

# GENIFER

GENe Instantanée due au bruit  
FERroviaire

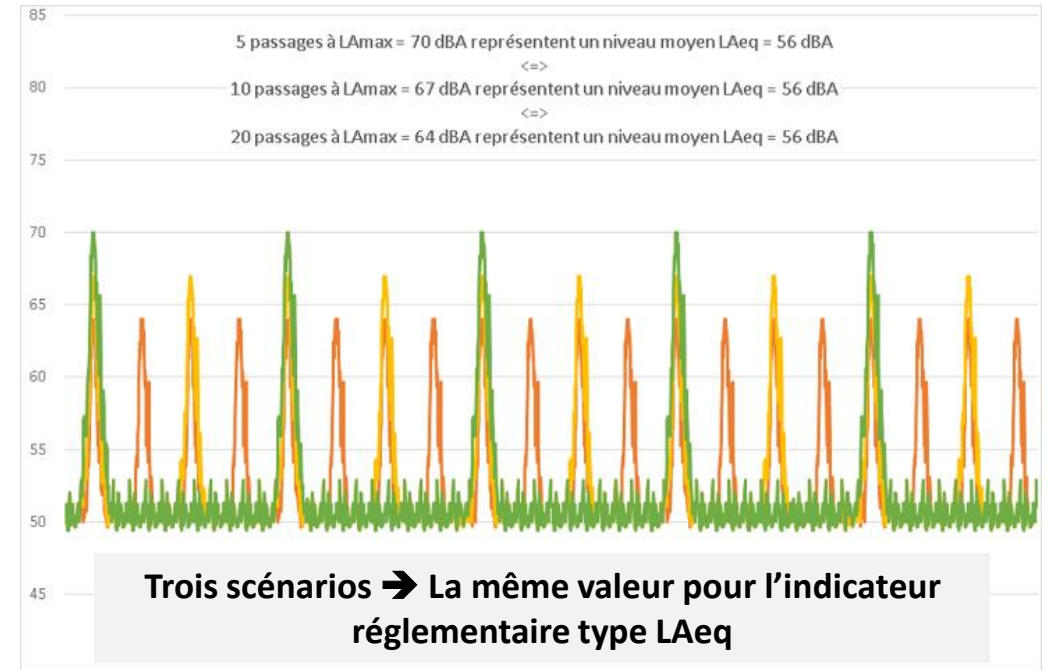
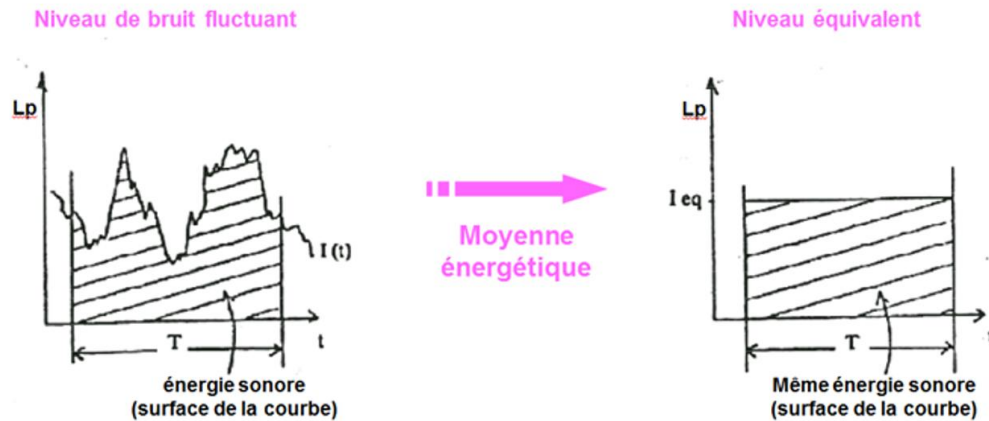
NOTATION DE LA GÊNE INSTANTANÉE AU  
PASSAGE DE TRAINS PAR UNE  
SOIXANTAINE DE RIVERAINS DE VOIES  
FERRÉES À SAVIGNY-SUR-ORGE (91)

JTAV  
23 juin 2026



# CONTEXTE

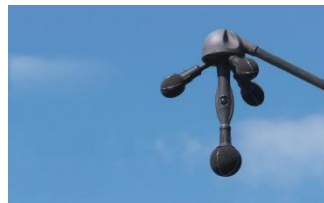
- ❑ Inadéquation entre les indicateurs de bruit utilisés dans la réglementation et le ressenti des habitants.



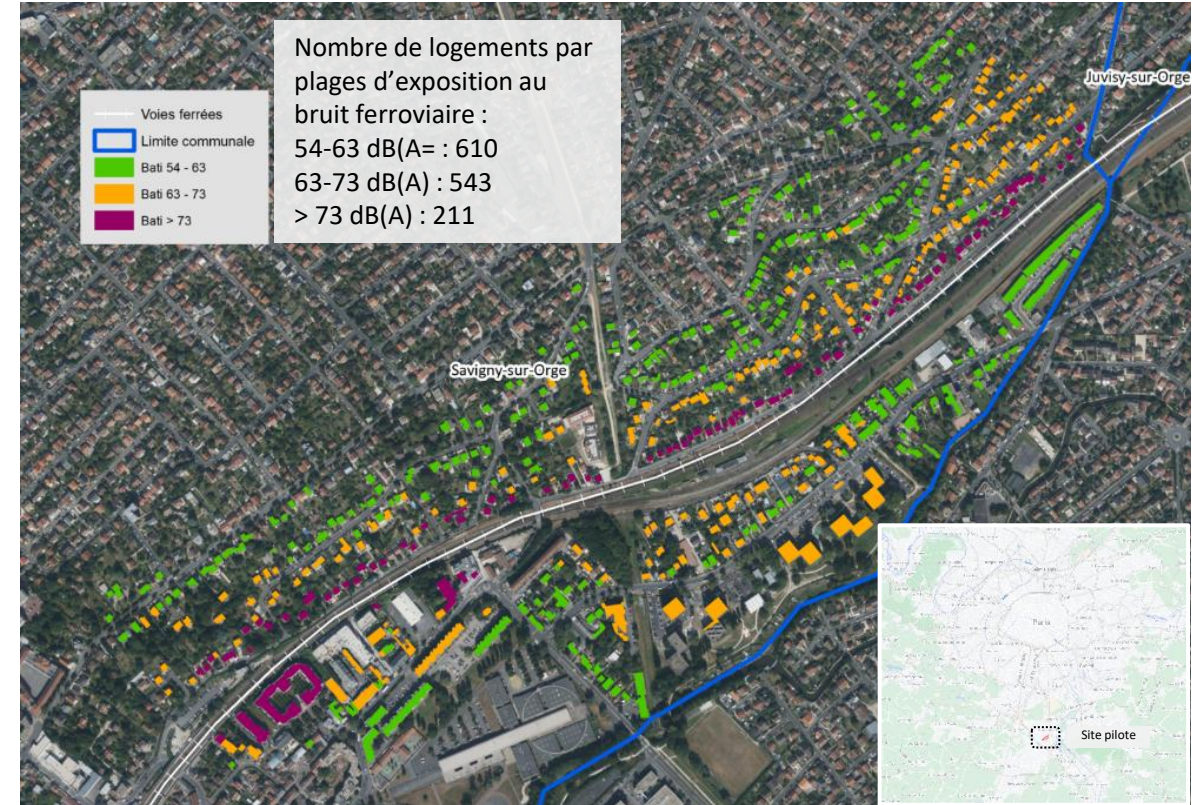
- ❑ **Exploration d'indicateurs acoustiques événementiels complémentaires** pour améliorer la description du bruit ferroviaire et mieux prendre en compte son caractère répétitif.
- ❑ S'inscrit dans le prolongement des travaux du **Conseil National du Bruit** sur les pics de bruit ferroviaire.
- ❑ Objectif de **GENIFER** : étude de faisabilité pour tester un protocole destiné à **mieux comprendre les facteurs potentiellement impliqués dans la gêne exprimée par les riverains vis-à-vis du bruit généré par le trafic ferroviaire** (=> au passage)

# MISE EN ŒUVRE

- ❑ Mise en œuvre d'un **protocole de recueil de données sur un site pilote francilien** auprès d'une **soixantaine de riverains** de voies ferrées répartis en 3 groupes d'exposition
- ❑ Entretiens avec **questionnaire** (informations générales, logement, perturbations et gêne vis-à-vis du bruit)
- ❑ Dispositif électronique connecté : **télécommande pour la notation des trains au passage** (objectif : environ 3 heures cumulées de notation par participant)
- ❑ **Évaluation du bruit ferroviaire** dans l'environnement (16 sites de mesure + modélisation + identification des trains)
- ❑ Collecte d'enregistrements audio-numériques pour **réécoutes « audio-conformes »** auprès d'une trentaine de participants



20 personnes « Exposition forte »	20 personnes « Exposition intermédiaire »	20 personnes « Exposition modérée »
Lden ferroviaire $\geq 73$ dB(A)	$63 \leq$ Lden ferroviaire $< 73$ dB(A)	$54 \leq$ Lden ferroviaire $< 63$ dB(A)

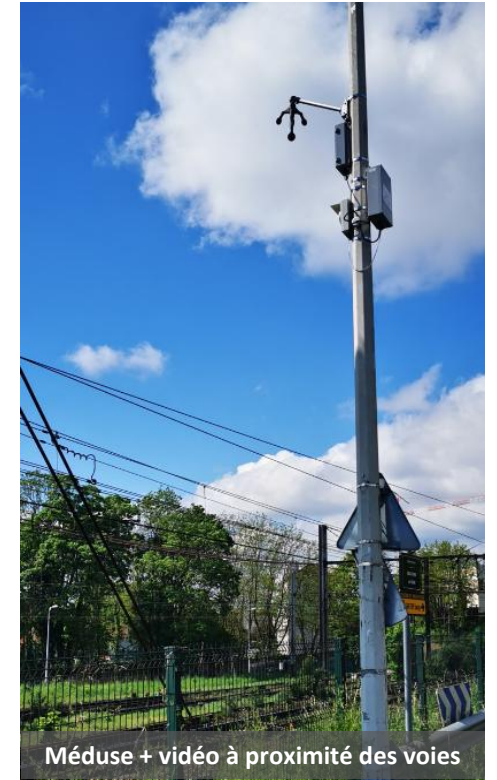
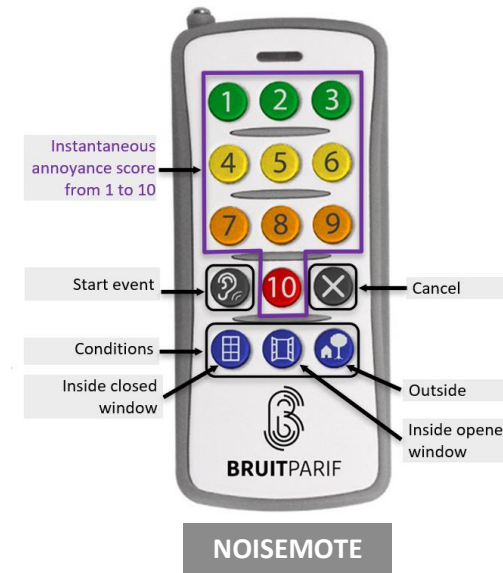


Niveaux d'exposition au bruit ferroviaire issus de la carte stratégique du bruit  
(Directive européenne 2002/49/CE – Échéance 4)

# EXPLOITATION ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Processus d'exploitation des données :

- ❑ **Circulations ferroviaires identifiées** via 2 dispositifs **vidéo** de part et d'autre des voies au centre de la zone d'étude (heure de passage, vitesse, type de train, sens et voie de circulation).
- ❑ **Evènements sonores ferroviaires détectés au centre** de la zone d'étude via deux capteurs experts (**Méduses**) avec localisation de provenance du bruit.
- ❑ **Association temporelle de ces événements sonores ferroviaires avec les notes de gêne instantanée** renseignées par les participants via les **Noisemotes** (prise en compte du temps de parcours du train à partir des vitesses issues des vidéos).
- ❑ **Modélisation** acoustique du bruit ferroviaire pour prendre en compte la propagation du bruit entre les capteurs méduses et la localisation des participants (=> indicateurs acoustiques « recalés »).



# INDICATEURS PRODUITS EN ASSOCIATION AUX NOTES DE GÊNE INSTANTANÉE

**Description (indicateurs pour chaque circulation ferroviaire notée)**

**Note de gêne instantanée** renseignée par le participant de 1 à 10

**Date et heure de fin d'événement sonore ferroviaire** renseignée par le participant (correspond à l'appui sur la touche de valeur de note)

**Conditions de notation de la gêne instantanée** (CLOSED\_WINDOWS = à l'intérieur du logement fenêtres fermées, OPENED\_WINDOWS = à l'intérieur fenêtres ouvertes, OUTSIDE = à l'extérieur)

**Voie de circulation du train**

**Famille du train**

**Durée de passage événement "à la source"**

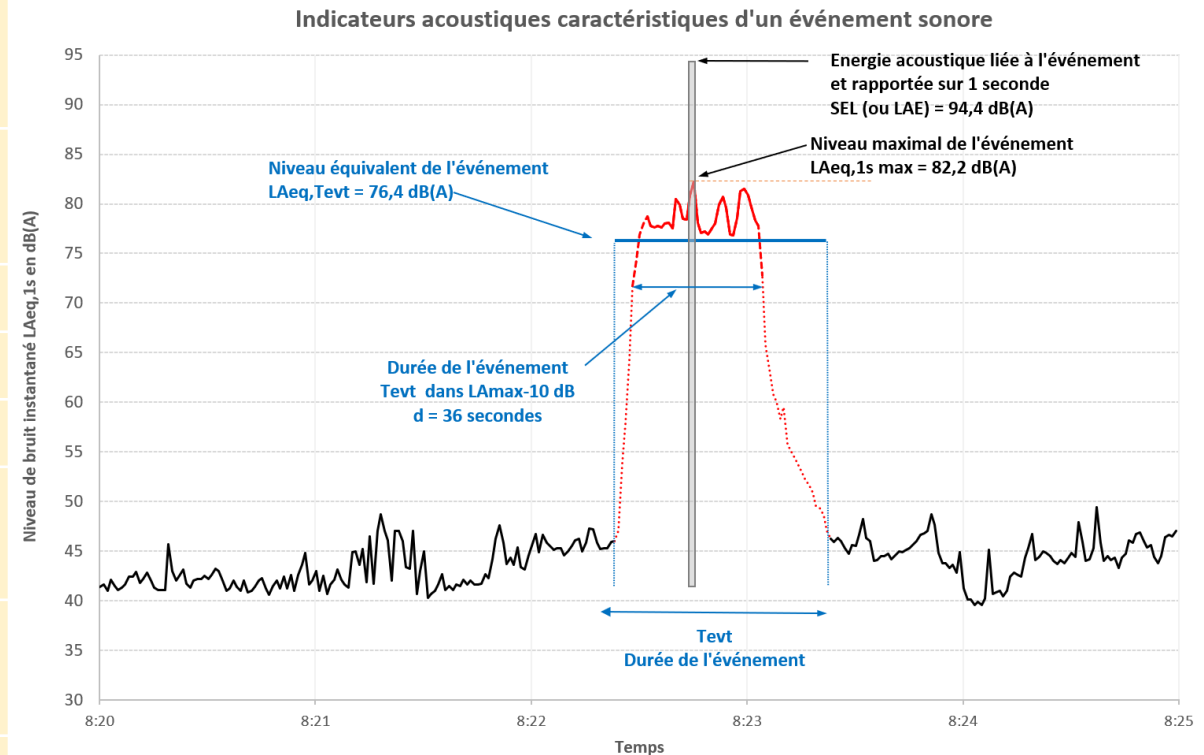
**Différence entre dB(A) et dB(C)** - contribution basses fréquences - "à la source" (plus la valeur est négative plus la contribution des basses fréquences est importante)

Niveaux d'exposition sonore « recalés » **SEL-LAmax-LAeq,evt évalué en dB(A) en façade du participant** après correction du niveau mesuré, en bord de voies, au moyen d'un modèle numérique

Niveaux d'exposition sonore « notation » **SEL-LAmax-LAeq,evt** du participant évalué en dB(A) après correction du niveau précédemment « recalé » en **prenant compte de la condition de notation** (isolement forfaitaire selon caractéristiques du logement)

**Introduction de variables complémentaires (effet protocole) :**

- **Ordre des trains** (ou ordre des notes). Reprise à 1 si plus de 10 minutes entre deux notes successives
- **Différence de SEL** entre train noté et précédent



# MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES DONNÉES

**Questionnaire** : perception du cadre de vie et gêne à long terme (variables qualitatives)

**Évaluations de la gêne instantanée** : notes de gêne attribuées lors du passage des trains (données répétées)

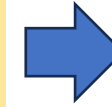
**Données d'exposition au bruit ferroviaire** : niveaux de bruit au passage et caractéristiques des trains (variables quantitatives)



## Construction d'une **typologie de gêne de long terme**

*Permet de caractériser à quel point le bruit ferroviaire perturbe les activités quotidiennes*

*Construite à partir du questionnaire : questions relatives aux perturbations liées au bruit des trains dans les activités quotidiennes (dormir, lire, discuter, musique, se détendre) et gêne long terme due au bruit des trains*



### **Très perturbés (n = 16)**

Forte gêne liée au bruit ferroviaire  
Perturbations fréquentes des activités

### **Moyennement perturbés (n = 21)**

Gêne modérée  
Perturbations occasionnelles des activités

### **Peu/pas perturbés (n = 24)**

Faible gêne  
Peu ou pas d'impact sur les activités

## **Analyse des notes de gêne instantanée par modèles linéaires mixtes :**

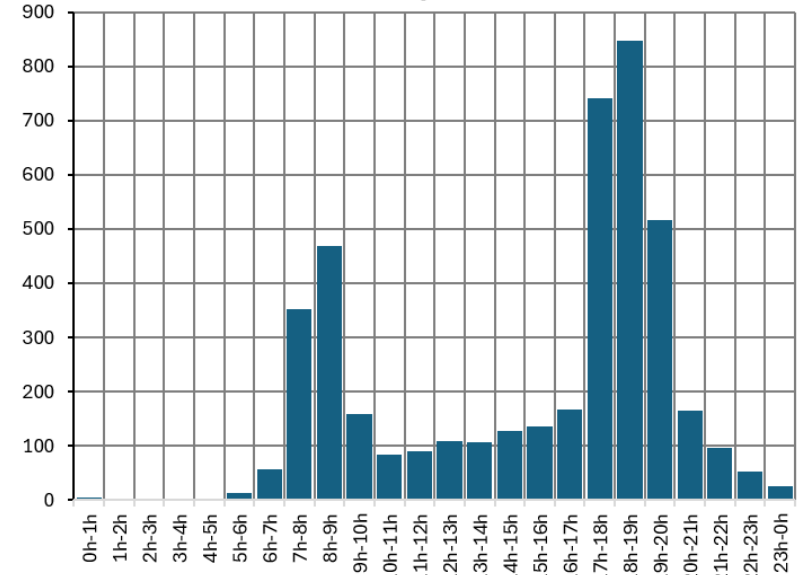
- **Effets fixes** : variables potentiellement explicatives de la note de gêne instantanée (indicateurs acoustiques, période, variables individuelles et contextuelles...)
- **Effets aléatoires** : individus (mesures répétées par un même participant)

# RÉSULTATS

## 62 participants au total

- Période d'étude du 19 avril au 11 juillet 2023
- 4316 notes de gêne instantanée avec indicateurs associés
- 70 notes par personne en moyenne
- Essentiellement en heures de pointe du matin et du soir
- RER (63 % des notes) et CORAIL (22%)
- 30% des notes à l'intérieur fenêtres fermées, 56% à l'intérieur fenêtres ouvertes, 15% à l'extérieur
- Test effet période (4h-8h, 8h-18h, 18h-21h et 21h-4h)

Nombre de notes par créneau horaire



	Matin	Journée	Début soirée	Fin soirée
	(4h00-7h59)	(8h00-17h59)	(18h00-20h59)	(21h00-3h59)
Nombre	553	2550	1082	131

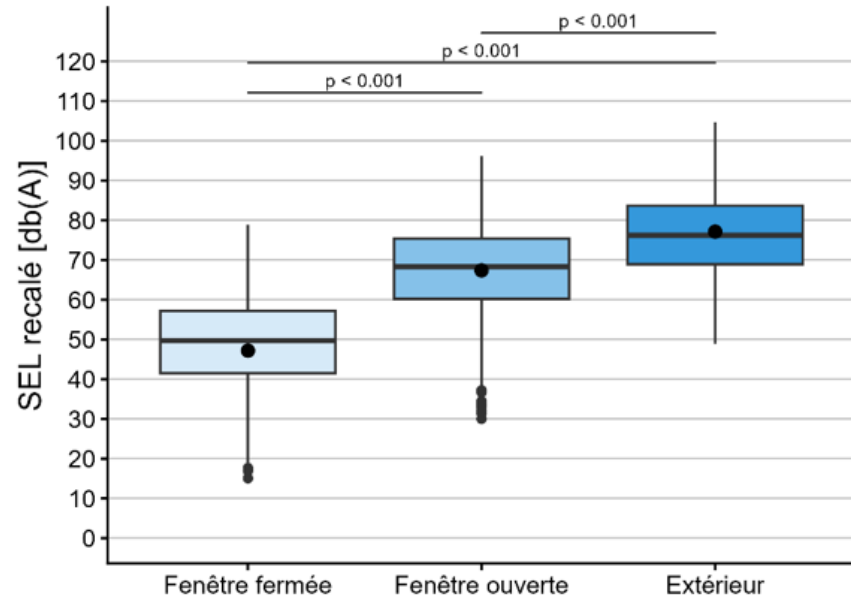
Nombre de notes par participant

	Minimum	1 <sup>er</sup> Quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> Quartile	Maximum
Nombre	23	55	66	<b>70</b>	82	137

Nombre de notes par type de train

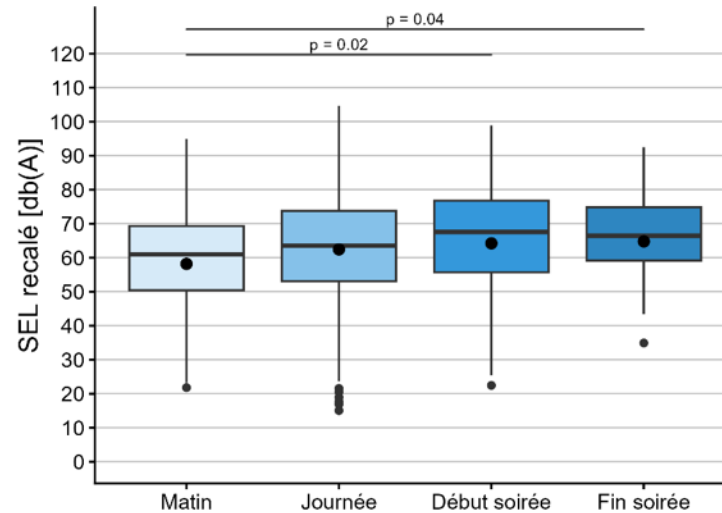
	CORAIL	FRET	RER	TER Autorail	TER NG2N	TOTAL
Nombre	<b>946</b>	286	<b>2708</b>	143	233	4316
En %	<b>22%</b>	7%	<b>63%</b>	3%	5%	-

# RÉSULTATS



**Effet de la condition de notation sur le niveau de bruit SEL** (corrigé par isolement acoustique forfaitaire).

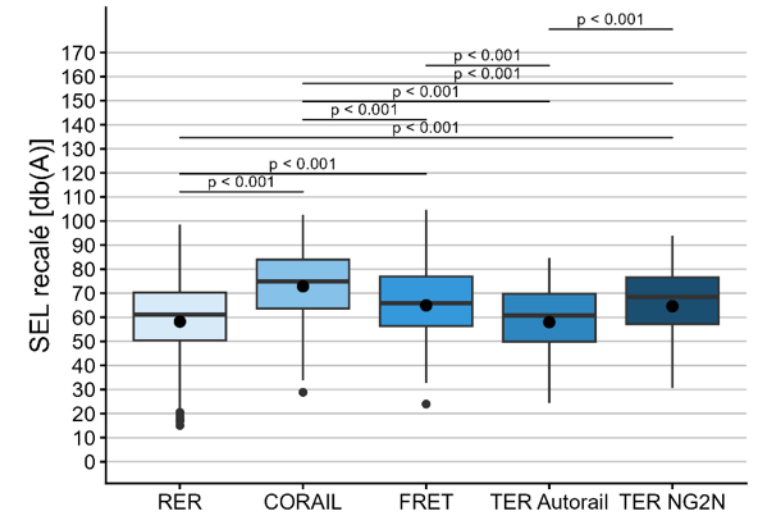
SEL significativement plus faible fenêtres fermées (médiane à 50 dB(A)). Fenêtres ouvertes : médiane à 68 dB(A) et à l'extérieur médiane à 76 dB(A).



**Effet de la période sur le niveau de bruit SEL** mais avec des nombres d'événements très différents selon les périodes

SEL médian :

- Matin : 61 dB(A)
- Journée : 64 dB(A)
- Début soirée : 68 dB(A)
- Fin de soirée-nuit : 66 dB(A)



**Effet du type de train sur le niveau de bruit SEL.**

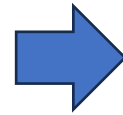
SEL médian :

- CORAIL : 75 dB(A)
- FRET : 66 dB(A)
- RER : 61 dB(A)
- AUTORAIL : 61 dB(A)
- TER NG2N : 69 dB(A)

# RÉSULTATS

## Modèles univariés – Variables acoustiques

Modèle	Effet fixe		Autres critères			
	Variables	Coefficient estimé	p <sub>valeur</sub>	IC	R <sup>2</sup> Conditionnel	R <sup>2</sup> Marginal
[2,5%-97,5%]						
LAeq,evt,façade,logement	0.1	<0.001	[0.10 ; 0.11]	0.59	0.22	16487
LAmaz,façade,logement	0.1	<0.001	[0.09 ; 0.11]	0.572	0.199	16624
SEL,façade,logement	0.1	<0.001	[0.10 ; 0.11]	0.593	0.222	16465
LAeq,evt_notation	0.08	<0.001	[0.07 ; 0.08]	0.593	0.214	16234
LAmaz_notation	0.07	<0.001	[0.07 ; 0.08]	0.579	0.197	16365
<b>SEL_notation</b>	<b>0.08</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>[0.07 ; 0.08]</b>	<b>0.596</b>	<b>0.217</b>	<b>16210</b>
LAeq-LCeq	0.25	<0.001	[0.23 ; 0.27]	0.54	0.071	16881



Le **SEL « notation »** est le facteur qui explique le plus la gêne :

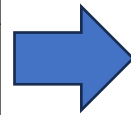
**+ 0,08 pt de gêne pour + 1 dB(A) de SEL**

Explique seul **22 % de la variabilité de la gêne, 60 % avec effets aléatoires**

Effet du **LAeq - LCeq**, + 0,25 pt pour 1 dB de différence (traduit la contribution moyennes/hautes fréquences). Explique 7% de la variance de la gêne mais capture partiellement le SEL et le type de train.

## Modèles univariés – autres effets

Modèle	Effet fixe			Autres critères		
	Variables	Coefficient estimé	p <sub>valeur</sub>	IC [2,5%-97,5%]	R <sup>2</sup> Conditionnel	R <sup>2</sup> Marginal
Ordre_des_trains (reset 10 minutes)	0,02	<0,001	[0,01 ; 0,03]	0,470	0,003	17461
Différence de niveau de bruit entre deux trains (reset 10 minutes)	0,06	<0,001	[0,05 ; 0,06]	0,528	0,058	16987



**Ordre des trains :**

À chaque train supplémentaire = **+ 0,02 pt de gêne**

Explique seul très peu la variabilité de la gêne (< 1%)

47 % avec effets aléatoires

**Différence SEL :**

À chaque train supplémentaire = **+ 0,06 pt de gêne**

Explique seul 6 % de la variabilité de la gêne

53 % avec effets aléatoires

# RÉSULTATS

## Modèles univariés – Autres facteurs

Modèle		Effet fixe		Autres critères			
Variables	Modalités	Coefficient estimé	p valeur	IC	R <sup>2</sup> Conditionnel	R <sup>2</sup> Marginal	BIC
				[2,5%-97,5%]			
Type de train	RER (ref)	-	-	-	0.572	0.103	16610
	Corail	1,86	<0,001	[1.74; 1.98]			
	Fret	1,30	<0,001	[1.10; 1.51]			
	Ter Autorail	0,22	0,108	[-0.05; 0.49]			
	Ter NG2N	0,82	<0,001	[0.60; 1.03]			
Période	Matin	-	-	-	0.474	0.004	17475
	Début de soirée	0.29	0.02	[0.05; 0.53]			
	Fin de soirée	0.81	<0.001	[0.43; 1.18]			
	Journée	0.4	<0.001	[0.18; 0.61]			
Conditions de notation	Fenêtres fermées	-	-	-	0.517	0.05	17195
	Fenêtres ouvertes	1.13	<0.001	[0.99; 1.27]			
	Extérieur	1.4	<0.001	[1.20; 1.59]			
Typologie gêne de long terme	Pas ou peu perturbé (ref)	-	-	-	0.468	0.116	15178
	Moyennement perturbé	0.35	0.461	[-0.59; 1.28]			
	Très perturbé	2	<0.001	[1.01; 3.00]			



Le **type de train** a un effet sur la gêne : Corail et Fret notés plus forts que les RER. Explique **10% de la variabilité de la gêne** mais peut capturer partiellement le SEL (niveau sonore plus important de ces types de trains).

La **période de notation** semble avoir un effet sur la gêne, les notes de gêne instantanée sont légèrement plus importantes en soirée que le matin (+0,8 pt). N'explique néanmoins quasiment pas (<1%) la variabilité de la gêne).

Effet significatif des **conditions de notation**, gêne plus faible fenêtre est fermée (-1,13 fenêtres ouvertes et -1,4 à l'extérieur vs fenêtres fermées). Explique peu la variance de gêne (5%).

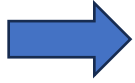
=> *Effet pris en compte via le recalage du SEL*

Effet significatif de la **typologie de gêne long terme**, le groupe « très perturbé » rapporte une gêne plus élevée ( $\Delta = +2$  p < 0,001/ ( $\Delta = +1,66$  p < 0,01). Pas de différence significative entre « pas ou peu et moyennement perturbés » ( $\Delta = -0,35$ , p = 0,74).

Explique **12 % de la variance de gêne** (47% avec effets aléatoires).

# RÉSULTATS

Facteurs inclus dans le modèle multivarié



- SEL « notation »
- Typologie de gène de long terme
- Ordre des trains
- ΔSEL entre deux trains
- Famille de train

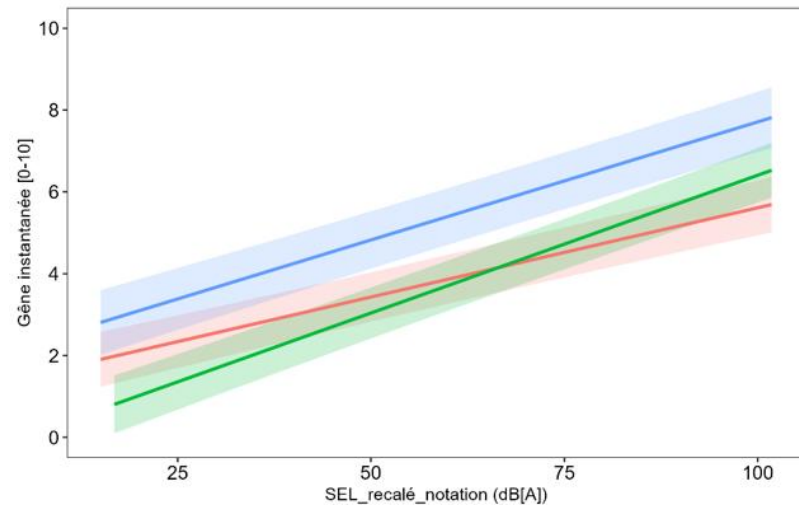
Les effets fixes expliquent in-fine **32 % de la variance de la note de gène instantanée** (63 % avec effets aléatoires).

Modèle multivarié sans interaction

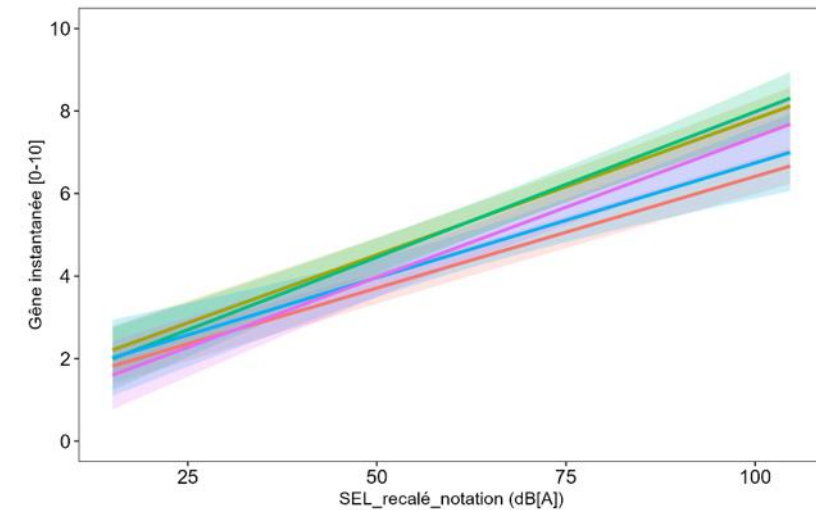
Modèle		Effet fixe			Autres critères		
Variables	Modalités	Coefficient estimé	<i>p</i> valeur	IC [2,5%-97,5%]	R2 Conditionnel	R2 Marginal	BIC
SEL_notation	-	0,06	< 0,001	[0,05 ; 0,06]	0,630	0,319	13871
Typologie gène de long terme	Pas ou peu perturbé (ref)	-	-	-			
	Moyennement perturbé	-0,10	0,824	[-0,97 ; 0,77]			
	Très perturbé	1,54	0,002	[0,61 ; 2,46]			
Ordre_des_trains	-	0,02	< 0,001	[0,01 ; 0,03]			
Différence de niveau de bruit entre deux trains consécutifs	-	0,01	< 0,001	[0,01 ; 0,02]			
Famille train	RER (ref)	-	-	-			
	Corail	0,92	<0,001	[0,77 ; 1,06]			
	FRET	0,93	<0,001	[0,72 ; 1,13]			
	Ter Autorail	0,24	0,079	[-0,03 ; 0,50]			
	Ter NG2N	0,42	<0,001	[0,21 ; 0,64]			

Les interactions montrent que l'effet du SEL est plus marqué pour le groupe « très perturbé » et « moyennement perturbé » que pour le groupe « pas ou peu perturbé » sans différence significative entre ces deux premiers groupes.

Certaines différences subsistent entre familles de trains après prise en compte du niveau sonore, mais leur contribution reste faible comparativement au SEL et aux facteurs individuels.



Typo. gène de long terme : — Pas ou peu perturbé — Moyennement perturbé — Très perturbé



Famille de train : — RER — CORAIL — FRET — TER Autorail — TER NG2N

# BILAN ET PERSPECTIVES

- ❑ Le **niveau sonore est un des principaux déterminants** de la gêne instantanée.
- ❑ Les **caractéristiques individuelles jouent un rôle important** notamment au travers des perturbations dans les activités (typologie gêne de long terme)
- ❑ La **succession des trains influe également sur la gêne instantanée** mais très faiblement.
- ❑ Des différences sont observées entre types de trains mais sont largement expliquées par leurs différences de SEL. **À ce stade la famille de train apporte peu d'information supplémentaire** dans l'explication de la variance mais resterait toutefois à explorer.
- ❑ **Aucun effet robuste de la période** de la journée n'a été mis en évidence à ce stade sur la gêne instantanée.
- ❑ Une part **importante de la variabilité de la gêne instantanée est liée aux différences entre individus** (contribuent à près de 40 points supplémentaires de variance expliquée).

Facteur	Effet sur la gêne	Variance expliquée
SEL	≈ +0,6 à +0,8 pt pour +10 dB	≈ 27 %
Typologie gêne long terme	+1,5 à +2 pts	≈ 11 à 12 %
Famille de train	≈ +1 pt pour Corail/Fret vs RER (à SEL identique)	Très faible après SEL
ΔSEL entre 2 trains	Faible (+0,2 à +0,6 pt pour Δ10 dB)	≈ 6 %
Ordre des trains	Très faible (+ 0,1 à 0,2 pt au 10ème train)	<1 %

- ❑ Un projet innovant pour documenter un aspect peu étudié (gêne instantanée in-situ)
- ❑ Variété de participants mais restant en nombre réduit (20 par zone de bruit)
- ❑ Bonne acceptabilité du protocole
- ❑ Etude à poursuivre à une échelle plus large (plus de participants sur des sites variés)
- ❑ Ajustements du protocole à mettre en place (gêne de court/moyen terme, approfondissement de l'effet période et famille de train,...)



**MERCI**  
**POUR VOTRE ATTENTION**

**[www.bruitparif.fr](http://www.bruitparif.fr)**

**BRUITPARIF**