



RAPPORT ET ENQUÊTE

DE L'INSTITUT PARIS REGION - ORS

SANTÉ

Février 2026

LA DÉFAVEUR ENVIRONNEMENTALE EN ÎLE-DE-FRANCE

CONSTRUCTION D'UN INDICE SYNTHÉTIQUE ET TYPOLOGIE DES
COMMUNES

LA DÉFAVEUR ENVIRONNEMENTALE EN ÎLE-DE-FRANCE

**Construction d'un indice
synthétique et typologie des
communes**

Février 2026

Auteur

Jean-Philippe CAMARD

Suggestion de citation

Jean-Philippe Camard. La défaveur environnementale en Île-de-France : construction d'un indice synthétique et typologie des communes. Paris : Observatoire régional de santé Île-de-France, 2026

Il peut être reproduit ou diffusé librement pour un usage personnel et non destiné à des fins commerciales ou pour des courtes citations.

Pour tout autre usage, il convient de demander l'autorisation auprès de l'ORS.

RÉSUMÉ

Contexte et objectifs

Les territoires franciliens subissent des pressions environnementales multiples (pollution de l'air, nuisances sonores, risques industriels, habitat dégradé), souvent corrélées à des facteurs sociaux défavorables. Le cumul d'expositions et de vulnérabilités peut renforcer les inégalités de santé et affecter la qualité de vie. Dans ce contexte, la construction d'un Indice synthétique de défaveur environnementale (ISDE) vise à objectiver les disparités territoriales, repérer les communes les plus exposées et orienter/prioriser les politiques publiques (urbanisme, environnement, santé). L'ISDE communal est complémentaire d'approches à maille plus fine (500 m x 500 m) réalisées par l'ORS.

Méthodes

Une analyse statistique a permis de construire un ISDE à l'échelle des 1 285 communes d'Île-de-France à partir de 12 variables regroupées en cinq thématiques : air (NO₂, PM_{2.5}, îlots de chaleur urbains), eau (pesticides, nitrates), sols/industries (SIS, ICPE), bruit (route/fer/air), habitat (suroccupation des logements, précarité énergétique). Les données proviennent de sources institutionnelles (Airparif, Bruitparif, Géorisques, ARS, Insee, ONPE...).

La construction repose sur une Analyse en composantes principales (ACP) : les cinq premières dimensions ont été retenues (≈ 70 % de variance expliquée) puis agrégées en un score pondéré et standardisé (z-score). Une cartographie brute par commune puis une cartographie lissée (thin plate spline) et enfin une typologie par classification ascendante hiérarchique (CAH) (six profils) complètent l'analyse.

Résultats

L'ISDE met en évidence une forte concentration de la défaveur environnementale dans le cœur métropolitain (Paris + petite couronne), où les nuisances se cumulent.

On observe un gradient centre → périphérie : la défaveur diminue globalement vers la grande couronne, tout en laissant apparaître des situations locales spécifiques.

La typologie distingue six profils de territoires, montrant que la défaveur ne se résume pas à un score : elle correspond à des combinaisons d'expositions différentes.

Le premier profil montre un environnement caractérisé par une pollution d'origine agricole (nitrates, pesticides). Les communes du profil 2 ont un environnement globalement favorable avec une précarité énergétique modérée. Les communes du profil 3 sont davantage marquées par la proximité industrielle, le bruit et les sols pollués. Les communes du profil 4 sont caractérisées par le bruit aérien, la présence d'industries et une suroccupation des logements. Les profils 5 et 6 sont caractéristiques de la pollution urbaine : pollution de l'air, bruit, ICU en particulier.

Conclusion

L'ISDE et la typologie des communes peuvent être des leviers opérationnels pour identifier, comparer et hiérarchiser les besoins locaux en termes de santé et d'environnement. Ils pourraient être croisés avec d'autres données socio-sanitaires et avec un suivi dans le temps être des outils utiles à l'évaluation des actions publiques pour tous les acteurs.

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET ENJEUX	7
2	MÉTHODE.....	9
2.1	Choix des variables.....	9
2.1.1	Principe de sélection	9
2.1.2	Choix des thématiques et indicateurs utilisés	10
2.1.3	Données : sources et jeu de données	11
3	CONSTRUCTION DE L'INDICE SYNTHÉTIQUE DE DÉFAVEUR ENVIRONNEMENTALE.....	13
3.1	Sélection des dimensions de l'ACP pour la construction de l'ISDE	13
3.2	Méthode de calcul de l'indice synthétique	14
3.3	Distribution de l'ISDE.....	14
3.4	Cartographie de l'ISDE pour chaque commune	15
3.4.1	Points froids : vastes zones peu ou très peu exposées	17
3.4.2	Des outliers (points particuliers) : communes atypiques isolées.....	17
3.4.3	Discontinuités territoriales et effets de frontière	18
3.5	Calcul d'un ISDE lissé	19
3.6	Comparaison entre la carte brute communale et la carte lissée du score ISDE	20
4	TPOLOGIE DES TERRITOIRES	23
4.1	Méthode de classification	23
4.2	Profils territoriaux identifiés.....	24
4.3	Classe ❶	25
4.4	Classe ❷	26
4.5	Classe ❸	27
4.6	Classe ❹	28
4.7	Classe ❺	29
4.8	Classe ❻	30
4.9	Synthèse des classes : lecture comparative des expositions environnementales	31
5	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	33
	BIBLIOGRAPHIE	35

LISTE DES FIGURES, CARTES ET TABLEAUX

Figure 1. Distribution du score de défaveur environnementale standardisé (z-score)...	15
Figure 2. Cartographie de l'indice de défaveur environnementale des communes franciliennes	16
Figure 3. Carte lissée du score de l'ISDE.....	19
Figure 4. Cartographie des profils environnementaux des communes franciliennes	24
Figure 5. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	25
Figure 6. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	26
Figure 7. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	27
Figure 8. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	28
Figure 9. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	29
Figure 10. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale.....	30
Figure 11. Représentation des <i>v-tests</i> associés à chaque indicateur environnemental .	31
Tableau 1. Comparaison synthétique des deux approches	8
Tableau 2. Synthèse des données mobilisées	11
Tableau 3. Résultats des valeurs propres et des pourcentages de variance pour chaque dimension.....	13
Tableau 4. Tableau des comparaisons des cartes de l'ISDE.....	21
Tableau 5. Une complémentarité indispensable pour comprendre les inégalités environnementales.....	34

1 | CONTEXTE ET ENJEUX

La plupart des territoires subissent des pressions multiples sur leur environnement (pollution de l'air, nuisances sonores, risques industriels, habitat dégradé etc.). Ces pressions sont souvent corrélées à des facteurs sociaux défavorables.

Le cumul d'expositions et de vulnérabilités peut alors engendrer ou renforcer des inégalités de santé et affecter la qualité de vie des populations [2] [3] [4].

Dans ce contexte, la mesure et la caractérisation de la défaveur environnementale permet d'objectiver ces disparités et ainsi orienter les politiques publiques visant à la mise en œuvre d'actions correctrices.

La production d'un indice synthétique de défaveur environnementale (ISDE) permet de disposer d'un outil d'aide à la décision, combinant plusieurs dimensions environnementales en un seul score global, plus facilement mobilisable par les acteurs publics, et d'appréhender de manière globale la défavorisation environnementale. Il contribue à mettre en évidence les territoires les plus exposés et à prioriser les interventions en matière d'environnement et de santé publique.

La construction d'un ISDE à l'échelle des communes présente un intérêt pour l'aide à la décision en permettant le repérage des communes les plus exposées à des nuisances (pollution de l'air, bruit, proximité industrielle, qualité du logement, etc.) et ainsi prioriser les actions. Il peut contribuer à renforcer l'équité territoriale par l'identification des inégalités environnementales entre communes. Enfin, il peut être un appui aux politiques publiques (notamment dans le domaine de la santé) en orientant les Plans existants tels que les plans climat-air-énergie (PCAET) ou les plans locaux d'urbanisme (PLU) par exemple.

Pour une commune, l'ISDE peut être un outil de pilotage territorial qui aide à mieux comprendre les inégalités d'exposition, à orienter l'action publique et à renforcer la participation citoyenne autour des enjeux environnement-santé.

L'indicateur synthétique, en étant plus simple et lisible peut être une aide à la communication pour dialoguer avec les habitants et les élus locaux.

L'ISDE peut aussi avoir un intérêt opérationnel en permettant le ciblage de certaines interventions (savoir où concentrer les mesures de réduction des pressions environnementales). Il peut aussi être un instrument pour le **suivi et l'évaluation des politiques publiques** mises en œuvre dans le temps (amélioration de la qualité de l'air, réduction des nuisances sonores par exemple).

Il permet un **croisement avec des données sociales** et ainsi d'identifier les populations les plus vulnérables, en lien avec les indicateurs socio-économiques, pour cibler les politiques de prévention.

La construction de l'ISDE proposée par l'ORS est une approche complémentaire des travaux déjà réalisés sur les cumuls d'expositions à une échelle géographique plus fine (500 mètres par 500 mètres) présentés sous la forme d'un score (de cumul d'exposition).

Les deux approches répondent à des logiques différentes et sont complémentaires.

L'ISDE, avec une agrégation au niveau de la commune, donne une vision globale et synthétique facile à communiquer aux élus et au grand public. Il permet de comparer rapidement les communes entre elles, ce qui est utile pour les aides publiques, les politiques régionales ou départementales. Par ailleurs, il peut être associé ou croisé avec d'autres indicateurs existants à cette échelle (socio-économiques, santé, démographie).

L'ISDE présente néanmoins certaines limites. Il peut masquer des disparités internes. Une commune pourrait apparaître peu défavorisée alors qu'elle contient des quartiers très exposés. Les résultats sont influencés par la taille des communes, les grandes agglomérations ont en effet tendance à lisser les contrastes.

Le score sur les cumuls d'expositions est développé à une maille plus fine (500m par 500m). Il permet notamment de **repérer des « points chauds » d'exposition** de la population comme par exemple, la présence d'une voie de grande circulation et d'une zone industrielle au sein d'une commune.

Il repose sur des données plus fines d'exposition, soulignant les inégalités à l'intérieur d'une même commune.

Il est utile pour l'aménagement urbain, la planification fine (zones de végétalisation, isolation phonique, pistes cyclables, relocalisation d'équipements sensibles).

Le score du cumul d'exposition possède aussi certaines limites. Il est plus complexe à construire et à interpréter car il nécessite l'usage de données fines et de traitements géostatistiques importants.

Il est par ailleurs moins lisible pour le grand public ou les élus.

Enfin, il est plus difficile à relier directement à des politiques publiques globales (qui utilisent souvent l'échelle communale ou intercommunale).

Tableau 1. Comparaison synthétique des deux approches

Critères	Échelle des communes	Mailles 500x500 m
Lisibilité	Facile à communiquer. Comparaisons entre communes rapides.	Cartographie plus détaillée, qui nécessite un accompagnement des utilisateurs
Précision	Risque de moyennes masquant les disparités.	Grande finesse, identification des points chauds
Utilité politique	Aide à la priorisation des communes dans des dispositifs régionaux/départementaux	Aide à la planification locale et aux actions ciblées
Justice environnementale	Approche « macro »	Approche « micro »
Données nécessaires	Relativement simples	Plus fines donc potentiellement plus complexes,

En résumé, les deux approches peuvent être utilisées **en complément** :

- L'ISDE communal pour **hiérarchiser les territoires** et cibler les communes prioritaires.
- L'indicateur en maille fine pour **affiner le diagnostic local** et définir les zones d'intervention précises.

2 | MÉTHODE

Plusieurs méthodes existent pour la construction d'indices synthétiques. Certaines reposent sur des **agrégations pondérées** de variables caractérisant des pollutions, des nuisances ou risques industriels. Ces méthodes présentent l'avantage d'être simples et facilement communicables. Cependant elles reposent sur des choix en partie arbitraires dans la pondération : poids affecté aux différentes dimensions environnementales prises en compte (pollution de l'air, qualité de l'habitat, sols pollués...) [5].

D'autres méthodes reposent sur une démarche statistique exploratoire des données, fondée sur une Analyse en Composantes Principales (ACP). Il s'agit dans ce cas d'identifier des axes principaux de variation dans les données environnementales. L'ACP fournit une base objective pour la construction d'un indice composite, sans imposer de pondérations a priori. C'est la méthode utilisée dans l'approche proposée ici, qui vise à construire un indice synthétique de défaveur environnementale à partir des principales composantes reflétant les structures des expositions territoriales.

En complément de la construction de cet indicateur synthétique, une **typologie des territoires** exposés à des formes diverses de défaveur environnementale sera proposée. En effet, les expositions et les configurations territoriales peuvent différer selon les types de nuisances et les contextes locaux. Cette typologie, réalisée également à partir des résultats d'une ACP suivie d'une classification, permet d'identifier des profils-types de territoires et d'adapter les réponses publiques à leurs spécificités [6] [7] [8].

Les objectifs principaux de cette étude sont :

- De proposer un indice synthétique de défaveur environnementale à l'échelle des communes ;
- De construire une typologie des communes franciliennes afin de mieux comprendre la diversité des situations et des besoins en matière d'action environnementale et sanitaire.

Pour cela, plusieurs étapes sont nécessaires :

- Sélectionner un ensemble cohérent de variables décrivant les pressions environnementales sur les territoires étudiés ;
- Appliquer une Analyse en Composantes Principales pour extraire les dimensions les plus explicatives de la variabilité environnementale ;
- Construire un indice synthétique de défaveur environnementale à partir des résultats de l'ACP ;
- Explorer la distribution spatiale de cet indicateur ;
- Proposer une typologie des territoires en fonction de leur profil environnemental.

2.1 Choix des variables

2.1.1 Principe de sélection

La construction de l'ISDE repose en premier lieu sur la sélection des variables à intégrer dans l'analyse. L'objectif est de couvrir les principales pressions environnementales susceptibles d'affecter les territoires, tout en s'assurant de la cohérence statistique et de la disponibilité des données à l'échelle géographique retenue.

Dans cette analyse, les variables ont été choisies selon les critères suivants :

- La pertinence thématique : les variables reflètent des critères scientifiquement reconnus de pollutions et nuisances environnementales.

- Le caractère objectif et quantitatif : les données sont mesurables, fiables et issues de sources officielles.
- La cohérence spatiale : les variables utilisées sont disponibles pour l'ensemble des unités spatiales étudiées (communes dans notre cas).
- La diversité des dimensions : les variables représentent différentes facettes de la défaveur environnementale.
- L'indépendance relative : les variables fortement corrélées (une matrice des corrélations a été effectuée avant l'ACP) ont été retirées de l'analyse afin de limiter les redondances dans l'ACP.

2.1.2 Choix des thématiques et indicateurs utilisés

Les variables (les plus récentes disponibles) ont été organisées en cinq grandes thématiques environnementales, chacune traduisant un type de pression (Tableau 2) :

- Air extérieur :
 - Part (en %) de la population des ménages exposée à une concentration moyenne de NO₂ supérieure à la valeur limite européenne (objectif 2030) soit à des concentrations moyennes annuelles supérieures à 20 microgrammes par mètre cube d'air.
 - Part (en %) de la population des ménages exposée à une concentration moyenne de PM_{2,5} supérieure à la valeur limite européenne (objectif 2030) soit à des concentrations moyennes annuelles supérieures à 10 microgrammes par mètre cube d'air.
 - Part de la population résidant dans des zones caractérisées par un effet d'îlots de chaleur urbaine (ICU) fort (Classe 4 de l'ICU avec effet le jour et la nuit) [9] ; L'ICU désigne un microclimat généré par la concentration d'activités humaines se traduisant par une élévation de la température en zone urbaine par rapport aux zones rurales voisines.
- Eau de consommation :
 - Part de la population des ménages du territoire concernée par une eau de consommation de qualité insuffisante pour le critère pesticide (classe C : dépassements récurrents d'une limite de qualité réglementaire mais inférieurs aux seuils sanitaires).
 - Part de la population des ménages concernée par une eau de consommation de qualité insuffisante pour le critère nitrate (classe C).
- Pollution des sols et présence d'industries
 - Part de la population située à moins de 100 mètres d'un site et sol potentiellement pollué.
 - Part de la population située à moins de 500 mètres d'un site industriel classé pour la protection de l'environnement (ICPE de régime d'autorisation (A) pour les risques les plus importants et de régime d'enregistrement (E)).
- Nuisances sonores
 - Pourcentage de la population exposée au dépassement de la valeur limite (indicateur Lden : 68 dB(A)) pour le bruit routier.
 - Pourcentage de la population exposée au dépassement de la valeur limite (indicateur Lden : 73 dB(A) pour les voies conventionnelles et 68 dB(A) pour les lignes à grande vitesse) pour le bruit ferroviaire.
 - Pourcentage de la population exposée au dépassement de la valeur limite (indicateur Lden : au-dessus de 55dB(A)) pour le bruit aérien.
- Logement/Habitat
 - Part des résidences principales hors studio potentiellement sur-occupées.
 - Part des ménages en situation de précarité énergétique logement.

2.1.3 Données : sources et jeu de données

- L'Institut Paris Region (Densibâti, ICU) ;
- Airparif (données sur la qualité de l'air) ;
- Bruiparif (cartes stratégiques du bruit) ;
- GéoRisques (ICPE, Sols pollués) ;
- Agence régionale de santé (qualité de l'eau de consommation) ;
- INSEE ;
- Observatoire national de la précarité énergétique (ONPE).

Le jeu de données utilisé dans cette analyse comprend ainsi 12 variables mesurées pour chaque commune de la région (1 285 communes). Ces variables ont été utilisées dans l'Analyse en composantes principales (ACP). L'ACP a été réalisée avec le logiciel R et le package FactoMineR et son interface de visualisation : Factoshiny

Tableau 2. Synthèse des données mobilisées

Composante	Indicateurs	Données mobilisées	Sources	Année
Air	■ Exposition de la population au NO ₂ et aux particules fines PM _{2,5} .	Dépassements des valeurs réglementaires pour le NO ₂ et les PM _{2,5} Résolution spatiale : grille 50x50 mètres Classe 4	Airparif	2023
	■ Îlots de chaleur urbains	Résolution spatiale : îlots morphologiques urbains (IMU).	L'institut Paris Region	2017
Qualité de l'eau destinée à la consommation humaine	■ Exposition de la population aux pesticides et aux nitrates présents dans l'eau du robinet	Classe C de la qualité de l'eau de consommation Résolution spatiale : UDI (unité de distribution)	ARS Île-de-France	2023
Sols pollués	■ Populations vivant à moins de 100 mètres d'un sol pollué	Sites recensés dans la base de données : Secteurs d'information sur les sols (SIS)	Géorisques, Ministère de la transition écologique, BRGM	2024
Présence d'industries Critères ICPE	■ Présence de populations à moins de 500 mètres d'une industrie classée pour la protection de l'environnement (ICPE) pour les régimes A et E : - A : Autorisation lourde (forts risques). - E : Enregistrement (risques modérés).	Localisation des industries	Géorisques, Ministère de la transition écologique, BRGM	2024
Bruit	■ Exposition de la population au bruit routier, ferré et aérien	Niveaux de bruit des transports (route, fer, air) en Lden*	Bruitparif (carte stratégique du bruit de 2024).	
Habitat	■ Suroccupation des logements	Résidences en situation de suroccupation	Insee	2021
	■ Précarité énergétique logement	Part des ménages pour lesquels les dépenses d'énergie dans le logement (chauffage, eau chaude, cuisson, électricité spécifique) dépassent 8 % du revenu disponible	ONPE	2021

* Lden : L'indicateur Lden (Level day evening night) est un indicateur d'exposition au bruit pondéré sur 24h. A même niveau de bruit, la gêne y est considérée comme trois fois plus importante en soirée (18h-22h) et dix fois plus importante durant la nuit (22h-6h) qu'en journée (6h-18h).

Pour l'ensemble des indicateurs d'exposition, un croisement avec les données de répartition de la population et des logements sur les bâtiments a été réalisé afin de calculer l'exposition à l'échelle de la commune.

3 | CONSTRUCTION DE L'INDICE SYNTHÉTIQUE DE DÉFAVEUR ENVIRONNEMENTALE

L'analyse en composantes principales (ACP) constitue la première étape de l'analyse pour construire un indicateur synthétique de défaveur environnementale à partir des variables précédemment sélectionnées. Cette méthode statistique permet de résumer l'information contenue dans un ensemble de variables.

L'objectif de l'ACP dans ce contexte est double :

- Réduire la dimensionnalité du jeu de données tout en conservant l'essentiel de l'information ;
- Identifier les dimensions principales qui expriment les principaux gradients de défaveur environnementale.

3.1 Sélection des dimensions de l'ACP pour la construction de l'ISDE

Les résultats de l'ACP montrent que :

- La première dimension (axe 1) explique 30,3 % de la variance totale ;
- Les cinq premières dimensions cumulées expliquent 69,9 % de la variance.

Tableau 3. Résultats des valeurs propres et des pourcentages de variance pour chaque dimension

Dimensions	Valeur propre	Variance expliquée (en %)	Variance cumulée (en %)
1	3,64	30,30	30,30
2	1,54	12,84	43,13
3	1,28	10,66	53,80
4	1,03	8,56	62,36
5	0,90	7,53	69,89
6	0,89	7,39	77,28
7	0,67	5,62	82,90
8	0,60	5,03	87,93
9	0,52	4,35	92,28
10	0,47	3,88	96,17
11	0,26	2,20	98,37
12	0,20	1,63	100,00

Source : ORS Île-de-France

Nous avons choisi d'utiliser les cinq premières dimensions pour le calcul de l'ISDE (tableau 3), pour plusieurs raisons :

- Nous avons conservé les composantes principales ayant une valeur propre > 1. Il s'agit ici de l'utilisation du critère de Kaiser. Ce critère suggère de conserver les facteurs dont les valeurs propres sont supérieures à un, ce qui indique que le facteur représente plus de variance qu'une seule variable observée. Cette

approche est fréquemment utilisée pour simplifier les structures de données complexes et améliorer l'interprétabilité. Les quatre premières dimensions ont une valeur propre > 1 . La cinquième dimension ayant une valeur proche de 1 (0,90), nous l'avons également conservée.

- Par ailleurs, nous avons choisi de retenir le nombre minimal de composantes nécessaires pour expliquer au moins 70 % de la variance totale, ce qui conduit aussi à la sélection des cinq premières dimensions.
- Enfin, le choix des cinq premières dimensions permet d'avoir une meilleure lisibilité thématique : La première dimension reflète essentiellement la pollution atmosphérique et les îlots de chaleur urbain. Les dimensions suivantes apportent des informations sur des thématiques différentes : bruit, pollution agricole par exemple.

L'indicateur synthétique de défaveur environnementale est donc un indicateur composite multidimensionnel.

3.2 Méthode de calcul de l'indice synthétique

Plusieurs étapes d'élaboration sont nécessaires pour synthétiser au sein de l'ISDE les différentes dimensions choisies.

Dans un premier temps, un score synthétique pour chacune des cinq dimensions retenues a été calculé.

Dans un deuxième temps, chaque score synthétique obtenu a été multiplié par son poids proportionnel à la variance expliquée. Cette étape permet de donner plus d'importance aux axes les plus informatifs et de construire un indice synthétique plus représentatif de la structure globale des données.

Dans un troisième temps, chaque dimension conservée a été pondérée selon son poids dans la variance expliquée.

Enfin, pour plus de lisibilité, l'indice composite a été standardisé (centré réduit).

L'objectif de cette standardisation est double :

- Faciliter la comparaison entre territoires : un score standardisé permet de situer chaque unité spatiale (commune) par rapport à la moyenne régionale.
- Interprétation relative : plus la valeur du score est élevée et plus la défaveur environnementale est supérieure à la moyenne régionale et inversement.

3.3 Distribution de l'ISDE

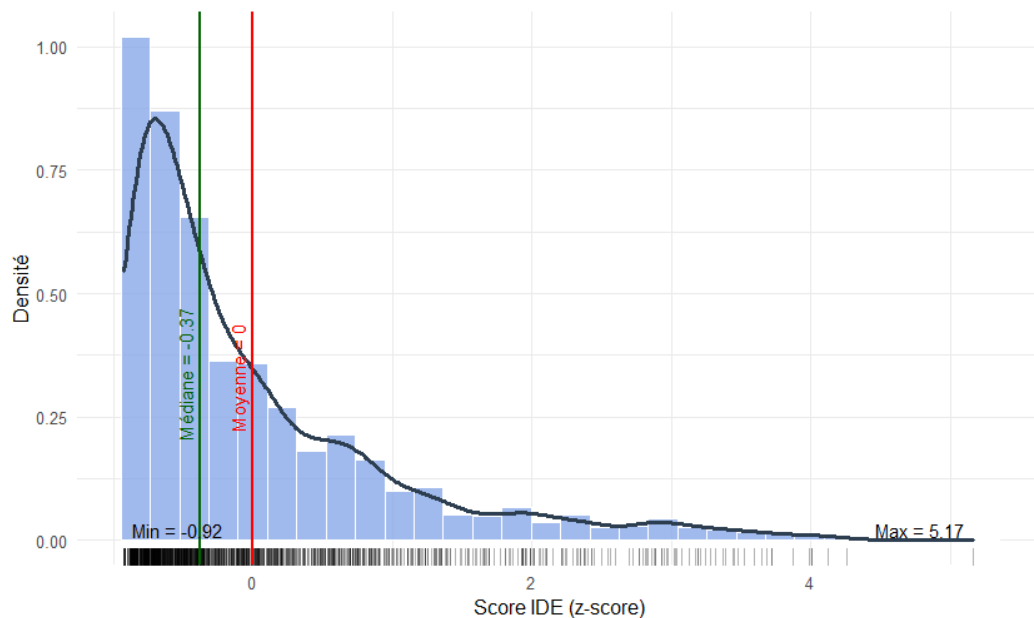
L'ISDE, construit à partir des cinq premières dimensions de l'ACP et standardisé sous forme de score centré-réduit, met en évidence des contrastes territoriaux marqués en Île-de-France. Les valeurs de l'ISDE ainsi construit, s'échelonnent de **-0,92 écart-type** à **+5,17 écart-types** (Figure 1), traduisant une forte variabilité entre communes. Comme attendu avec une standardisation, la moyenne régionale est proche de zéro et l'écart-type est égal à un, ce qui permet d'interpréter facilement les sur- et sous-expositions environnementales

Le graphique de distribution du score ISDE (Figure 1) met en évidence une **répartition asymétrique** des niveaux de défaveur environnementale entre les communes d'Île-de-France. La courbe présente :

- Un pic marqué autour des valeurs négatives, ce qui indique que la majorité des communes se situent en-dessous de la moyenne régionale de l'indice de défaveur environnementale ;

- Une queue étirée vers les valeurs positives (vers la droite de la figure), montrant qu'un nombre plus restreint mais significatif de communes concentrent des niveaux nettement plus élevés de défaveur environnementale.

Figure 1. Distribution du score de défaveur environnementale standardisé (z-score)



Source : ORS Île-de-France

- Cette asymétrie reflète une réalité structurelle du territoire francilien : **la défaveur environnementale est fortement concentrée dans certaines zones**, principalement les communes denses de la petite couronne et les territoires exposés aux grandes infrastructures, tandis que la grande couronne présente des niveaux plus faibles et beaucoup de communes "peu défavorisées" (partie gauche du graphique) ;
- Un continuum de situations intermédiaires ;
- Et une minorité de communes très défavorisées qui tirent la distribution vers la droite du graphique.

Cette configuration confirme le caractère **inégalitaire** de l'exposition environnementale dans la région : une petite proportion de communes concentre la majorité des pressions.

3.4 Cartographie de l'ISDE pour chaque commune

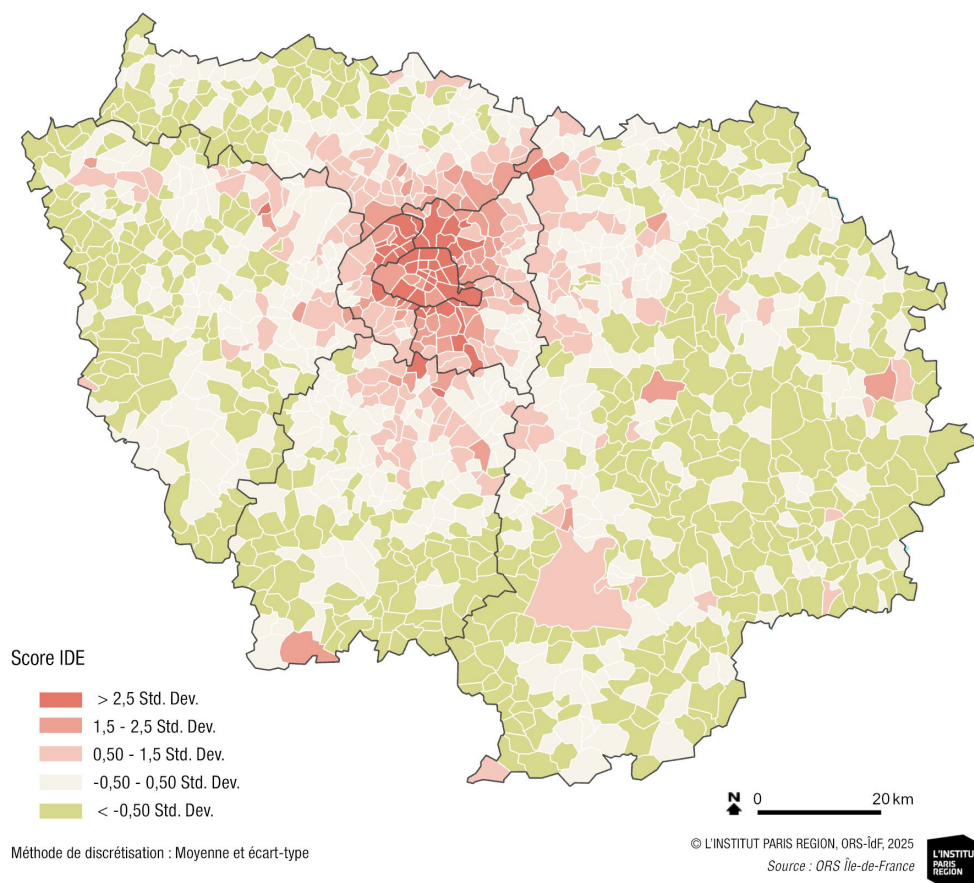
Le score de défaveur environnementale a été cartographié à l'échelle des communes à l'aide d'une classification en quantiles pour visualiser les gradients d'exposition (Figure 2). Le score a été divisé en cinq classes. Le choix des seuils est centré autour de 0 car l'indice étant standardisé, la moyenne est à 0 et l'écart-type à 1.

Cette opération de standardisation permet de transformer la variable continue en une variable catégorielle correspondant ici à des classes d'exposition, selon les seuils suivants :

- Très faible : indice $\leq -0,5$
- Faible : $-0,5 < \text{indice} \leq 0,5$
- Modéré : $0,5 < \text{indice} \leq 1,5$
- Fort : $1,5 < \text{indice} \leq 2,5$
- Très fort : indice $> 2,5$

Pour rappel, les communes ayant les scores les plus élevés correspondent à celles cumulant plusieurs nuisances.
À l'inverse, les territoires aux scores les plus faibles présentent une meilleure qualité environnementale globale

Figure 2. Cartographie de l'indice de défaveur environnementale des communes franciliennes



Une défaveur environnementale très concentrée au cœur de l'agglomération parisienne

La carte révèle une **forte concentration de scores positifs** (donc de défaveur environnementale) dans Paris et la petite couronne. Les communes parisiennes présentent les niveaux les plus élevés, dépassant souvent **+2,5 à +5 écarts-types**, ce qui constitue des situations très atypiques au regard du reste de la région. Ces valeurs extrêmes s'expliquent par la conjonction de plusieurs facteurs environnementaux défavorables caractérisant l'hyper-urbain :

- Cumul des expositions aux polluants atmosphériques (NO₂, PM_{2.5}) ;
- Forte densité d'ICPE et d'infrastructures de transport majeures ;
- Niveaux élevés de bruit routier, ferroviaire et aérien selon les zones ;
- Pression foncière et urbanistique, traduisant des formes de vulnérabilités telles que la présence de sites et sols pollués.

L'ensemble dessine un **noyau rouge continu**, centré sur Paris et s'étalant de manière plus diffuse dans les communes limitrophes des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne.

Une défaveur plus modérée dans la couronne intermédiaire

Autour de ce cœur très défavorisé, une large ceinture de communes affiche des scores compris entre **+0,5 et +1,5 écarts-types**. Cette zone correspond aux secteurs urbanisés

mais moins denses, où certaines nuisances (trafic routier, ICPE, exposition particulière) sont présentes mais dans des intensités moindres que dans le cœur métropolitain. On y observe des situations intermédiaires, traduisant des expositions cumulées mais plus ponctuelles.

Une large partie de la grande couronne en situation favorable

À l'inverse, de nombreuses communes de grande couronne (particulièrement dans l'Essonne, les Yvelines et le Val-d'Oise présentent des scores nettement négatifs, souvent inférieurs à **-0,5 écart-type**, et parfois jusqu'à **-0,9**. Ces territoires, majoritairement ruraux ou périurbains, bénéficient de :

- Niveaux faibles de polluants atmosphériques ;
- Bruit nettement moins élevé ;
- Moindre densité d'installations industrielles et d'infrastructures majeures.

Ces communes apparaissent en vert sur la carte, dessinant un vaste gradient périphérique favorable.

Une lecture en gradient concentrique structurant

Ce score confirme une lecture en gradient du centre vers la périphérie, caractéristique des dynamiques environnementales franciliennes :

- Un centre dense avec une surexposition et une multiexposition des habitants ;
- Une périphérie lointaine avec une exposition faible ou modérée ;
- Une zone intermédiaire avec des situations transitoires et contrastées, où les conditions environnementales varient selon la proximité d'axes majeurs de transport ou d'activités économiques localisées.

Le score ISDE standardisé permet d'aller au-delà de la simple observation centre/périphérie, en mettant en lumière des structures spatiales plus subtiles.

L'analyse de la distribution statistique et de la répartition spatiale révèle, en effet, plusieurs types de configurations : des « points chauds », des « points froids », des particularités locales, et des discontinuités territoriales.

3.4.1 Points froids : vastes zones peu ou très peu exposées

Deux grands « secteurs froids » se distinguent :

Le quart sud-ouest (Yvelines + Essonne sud)

Il est très majoritairement en scores $< -0,5$. Il se caractérise par peu d'axes majeurs, une faible pression d'ICPE et une pollution atmosphérique plus faible.

Le nord-ouest du Val-d'Oise

Il représente une transition rurale / périurbain stable avec une exposition environnementale très faible.

Ces secteurs froids forment de vastes ensembles homogènes, illustrant une périphérie structurellement moins exposée et bénéficiant d'un environnement plus favorable.

3.4.2 Des outliers (points particuliers) : communes atypiques isolées

L'analyse visuelle met en évidence plusieurs communes « isolées » de leur contexte spatial.

Outliers chauds en grande couronne (rouge isolé dans du vert)

Quelques communes de grande couronne affichent un score $> +1,5$ malgré un environnement globalement favorable.

Cela correspond typiquement à :

- Des zones aéroportuaires (Roissy, Orly, bruit aérien) ;
- Des pôles industriels spécifiques ;
- Des communes traversées par plusieurs axes routiers majeurs.
- Des communes agricoles avec une eau de consommation présentant des teneurs en pesticides et nitrate parfois élevées.

Ces communes sont importantes en termes de vigilance ciblée, car elles concentrent des nuisances atypiques pour leur territoire.

Outliers froids en petite couronne (vert isolé dans du rouge)

- Inversement, certaines communes proches de Paris ressortent en scores négatifs (plus favorables), malgré un environnement urbain dense :
- Moindre présence d'axes routiers ;
- Plus faible densité d'activités industrielles.

3.4.3 Discontinuités territoriales et effets de frontière

La carte révèle des frontières nettes entre zones voisines :

- Entre Paris et certaines communes limitrophes, le passage $> +3$ vers $< +1$ est parfois abrupt. Cela reflète autant la structuration environnementale que les limites administratives ;
- Entre petite et grande couronne, la transition est souvent progressive, mais parfois marquée par des discontinuités pouvant être liées à l'arrivée d'une autoroute ou la présence d'une zone industrielle.

Au final, la carte de l'ISDE par commune (figure 2) montre que :

1. La défaveur environnementale n'est pas uniforme : elle est hyper-concentrée.

Quelques dizaines de communes, principalement Paris et première couronne, concentrent l'essentiel des nuisances.

2. La grande couronne constitue un ensemble globalement favorable.

Ce n'est pas l'absence de nuisances, mais la faible densité cumulée qui domine.

3. L'Île-de-France est marquée par une structure en gradient, mais avec des exceptions locales importantes.

4. Les outliers révèlent des enjeux spécifiques

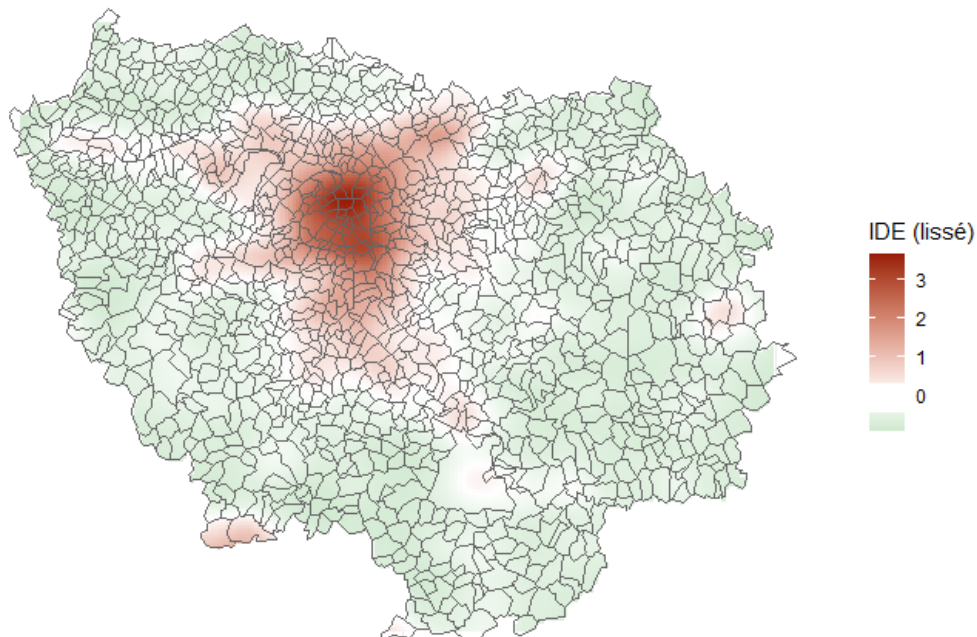
La mise en évidence de secteurs caractérisés par la présence d'aéroports, de grands axes routiers, d'ICPE isolées est essentielle pour des analyses ciblées ou des priorisations d'intervention.

5. L'approche « ACP + score pondéré » permet une lecture robuste du cumul d'expositions, évitant de surinterpréter une seule variable.

3.5 Calcul d'un ISDE lissé

Dans une seconde étape, l'ISDE à l'échelle de la commune a été calculé par interpolation spatiale à partir des centroïdes communaux. Ce nouveau calcul permet de dépasser les limites administratives pour faire apparaître les **structures profondes du territoire**. Contrairement à la carte choroplèthe classique (Figure 2), qui reflète des discontinuités liées aux frontières des communes, la carte lissée (Figure 3) met en évidence un **gradient environnemental continu**, révélant les logiques d'organisation spatiale des expositions en Île-de-France. Cette nouvelle cartographie met en évidence plusieurs caractéristiques de la région.

Figure 3. Carte lissée du score de l'ISDE



Source : ORS Île-de-France

1. Un gradient centre-périphérie très marqué

La surface lissée met clairement en évidence un noyau central de forte défaveur environnementale, correspondant à Paris et à sa première couronne. Cette zone très compacte, montre que la défaveur environnementale n'est pas seulement liée à la présence d'indicateurs locaux, mais d'un cumul systématique de pressions urbaines.

2. Une décroissance régulière vers la grande couronne

À mesure que l'on s'éloigne de ce centre, la carte lissée montre une diminution progressive et homogène du niveau de défaveur environnementale.

La transition n'est pas parfaitement circulaire, mais elle demeure structurellement concentrique, confirmant la logique "métropole → périurbain → rural".

3. Des poches locales de forte défaveur : effets des nœuds d'infrastructures

Ces zones montrent que certaines infrastructures franciliennes, en particulier les axes routiers) jouent un rôle déterminant dans la construction des inégalités environnementales.

4. De vastes zones de faible défaveur dans la grande couronne

En grande couronne, la surface lissée montre de grandes zones uniformes avec des valeurs faibles.

Le lissage montre que ces zones ne sont pas seulement “moins exposées” : elles forment de vastes ensembles homogènes, qui structurent l’identité environnementale périphérique de la région.

La carte lissée apporte quatre éléments d’analyse majeurs :

- Elle confirme le rôle central du cœur métropolitain dans la concentration des pressions environnementales ;
- Elle révèle les influences à longue portée des grands systèmes d’infrastructures ;
- Elle atténue les ruptures artificielles liées aux frontières communales, pour donner une lecture “environnementale” plus réaliste du territoire ;
- Elle met en évidence les continuités spatiales, utiles pour la planification environnementale, la santé publique et la politique de réduction des inégalités environnementales.

3.6 Comparaison entre la carte brute communale et la carte lissée du score ISDE

La mise en regard de la carte brute (par commune) et de la carte lissée du score de l’ISDE permet d’obtenir une compréhension plus fine des dynamiques spatiales des expositions en Île-de-France.

Ces deux représentations, bien que fondées sur les mêmes données, ne racontent pas exactement la même histoire : chacune révèle des dimensions différentes du territoire.

1. La carte brute : un reflet fidèle mais très morcelé du territoire administratif

La carte brute, représentant chaque commune selon son score ISDE, met clairement en évidence :

- Les contrastes entre communes voisines, parfois très marqués du fait des effets de bord administratifs ;
- L’hétérogénéité interne de certaines zones (petite couronne, secteurs industrialisés, axes de transport) ;
- Des discontinuités fortes, notamment en limite de Paris et dans les secteurs de transition entre urbanisation dense et espaces plus ouverts.

C’est une carte utile pour :

- Identifier les communes prioritaires ;
- Rendre compte des spécificités locales ;
- Et documenter les différences infra-départementales.

Cependant, cette représentation cartographique en **mosaïque des communes peut masquer la lecture du gradient réel**, en donnant une impression de fort morcellement, parfois artificiel.

2. La carte lissée : une lecture structurante et continue du gradient environnemental

En supprimant les frontières communales et en interpolant les scores via un modèle lissé (voir encadré), la carte révèle :

- Un gradient centre–périphérie très net, beaucoup plus lisible qu’avec la carte brute ;

- Un noyau central rouge très compact, correspondant au cœur métropolitain (Paris + petite couronne) ;
- Une diminution progressive de la défaveur environnementale vers la grande couronne ;
- Des hotspots isolés en dehors du centre (Roissy, Orly, axes autoroutiers, zones industrielles, activité agricole) ;
- L'existence de grandes zones « froides » plutôt favorables, notamment dans le sud Essonne, les Yvelines et le Val-d'Oise.

Cette carte rend perceptible les structures profondes du territoire, souvent masquées par les limites communales. Elle permet de comprendre que la défaveur environnementale n'est pas un patchwork de communes, mais un phénomène spatial continu, structuré par :

- La densité urbaine ;
- Les infrastructures de transport ;
- Les zones d'activités ;
- Et les effets cumulés de plusieurs nuisances.

Ces deux cartes fournissent des représentations de la région complémentaires. La carte brute sert la décision territoriale. La carte lissée, elle, sert la compréhension stratégique.

Ensemble, elles permettent d'appréhender à la fois les inégalités environnementales locales et la morphologie générale de la défaveur environnementale en Île-de-France.

Tableau 4. Tableau des comparaisons des cartes de l'ISDE

Carte brute	Carte lissée
Analyse au niveau de la commune	Lecture du gradient territorial
Identification précise des communes prioritaires	Identification des grandes zones homogènes
Modèle administratif	Modèle géographique

Encadré : Le modèle de spline mince Thin plate spline (TPS)

L'interpolation spatiale utilise un modèle de spline mince (Thin Plate Spline – TPS). Il s'agit d'une méthode d'interpolation couramment employée en géostatistique lorsqu'on souhaite reconstituer une surface lisse à partir d'un ensemble de points.

Concrètement, le score ISDE brut est d'abord associé au centroïde de chaque commune, ce qui transforme l'ensemble des communes franciliennes en autant de points d'observation. Le modèle de spline mince ajuste ensuite une surface mathématique qui minimise simultanément l'écart entre la valeur observée et la valeur prédit et la « courbure » de la surface (contrainte de lissage).

On obtient ainsi une surface continue qui reflète le gradient spatial du score ISDE, plutôt que les ruptures administratives entre communes.

La méthode TPS présente l'avantage de :

- restituer les grandes tendances spatiales ;
- conserver les effets structurants à grande échelle (centre urbain, axes d'infrastructures) ;
- et éviter la sur-interprétation des variations locales liées aux frontières communales.

4 | TYPOLOGIE DES TERRITOIRES

La construction d'une typologie des communes franciliennes selon l'exposition environnementale est une approche différente de celle de l'ISDE mais complémentaire.

Pour rappel, l'ISDE est un indice composite qui agrège plusieurs données environnementales (qualité de l'air, nuisances industrielles, bruit, risques technologiques, etc.). Son objectif est de mesurer l'exposition environnementale cumulée d'une commune à l'aide d'un score. Son opérationnalité est de permettre le repérage des communes les plus défavorisées du point de vue environnemental et les croiser avec des données sociales/sanitaires par exemple.

La typologie des communes permet la classification des communes en grandes catégories de profils selon leur contexte environnemental. L'objectif est de fournir une lecture macroscopique du territoire, de repérer des profils-types (ex. communes rurales à faible pression environnementale, villes moyennes industrielles, métropoles exposées à la pollution de l'air, etc.).

4.1 Méthode de classification

La typologie des communes a été effectuée selon la méthode de Classification ascendante hiérarchique (CAH).

La CAH est une méthode de classification non supervisée (aucune hypothèse préalable sur les classes) qui permet de :

- Regrouper les communes en classes homogènes, selon leurs caractéristiques environnementales ;
- Explorer et révéler des structures cachées dans les données sans a priori.
- Créer une typologie lisible et exploitable à des fins de diagnostic, de planification ou de comparaison territoriale ;
- De fournir une base pour le croisement avec d'autres dimensions : santé, socio-économie, vulnérabilité climatique.

Pour réaliser la classification, nous avons conservé (comme pour le calcul de l'ISDE) les cinq premières dimensions de l'ACP réalisée en amont afin de retenir près de 70 % de l'information. Nous avons ensuite choisi de regrouper les communes de la région en six classes (Figure 4). Ce choix s'est appuyé essentiellement sur deux critères :

- La cohérence thématique des profils environnementaux obtenus. En effet, chaque classe présente un profil distinct (exposition à la pollution de l'air, au bruit, aux ICPE, etc.) et le nombre retenu permet une lecture claire, ni trop simplifiée, ni trop morcelée.
- Une comparaison avec d'autres partitions. Des tests ont été menés avec 4, 5, 6 et 7 classes. A 5 classes, certains profils étaient trop agrégés et à 7 classes, les profils devenaient trop proches ou peu différenciés.

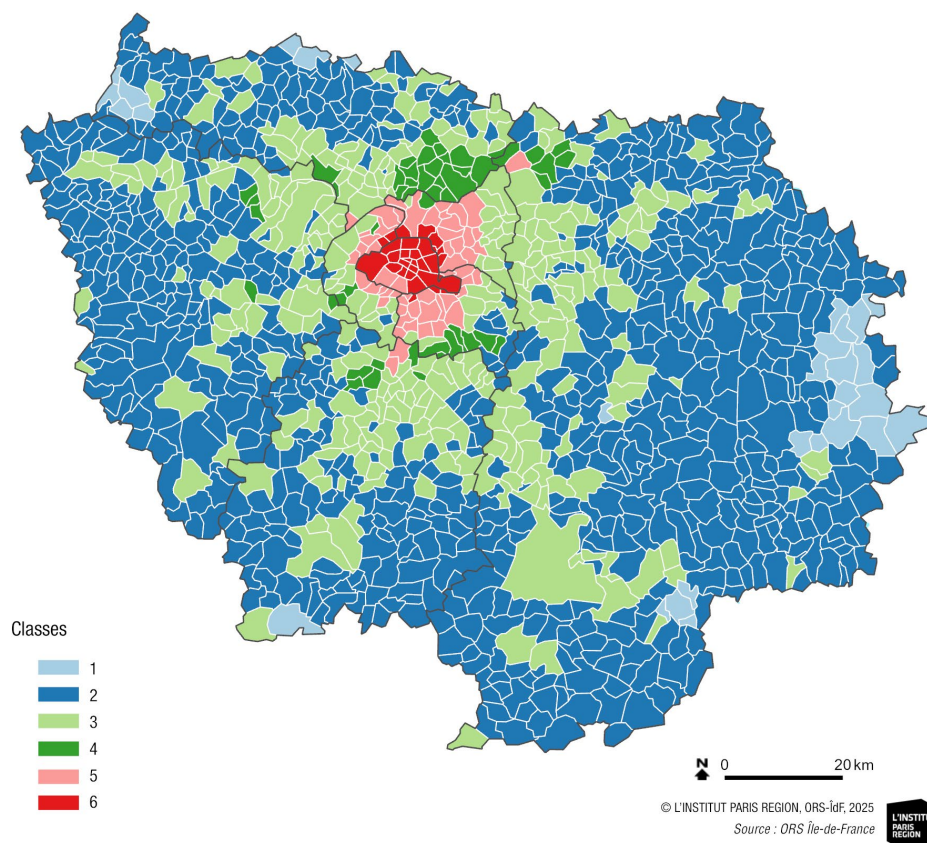
Cette classification est donc (comme toute CAH) le résultat de choix effectués en amont que ce soit pour le nombre de dimensions conservées et le nombre de classes retenues.

L'utilisation de l'ACP n'est pas obligatoire pour réaliser une CAH. Cependant elle présente l'intérêt de réduire le nombre de dimensions. En effet, les données initiales peuvent contenir beaucoup de variables corrélées. L'ACP résume l'information dans quelques axes factoriels (composantes principales) qui concentrent la variance essentielle. On évite ainsi de « noyer » la classification dans du bruit statistique. Par ailleurs, l'ACP fournit une représentation graphique (plans factoriels) qui permet de visualiser les groupes identifiés ensuite par la CAH. On pourra donc interpréter plus facilement les classes en fonction des

variables. Enfin, en ne gardant que les premières dimensions (70 % de la variance), on réduit la taille de l'espace de travail pour la CAH, ce qui rend l'analyse plus rapide et plus robuste.

4.2 Profils territoriaux identifiés

Figure 4. Cartographie des profils environnementaux des communes franciliennes



4.2.1 La description détaillée

La description détaillée de chaque classe présentée ci-après propose plusieurs graphiques qui représentent les écarts (en valeur absolue et en %) par rapport à la moyenne régionale pour chaque indicateur environnemental. Les valeurs positives traduisent une situation plus défavorable que la moyenne régionale, les valeurs négatives une situation plus favorable.

Par exemple, dans la première classe de communes, le graphique indique que la moyenne de la population de cette classe exposée aux pesticides est plus élevée de + 84,6 par rapport à la moyenne de la population de toute la région, ce qui correspond à une augmentation en % de 4 154, soit 42,5 fois plus.

Seules les variables dont le test statistique est inférieur ou supérieur à 2 (1,96 arrondi) ont été conservées car représentatives de leur différence avec la moyenne régionale. La valeur du test ($v=x$) est indiquée entre parenthèse dans les graphiques des figures suivantes. Le seuil de 1,96 correspond à une différence statistiquement significative au seuil de 5 % entre la moyenne de la classe et la moyenne régionale. Ce choix permet de ne retenir que les variables réellement discriminantes et de garantir la robustesse et la lisibilité des profils de territoire.

- Ecart absolu = Valeur de la moyenne dans la classe – valeur de la moyenne régionale.
- Ecart en % = $\left(\frac{\text{Valeur de la moyenne dans la classe} - \text{valeur de la moyenne régionale}}{\text{Moyenne régionale}} \right) \times 100$

4.3 Classe 1

Cette classe comporte 30 communes (2,3 % des communes de la région) et 22 905 habitants (0,2 % de la population régionale).

Les communes de cette classe sont situées en zones rurales de la région. Certains indicateurs montrent ici une surexposition marquée, révélant des enjeux environnementaux forts.

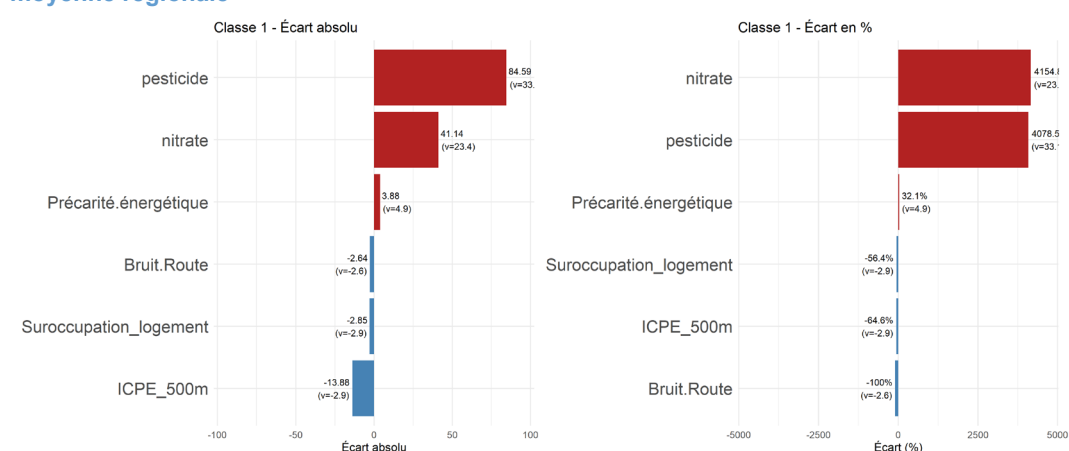
En effet, ces territoires présentent une exposition environnementale préoccupante sur deux points majeurs :

- Pollution de l'eau (nitrates) ;
- Exposition aux pesticides.

Les concentrations très supérieures à la moyenne régionale pour ces deux polluants peuvent indiquer une contamination importante des ressources en eau (nappes, rivières) liée à une activité agricole marquée (engrais azotés, traitement des zones cultivées) ou d'un système d'assainissement déficient. Les impacts sont à la fois d'ordre sanitaire pour les populations riveraines et en particulier pour les nourrissons pouvant subir une exposition chronique et également pour la dégradation de la biodiversité. Ces facteurs peuvent constituer des critères prioritaires d'action publique (surveillance, changement de pratiques agricoles, protection des captages par exemple). En revanche, la distance aux installations industrielles est un atout environnemental, et la précarité énergétique reste modérée.

Communes caractérisant cette classe : Chaussy, Villers-en-Arthies, Chérence, Courtacon et La Chapelle-Moutils.

Figure 5. Écart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Les graphiques de la figure 5 montrent que la classe 1 présente des écarts positifs massifs pour les pesticides (+84,6) et les nitrates (+41,1), avec des écarts relatifs extrêmement élevés (respectivement +4 078 % et +4 155 %). Ces deux indicateurs dominent très nettement le profil et traduisent une pression agricole très forte, statistiquement confirmée par des v.test très élevés. La précarité énergétique est également supérieure à la moyenne (+3,9 ; +32 %), bien que dans des proportions beaucoup plus modestes.

Tous les autres indicateurs sont inférieurs à la moyenne régionale : bruit routier (-2,6 ; -100 %), suroccupation du logement (-2,85 ; -56 %), ICPE (-13,9 ; -65 %). Cela indique des territoires très peu denses, éloignés des zones de transport, d'activités et de pression urbaine.

En résumé : la classe 1 regroupe des espaces ruraux agricoles caractérisés par des pollutions diffuses très fortes (pesticides, nitrates) et une quasi-absence de nuisances urbaines

4.4 Classe 2

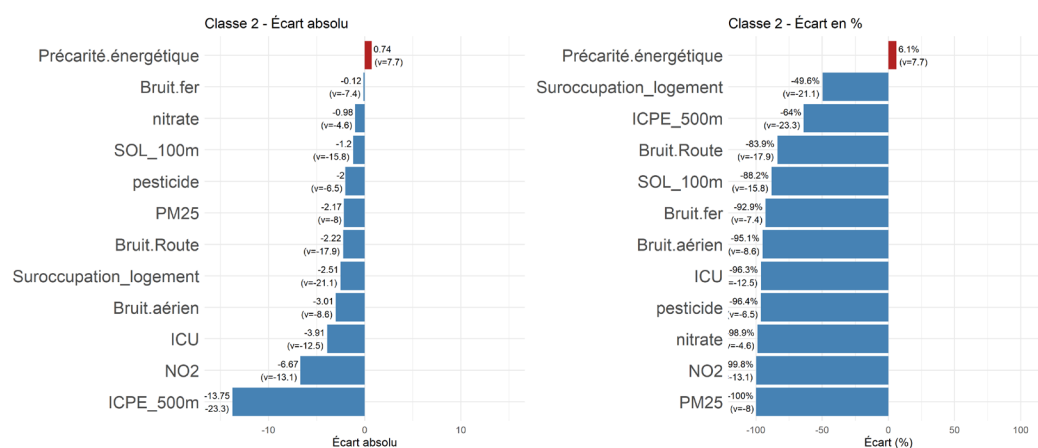
Espaces plutôt ruraux, peu denses, très peu exposés, avec seule la précarité énergétique au-dessus de la moyenne

Cette classe comporte 796 communes (62 % des communes de la région) et 1 450 159 habitants (11,7 % de la population régionale).

Les communes de cette classe présentent une exposition des populations à un environnement globalement plus favorable que la moyenne régionale, avec des avantages notables sur la qualité de l'air, le bruit, l'éloignement des sources industrielles et les nuisances agricoles. La majorité des indicateurs affichent en effet des écarts négatifs. Toutefois, l'indicateur de la précarité énergétique est légèrement supérieur à la moyenne régionale.

Communes caractérisant cette classe : Lumigny-Nesles-Ormeaux, Saint-Germain-Laval, Allainville, Vert-le-Petit

Figure 6. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Source : ORS Île-de-France

Les graphiques de la classe 2 (Figure 6) montrent une situation très homogène : un seul indicateur dépasse la moyenne, la précarité énergétique (+0,74 ; +6,1 %). Tous les autres indicateurs sont négatifs.

Les pollutions atmosphériques (NO_2 : -6,67 ; -99,8 %, $\text{PM}_{2,5}$: -2,17 ; -100 %) et les nuisances sonores (bruit routier : -2,22 ; -84 %, bruit ferroviaire : -0,12 ; -93 %) sont très inférieures à la moyenne. Les pesticides (-2 ; -96 %) et les nitrates (-0,98 ; -99 %) sont aussi nettement en dessous.

L'indicateur ICPE montre la plus faible valeur (-13,75 ; -64 %), confirmant une **faible présence industrielle**.

En résumé : la classe 2 correspond à des territoires ruraux très peu exposés, cumulant de faibles nuisances et une unique vulnérabilité sociale (modérée) liée à la précarité énergétique

4.5 Classe 3

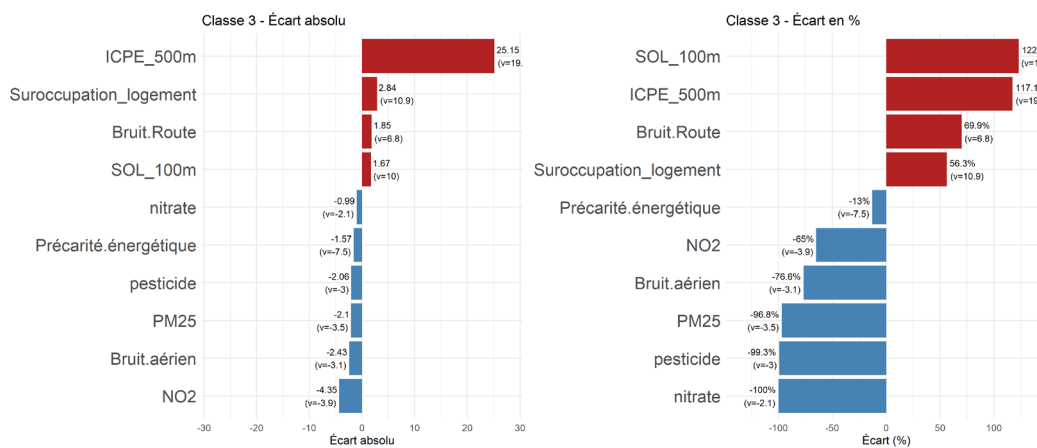
Cette classe comporte 322 communes (25,1 % des communes de la région) et 4 971 359 habitants (40,3 % de la population régionale).

Ce territoire présente une vulnérabilité forte liée à la proximité industrielle (enjeux de pollution de l'air, de bruit, de risques et d'acceptabilité sociale), ainsi que des éléments environnementaux modérément défavorables (suroccupation des logements, bruit routier, sols pollués).

Cependant, il se distingue positivement par une meilleure qualité de l'air (PM_{2,5}, NO₂), une moindre exposition aux nuisances aériennes, et une situation un peu plus favorable sur la précarité énergétique.

Communes caractérisant cette classe : Fontenay-aux-Roses, Franconville, Sartrouville, Linas

Figure 7. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Les graphiques de la figure 7 montrent que plusieurs indicateurs se distinguent clairement au-dessus de la moyenne régionale :

- ICPE (+25,2 ; +117 %),
- Suroccupation du logement (+2,84 ; +56 %),
- Bruit routier (+1,85 ; +70 %),
- Sols pollués (+1,67 ; +123 %).

Ces quatre indicateurs définissent un profil typique de périurbanisation dense, marqué par l'activité économique (ICPE), la mobilité (bruit routier), la densité résidentielle (suroccupation) et la présence de sites et sols pollués.

À l'opposé, les indicateurs liés à la pollution atmosphérique (NO₂ -4,35 ; -65 %, PM_{2,5} -2,1 ; -97 %), au bruit aérien (-2,43 ; -77 %), et aux pressions agricoles (pesticides -2,06 ; nitrates -0,99) sont nettement inférieurs à la moyenne.

En résumé : la classe 3 décrit des espaces périurbains mixtes, cumulant densité, activités, mobilité mais relativement peu exposés aux pollutions atmosphériques ou agricoles

4.6 Classe 4

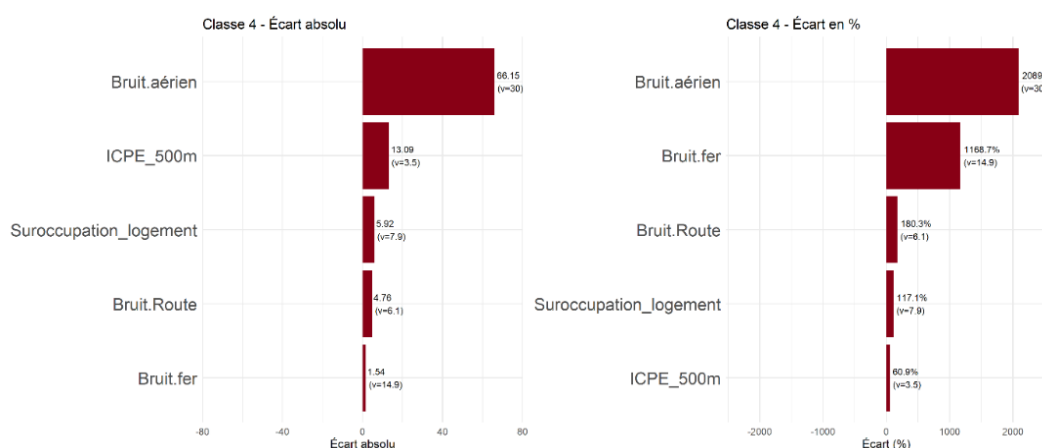
Cette classe comporte 51 communes (4 % des communes de la région) et 686 294 habitants (5,6 % de la population régionale).

Ce territoire présente une surexposition environnementale marquée, en particulier par :

- Du bruit aérien qui représente un enjeu majeur de santé publique : sommeil, stress, pathologies cardiovasculaires notamment ;
- Une proximité industrielle, source de risques liés à la pollution de l'air, de l'eau et des sols, de nuisances sonores et olfactives et de risques technologiques éventuels ;
- Dans une moindre mesure, du bruit routier, des pesticides et une sureoccupation des logements.

Communes caractérisant cette classe : Boissy-Saint-Léger, Écouen, Limeil-Brévannes, Montmorency, Saint-Brice-sous-Forêt

Figure 8. Ecart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Source : ORS Île-de-France

La figure 8 indique un niveau extrêmement élevé du bruit aérien (+66,2 ; +2 089 %), qui constitue l'indicateur le plus discriminant de la classe. Cette surexposition est suivie d'écarts positifs pour :

- ICPE (+13,1 ; +61 %) ;
- Suroccupation du logement (+5,92 ; +117 %) ;
- Bruit routier (+4,76 ; +180 %) ;
- Bruit ferroviaire (+1,54 ; +1 169 %).

Ces résultats dessinent un profil de territoires soumis à des nuisances sonores multiples, en particulier aériennes.

Les autres indicateurs (NO₂, PM_{2,5}, pesticides, nitrates) ne figurent pas parmi les plus significatifs, suggérant que la classe est exposée au bruit plus qu'aux pollutions atmosphériques.

En résumé : la classe 4 correspond à des zones fortement sous influence aérienne, cumulant plusieurs nuisances sonores mais non caractérisées par des pollutions diffuses.

4.7 Classe 5

Cette classe comporte 56 communes (4,4 % des communes de la région) et 2 943 685 habitants (23,8 % de la population régionale).

Ce territoire est très exposé à plusieurs facteurs de pression environnementale :

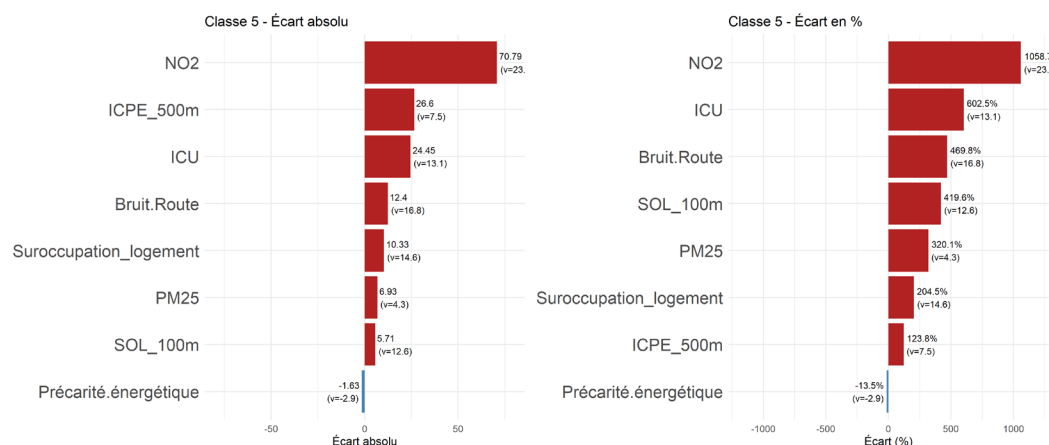
- Pollution de l'air (NO₂, PM_{2,5}). L'exposition à ces polluants, essentiellement issus du trafic routier, est une source de maladies respiratoires et cardiovasculaires ;
- Proximité industrielle ;
- Effets d'îlot de chaleur urbain (ICU).

À cela s'ajoutent des facteurs aggravants (suroccupation des logements, bruit routier). L'ensemble constitue un profil cumulatif de vulnérabilité environnementale et sociale élevé.

Le principal polluant auquel sont exposées les communes de la classe 5 est le NO₂. Il s'agit d'un polluant de proximité essentiellement lié aux gaz d'échappement du transport routier, en particulier des moteurs diesels. L'exposition forte à ce polluant peut s'expliquer par la présence d'axes routiers majeurs : Périphérique et autoroutes (A1, A3, A4 et A6).

Communes caractérisant cette classe : Rosny-sous-Bois, Vitry-sur-Seine, Alfortville, Joinville-le-Pont, Les Pavillons-sous-Bois.

Figure 9. Écart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Source : ORS Île-de-France

Les graphiques de la figure 9 montrent une série d'écarts positifs très marqués, caractérisant les environnements urbains denses :

- NO₂ (+70,8 ; +1 058 %) ;
- ICPE (+26,6 ; +124 %) ;
- ICU (+24,45 ; +603 %) ;
- Bruit routier (+12,4 ; +470 %) ;
- Suroccupation du logement (+10,33 ; +205 %) ;
- PM_{2,5} (+6,93 ; +320 %) ;
- Sols pollués (+5,71 ; +420 %).

La précarité énergétique est légèrement inférieure à la moyenne (-1,63 ; -13 %), ce qui est fréquent dans les zones urbaines densément équipées (chauffage collectif, logements plus récents).

En résumé : la classe 5 regroupe des communes fortement urbanisées, exposées à de multiples pressions (air, bruit, chaleur urbaine, industrie, sols pollués).

4.8 Classe 6

Cette classe comporte 30 communes (2,3 % des communes de la région) et 2 275 256 habitants (18,4 % de la population régionale).

Ce territoire présente une multiexposition intense :

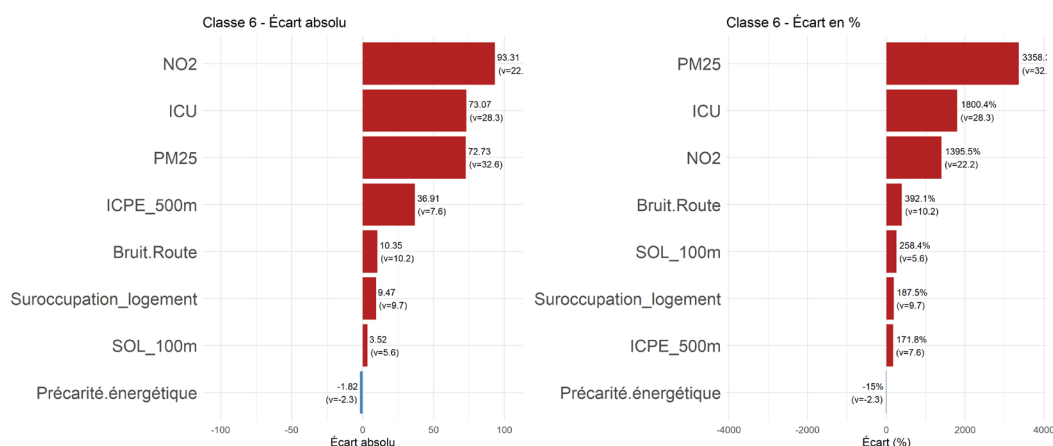
- Très forte pollution de l'air (NO₂, PM_{2,5}) ;
- Effet d'îlot de chaleur urbain majeur ;
- Enjeux de nuisance sonore et de suroccupation des logements qui aggravent les effets.

Le seul point positif concerne la précarité énergétique, insuffisante à contrebalancer les vulnérabilités cumulées.

Cette classe est proche de la précédente mais se distingue par des expositions plus élevées notamment pour les PM_{2,5} (+70,9 contre +5,2). Les émissions de ce polluant sont surtout liées au trafic routier et au chauffage résidentiel. Ainsi, la forte présence de PM_{2,5} peut s'expliquer par la forte densité urbaine, un trafic routier dense sur des rues étroites souvent encaissées limitant la dispersion des polluants et favorisant à l'inverse l'accumulation des particules fines.

Communes caractérisant cette classe : Paris 1^{er} arrondissement, Paris 8^e arrondissement, Paris 5^e arrondissement, Paris 2^e arrondissement, Saint-Ouen

Figure 10. Écart absolu et en % des moyennes des variables de la classe par rapport à la moyenne régionale



Source : ORS Île-de-France

Les graphiques de la figure 10 montrent que la classe 6 est la plus fortement exposée de toutes. Ils montrent des écarts massifs pour :

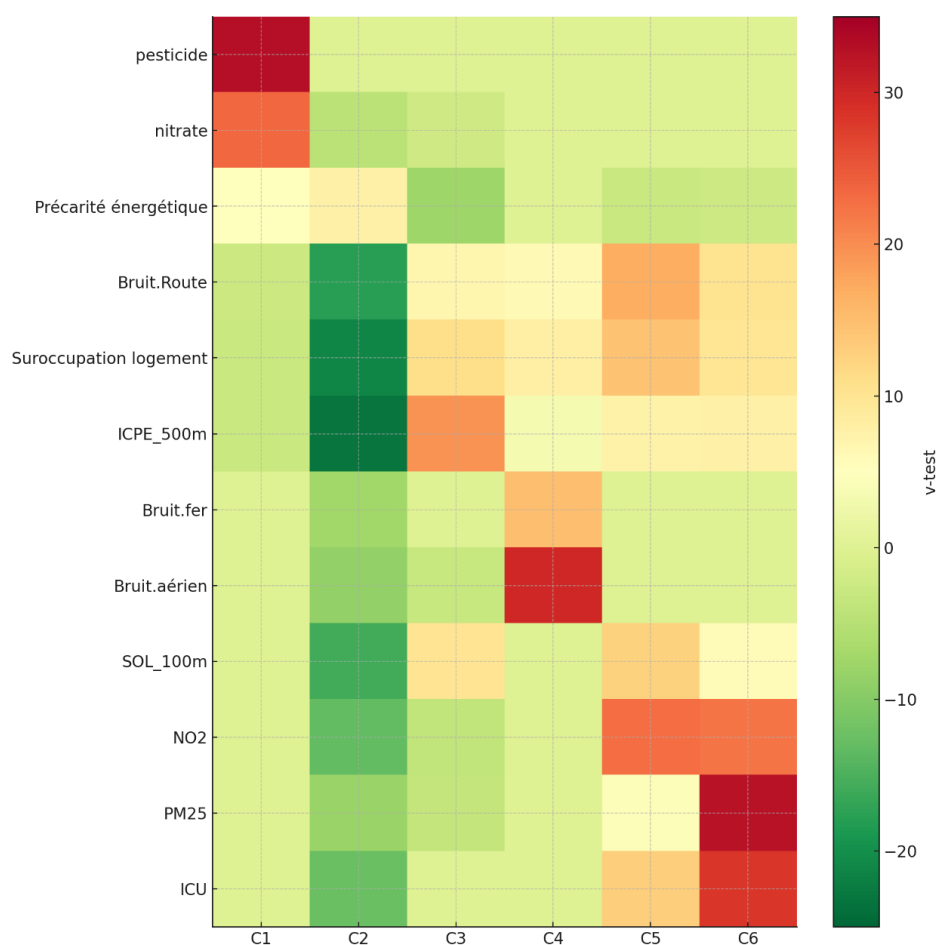
- NO₂ (+93,3 ; +1 395 %) ;
- ICU (+73,1 ; +1 800 %) ;
- PM_{2,5} (+72,7 ; +3 358 %) ;
- ICPE (+36,9 ; +172 %) ;
- Bruit routier (+10,35 ; +392 %) ;
- Suroccupation du logement (+9,47 ; +188 %) ;
- Sols pollués (+3,52 ; +258 %).

L'ensemble des indicateurs urbains se situent très largement au-dessus de la moyenne, avec des écarts à la fois absolus et relatifs extrêmement élevés. La précarité énergétique est la seule légèrement en dessous de la moyenne (−1,82 ; −15 %), ce qui s'explique aussi par les caractéristiques du logement urbain dense.

En résumé : la classe 6 regroupe les espaces hyper-denses les plus exposés de la région, cumulant pollution atmosphérique extrême, bruit, chaleur, sols pollués et activité industrielle.

4.9 Synthèse des classes : lecture comparative des expositions environnementales

Figure 11. Représentation des *v-tests* associés à chaque indicateur environnemental



Le heatmap ci-dessus présente, pour l'ensemble des six classes issues de la classification, les *v-tests* associés à chaque indicateur environnemental. Il s'agit d'une lecture transversale et synthétique permettant de comparer rapidement les profils d'exposition entre classes. L'échelle correspond à l'interprétation statistique des *v-tests* :

- $v \geq +10$: sur-exposition très importante ;
- $+2 \leq v < +10$: sur-exposition modérée ;
- $-2 < v < +2$: situation proche de la moyenne ;
- $-10 < v \leq -2$: sous-exposition modérée ;
- $v \leq -10$: sous-exposition très marquée.

4.9.1 Lecture du graphique

Chaque ligne correspond à un indicateur environnemental (pollution de l'air, bruit, suroccupation, industrie, sols pollués, pesticides...). Chaque colonne représente une classe de communes (de C1 à C6).

La couleur visualise la position de la classe par rapport à la moyenne régionale :

- Vert foncé (valeurs très négatives) : la classe est significativement sous-exposée à l'indicateur, c'est-à-dire que la moyenne de la classe est très inférieure à la moyenne régionale.

- Jaune (valeurs proches de zéro) : la classe est dans la moyenne régionale, sans exposition notable ni sous-exposition marquée.
- Rouge foncé (valeurs très positives) : la classe est significativement surexposée à l'indicateur.

Cette représentation visuelle permet :

- **D'identifier les classes les plus exposées** à certains enjeux (ex : C6 pour les particules fines et l'ICU, C4 pour le bruit aérien, C1 pour les pesticides).
- **De repérer les classes peu exposées sur l'ensemble des indicateurs** (ex : C2, globalement sous-exposée).
- **De mettre en évidence les profils contrastés**, mélangeant surexpositions et sous-expositions (ex : C3, exposée aux ICPE mais peu exposée aux polluants atmosphériques).

5 | CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude visait à synthétiser une information complexe et multidimensionnelle relative à l'exposition des Franciliens à des risques, pollutions et nuisances environnementales, en s'appuyant sur une analyse en composantes principales (ACP).

Cette approche est couramment utilisée car elle permet de réduire la complexité des données ici essentiellement environnementales tout en conservant l'essentiel de l'information. Elle repose sur la construction d'un indicateur agrégé reflétant les différentes dimensions de la défaveur environnementale (pollution de l'air, nuisances sonores, proximité de sites industriels ou pollués, qualité du logement, etc.).

L'ACP a mis en évidence des axes principaux d'exposition différenciée, permettant d'identifier des gradients de défaveur environnementale.

Pour rendre compte de ce phénomène multidimensionnel de la défaveur environnementale, trois analyses statistiques complémentaires ont été mobilisés afin de construire :

- Un indicateur synthétique de défaveur environnemental communal (échelle administrative) ;
- Un indicateur synthétique de défaveur environnemental lissé (surface continue) ;
- Des profils de territoire (à partir d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) (typologie structurelle).

L'ISDE par commune constitue la brique de base du diagnostic. Il permet :

- Une lecture fine au niveau du découpage administratif ;
- L'identification de communes à enjeux ;
- Une exploitation directe pour les politiques publiques (santé, logement, environnement).

Toutefois, il présente deux limites. La mosaïque communale crée des ruptures artificielles, qui peuvent masquer les gradients réels d'exposition. Par ailleurs, le découpage administratif varie fortement en taille et en forme, biaisant parfois la perception des contrastes territoriaux.

L'ISDE communal lissé via une interpolation spatiale (thin plate spline) fournit une lecture continue du niveau de défaveur environnementale, indépendamment des frontières communales.

Cette carte lissée révèle de manière très nette :

- Un gradient centre → périphérie inscrit dans la morphologie francilienne ;
- Un noyau central très défavorisé correspondant à Paris et la petite couronne ;
- Des hotspots secondaires (zones aéroportuaires, axes de transport, secteurs agricoles) ;
- De vastes territoires favorables en Essonne (sud), dans les Yvelines et dans le Val-d'Oise.

Mais l'ISDE présente aussi des limites. En lissant les spécificités locales, il peut sous-représenter certains contrastes micro-territoriaux. Cet indicateur peut-être cependant complémentaire du score de multiexposition élaboré par l'ORS qui permet d'affiner un diagnostic local et de définir les zones d'intervention précises.

Plus globalement, la construction d'un ISDE peut constituer un outil utile pour le suivi territorial des inégalités environnementales, l'aide à la décision publique et l'orientation des politiques d'aménagement, de prévention et de compensation environnementale.

Les profils de territoire issus de la classification ascendante hiérarchique (CAH) apportent une vision typologique synthétique et interprétable. La CAH, appliquée aux indicateurs environnementaux permet de dégager des profils de territoire, regroupant des communes présentant des configurations similaires d'exposition.

Cette typologie met en lumière des disparités territoriales marquées, souvent en lien avec des inégalités sociales ou urbanistiques déjà connues. Elle est complémentaire de l'ISDE en apportant une aide à la planification et à la priorisation des politiques publiques à une échelle géographique plus grande.

Les avantages de la typologie sont de mettre en évidence :

- Des ensembles territoriaux cohérents (urbain dense, périurbain, rural, zones industrielles, zones aéroportuaires, etc.) ;
- Des combinaisons de nuisances spécifiques selon les classes ;
- Une lecture plus qualitative et stratégique de l'environnement territorial.

La typologie présente aussi des limites : la classification dépend du choix du nombre de classes effectué en amont ; l'interprétation peut être plus abstraite pour des non-experts ; enfin, elle nécessite souvent un retour aux cartes pour contextualiser les classes identifiées.

Tableau 5. Une complémentarité indispensable pour comprendre les inégalités environnementales

Approche	Points forts	Points faibles	Apport spécifique
ISDE communal	Précision locale, utilisable pour l'action	Fragmentation visuelle	Repérage des communes prioritaires
ISDE lissé	Vision continue et structurée	Perte de précision locale	Compréhension des gradients spatiaux
Profils CAH	Lecture typologique, clusters cohérents	Sensibilité aux choix de classification	Identification de familles territoriales

L'ISDE et la typologie des territoires peuvent constituer des outils d'aide aux politiques publiques dans le cadre, par exemple, de l'élaboration de Plans tel que le Plan régional santé environnement (PRSE) ou pour la mise en œuvre de contrat locaux santé-environnement (CLSE).

Plusieurs pistes d'approfondissement peuvent être envisagées à la suite de cette première analyse :

- Croisement avec d'autres dimensions de la santé environnementale : une perspective intéressante serait de mettre en regard la défaveur environnementale avec des indicateurs d'état de santé ou de vulnérabilité socio-sanitaire, afin d'identifier les zones de cumul ou de « double peine ».
- Suivi dans le temps : le dispositif pourrait être mis à jour périodiquement afin de suivre l'évolution des expositions environnementales et l'impact des politiques publiques engagées (urbanisme, mobilités, rénovation énergétique, etc.).
- Diffusion et appropriation : enfin, il conviendra de faciliter l'appropriation de cet outil par les acteurs locaux (collectivités, ARS, services de l'État, etc.), via une cartographie interactive, un tableau de bord régional ou des outils de visualisation accessibles.

BIBLIOGRAPHIE

1. Host S, Laruelle N, Mauclair C, Caudeville J. Cumuls d'expositions environnementales en Île-de-France, un enjeu de santé publique : méthode d'identification des secteurs les plus impactés. Paris : Observatoire régional de santé Île-de-France, 2022.
2. Besse G, Prisse N, Caudeville J, Michelot F, Trugeon A. Ministère des affaires sociales, Ministère de l'écologie, CGDD développement durable, Institut national de l'environnement industriel et des risques. Inégalités territoriales, environnementales et sociales de santé. Regards croisés en régions : de l'observation à l'action. Fédération nationale des observatoires régionaux de la santé (Fnors). 2014.
3. Faburel G, Geymard S. Inégalités environnementales en région Île-de-France : le rôle structurant des facteurs négatifs de l'environnement et des choix politiques afférents. Espace populations sociétés, 2008 :1 ; 159-172.
4. Charles L, Emelianoff C, Ghorra-Gobin C, Roussel I, Roussel FX, Scarwell HJ. Les multiples facettes des inégalités écologiques. Développement durable et territoires [en ligne]. Dossier 9 | 2007

Disponible : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/3892> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.3892>
5. Haut conseil de la santé publique. Rapport relatif aux indicateurs composites en santé-environnement. Janvier 2021.
6. Les inégalités environnementales de santé des territoires en région PACA. Analyses recherches et Statistiques. Dossier n°20. Décembre 2014.
7. Etat des lieux santé environnement. Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes. 2016
8. Disparités environnementales de santé en Occitanie. ORS Midi-Pyrénées. Décembre 2017.
9. Cordeau E. Les îlots morphologiques urbains (IMU). Délimitation et caractérisation des "IMU 2012" en Île-de-France. Paris (France): Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France; 2016.

RAPPORT ET ENQUÊTE

DE L'INSTITUT PARIS REGION – ORS



www.ors-idf.org



Financé par



Région
Île-de-France

Observatoire régional de santé Île-de-France

Campus Pleyad - Pleyad 4, 66-68 rue Pleyel - 93200 Saint-Denis

Tél. (33) 01 77 49 78 60 - www.ors-idf.org

Président : Dr Ludovic Toro - Directrice de publication : Nathalie Beltzer

L'ORS Île-de-France, département santé de L'Institut Paris Region, est un observatoire scientifique indépendant financé par l'Agence régionale de santé et le Conseil régional d'Île-de-France.

ISBN 978-2-7371-2188-3