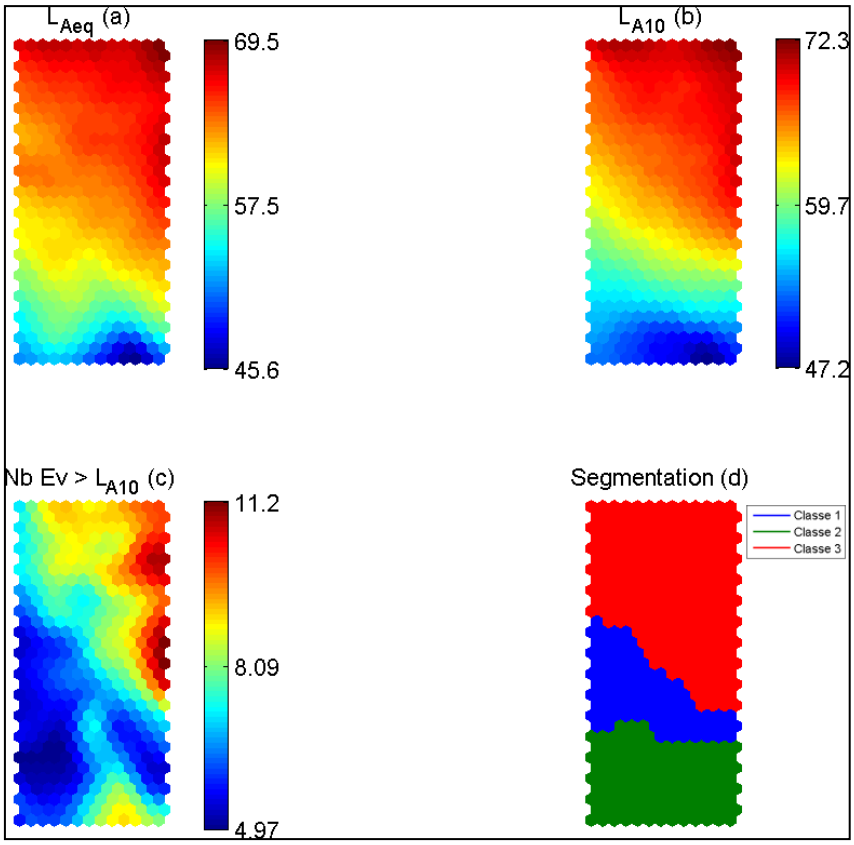

Figure 49 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en trois super-classes. (a, b : dB(A); c : nombre d'évènements en 5 min).

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.

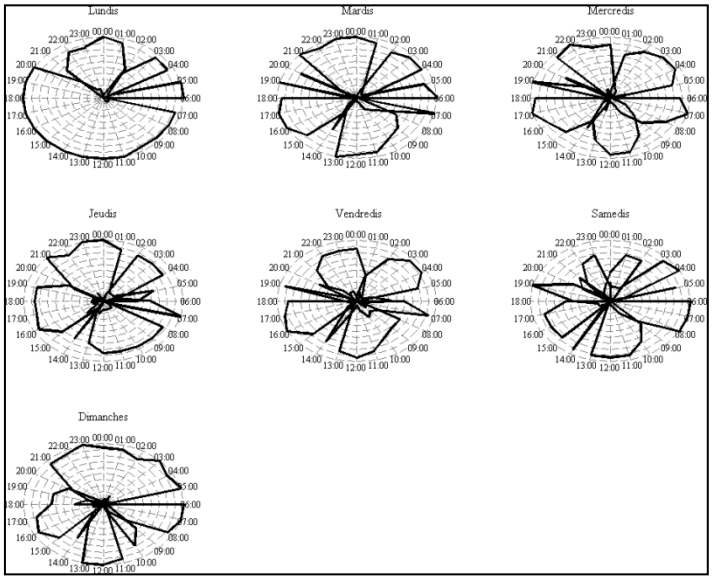

Figure 50 : Rythme de chacun des jours de la semaine.

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.

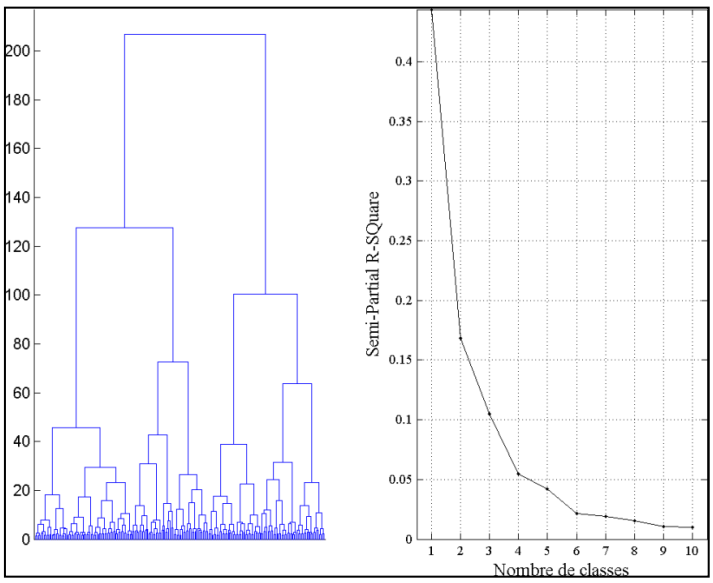

Figure 51 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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).

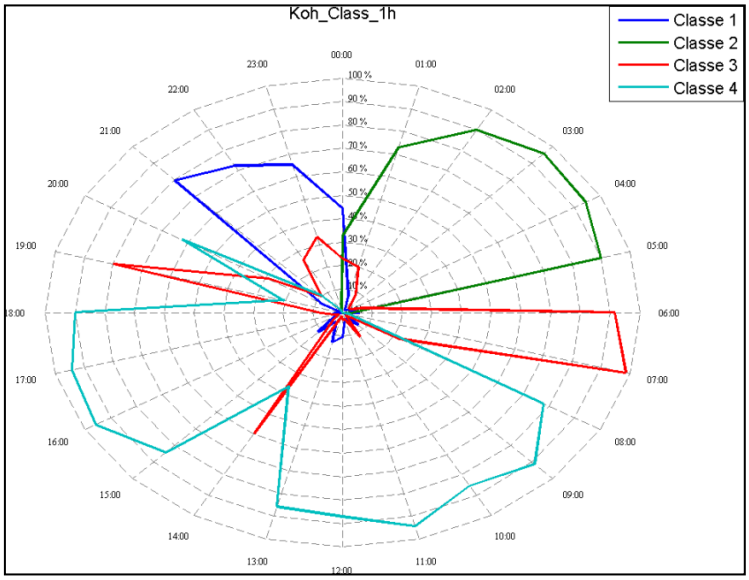

Figure 52 : Pourcentage de mesures de 1 h réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque super-classe établie à partir de la classification conjointe.

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.

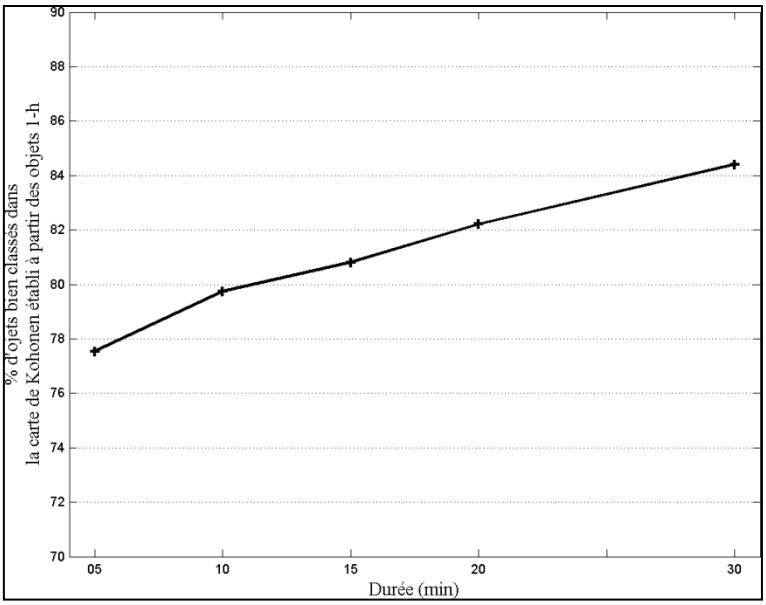

Figure 53 : Pourcentage d'objets bien classés dans la carte de Kohonen établie à partir des mesures de 1 h.

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.

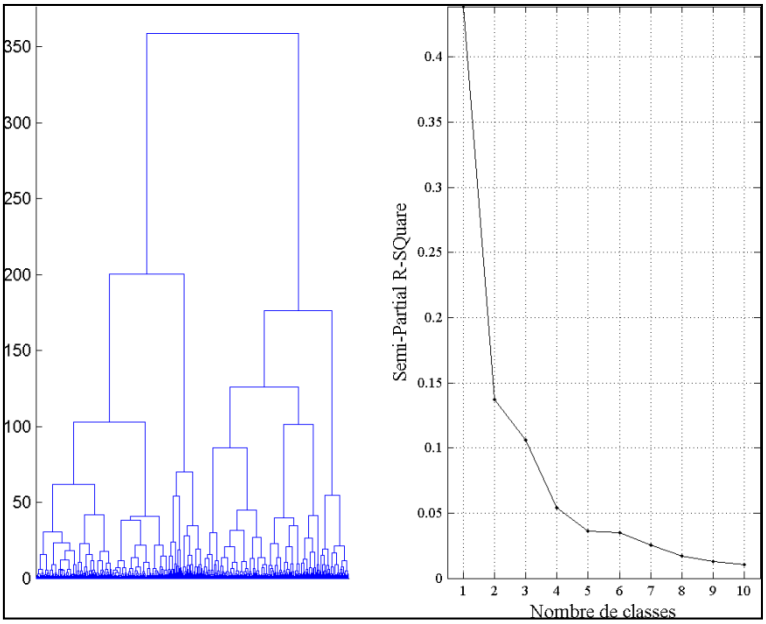

Figure 54 : Dendrogramme et indice SPRSQ pour la classification de Ward sur la carte de Kohonen établie à partir des mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours de la semaine sélectionnés.

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.

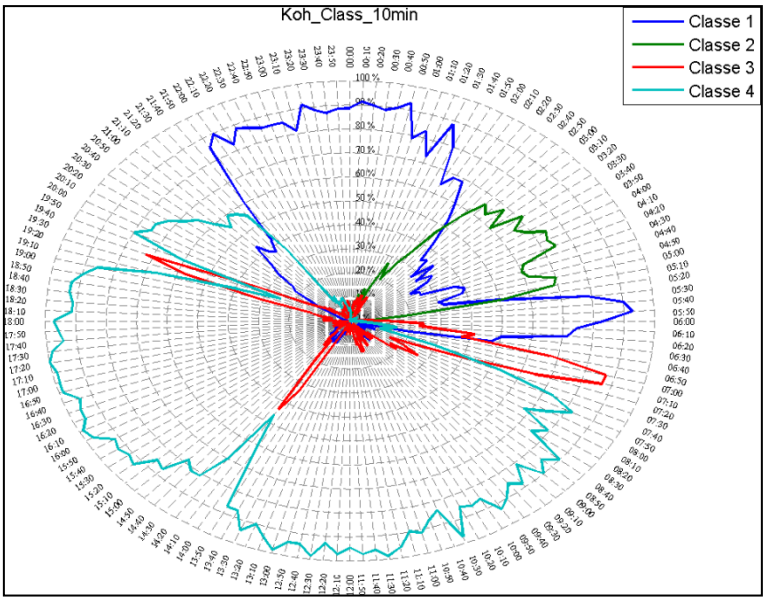

Figure 55 : Pourcentage de mesures de durée optimisée (10 min) réalisées les jours sélectionnés qui appartiennent à chaque "super-classe" établie à partir de la classification conjointe.

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).

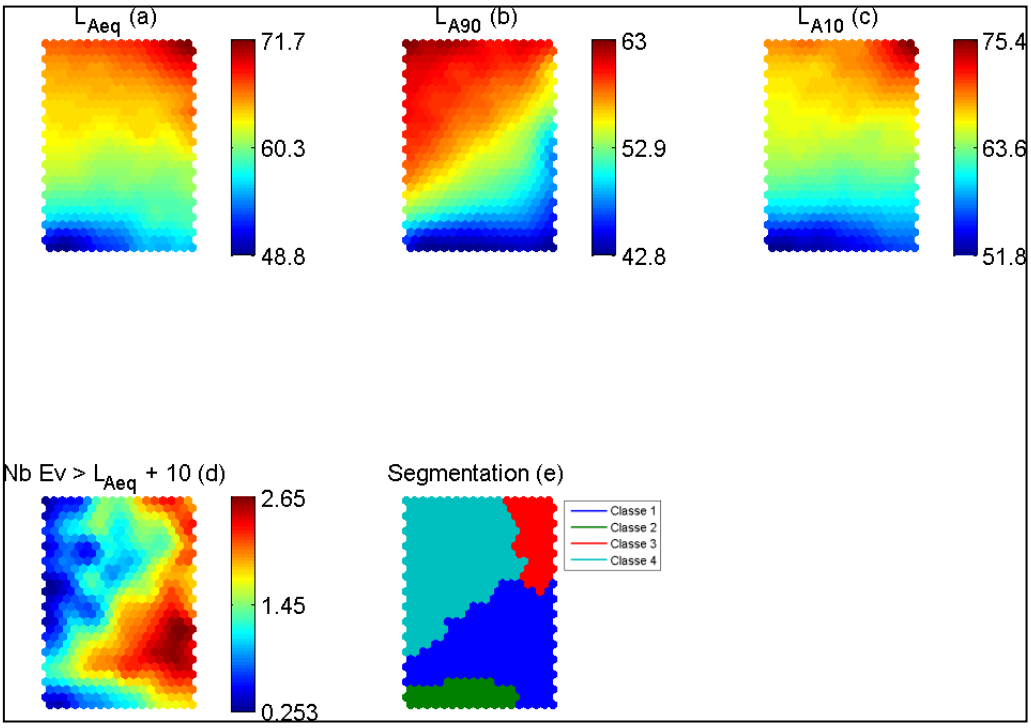

Figure 56 : Représentation du poids des neurones pour les différentes variables ainsi que la segmentation de la carte de Kohonen elle-même en quatre super-classes. (a, b, c : dB(A); d : nombre d'évènements en 5 min).

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.