

Au cœur du projet Harmonica : l'indicateur de bruit adimensionnel

C. Ribeiro^a, C. Anselme^b, F. Mietlicki^a, B. Vincent^b, R. Da Silva^a et P. Gaudibert^a

^aBruitparif, 9 impasse Milord, 75018 Paris, France

^bAcoucité, 24 rue Saint-Michel, 69007 Lyon, France
carlos.ribeiro@bruitparif.fr

La complexité de compréhension pour le grand public des indicateurs acoustiques classiques exprimés en décibels constitue une limite à leur acceptabilité auprès de la population. Aussi, Bruitparif et Acoucity (deux organismes Français en charge de la gestion d'observatoires du bruit d'agglomérations en France), travaillent depuis 2011 sur une proposition de nouveaux indicateurs plus proches du ressenti des habitants basés sur une note variant de 0 à 10. Ce travail est conduit dans le cadre du projet Harmonica financé par la commission Européenne (programme LIFE). Quatre propositions d'indicateurs, basées sur des approches radicalement différentes mais prenant en compte le caractère continu et événementiel du bruit, ont été développées. Les nouveaux indicateurs sont ajustés et évalués au moyen d'enquêtes menées auprès des habitants et d'un public consulté en laboratoire. Les résultats obtenus sont également comparés aux valeurs délivrées par les indicateurs classiques. Relativement facile à produire, l'indicateur retenu sera expérimenté sur les plateformes d'information associées aux réseaux de surveillance du bruit de Bruitparif et d'Acoucity ainsi que sur la plateforme européenne de diffusion dédiée au projet Harmonica. Cet article détaille la composition des indicateurs et présente l'approche méthodologique associée à leur construction.

1 Introduction

Les deux observatoires du bruit Bruitparif et Acoucity, ont pour principale mission la documentation de l'exposition au bruit des habitants de leur territoire respectif, la région Ile-de-France pour Bruitparif et le territoire du Grand Lyon pour Acoucity. Ces deux observatoires ont la particularité d'être des associations à but non lucratif. Bruitparif a été créé en 2003 à l'initiative de la Région Ile-de-France, Acoucity a été créé en 1996 par le Grand Lyon et 5 centres publics techniques et de recherche (IFSTAR, CERTU, CETE, CSTB, ENTPE). Acoucity intervient au niveau national auprès de douze autres agglomérations françaises.

Les objectifs communs aux deux associations ont rapidement amené à constater certaines limites aux indicateurs acoustiques réglementaires, notamment en termes d'information du public. La complexité de compréhension pour le grand public des indicateurs acoustiques classiques exprimés en décibels constitue une limite à leur acceptabilité auprès de la population. Aussi, Bruitparif et Acoucity travaillent depuis 2011 sur une proposition de nouveaux indicateurs plus proches du ressenti des habitants basés sur une note variant de 0 à 10. Ce travail est conduit dans le cadre du projet Harmonica financé par la commission Européenne (programme LIFE+).

Bruitparif assure le leadership du projet et pilote notamment les actions concernant la construction de l'indice adimensionnel CNI. Partenaire du projet, Acoucity pilote les actions orientées vers l'évaluation des attentes du public à travers la mise en œuvre et l'exploitation d'enquêtes de perception auprès du public menées *in situ* et en laboratoire. Cette partie fait l'objet d'un article spécifique présenté à Internoise 2013 ("How to characterize environmental noise closer to people's expectations," B. Vincent, PhD, V. Gissinger, J. Vallet, F. Mietlicki, P. Champelovier, S. Carra) [1].

Le présent article détaille la composition des indicateurs et présente l'approche méthodologique associée à leur construction.

2 Objectifs

Les indicateurs proposés ont été construits afin de répondre à différents critères. Le nouvel indicateur doit délivrer des notes de 0 à 10 [2], 0 correspondant à une note d'environnement sonore d'excellente qualité et 10 à une qualité exécrable. Le choix d'une échelle de nuisance plutôt qu'une échelle de qualité a été privilégié par concordance

avec les indicateurs acoustiques classiques exprimés en décibels (dB), où plus le niveau en dB est élevé et plus la nuisance est supposée importante.

Le nouvel indicateur, appelé Common Noise Index (CNI), doit être facile à produire pour les réseaux de mesure du bruit dans l'environnement. Dans ce sens, un travail préliminaire d'enquête consacré au recensement des moyens, méthodes de mesure et d'analyse utilisés a été mené auprès d'une quinzaine de gestionnaires de réseaux de surveillance du bruit identifiés en Europe (IBGE en Belgique, DCMR Rotterdam, Aéroport de Schiphol, Oss, Sansornet et Muncens aux Pays-Bas, Madrid en Espagne, Gdansk en Pologne, Dublin en Irlande, Lille Métropole, Agence de l'environnement de Toscane, Aéroports de Paris, le Grand Lyon, Acoucity et Bruitparif). Les gestionnaires des réseaux de mesure de bruit en construction en France (Aix-en-Provence, Saint Etienne, Grenoble ...) ont été informés des objectifs du projet Harmonica et de la disponibilité prochaine de l'indice CNI. Par ailleurs Nice, Dublin, Londres, Francfort qui exploitent des mini réseaux de mesure du bruit sont prêts à tester le nouvel indicateur. En outre, Chemnitz, Zagreb, Stockholm qui ne possèdent pas de réseau de mesure sont également prêts à tester l'indice CNI. Les approches prenant en compte le caractère spectral ou la particularité des sources de bruit présentent un intérêt évident. Toutefois, elles nécessitent des matériels et des méthodes de mesure et d'analyse avancées complémentaires, non disponibles au sein de la plupart des observatoires répertoriés. De ce fait, la construction des indices est basée exclusivement sur la donnée élémentaire LAeq1s, disponible sur l'ensemble des réseaux de mesure européens. A l'instar du LAeq, le nouvel indicateur doit pouvoir être produit sur différentes bases de temps (quelques minutes, une heure, une journée, un mois...).

Il doit être facile à comprendre pour le grand public et les autorités publiques. Dans ce sens, une partie de l'enquête mise en œuvre dans le cadre de ce projet visait à évaluer la compréhension des 4 indicateurs proposés auprès de ces deux cibles. L'indice doit être proche du ressenti de la population en termes d'estimation de la bruyance et de gêne. Les enquêtes menées *in situ* et en laboratoire ont permis d'estimer ce ressenti pour les 8 sites étudiés [1].

Afin de garantir son aspect novateur, l'indice proposé doit se différencier notablement des indicateurs acoustiques usuels, tout particulièrement le LAeq. Les performances à bien restituer le ressenti de la population seront systématiquement comparées à celle du LAeq. Les indicateurs proposés doivent être construits sur des approches différentes. Cette stratégie contribue à maximiser les chances d'aboutir à un indicateur proche du ressenti de

la population. Les 4 indicateurs proposés répondent à l'ensemble de ces contraintes.

3 Choix des paramètres constituant les indicateurs

Le choix des paramètres constituant les indicateurs proposés repose sur un travail préliminaire d'analyse statistique. L'objectif était de privilégier la sélection de paramètres acoustiques restituant à eux seuls une forte part de la variabilité d'un grand nombre d'indicateurs acoustiques. Une base de données regroupant 24 sites représentatifs de l'ensemble des environnements sonores documentés par les observatoires du bruit dans l'environnement a été constituée (bruit routier, bruit des avions, bruit ferré, zones calmes, zones multi-exposées au bruit des transports). Les données élémentaires correspondent à des valeurs LAeq1s sur 24 heures consécutives. Bruitparif, Acoucité et l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE) ont participé à la construction de cette base de données.

Pour chaque site, 60 indicateurs acoustiques horaires usuels ont pu être calculés à partir des données élémentaires LAeq1s : LAeq1h, L90, LA10, LA01, [LA10-LA90], écart-type (σ), SEL, nombre d'événements sonores supérieurs ou inférieurs à différents seuils prédéfinis $L\alpha$ (NNEL > $L\alpha$, NNEL < $L\alpha$) et pourcentage de temps associé (MIL > $L\alpha$, MIL < $L\alpha$).

Malgré leur spécificité, de nombreux indicateurs acoustiques sont corrélés entre eux. De ce fait un nombre restreint de paramètres peut suffire à retranscrire une part importante de la variance des données. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) [3] a été mise en œuvre afin de quantifier la variance potentielle pouvant être restituée par le choix pertinent de quelques variables acoustiques. Les figures 1a et 1b illustrent ce travail. Les 4 premiers axes factoriels de l'ACP restituent à eux seuls près de 70% de la variance des données. Autrement dit, 3 à 4 variables bien choisies peuvent permettre de restituer une grande part de la variance associée aux 60 variables initiales.

Le premier axe factoriel apporte environ 33% de la variance, il correspond essentiellement à la composante portée par le LAeq et le bruit de fond (LA90). Le deuxième axe correspond à la dynamique du bruit (presque 20% de la variance), il est bien restitué par le [LA10-LA90]. Enfin, le NNEL55 représente assez bien le plan factoriel associé aux axes 3 et 4 (presque 15% de la variance).

Les variables LA90, [LA10-LA90] et NNEL55 (NNEL > 55 dBA) constituent des paramètres intéressants à sélectionner. Ces 3 variables sont décorrélées entre elles, elles apportent donc une information différente et complémentaire. Ces variables permettent de restituer une part importante de la variance des données. Ceci ne garantit pas pour autant une bonne corrélation de l'indicateur proposé avec le ressenti de la population. Il n'est pas à exclure en effet que le ressenti soit porté par d'autres axes de l'ACP ou tout simplement peu expliqué par les 60 variables initiales. Une part de la gêne peut être due à des facteurs non acoustiques.

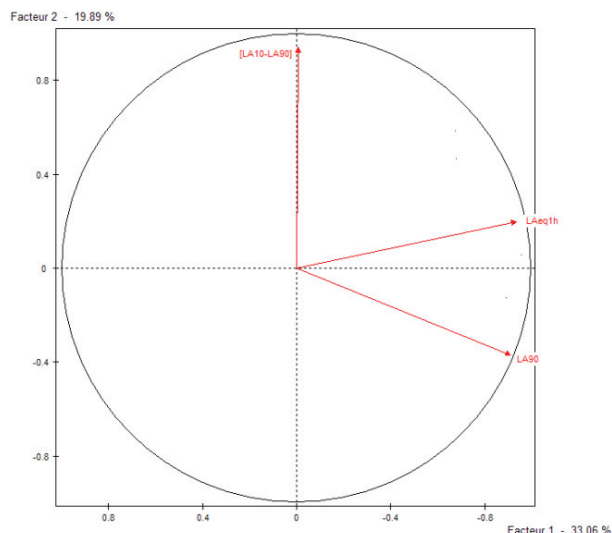


Figure 1a: ACP, cercles des corrélations pour les axes factoriels 1 et 2.

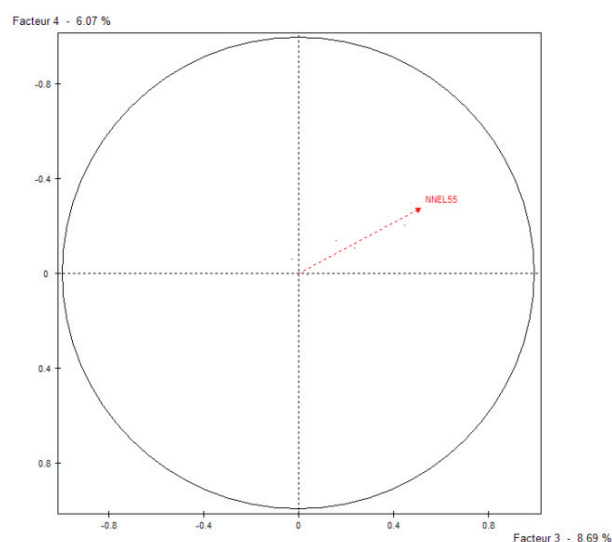


Figure 1b: ACP, cercles des corrélations pour les axes factoriels 3 et 4.

4 Indicateurs proposés

Les 4 indicateurs proposés ont été construits préalablement aux phases d'enquête afin de pouvoir les présenter au public lors des enquêtes, d'en évaluer ainsi leur compréhensibilité, leur acceptabilité et leur pertinence quant à leur capacité à bien rendre compte de la qualité de l'environnement sonore. Les 4 indicateurs proposés sont notés : P1, P2, CY et CC. Les indicateurs P1 et P2 intègrent les paramètres mis en évidence au §3 (LA90, [LA10-LA90] et NNEL55). Les indicateurs CY et CC ont été construits avec d'autres paramètres afin de proposer des orientations différentes¹.

¹ Dans l'article "How to characterize environmental noise closer to people's expectations," B. Vincent, PhD, V. Gissinger, J. Vallet, F. Mietlicki, P. Champelovier, S. Carra) [1], les indicateurs P1 et P2 correspondent à « Index 1 », CC et CY correspondent respectivement à « Index 2 » et « Index 3 ».

4.1 Indicateur P1

Cet indicateur est construit sur la base de 2 composantes simples décrivant le bruit :

- une composante continue notée « BGN » associé au bruit de fond,
- une composante dynamique notée « EVT » associée aux événements sonores émergeant du bruit de fond.

$$BGN = LA90^2. \quad (1)$$

$$EVT = DYN + C \times MAJ. \quad (2)$$

$$DYN = [LA10 - LA90]. \quad (3)$$

$$MAJ = \log\left(1 + \frac{NNEL55}{50}\right). \quad (4)$$

DYN correspond à la dynamique du bruit. Un terme de majoration MAJ est intégré. Il tient compte du nombre d'événements sonores perturbant une période de calme. MAJ est calculé à partir du nombre d'événements horaire franchissant 55 dB(A), noté NNEL55³. Le coefficient C gouverne l'importance de cette majoration.

L'indicateur P1 s'appuie sur 2 notes (Note 1a et Note 1b variant de 0 à 10) associées respectivement aux composantes BGN et EVT. Note 1a = 0 pour BGN < 25 dB(A) et Note 1a = 10 pour BGN > 70 dB(A), entre ces 2 valeurs, les notes sont obtenues en appliquant une fonction linéaire (cf. figure 2). La même approche est appliquée pour la Note 1b avec Note 1b = 0 pour EVT < 3 dB(A) et Note 1b = 10 pour EVT > 27 dB(A) (cf. figure 2). La note maximale entre Note1a et Note 1b est attribuée à l'indicateur P1.

$$Note = \max(\{Note1a; Note1b\}). \quad (5)$$

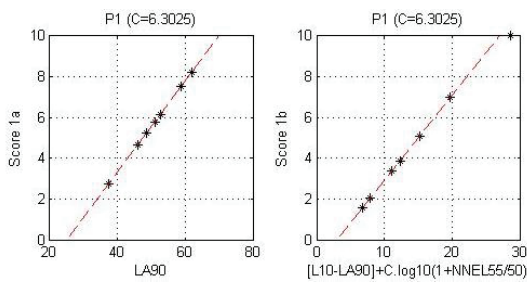


Figure 2: Note 1a et Note 1b pour C = 6,3025.

4.2 Indicateur P2

L'indicateur P2 délivre une note comprise entre 0 et 10 à partir de 3 paramètres : BGN, DYN et MAJ présentés au §4.1.

$$y = \sqrt[n]{A \times (BGN - 20)^n + B \times EVT^n}. \quad (6)$$

Tableau 1: Note associée à l'indicateur P2.

si $y < 0$	Note = 0
si $y > 10$	Note = 10
si $0 \leq y \leq 10$	Note = y

Sur les 4 indicateurs proposés, cet indicateur est le seul basé sur un modèle non linéaire comme l'illustre la figure 3. Cette approche est intéressante. En effet, compte-tenu de la complexité des relations entre les paramètres physiques liés au bruit et le ressenti de la population, on peut supposer qu'un modèle linéaire simple ne puisse suffire à bien modéliser ce lien. Remarquons, que dans le cas particulier où n=1, l'approche proposée correspond à un modèle linéaire.

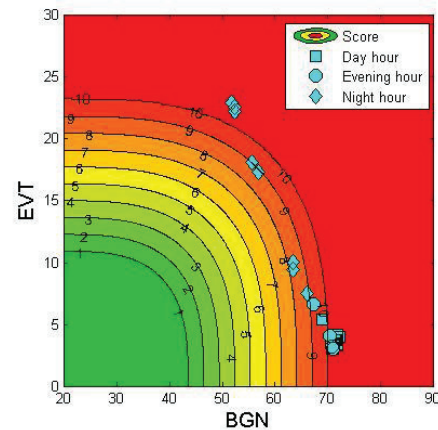


Figure 3: exemple de notes P2 sur une base horaire pour A, B, C et n fixés arbitrairement (ici n=3).

4.3 Indicateur CY

L'indicateur CY est basé sur 5 paramètres simples décrivant le bruit : LAeq, LA90, LA01, nombre et durée cumulée sur une base horaire des événements inférieurs au LA90 (notés respectivement NNEL90_{neg} et T90_{neg}). L'indicateur CY s'appuie sur 5 notes de 0 à 10 associées respectivement à ces 5 paramètres. Note = 0 pour LAeq < 48 dB(A) et Note = 10 pour LAeq > 75 dB(A), entre ces 2 valeurs, les notes sont obtenues en appliquant une fonction linéaire (cf. figure 4). La même approche est appliquée pour les notes associées aux 4 autres paramètres. Les valeurs correspondant aux notes 0 et 10 sont présentées ci-après.

- Note LAeq : 0 pour LAeq ≤ 48 dB(A), 10 pour LAeq ≥ 75 dB(A) ;
- Note LA90 : 0 pour LA90 ≤ 38 dB(A), 10 pour LA90 ≥ 68 dB(A) ;
- Note LA01 : 0 pour LA01 ≤ 55 dB(A), 10 pour LA01 ≥ 85 dB(A) ;

² LA90 : Niveau LAeq1s dépassé pendant 90% du temps.

³ Sur une période T, NNEL55 est cumulé par périodes de 1 minute. Si $[LA10-LA90]_{1min} < 5 \text{ dB(A)} \Rightarrow NNEL55_{1min} = 0$.

- Note $NNEL90_{neg}$: 0 pour $NNEL90_{neg} \geq 18$ événements, 10 pour $NNEL90_{neg} \leq 1$ événement ;
- Note $T90_{neg}$: 0 pour $T90_{neg} \leq 200$ s, 10 pour $T90_{neg} \geq 20$ s.

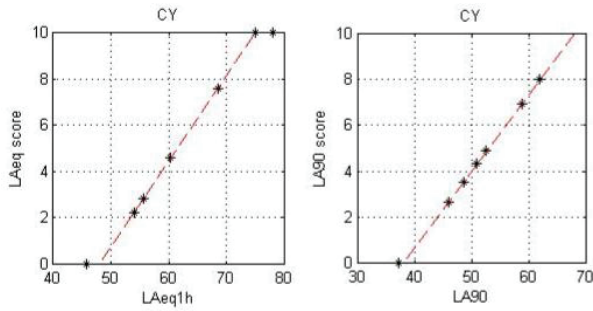


Figure 4: exemples de sous-notes pour l'indicateur CY.

La note de l'indicateur CY est obtenue par une moyenne pondérée de l'ensemble de ces notes.

$$\begin{aligned}
 Note &= A \times Note_{LAeq} + B \times Note_{LA90} + \dots \\
 &\dots + C \times Note_{LA01} + D \times \left(\frac{Note_{NNEL90_{neg}} + Note_{T90_{neg}}}{2} \right) \quad (7)
 \end{aligned}$$

4.4 Indicateur CC

L'indicateur CC repose sur un principe simple : la qualité de l'environnement sonore est appréciée par le pourcentage de temps pendant laquelle les niveaux sonores sont inférieurs à des seuils prédéfinis. Ces seuils sont adaptés aux périodes de la journée. Des seuils plus bas sont attribués aux périodes de soirée et de nuit. Le tableau 2 présente les 5 seuils associés aux périodes 6h-18h, 18h-22h et 22h-6h.

Tableau 2: Seuils en dB(A) associés à l'indicateur CC.

Période	Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4	Seuil 5
6h-18h	40	50	60	70	80
18h-22h	35	45	55	65	75
22h-6h	30	40	50	60	70

Les 5 taux p_1 à p_5 associés aux valeurs des seuils 1 à 5 sont convertis en 5 notes de 0 à 10. La note 0 correspond à $p = 100\%$ (niveaux LAeq1s inférieurs au seuil considéré pendant 100% du temps). La note 10 correspond à $p = 0\%$ (niveaux LAeq1s inférieurs au seuil considéré pendant 0% du temps). Entre ces 2 valeurs, les notes sont obtenues en appliquant une fonction linéaire (cf. figure 5). La note de l'indicateur CC est obtenue par une moyenne pondérée de l'ensemble de ces notes.

$$\begin{aligned}
 Note &= A \times Note_{\%T < s1} + B \times Note_{\%T < s2} + \dots \\
 &\dots + C \times Note_{\%T < s3} + D \times Note_{\%T < s4} + \dots \\
 &\dots + E \times Note_{\%T < s5} \quad (8)
 \end{aligned}$$

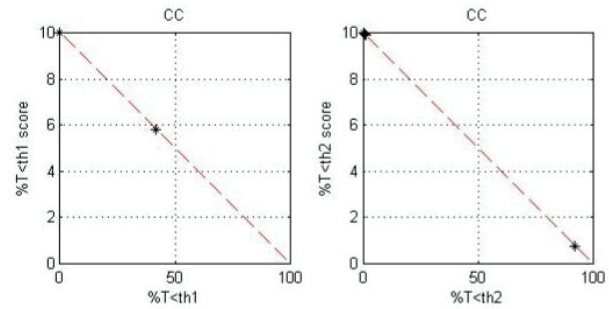


Figure 5: exemple de sous-notes pour l'indicateur CC.

5 Ajustement des coefficients des indicateurs

Les indicateurs proposés ont été volontairement construits avec des coefficients de pondération ajustables. Ces coefficients peuvent ainsi être optimisés de façon à s'approcher au mieux des notes de ressenti recueillies auprès du public enquêté. La qualité de l'indicateur à bien retranscrire le ressenti dépendra principalement des paramètres constituant l'indicateur et du modèle mathématique retenu (linéaire, non linéaire, etc...). Les coefficients optimums pour chaque indicateur sont déterminés par régression linéaire multiple.

Tableau 3: Coefficients à ajuster pour chaque indicateur.

Indicateur	Expression mathématique	Coefficients
P1	cf. équation (2)	C
P2	cf. équation (6)	A, B, C, n
CY	cf. équation (7)	A, B, C, D
CC	cf. équation (8)	A, B, C, D, E

L'ajustement des coefficients associés aux paramètres d'entrée des 4 indicateurs est basé sur une approche statistique, nécessitant de ce fait une base de données reliant les paramètres des indicateurs à la variable à expliquer (note de bruyance ou de gêne donnée par la population).

5.1 Base de données de régression

Les enquêtes *in situ* et en laboratoire pouvant retranscrire des gênes différentes (gêne de long terme et gêne de court terme), leur exploitation fait l'objet d'analyses indépendantes. Nous avons privilégié l'exploitation des enquêtes *in situ* et donc *a priori* la gêne de long terme dans le cadre de l'ajustement de coefficients. La base de données exploitée correspond aux données

associées aux enquêtes *in situ* pour les sites de Bellecour, Parilly, Zola et Rillieux sur le territoire du Grand Lyon, Gonesse, Paris-Coriolis et Villeneuve-Saint-Georges sur le territoire francilien⁴. Sur chaque site une trentaine de personnes a été sondée [1]. Les tranches horaires étudiées correspondent aux jours de semaine entre 18h et 20h pour les sites franciliens et entre 18h et 19h pour les sites du Grand Lyon.

Pour les sites documentés par des stations permanentes de Bruitparif et d'Acoucité, le nombre de données est suffisamment élevé pour permettre une analyse des distributions statistiques de chacun de paramètres (LAeq1h, LA90, LA01, etc....) sur les tranches horaires étudiées. Les valeurs des paramètres attribuées aux sites étudiés correspondent alors aux valeurs les plus fréquemment observées par les stations de Bruitparif et d'Acoucité sur les sites étudiés pendant l'année 2012 (cf. figure 6). Lorsque le nombre de données est insuffisant pour réaliser ce type d'analyse, la valeur moyenne est privilégiée (Bellecour et Parilly).

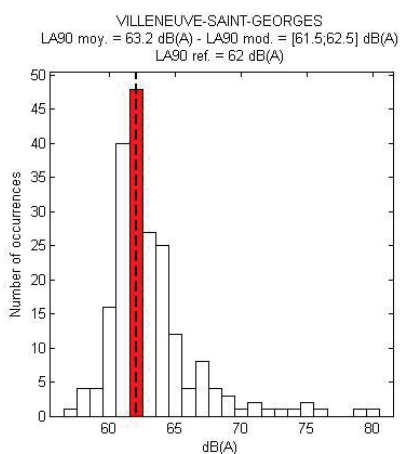


Figure 6: Distribution statistique LA90 pour le site « Villeneuve-Saint-Georges ».

Les variables de ressenti (gêne et bruyance) étant particulièrement corrélées entre elles ($r = 0,85$ entre les valeurs individuelles et $r = 0,98$ entre les valeurs moyennes par site), nous avons directement choisi comme variable à expliquer la valeur de gêne *in situ*. Nous avons retenu la valeur la plus fréquemment exprimée par les personnes enquêtées sur les 8 sites étudiés (cf. figure 7).

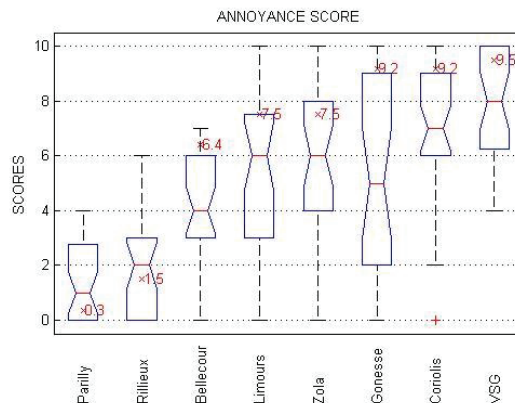


Figure 7: Distribution statistique des notes de gêne pour l'enquête *in situ*.

5.2 Analyse des corrélations entre les paramètres des indicateurs

Préalablement à la mise en œuvre de régressions linéaires multiples, il convient d'étudier les corrélations entre les paramètres composant chacun de 4 indicateurs proposés. Les figures 8a et 8b présentent les matrices de corrélation pour l'ensemble des indicateurs proposés.

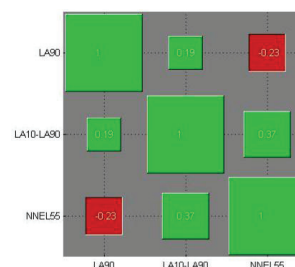


Figure 8a: Matrice des corrélations⁵ pour les indicateurs P1 et P2.

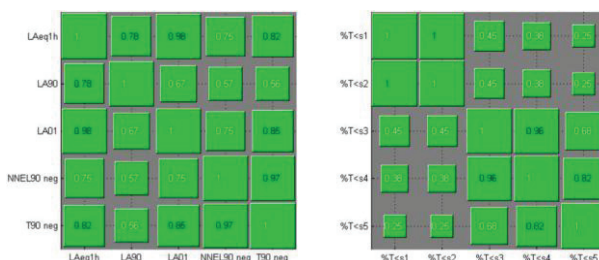


Figure 8b: Matrice des corrélations pour les indicateurs CY et CC.

Pour les indicateurs P1 et P2, les 3 paramètres d'entrée (LA90, [LA10-LA90] et NNEL55) sont décorrélés entre eux. Pour les indicateurs CY et CC, plusieurs paramètres d'entrée sont corrélés entre eux. Cette situation de multicollinéarité des paramètres d'entrée engendre une grande variabilité des coefficients délivrés par une régression linéaire multiple classique. Autrement dit, une petite modification de la base de données peut altérer fortement les coefficients, ce qui génère un modèle peu robuste sur des données n'ayant pas servi à la calibration du modèle. Pour les indicateurs CY et CC une régression « Ridge » [4]

⁴ Pour Limours, selon les conditions de vent, le site est impacté de façon très différente par le bruit des avions. Ce constat se traduit par des paramètres acoustiques radicalement différents entre les journées en configuration de vol face à l'est et les journées en configuration de vol face à l'ouest. La prise en compte de ce site introduirait une confusion qui nuirait à la qualité de l'ajustement des coefficients des indicateurs. De ce fait, ce site est écarté de la base de données de régression.

⁵ Valeurs statistiquement non significatives notées en caractères blancs.

permettant de s'affranchir de cette contrainte a été mise en œuvre.

5.3 Validation croisée

Les coefficients ont été ajustés de façon à prédire au mieux les notes de gène *in situ*. Qu'en est-il pour de nouvelles données n'ayant pas servi à la calibration des modèles proposés ? La qualité des modèles proposés doit être évaluée sur leur performance à bien prédire la gène pour des données n'ayant pas servi à la calibration du modèle (robustesse). Compte-tenu du faible nombre de sites, une validation croisée [3] a été mise en œuvre pour apprécier les performances des 4 modèles proposés en termes de robustesse. Le principe est le suivant : chaque site est tour à tour écarté de la base de calibration des coefficients. La prédiction associée au site écarté est comparée à sa valeur de gène *in situ*. Il est ainsi possible d'estimer la capacité des modèles proposés à bien restituer la gène pour des nouvelles données.

6 Résultats

Chaque indicateur est apprécié sur ses performances à bien prédire la gène *in situ* en validation croisée. Ces performances sont mesurées à travers l'écart quadratique moyen et le coefficient de corrélation et entre les notes des indicateurs et les notes de gène *in situ*. Les modèles les plus performants correspondent à l'indicateur P2 pour n=1 et n=1/2 (coefficient de corrélation avec les notes de gène *in situ* : $r > 0,98$ - cf. figure 9). Les autres modèles s'avèrent moins performants que le traditionnel LAeq (cf. figure 10). P2 est également l'indicateur le moins corrélé avec le LAeq, l'aspect novateur est ainsi assuré (cf. figure 11). En outre, sur les aspects « compréhension », il figure avec CY parmi les 2 indicateurs préférés par le public enquêté [1]⁶. Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons sélectionné comme indicateur CNI (Common Noise Index) le modèle P2 le plus simple (modèle linéaire n=1).

$$y = A \times LA90 + B \times [LA10 - LA90] + \dots$$

$$\dots + C^* \times \log\left(1 + \frac{NNE55}{50}\right) + Cste. \quad (9)$$

Tableau 4: Note associée à l'indicateur CNI.

si $y < 0$	Note = 0
si $y > 10$	Note = 10
si $0 \leq y \leq 10$	Note = y

⁶ Dans l'article "How to characterize environmental noise closer to people's expectations," B. Vincent, PhD, V. Gissingier, J. Vallet, F. Mietlicki, P. Champelovier, S. Carra) [1], les indicateurs notés « Index 1 » et « Index 3 » correspondant respectivement à P2 et CY ont recueilli la préférence du public sondé.

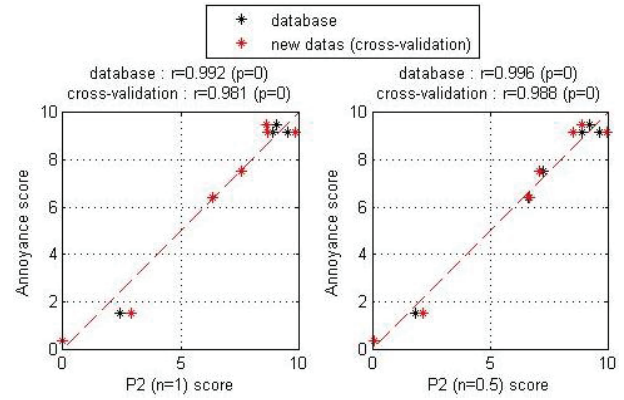


Figure 9: coefficients de corrélation des indicateurs P2 (n=1) et P2 (n=1/2) avec la gène *in situ*.

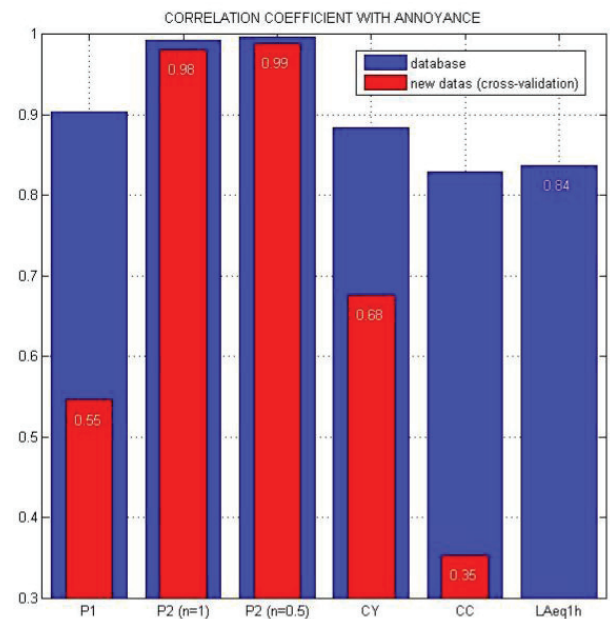


Figure 10: coefficients de corrélation des indicateurs avec la gène *in situ*.

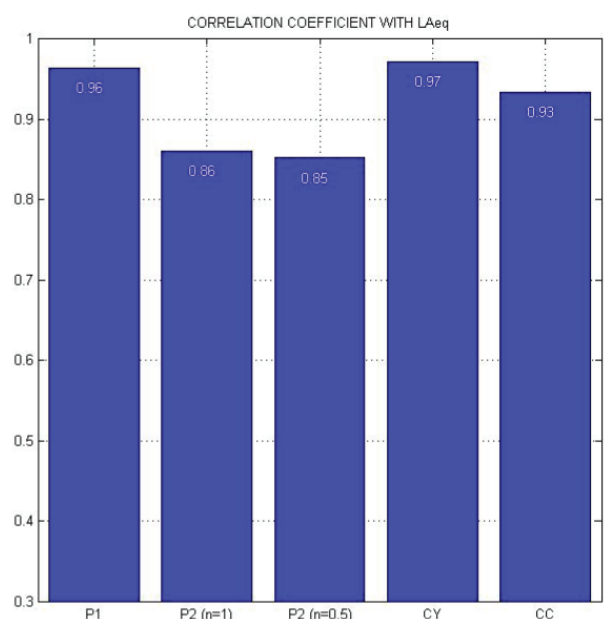


Figure 11: coefficients de corrélation des indicateurs avec le LAeq.

7 Conclusion

Les travaux sur l'indicateur CNI et sa représentation sont en cours de finalisation. L'indicateur a été évalué avec succès sur une base de données représentative de l'ensemble des environnements sonores documentés généralement par les observatoires du bruit dans l'environnement (cf. §3).

Dans les mois à venir, l'indicateur CNI sera expérimenté sur les plateformes d'information associées aux réseaux de surveillance du bruit de Bruitparif et d'Acoucity ainsi que sur la plateforme européenne de diffusion dédiée au projet Harmonica. Les coefficients seront communiqués au public au terme de ces travaux.

Remerciements

Nous tenons à remercier les 367 personnes (riverains, experts en acoustique, élus...) qui ont aimablement accepté de répondre à nos questions dans le cadre des enquêtes menées *in situ* ou en laboratoire. Nous remercions également les membres du Groupe de Travail « Observatoires du bruit », dont les réunions de travail ont permis d'engager les premières réflexions concernant le projet d'un nouvel indicateur de bruit adimensionnel.

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui les ont soutenus dans cette recherche, en particulier la Commission Européenne pour sa contribution financière au projet dans le programme LIFE+ 2010.

Références

- [1] B. Vincent, V. Gissinger, J. Vallet, F. Mietlicki, P. Champelovier, S. Carra, *How to characterize environmental noise closer to people's expectations*, Internoise, Innsbruck, Austria (2013).
- [2] Norme ISO/TC 15666/2003, *Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*, ISO (2003).
- [3] L. Lebart, M. Piron, A. Morineau, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Dunod, 3^{ème} édition, pp. 32-66, pp. 385-388 (2000).
- [4] A. E. Hoerl, R. W. Kennard, *Ridge Regression: (1) biased estimation for nonorthogonal problems; (2) applications to nonorthogonal problems*, Technometrics, 12, pp. 55-67; pp. 68-82 (1970).