Méthodologie de simulation statistique de l'influence des conditions météorologiques sur la propagation acoustique

Application à l'impact de l'A35 sur la commune de Stotzheim

Barnabé Miesch

2024-04-24

Université Gustave Eiffel
Cerema CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN
INSTITUT CARNOT Clim'adapt
LABEX CELYA UNIVERSITÉ DE LYON
iRSTV FR CNRS 2488 Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville

Plan de la présentation

Contexte 3

Modélisation de référence 7

Méthode statistique de distribution de l'exposition sonore 11

Conclusion 24

Bibliographie 26

Contexte

Cas d'étude : A35 à Stotzheim (67)

Études précédentes

- Dimensionnement de protections acoustiques [1]
  Deux points de mesure de référence :
  - LD1 : 2 rue du Haut-Village, rez-de-chaussée,
  - LD2 : 15 rue du Haut-Village, 1er étage.
- Mesures acoustiques pour le PPBE de la CeA [2]

→ **Des niveaux sonores de long terme élevés :**
$L_{\text{Aeq,6-22h}} = 61.7$ dBA **au point** LD1 **en 2018**

Problématique

Comment améliorer la représentativité de l'exposition sonore au cours de l'année ?

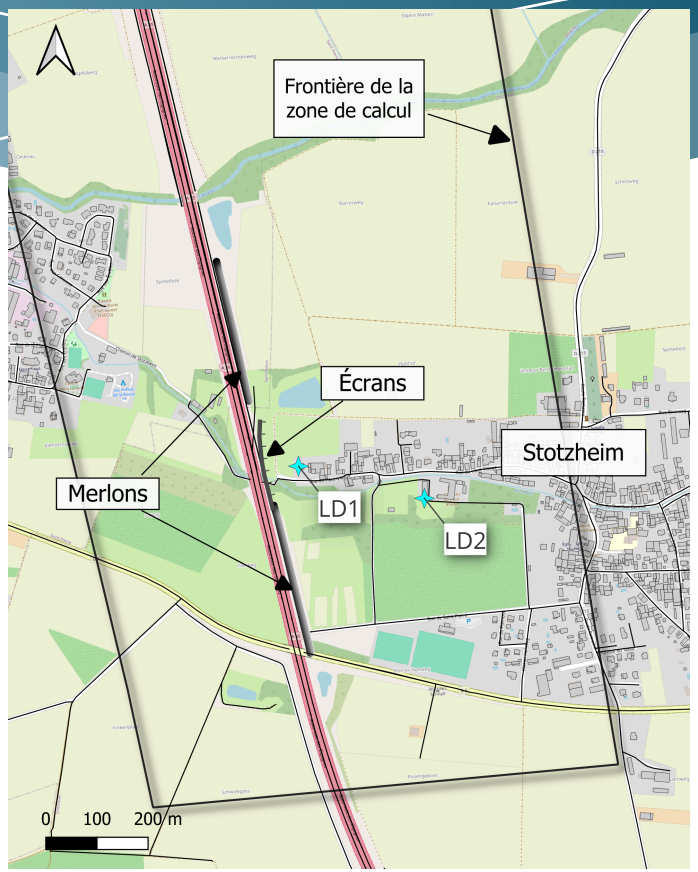


Figure 1: Carte de la zone de calcul

Problématique

🔎 Focus sur l'influence des conditions météorologiques

Problématique client

Comment estimer un nombre de jours de dépassement par an de dépassement des seuils réglementaires et de santé publique, en fonction des conditions météorologiques ?

Objectif de l'étude

Estimer la répartition statistique des niveaux sonores au cours d'une année, à partir d'occurrences météorologiques.

Indicateurs sélectionnés

- L_{den} : indicateur du bruit sur la journée entière
- $L_{\mathrm{Aeq,6-22h}}$: indicateur du bruit sur la période diurne
- $L_{\mathrm{Aeq,22-6h}} = L_{\mathrm{night}} = L_{\mathrm{n}}$ indicateur du bruit sur la période nocturne

Indicateur global européen

$$L_{den} = (L_{day}) \oplus (L_{evening} + 5) \oplus (L_{night} + 10)$$

$$Lden = 10\log_{10}\left(\frac{1}{24}\left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}}{10}}\right)\right)$$

$L_{day} = LAeq(6h-18h)$, $L_{evening} = LAeq(18h-22h)+5$, $L_{night} = LAeq(22h-6h)+10$

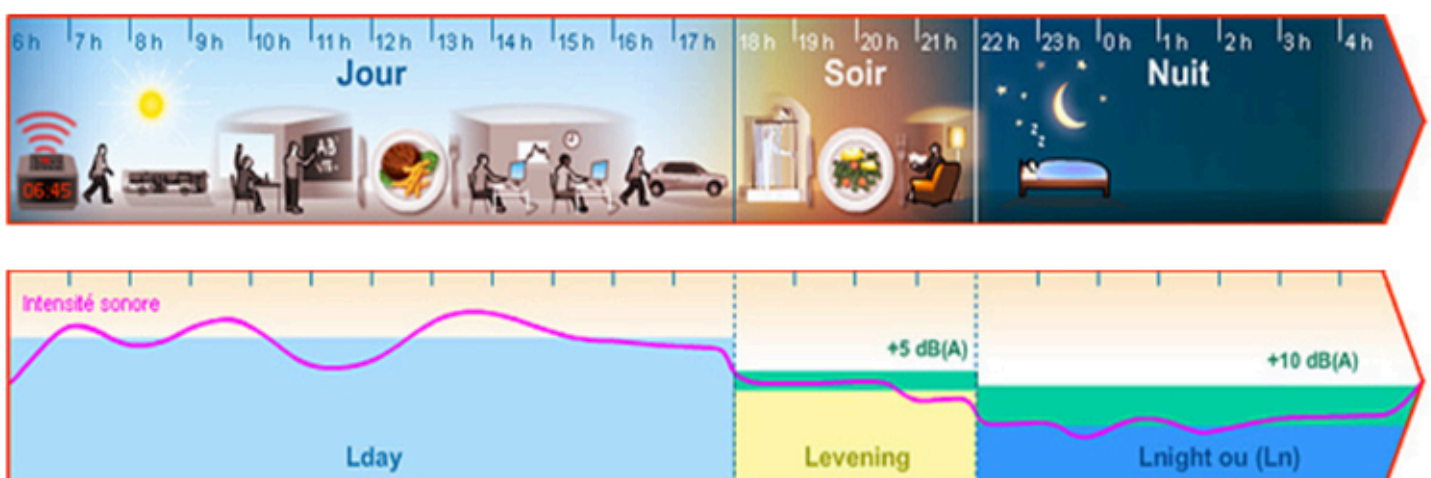


Figure 2: Indicateurs (bruitparif.fr)

Modélisation de référence

Zone de calcul

Mise à jour du modèle de 2019 [1]

Dimensions extraites du rapport de mesures acoustiques réalisées en avril 2024 pour le PPBE de la CEA [2]

- Hauteur relative à la chaussée des merlons : 2 m
- Hauteur relative à la chaussée des écrans : 3 m
- Deux point de mesure de référence :
  - LD1 : 2 rue du Haut-Village, rez-de-chaussée,
  - LD2 : 15 rue du Haut-Village, 1er étage.
- Données de trafic issues du modèle de 2019 [1]
- Occurrences météorologiques NMBP (Strasbourg) [3]
- Ajustement du modèle pour correspondre aux mesures de 2018 [1]

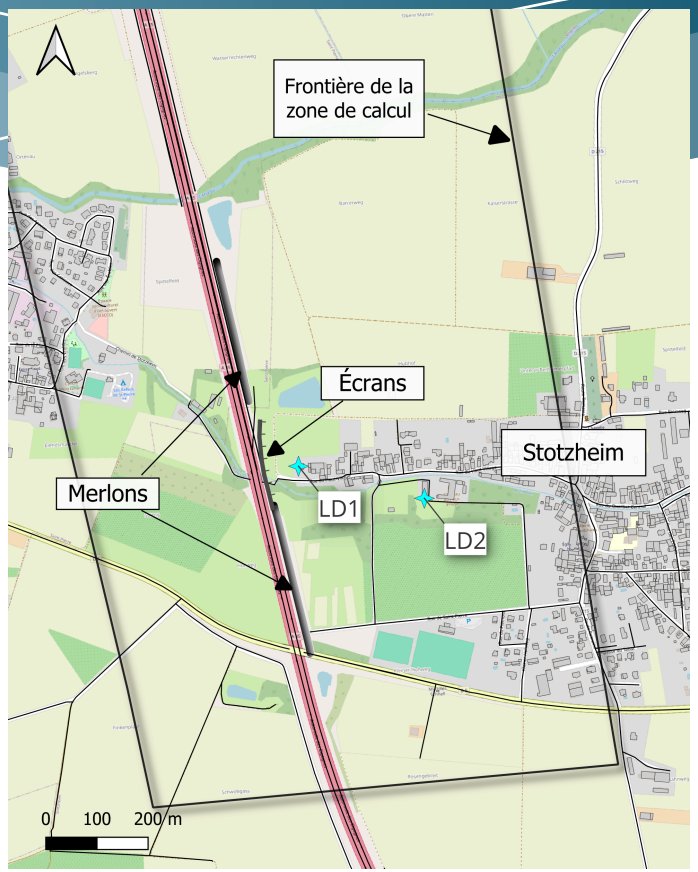


Figure 3: Carte de la zone de calcul

Écart modèle - mesures

dB(A)	Données de mesures (2018)		Résultats de simulation		Écarts	
Points de mesures	LAeq jour	LAeq nuit	LAeq jour	LAeq nuit	LAeq jour	LAeq nuit
LD1	61,7	55,2	61,6	56,6	-0,1	+1,4
LD2	53,9	50,5	55,0	50,4	+1,1	-0,1

Écart moyen sur les indicateurs : 0,6 dB

Tendance à surrestimer les niveaux : à l'avantage des riverains, cohérent avec l'affaissement possible des protections acoustiques.

Cartes de bruit de référence

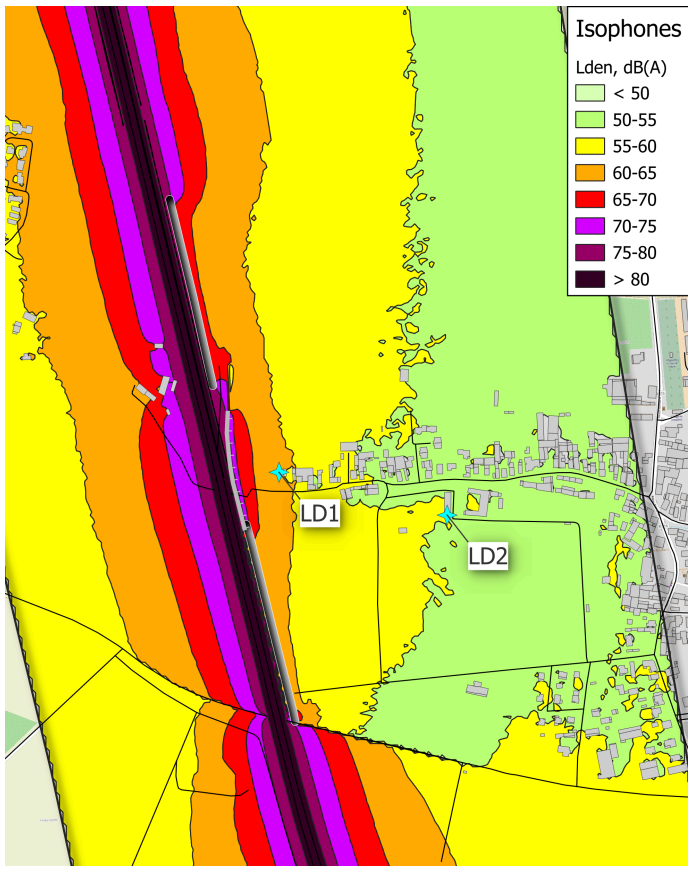


Figure 5: L_{den}

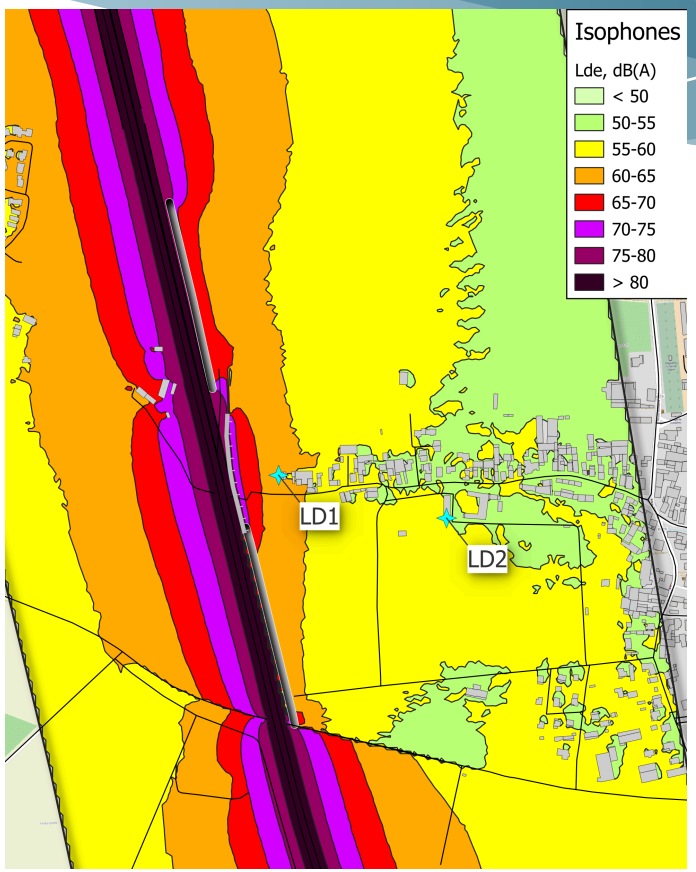


Figure 6: $L_{\text{Aeq,6-22h}}$

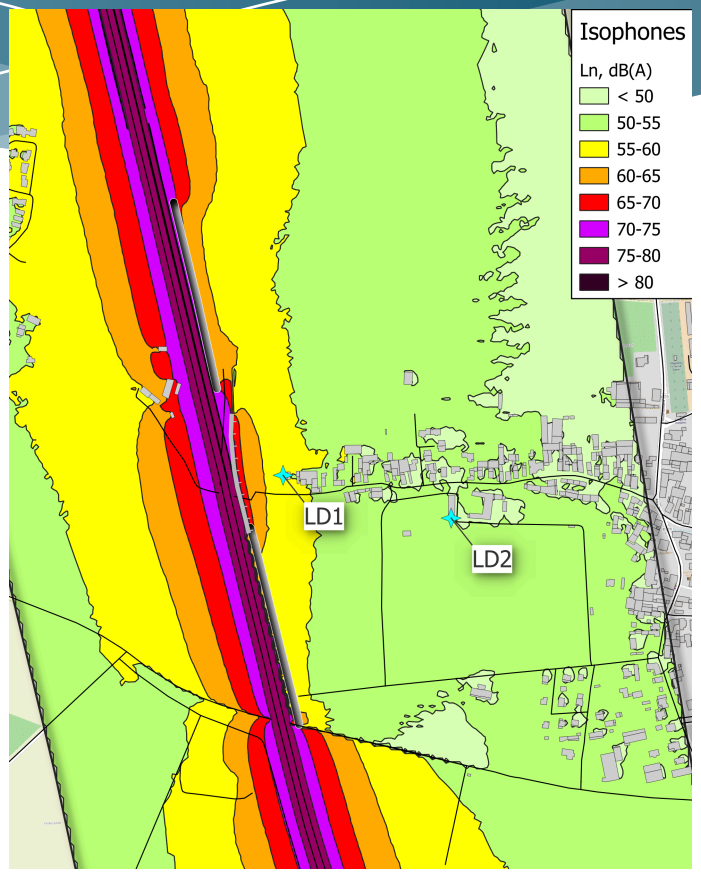
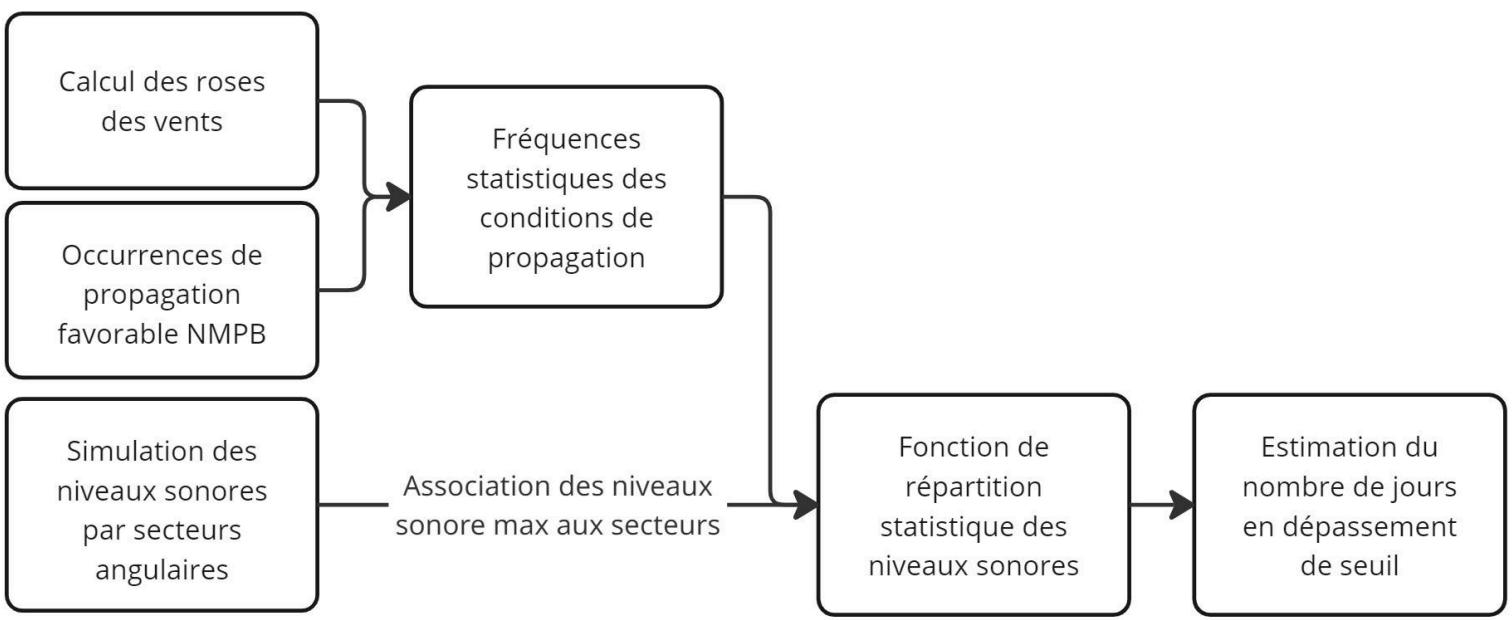


Figure 7: L_{night}

Méthode statistique de distribution de l'exposition sonore

Méthodologie

Estimation du nombre de jours en dépassement de seuils d'exposition sonore aux points LD1 **et** LD2**.**



Occurrences de propagation favorables

Valeurs de références pour la ville de Strasbourg
NMPB08 [3]

Les conditions de propogation sont décrites par un scalaire : la propabilité d'occurrence favorable notée p_i. Ces occurrences sont décrites par secteur angulaire de 20°, indexés i.

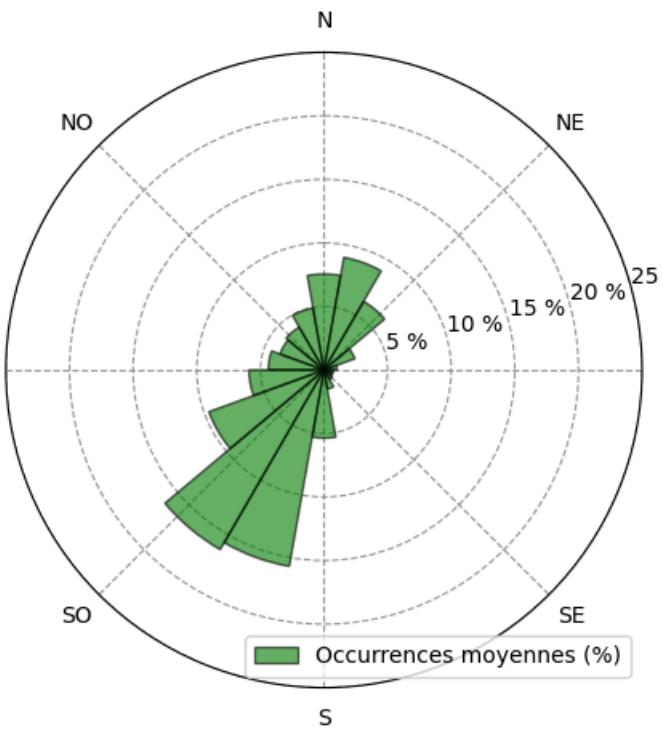
- Secteur systématiquement en conditions favorables : $p_i = 100$
- Secteur systématiquement en conditions homogènes : $p_i = 0$

Valeurs d'occurrences météo. favorables — Strasbourg (3)

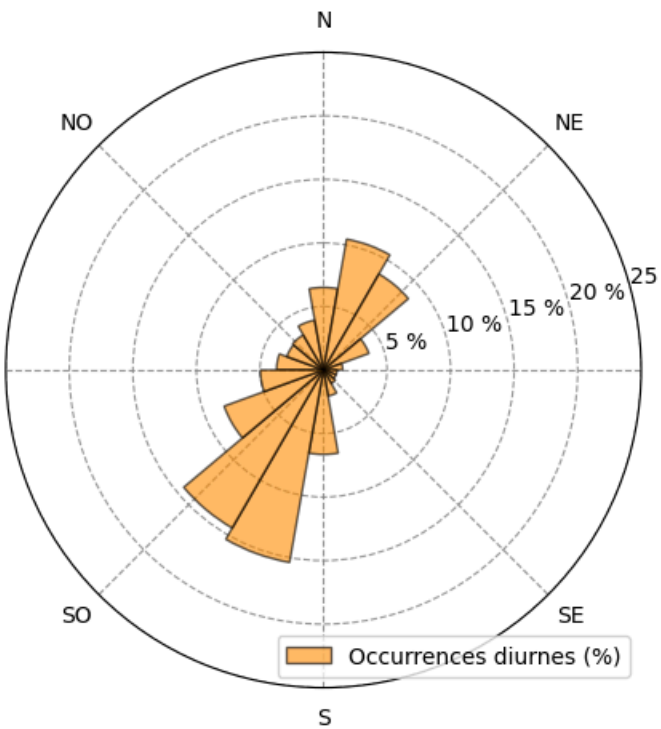
	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
Jour:	31	29	26	23	22	25	30	34	39	42	45	46	47	45	40	36	35	34
Soir:	58	54	51	49	50	53	52	48	49	52	56	60	65	70	71	70	67	63
Nuit:	47	43	39	36	35	40	45	49	53	57	61	66	73	77	73	64	58	51

Roses de vents

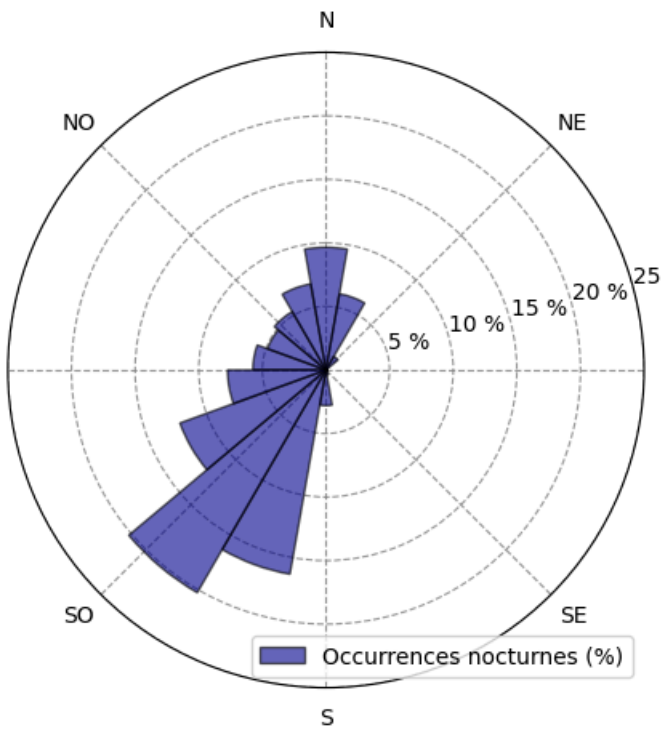
Données extraite de la base de données européenne :
ERA5 - Copernicus Climate Change Service [4]



Globale



Diurne



Nocturne

Niveaux sonores simulés par secteurs

- Pour chaque calcul, l'occurrence liée au secteur angulaire est sélectionnée à $p_i = 100$ et les autres secteurs à $p_i = 0$, par défaut.

⟶ Hypothèse maximisante, qui revient à associer au secteur le niveau sonore obtenu dans le cas où les conditions sont favorables 100% du temps, avec une contribution des autres secteurs en condition homogène ($p_i = 0$).

L_{den}		
Secteur °	LD1 *dBA*	LD2 *dBA*
20	58.6	48.4
40	58.5	48.4
60	58.3	48.4
80	58.4	48.4
100	58.4	48.4
120	58.3	48.4
140	58.3	48.4
160	58.7	49.4
180	59.0	52.8
200	58.4	53.4
220	58.4	49.2
240	58.4	48.6
260	58.3	48.7
280	58.4	50.6
300	58.8	49.5
320	59.6	48.7
340	59.9	48.5
360	58.3	48.4

$L_{A,\,eq,\,6h-22h}$		
Secteur °	LD1 *dBA*	LD2 *dBA*
20	59.8	49.6
40	59.7	49.6
60	59.5	49.6
80	59.6	49.6
100	59.6	49.6
120	59.5	49.6
140	59.5	49.6
160	59.9	50.6
180	60.2	54.0
200	59.6	54.6
220	59.6	50.4
240	59.6	49.8
260	59.5	49.9
280	59.6	51.8
300	60.0	50.7
320	60.8	49.9
340	61.1	49.7
360	59.5	49.6

L_{night}		
Secteur °	LD1 *dBA*	LD2 *dBA*
20	54.2	44.0
40	54.1	44.0
60	53.9	44.0
80	54.1	44.0
100	54.0	44.0
120	53.9	44.0
140	53.9	44.0
160	54.4	45.1
180	54.6	48.5
200	54.0	49.0
220	54.0	44.8
240	54.0	44.3
260	54.0	44.3
280	54.0	46.2
300	54.4	45.2
320	55.2	44.4
340	55.6	44.1
360	54.0	44.0

Occurrences

On associe à chaque secteur un nombre de jour $N_{i,\mathrm{fav}}$ d'occurrences favorables.

Au total, au cours d'une année moyenne, les périodes favorables à la propagations sont estimées à :

- 155 périodes diurnes (6-22h)
- 225 périodes nocturnes (22-6h)
- Soit 190 jounées (24h)

Secteurs °	$w_{i,\,mean}$ (%)	$w_{i,\,day}$ (%)	$w_{i,\,night}$ (%)	$p_{i,\,day}$ (%)	$p_{i,\,night}$ (%)	$N_{i,\,fav,\,day}$ (jours)	$N_{i,\,fav,\,night}$ (jours)	$N_{i,\,fav,\,tot}$ (jours)
20	7.55	6.49	9.65	38	47	9.00	16.55	12.775
40	8.99	10.45	6.08	35	43	13.35	9.54	11.445
60	6.23	8.72	1.24	32	39	10.18	1.77	5.975
80	2.59	3.80	0.15	29	36	4.02	0.20	2.110
100	1.04	1.51	0.08	28	35	1.54	0.10	0.820
120	0.73	1.06	0.08	32	40	1.24	0.12	0.680
140	0.73	1.05	0.08	35	45	1.34	0.13	0.735
160	0.86	1.23	0.13	38	49	1.71	0.23	0.970
180	1.52	2.08	0.40	41	53	3.11	0.77	1.940
200	5.36	6.64	2.80	45	57	10.91	5.83	8.370
220	15.69	15.38	16.32	47	61	26.38	36.34	31.360
240	16.32	14.36	20.23	49	66	25.68	48.73	37.205
260	9.62	8.32	12.21	51	73	15.49	32.53	24.010
280	5.89	4.97	7.73	51	77	9.25	21.73	15.490
300	4.38	3.69	5.74	47	73	6.33	15.29	10.810
320	3.68	3.08	4.89	44	64	4.95	11.42	8.185
340	3.89	3.18	5.30	43	58	4.99	11.22	8.105
360	4.94	3.98	6.88	41	51	5.96	12.81	9.385

Seuils de références

Référence	Seuil L_{den}	Seuil $L_{\mathrm{Aeq,6-22h}}$	Seuil L_{night}
Réglementation étude d'impact[1] [5]	-	60 dBA	55 dBA
Réglementation Points Noirs Bruits [6]	-	70 dBA	65 dBA
Directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002 - CBS [7]	68 dBA	-	62 dBA
Recommandation OMS [8]	53 dBA	-	45 dBA

[1]Remarque : L'autoroute n'étant pas une infrastructure nouvelle, ni soumise à des modification significative, cette réglementation ne s'applique pas au cadre de cette étude. Elle permet cependant de fournir cetains seuils auxquels il peut être utilse de se comparer.

Résultats : fonction ECDF

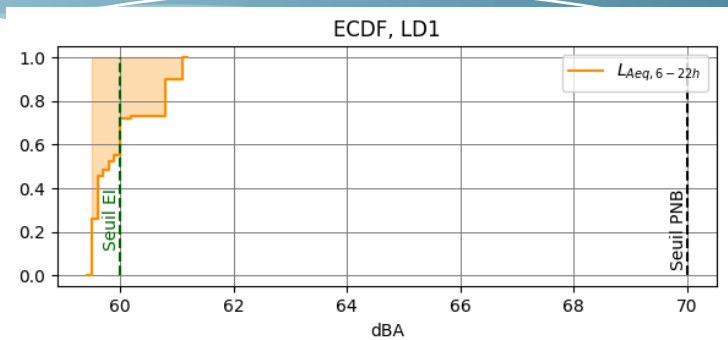
Abréviations

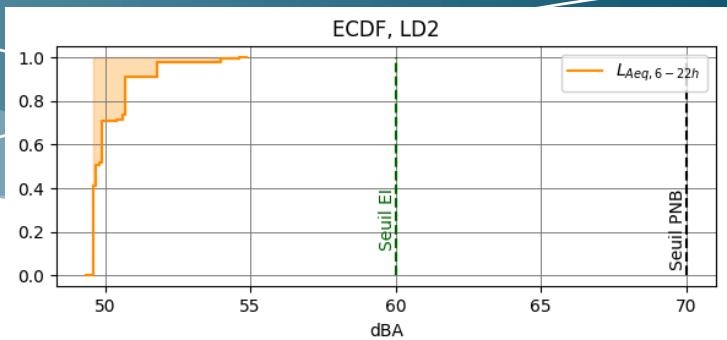
EI : Étude d'impact

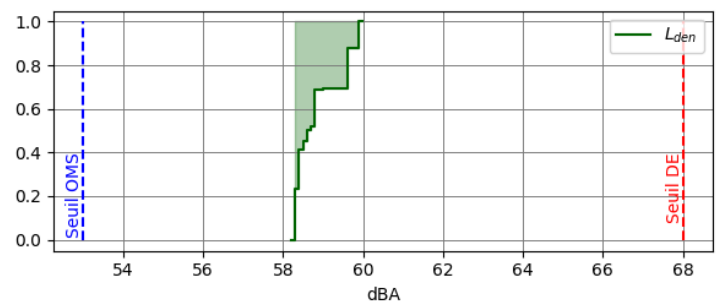
PNB : Point Noir Bruits

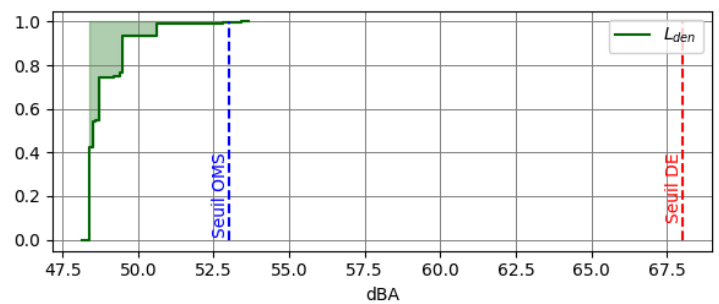
DE : Directive Européenne

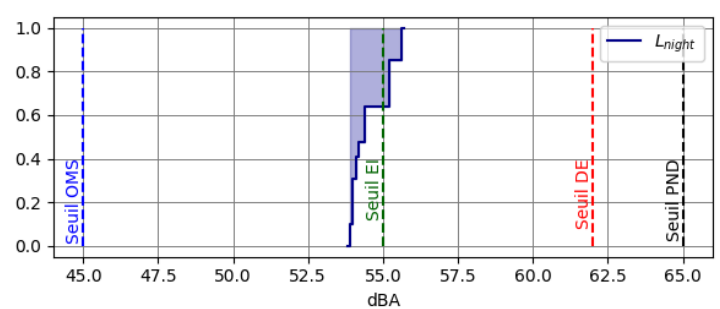
OMS : Organisation Mondiale de la Santé

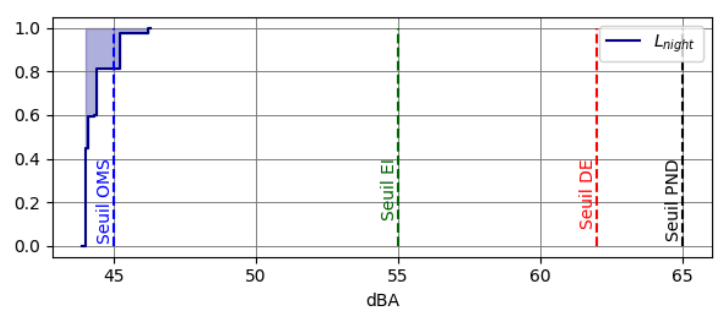










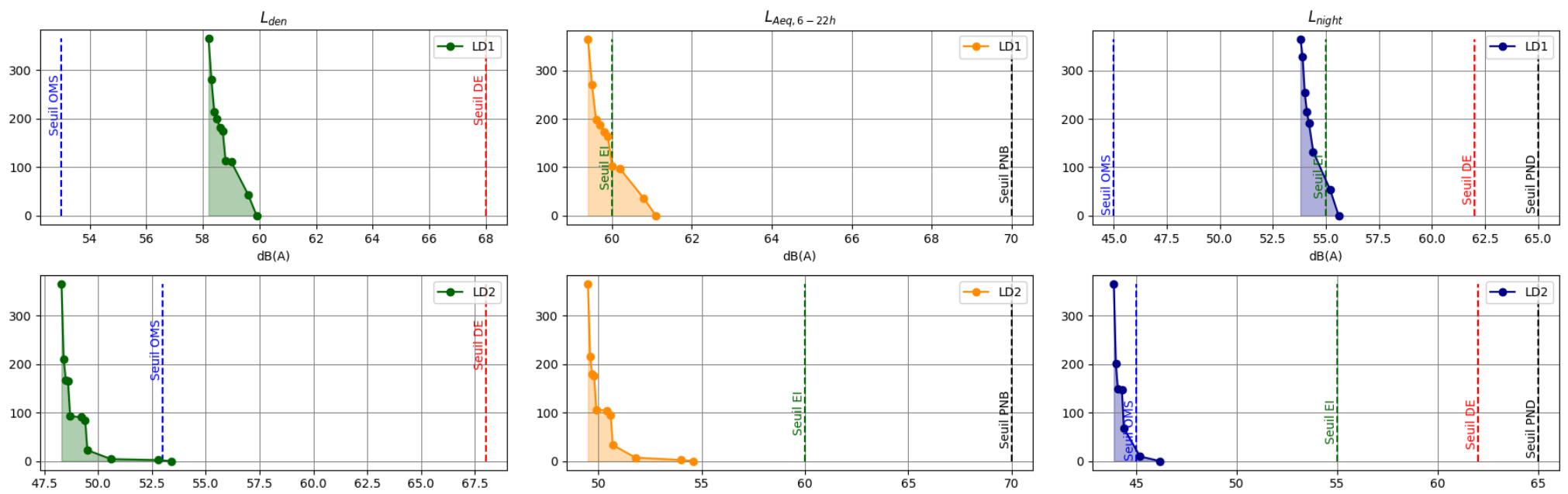


LD1

LD2

Répartition statistique des niveaux sonores

Annualisation des fonctions ECDF



Synthèse des résultats des simulations

		Min (dBA)	Max (dBA)	Dynamique (dBA)
LD1	L_{den}	58,2	59,9	1,7
	$L_{Aeq,\,6-22h}$	59,4	61,1	1,7
	L_{night}	53,8	55,6	1,8
LD2	L_{den}	48,3	53,4	5,1
	$L_{Aeq,\,6-22h}$	49,5	54,6	5,1
	L_{night}	43,9	46,5	2,3

Nombre de jours de dépassement de seuils d'exposition sonore

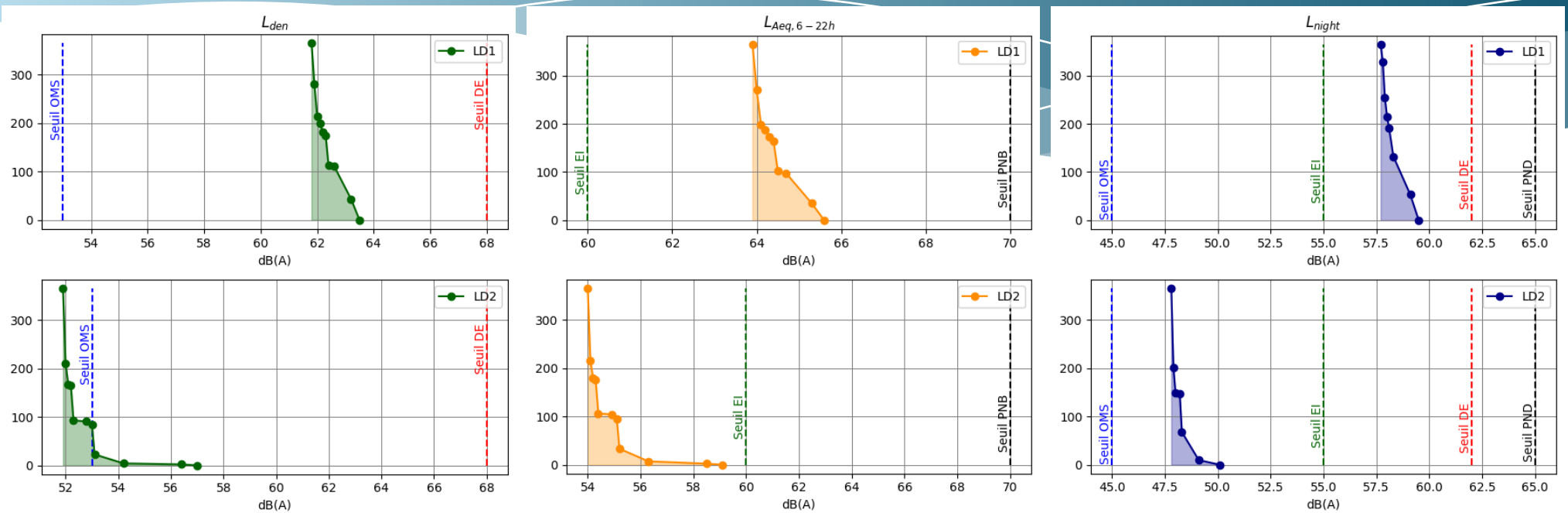
	LD1			LD2		
Seuils	L_{den}	$L_{A,eq,6h-22h}$	L_{night}	L_{den}	$L_{A,eq,6h-22h}$	L_{night}
Réglementation étude d'impact [7]	-	102 j	132 j	-	0 j	0 j
Réglementation Points Noirs du Bruit [8]	-	0 j	0 j	-	0 j	0 j
Directive européenne 2002/49/CE [10]	0 j	-	0 j	0 j	-	0 j
OMS [11]	365 j	-	365 j	2 j	-	68 j

Mise à jour des niveaux sonores au trafic 2024

Au cours de l'étude, les données de trafic de l'année 2024 ont pu être obtenues et les niveaux sonores ont été extrapolés à l'aide de l'outil en ligne **MOTOR** (EMission sOnore d'une infrasTructure rOutièRe) disponible sur le site de l'UMRAE.

Hypothèses de trafic et gain en émission estimé			
	Jour	**Soirée**	**Nuit**
Débit 2019 (veh/h)	1433	1255	293
Débit 2024 (veh/h)	2923	2556	476
Gain	+4,5 dB	+3,8 dB	+3,6 dB

Résultats pour le trafic 2024



Seuils	LD1			LD2		
	L_{den}	$L_{A,eq,6h-22h}$	L_{night}	L_{den}	$L_{A,eq,6h-22h}$	L_{night}
Réglementation étude d'impact [7]	-	365 j	365 j	-	0 j	0 j
Réglementation Points Noirs du Bruit [8]	-	0 j	0 j	-	0 j	0 j
Directive européenne 2002/49/CE [10]	0 j	-	0 j	0 j	-	0 j
OMS [11]	365 j	-	365 j	113 j	-	365 j

Conclusion

Conclusion

- Proposition d'évaluation de la dynamique des niveaux sonores au cours de l'année, en fonction de la rose des vents locale et des conditions météorologiques au sens de la NMPB08 [3].
- Développement d'une méthode opérationnelle pour estimer la distribution de des niveaux sonores annualisés en deux points, à partir des occurrences météorologiques de la NMPB08 [3].
- Positionnement des niveaux sonores simulés et estimation du nombre de jours de dépassement par rapport aux seuils réglementaires et de santé publique.

Perspective :

- Mise à disposition du code et de documentation pour réaliser la méthode.

Bibliographie

[1] Cerema, “Dimensionnement d'écrans et de merlons acoustique pour l'A35 à Stotzheim (67).,” Sep. 2019.

[2] Cerema, “PPBE de 4e échéance de la CEA - Mesures Acoustiques,” Apr. 2024.

[3] SETRA, *Prévision du bruit routier : méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008)*, SETRA. in SETRA. 2009. Accessed: Apr. 23, 2020. [Online]. Available: http://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/prevision-du-bruit-routier-methode-calcul-propagation-du

[4] “Muñoz Sabater, J. (2019): ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.e2161bac (Accessed on DD-MMM-YYYY).”

[5] JO, “Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements.” Accessed: Apr. 20, 2020. [Online].

Available: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025054134&categorieLien=id

[6] JO, "Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit." Accessed: Apr. 22, 2020. [Online]. Available: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000730884&dateTexte=20111103

[7] E. CE and JO, "Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement - Déclaration de la Commission au sein du comité de conciliation concernant la directive relative à l'évaluation et à la gestion du bruit ambiant." Accessed: Apr. 23, 2020. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32002L0049

[8] World Health Organization. Regional Office for Europe, *Environmental noise guidelines for the European Region*. Copenhagen: World Health Organization. Regional Office for Europe, 2018. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/handle/10665/279952

Merci de votre attention.