



MÉTHODES D'ANALYSE DES SYSTÈMES TERRITORIAUX 2013 – 2014

**SUPPORT DE FORMATION
Ecole des Ponts ParisTech**

TransCAD
Transportation GIS Software

SÉANCE 10 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX CONSOMMATION DE CARBURANT EMISSIONS DE POLLUANTS EMISSIONS DE BRUIT

Nicolas COULOMBEL

Natalia KOTELNIKOVA-WEILER

Vincent LASSERRE

Fabien LEURENT

Alexis POULHES

UMR LVMT - Ecole des Ponts ParisTech

6-8 avenue Blaise Pascal - Cité Descartes - Champs-sur-Marne

77455 Marne-la-Vallée CEDEX 2

PLAN

1. Circulation, consommation et émission de polluants.....	3
1.1. Les différents polluants.....	3
1.2. Méthodologie.....	3
1.3. Calcul des émissions et consommations.....	3
1.3.1. Calcul au niveau des tronçons.....	3
1.3.2. Agrégation par zone d'origine ou de destination	4
1.3.3. Agrégation locale au niveau des zones MODUS.....	5
1.4. Analyses cartographiques	6
1.4.1. Emissions de polluants localisées sur le réseau.....	6
1.4.2. Emissions de polluants localisées sur le territoire.....	7
1.4.3. Emissions et consommations non localisées	8
1.5. Exemple de scénario prospectif (optionnel).....	8
2. Emission de bruit par la circulation automobile.....	9
2.1. Le bruit routier : définitions et indices d'exposition.....	9
2.1.1. Définitions générales.....	9
2.1.2. Indices	9
2.1.3. Propagation.....	10
2.1.4. Emission	10
2.2. Modélisation de l'exposition au bruit à MLV	11
2.2.1. Calcul du bruit reçu par les bâtiments.....	11
2.2.2. Estimation de la population touchée.....	13
2.2.3. Utilisation d'un indice journalier et des zones tampons.....	14
2.2.4. Evaluation économique du bruit.....	18

1. Circulation, consommation et émission de polluants

Le trafic routier est une source très importante de pollution atmosphérique, dont la part peut être estimée selon le type d'émissions entre 25% et plus de 50% des émissions totales (en 1998). Il s'agit donc d'un impact extrêmement important, qu'il est nécessaire de prendre en compte dans une évaluation complète des effets de la circulation automobile.

1.1. Les différents polluants

La combustion des carburants fossiles (essence et gazole) produit un certain nombre de polluants, dont le type et la quantité sont variables selon le type de carburant. Ainsi, moteurs essence et diesel produisent du CO, des hydrocarbures non brûlés (HC), des NOx, du SO2, tandis que les moteurs diesel produisent en plus des particules.

Les quantités émises dépendent de différents facteurs, en particulier la vitesse de rotation du moteur (qui peut être approchée par la vitesse du véhicule) et le niveau de chauffe du moteur (et du pot catalytique).

1.2. Méthodologie

Notre méthode d'évaluation reposera sur le résultat de l'affectation à l'équilibre pour l'heure de pointe du soir (HPS) réalisée dans la séance « Transport Routier ». La procédure se décompose en trois étapes :

- Calcul des émissions des différents polluants et de la consommation de carburants sur chacun des tronçons de voirie, à l'aide de formules d'émission et de consommation individuelle fonctions de la vitesse des véhicules.
- Agrégation des résultats d'affectation :
 - par zone d'origine ou de destination
 - localement, par zone MODUS
- Représentations cartographiques des résultats.

1.3. Calcul des émissions et consommations

1.3.1. Calcul au niveau des tronçons

Sélectionnez la table contenant les résultats de l'affectation à l'équilibre UE_LinkFlow.bin (si cette table est déjà utilisée dans une jointure, vous pouvez supprimer cette jointure en utilisant l'item « **Dataview – Drop Join** »). Créer, avec l'item « **Dataview – Modify Table** » 3 nouveaux champs de type réel intitulés « Carburant_unit », « NOx_unit » et « CO2_unit ».

En utilisant les formules de consommation et d'émission unitaires (par véhicule et par km) présentées dans le tableau ci-dessous, remplissez ces 3 champs de manière à rendre compte de la quantité de polluant émise (ou de carburant consommée) en g/km pour un véhicule type circulant sur le tronçon.

Pour cela vous devez faire un calcul pondéré en tenant compte du fait que la proportion de véhicules diesel dans le parc était, en 2007, de 51,4%.

Ces formules dépendant essentiellement de la vitesse du véhicule, vous pouvez donc utiliser comme indicateur la vitesse moyenne à l'équilibre sur l'arc, donnée par le champ AB_Speed.

Motorisation	Type	Consommation / Emission (g/km)
Essence	Essence	$585,86 * V^{-0,744} + 0,331 * V + 3,545$
	NOx	$0,015328 * V + 1,592756$
	CO2	$1155,5 * V^{-0,616} + 0,911 * V - 7,728$
Diesel	Gazole	$438,5 * V^{-0,660} + 0,321 * V + 2,676$
	NOx	$9,086 * V^{-0,923} + 0,0041 * V + 0,0171$
	CO2	$1380,08 * V^{-0,715} + 0,68 * V + 45$

Formules calibrées par l'IFFSTAR, fonction du type de carburant utilisé et de la vitesse.

Créez ensuite 3 champs temporaires (« Carburant_tot », « NOx_tot » et « CO2_tot ») qui donnent pour chaque tronçon les quantités totales consommées ou émises en kg.

Indication : pour rappel, le champ AB_VKMT donne le trafic par arc à l'HPS (en véh*km), soit le produit du débit horaire et de la longueur de l'arc.

1.3.2. Agrégation par zone d'origine ou de destination

Nous allons à présent agréger les données de consommation de carburant en fonction de l'origine ou de la destination des véhicules.

S'ils ne sont pas encore présents dans votre espace de travail, ouvrez les couches du réseau routier et du zonage, puis chargez le fichier network « Reseau_IdF.net ».

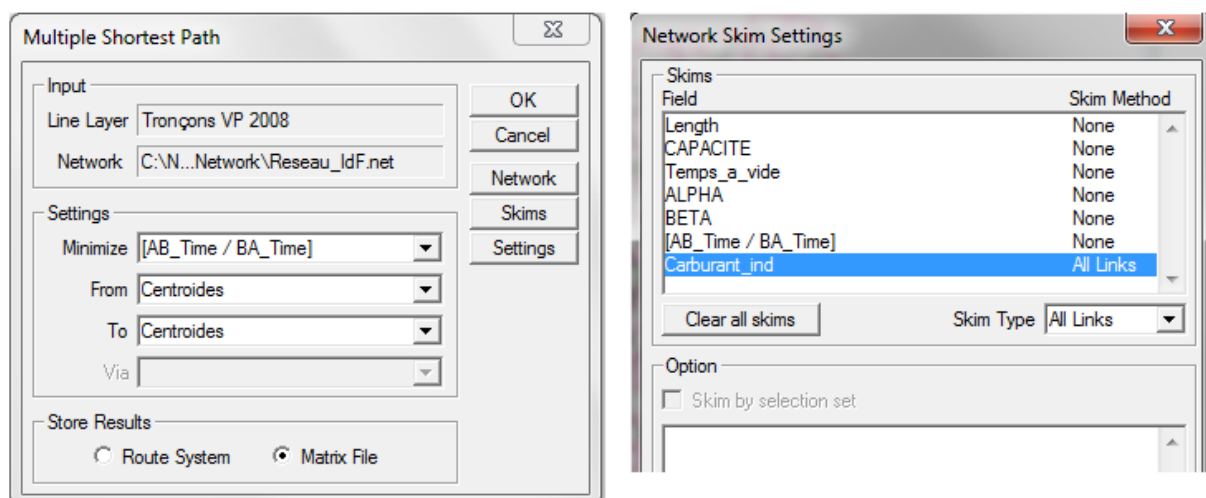
Faites une jointure entre la couche des tronçons et la table avec les résultats d'affectation. Créez le champ temporaire « Carburant_ind » donnant le coût (en kg de carburant) de traversée de l'arc pour un véhicule individuel.

Pour pouvoir nous servir du champ « Carburant_ind », nous devons mettre à jour le réseau. Après avoir activé la couche des tronçons, lancez « **Networks/Paths – Settings** » et cliquez sur le bouton « **Update** » (situé en bas à droite).

Update	Network Field	From Line Layer Field	Defaults
<input type="checkbox"/>	CAPACITE	CAPACITE	
<input type="checkbox"/>	Temps_a_vide		
<input type="checkbox"/>	ALPHA	ALPHA	
<input type="checkbox"/>	BETA	BETA	
<input type="checkbox"/>	[AB_Time / BA_Time]	[AB_Time / BA_Time]	
<input checked="" type="checkbox"/>	Carburant_ind	Carburant_ind	

Ajoutez le champ
« Carburant_ind »
au réseau

Une fois le réseau mis à jour, vous allez d'abord devoir créer une matrice d'impédance répertoriant la consommation de carburant nécessaire à un véhicule allant de chaque zone origine à chaque zone destination. Pour rappel, celle-ci s'obtient à l'aide de la commande « **Networks/Paths – Multiple Paths** » (en ayant activé au préalable la couche des nœuds).



NB : vous aurez peut-être besoin de recréer la sélection « Centroides » (cf. séance « Transport Routier »).

Vous obtenez une matrice d'impédance fournissant les coûts de consommation de carburant par véhicule pour chaque relation O-D. Pour pouvoir travailler ensuite sur votre zone, n'oubliez pas de ré-indexer la matrice avec les numéros de centroïde.

Utilisez « **Matrix – Contents** » pour ajouter une matrice donnant les coûts totaux par O-D. Remplissez-là avec une formule cellule par cellule comme le produit du coût individuel et du flux de véhicule pour l'O-D (flux que vous trouverez dans la matrice 2009_VP_HPS_UVP.mtx).


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.00	0.64	0.22	0.36	1.01	1.49	1.82	0.29	1.91	1.13
2	0.71	0.00	2.17	5.91	9.94	12.62	15.57	2.25	14.26	8.47
3	0.30	3.41	0.00	2.54	6.02	1.50	7.13	0.94	6.09	3.70
4	1.38	7.73	5.71	0.00	7.62	0.96	11.30	1.37	7.93	4.81
5	0.65	4.55	1.99	4.42	0.00	3.83	21.75	1.89	11.57	7.39
6	0.26	1.78	0.71	1.80	3.83	0.00	1.50	1.08	6.51	1.13

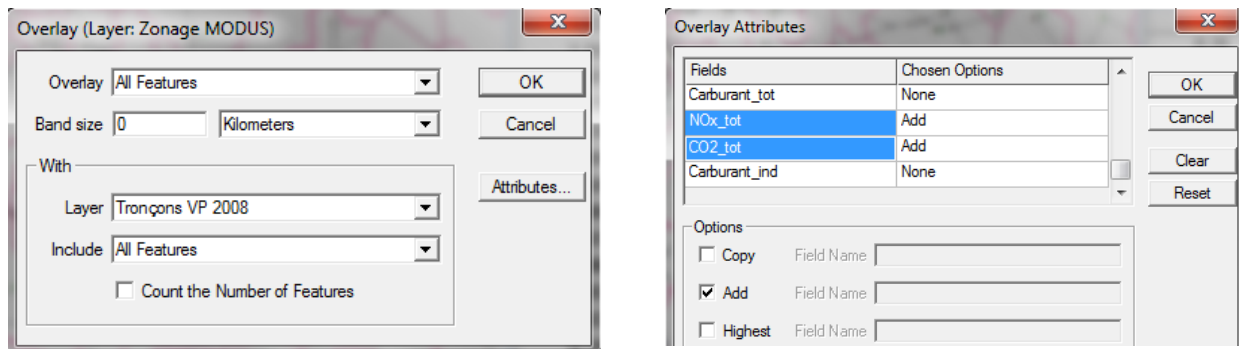
Grâce à cette matrice, vous pouvez aisément calculer la consommation en carburant pour les personnes partant ou se rendant à votre zone à l'heure de pointe du soir.

1.3.3. Agrégation locale au niveau des zones MODUS

Dans la sous-section précédente, nous avons agrégé les consommations de carburant selon la zone d'origine (ou de destination). Un déplacement allant de la zone 1 à la zone 100 est ainsi considéré comme un déplacement sortant de la zone 1, même si seule une infime partie du déplacement a lieu dans la zone 1.

Si ce mode de calcul est adapté aux consommations, il est souvent (mais pas toujours) plus judicieux d'agréger les émissions localement et non par O-D pour refléter la pollution locale. Dans le cas d'un déplacement entre les zones 1 et 100, on ne comptera que la partie ayant lieu à l'intérieur de la zone 1. Par contre, on tiendra également compte des flux en transit, qui étaient hors champ dans la partie 1.3.2.

Sélectionnez la couche du zonage MODUS. Puis, utilisez la commande « **Tools – Geographic Analysis – Overlay** » (ou raccourci ) afin d'afficher la fenêtre d'agrégation géographique :

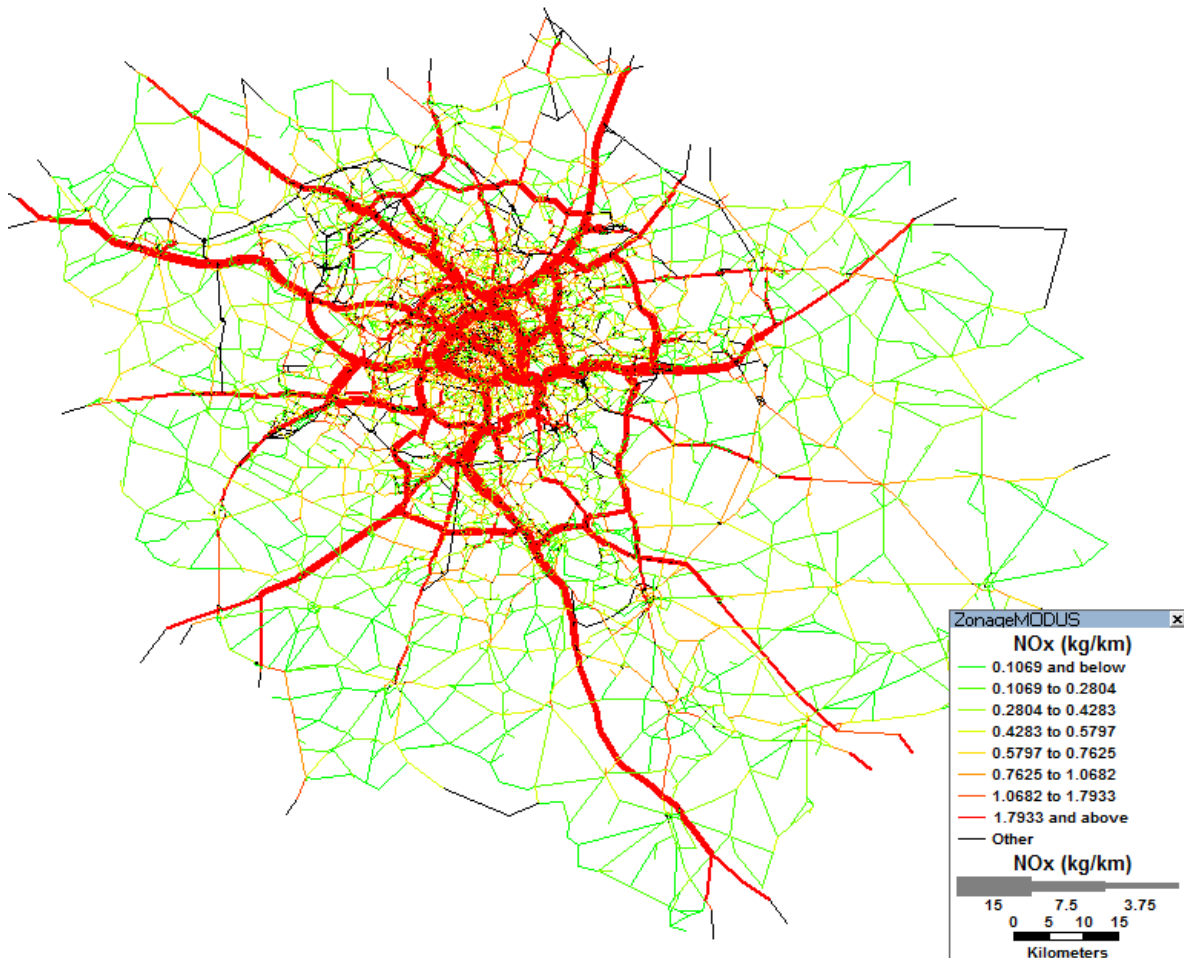


Lancez la procédure d'agrégation. Une fois celle-ci terminée, TransCAD affiche la fenêtre contenant les données jointes.

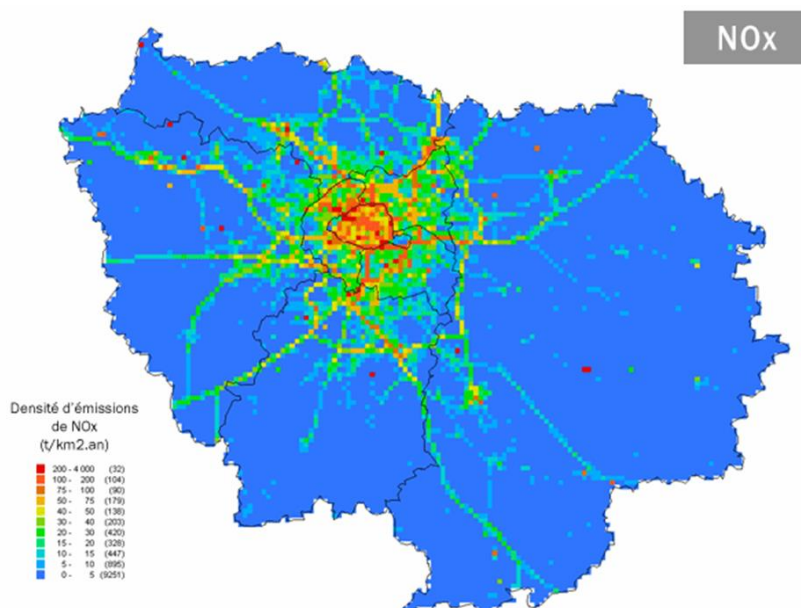
1.4. Analyses cartographiques

1.4.1. Emissions de polluants localisées sur le réseau

Créez une carte représentant les émissions de NOx par le réseau routier francilien, en kg/km, pendant l'heure de pointe du soir.

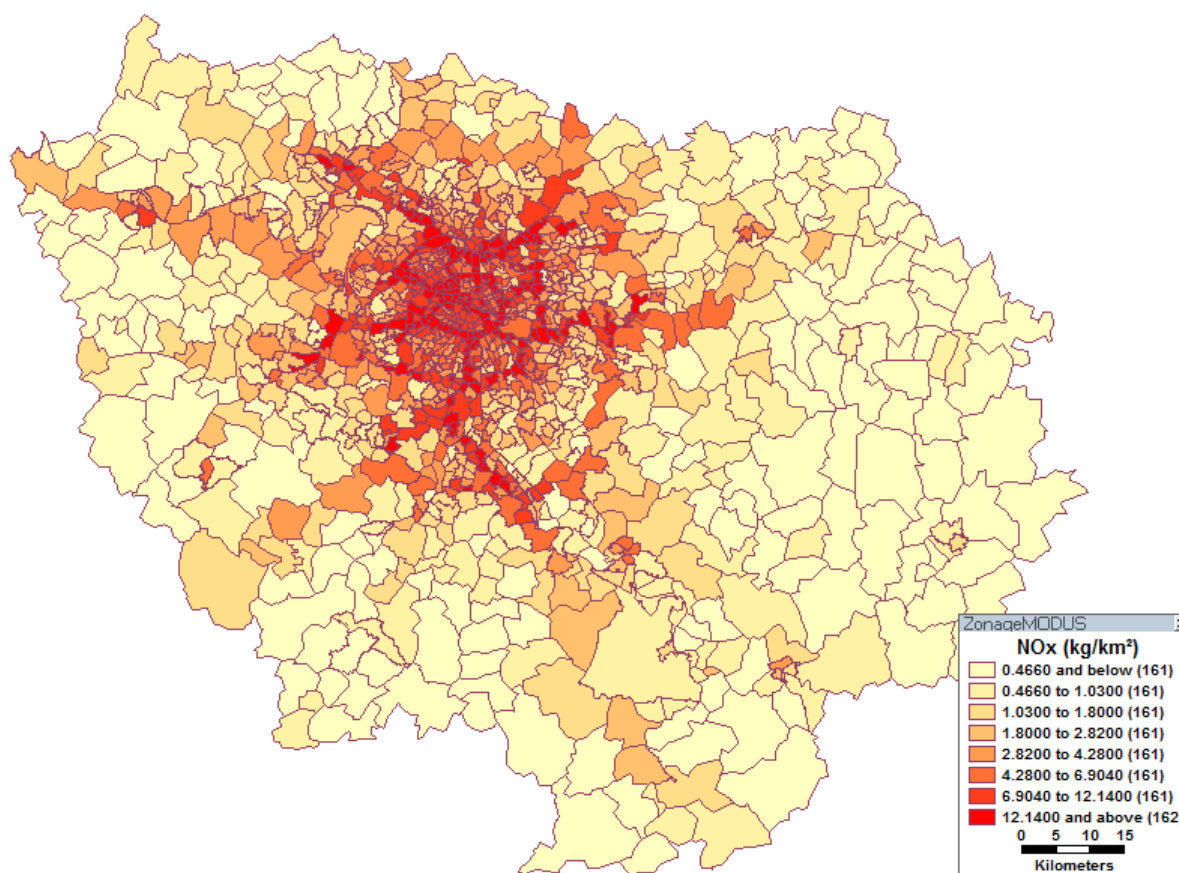


Notez que la carte fournie par Airparif pour 2010 (<http://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-bilan-emissions#repartition>) met en évidence les mêmes axes majeurs d'émissions :




1.4.2. Emissions de polluants localisées sur le territoire

Créez maintenant une carte représentant les émissions (en kg/km²) localisées de NOx en Île-de-France par zone MODUS à l'HPS.



1.4.3. Emissions et consommations non localisées

Parce que l'action de ce gaz est globale (réchauffement climatique à travers l'effet de serre), il n'est pas utile de localiser la production de CO₂. En revanche, il est intéressant de connaître la production au niveau de l'Île-de-France afin de mieux cerner la part de la région dans la production nationale de ce gaz à effet de serre.

Avec l'item « **Dataview – Statistics** » (ou raccourci ) relevez la valeur de la production de CO₂ à l'HPS sur l'ensemble de l'Île-de-France, en tonnes.

De la même façon relevez la valeur de la consommation de carburant sur la même période, ainsi que les émissions globales de NO_x à des fins de comparaisons avec les données d'Airparif.

En supposant que les émissions et la consommation à l'HPS correspondent à 10% des émissions et de la consommation journalière de l'Île-de-France, évaluez les émissions de CO₂, de NO_x et la consommation de carburant annuelles en Île-de-France.

Comparez les valeurs estimées et les valeurs trouvées dans la littérature (principalement sur le site d'Airparif), à savoir :

- 12 000 kt de CO₂ émis par les véhicules routiers en Île-de-France en 2005
- 60 kt de NO_x émis par la route en 2005

Qu'en déduisez-vous sur la pertinence des hypothèses choisies ?

1.5. Exemple de scénario prospectif (optionnel)

Reprendre les analyses précédentes (émissions de NO_x, CO₂ et consommation de carburant) avec une répartition différente entre les motorisations diesel et essence : 60% diesel et 40% essence. Comparez les résultats obtenus sur l'ensemble de la région (c'est-à-dire de façon non localisée).

Constatez-vous des différences significatives ?

Réalisez la même analyse comparative (entre les deux répartition des motorisations) pour une autre catégorie de polluants, les micro-particules. Ces dernières ne sont émises que par les moteurs diesel, suivant la formule :

$$q=0,4*V^{-1}+0,06$$

Quelle quantité supplémentaire de particules serait produite avec une telle modification de la motorisation ?

2. Emission de bruit par la circulation automobile

2.1. Le bruit routier : définitions et indices d'exposition

2.1.1. Définitions générales

Le bruit des transports est une des nuisances les plus intensément ressenties par les populations, qu'elles soient urbaines ou rurales. Son importance va grandissant en raison d'une sensibilité de plus en plus aiguë des populations exposées à cette nuisance, et de la croissance continue des trafics de voyageurs et de marchandises.

Le bruit est un son ayant généralement un caractère aléatoire qui n'a pas de composantes définies. Le terme « bruit » désigne communément toute sensation auditive, plutôt désagréable ou gênante que produit sur notre organisme l'ensemble des vibrations sonores complexes désordonnées, reçues et transmises par l'oreille jusqu'aux cellules du cerveau.

L'unité consacrée pour la description d'un niveau sonore est le Décibel. La formule donnant le niveau sonore à partir de la pression acoustique à un instant t est :

$$L_p(t) = 10 \log_{10} \left(\frac{p^2(t)}{p_0^2} \right)$$

où p_0 est la pression de référence, égale au seuil conventionnel d'audibilité : $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Néanmoins l'oreille humaine n'a pas la même sensibilité sur l'ensemble de la plage de fréquences. C'est pourquoi des filtres de pondération ont été définis, permettant de mettre en place des échelles physiologiques. L'échelle la plus couramment employée pour les bruits dans l'environnement est celle des décibels (A), ou DB(A), qui correspond à la courbe de pondération (A).

2.1.2. Indices

Cependant, la valeur du niveau sonore instantané n'a que peu d'utilité lorsqu'il s'agit d'évaluer le niveau d'exposition d'une population au bruit. En effet, il est nécessaire dans ce cas de disposer d'indices, correspondant généralement à des moyennes, ou à des valeurs statistiques particulières.

Ainsi, le **niveau de bruit équivalent**, $L_{Aeq}(T)$ représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement existant pendant la période T considérée. Il s'écrit :

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right)$$

En France, les indices les plus couramment employés sont le $L_{Aeq}(6h-22h)$ diurne et le $L_{Aeq}(22h-6h)$ nocturne. D'autres pays (le Royaume-Uni en particulier) utilisent des indices statistiques, tel le L_{10} , donnant le niveau atteint ou dépassé pendant 10% du temps, le L_{50} , la médiane statistique, ou L_{90} le bruit de fond. Des indices agrégés sont également utilisés, qui tiennent compte de l'influence relative de différentes périodes sur la gêne globale. Par exemple, le L_{dn} (day-night) et le L_{den} (day-evening-night).

Quelques ordres de grandeur de niveaux sonores émis :

- Une rue apparemment calme (1000 véhicules par jour, soit 1 par minute en journée) : $L_{Aeq}(6h-22h) = 60 \text{ DB(A)}$
- Une rue accueillant 5000 véhicules par jour : $L_{Aeq}(6h-22h) = 67 \text{ DB(A)}$

La propagation du son est un phénomène complexe, en particulier en milieu urbain, où la présence de bâtiments faisant office d'écran mais également de surface réfléchissante complique le calcul des niveaux sonores. Une approximation consiste, lorsqu'il s'agit de calculer le niveau sonore à 2m en avant des façades, à ajouter 3 DB(A) à la valeur calculée en considérant la zone de propagation plane et sans obstacle (hypothèse du champ libre).

2.1.3. Propagation

Le son est émis par une source (un véhicule, par exemple). Puis il se propage dans l'air en perdant de la puissance. Enfin il est perçu en un lieu donné où l'on cherche à le calculer afin d'estimer l'exposition de la population. Ainsi, on utilisera les équations de propagation du son pour relier la puissance acoustique émise w_{ind} et la pression acoustique efficace p_{eff} reçue à une distance r de la source par la formule :

$$w_{ind} = \frac{p_{eff}^2}{\rho_0 c} 2\pi r^2$$

où ρ_0 est la masse volumique de l'air au repos et c la célérité du son dans l'air.

2.1.4. Emission

Il reste à déterminer la puissance sonore émise par les véhicules. De nombreuses études ont été menées pour modéliser ce phénomène. Nous en choisissons ici une représentation simplifiée, correspondant aux recommandations du Guide du Bruit du Certu.

Cette représentation prend en compte la puissance émise au niveau de chacun des véhicules, puissance qui est principalement fonction de la vitesse du véhicule. Le bruit routier est, au-delà d'une vitesse d'environ 30 km/h, principalement dû au choc entre le caoutchouc des pneus et le revêtement de la route.

Il faut ensuite tenir compte du fait que sur une route circulent de nombreux véhicules, chacun produisant du bruit. Ces différentes sources sonores s'ajoutent, de telle sorte que la puissance sonore émise par une portion de route est la somme des puissances émises par les différents véhicules présents sur cette portion. On a donc la relation suivante :

$$LA_w = LA_w + 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{V} \right)$$

avec Q le débit en véh/h et V la vitesse en m/h.

Finalement, nous adopterons la formulation suivante, qui tient compte des différents éléments présentés jusque-là :

$$LA_{eq}(D) = 18 + 10 \log_{10} Q + 20 \log_{10} V - 12 \log_{10} D$$

où V est exprimé en km/h et D , la distance à l'infrastructure, en mètres.

2.2. Modélisation de l'exposition au bruit à MLV

Cette partie sera consacrée à l'établissement d'une carte de bruit à Marne-la-Vallée, en se basant sur une affectation à l'Heure de Pointe du soir (HPS).

Un prétraitement des résultats de l'affectation VP est nécessaire avant de pouvoir les exploiter pour le calcul du bruit. Le traitement détaillé est exposé en annexe ; vous en aurez besoin si vous devez utiliser d'autres résultats d'affectation sur le réseau que ceux obtenus pour l'HPS. En résumé, le réseau de routes que nous utilisons sous TransCAD est principalement composé de tronçons à sens unique. Cela signifie que la majorité des routes à double sens sont représentées par deux tronçons superposés, chacun dans un sens de circulation. Cependant, pour le calcul du bruit, le sens de circulation n'a pas d'importance (au vu des simplifications déjà réalisées). Nous devons donc à chaque fois calculer la somme des flux dans les 2 sens lorsque deux tronçons sont superposés.

Dans le cadre de ce TD, nous vous fournissons les résultats de ce traitement dans le fichier « Affect_Simpl.dbd ». Chargez ce fichier et ouvrez la table de données associée. Vous y voyez pour chaque tronçon le flux total de véhicules (après combinaison des flux dans les deux sens de circulation le cas échéant). Pour certains tronçons la valeur de flux est manquante. En effet, soit il n'y avait effectivement aucun flux de circulation dans un sens comme dans l'autre, soit ce tronçon constitue le doublon en sens opposé d'un autre tronçon qui a un flux non nul.

ID	Length	Dir	NUMTYPE	CONNECTEUR	ACTIF	CAPACITE	VITESSE_LIBRE	ALPHA	BETA	INFO_TYPE	AB_Flow
1	0.05	1	21	0	1	1500	43	4.80	3.45	PC: desserte	--
2	0.05	1	21	0	0	1300	40	4.80	3.45	PC: desserte	880.7260
3	0.27	1	21	0	1	1500	46	4.80	3.45	PC: desserte	--
4	0.27	1	21	0	0	1300	40	4.80	3.45	PC: desserte	1.6142
5	0.05	1	13	0	1	4000	75	1.00	3.70	Bd circulaire Difens	--
6	0.05	1	7	0	0	5700	110	0.90	3.80	autoroute	2165.8585
7	0.06	1	13	0	1	3900	50	1.00	3.70	Bd circulaire Difens	--
8	0.06	1	7	0	0	5700	110	0.90	3.80	autoroute	3190.0904
9	0.29	1	21	0	1	4000	70	4.80	3.45	PC: desserte	--
10	0.29	1	21	0	0	1300	40	4.80	3.45	PC: desserte	2849.2695
11	0.20	1	21	0	1	1800	60	4.80	3.45	PC: desserte	--

Sélectionnez les tronçons dont le flux total est strictement supérieur à 0 et qui ne sont pas des connecteurs.

NB : en effet, les connecteurs étant des arcs fictifs, ils n'émettent pas réellement de bruit.

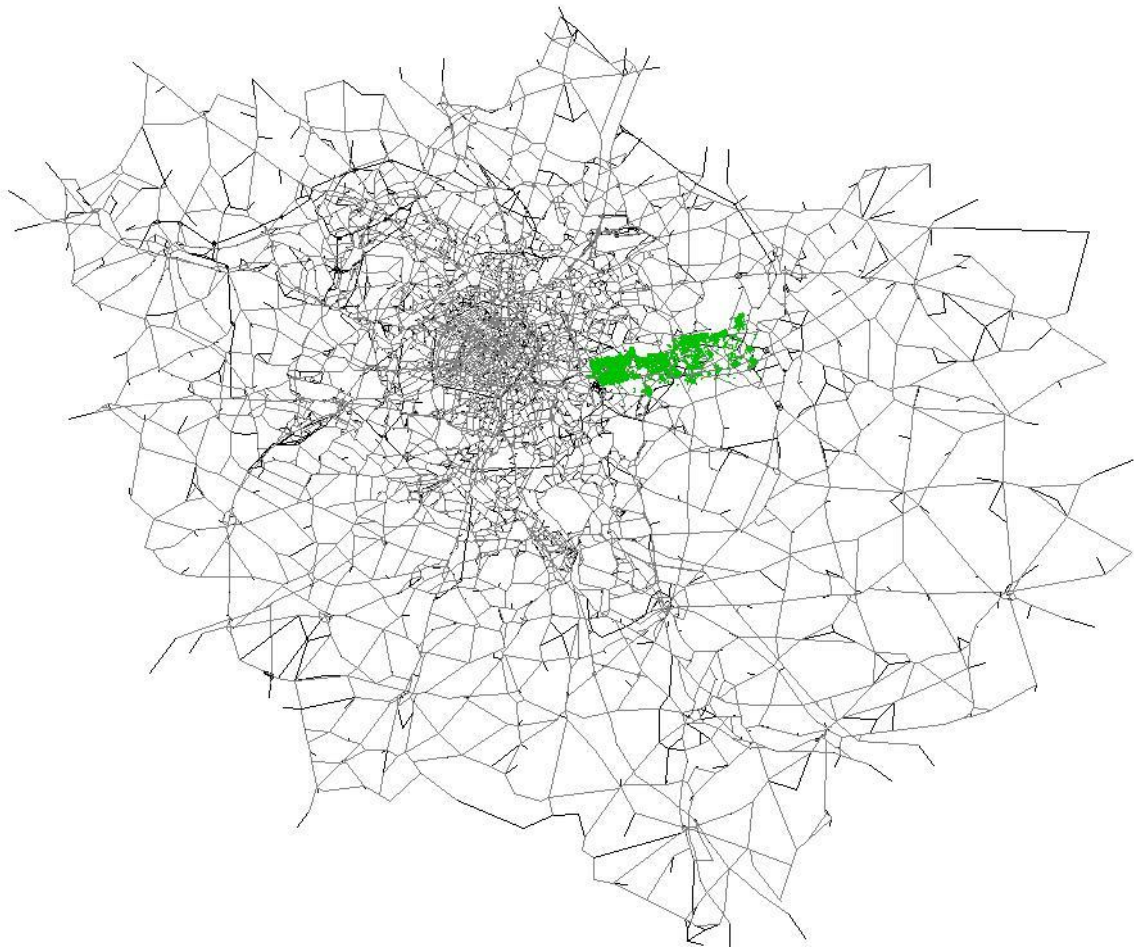
Exportez cette sélection sous forme de couche géographique que vous appellerez « FluxNonNul.dbd » : cela nous évitera des problèmes d'association d'une zone MOS à une infra avec un flux nul alors que son doublon a un flux non nul. Puis, fermez la couche « Affect_Simpl.dbd ».

Superposez dans la même carte les couches « FluxNonNul.dbd » et « Réseau_VP 2008.dbd » (la dernière servira uniquement à des fins illustratives).

2.2.1. Calcul du bruit reçu par les bâtiments

Ajoutez ensuite la couche « DensiMOS_MLV.dbd », résultat du croisement entre le MOS et le recensement à l'îlot. La couche DensiMOS fournit donc une information très précise sur le mode de peuplement d'une zone. Nous allons modifier cette table de façon à rendre possible le calcul de la nuisance sonore subie par les habitants.

Sur la carte ci-dessous apparaissent en noir le réseau VP 2008, en gris les tronçons dont le flux est non nul et en vert le DensiMOS.



Notre estimation du bruit routier va se baser sur un certain nombre d'hypothèses :

- La propagation sera supposée se faire en champ libre, c'est-à-dire sans réverbération sur les façades des bâtiments, ni atténuation du bruit par les bâtiments ;
- Chaque bâtiment sera supposé ne subir le bruit que d'une seule infrastructure : la plus proche.

Affichez la table des données de la couche DensiMOS. Créez deux champs : un nommé « ID_Infra » de type entier qui contiendra le numéro d'identifiant de l'infrastructure routière la plus proche, un autre nommé « Distance_Infra » de type réel donnant la distance en kilomètres du bâtiment à l'infrastructure routière la plus proche.

Pour remplir ces champs, cliquez-droit sur le champ « ID_Infra » et choisissez « **Fill – Tag** », en choisissant l'ID de la couche des tronçons dont le flux n'est pas nul (c'est-à-dire de la couche « FluxNonNul.dbd »).

Procédez de même pour remplir le champ « Distance_Infra » en choisissant « Distance to Feature » dans « **Tag with** ».

Nous disposons donc de l'information nécessaire au calcul du bruit reçu par les bâtiments. En reprenant la formulation du 1.1.4, on obtient l'équation suivante :

$$LA_{eq}(D) = 18 + 10 \log_{10}(Q_{total}) + 20 \log_{10}\left(\frac{V_{AB} + V_{BA}}{2}\right) - 12 \log_{10} D \quad (1)$$

Les vitesses étant fournies en km/h, les débits en véh/h, et la distance en mètres.

Ajoutez un attribut nommé « L_hps » à la table DensiMOS et effectuez ensuite une jointure avec la table contenant les données de voirie et les résultats de l'affectation avec flux non nul. Comme FluxNonNul.dbd est une couche géographique, il faudra sélectionner pour la jointure le fichier .bin associé à cette couche géographique (appelé FluxNonNul.bin). Utilisez pour la jointure le champ « ID_Infra ». Enfin, calculez l'attribut « L_hps » avec la formule suivante afin que le niveau de bruit soit compris entre 30 DB(A) et 135 DB(A) :

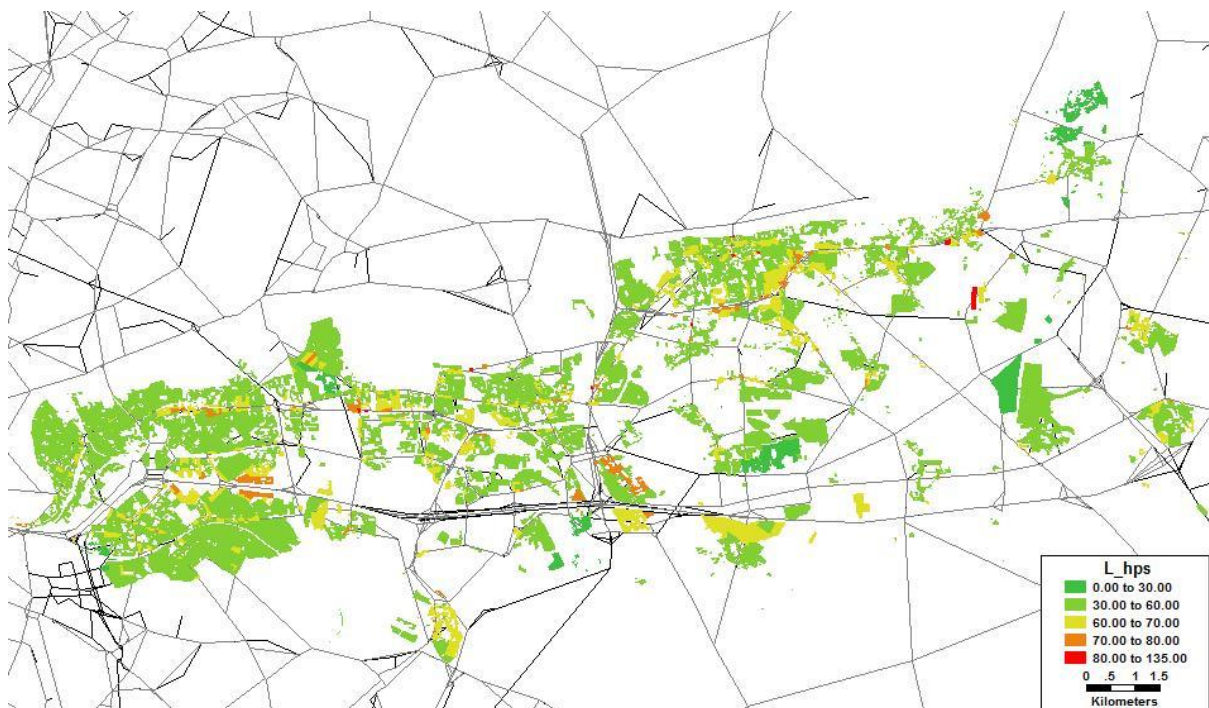
$$\min(135, \max(30, 18 + 10 * \log_{10}(\text{Tot_Flow}) + 20 * \log_{10}([\text{High AB_Speed}]) - 12 * \log_{10}(1000 * \text{Distance_Infra})))$$

2.2.2. Estimation de la population touchée

Nous disposons désormais de l'ensemble des informations nécessaires à l'estimation de la population touchée par le bruit routier à MLV (toujours dans notre cadre simplificateur).

Commencez par réaliser une analyse thématique par couleur du bruit reçu sur MLV.

RESULTAT ATTENDU



A l'aide de sélections par condition, estimez et représentez sur des cartes la population exposée, pendant l'heure de pointe du soir, à un niveau sonore supérieur à 60 DB(A), puis 70 DB(A). Que constatez-vous, en relation avec le type d'infrastructure à proximité ?

2.2.3. Utilisation d'un indice journalier et des zones tampons

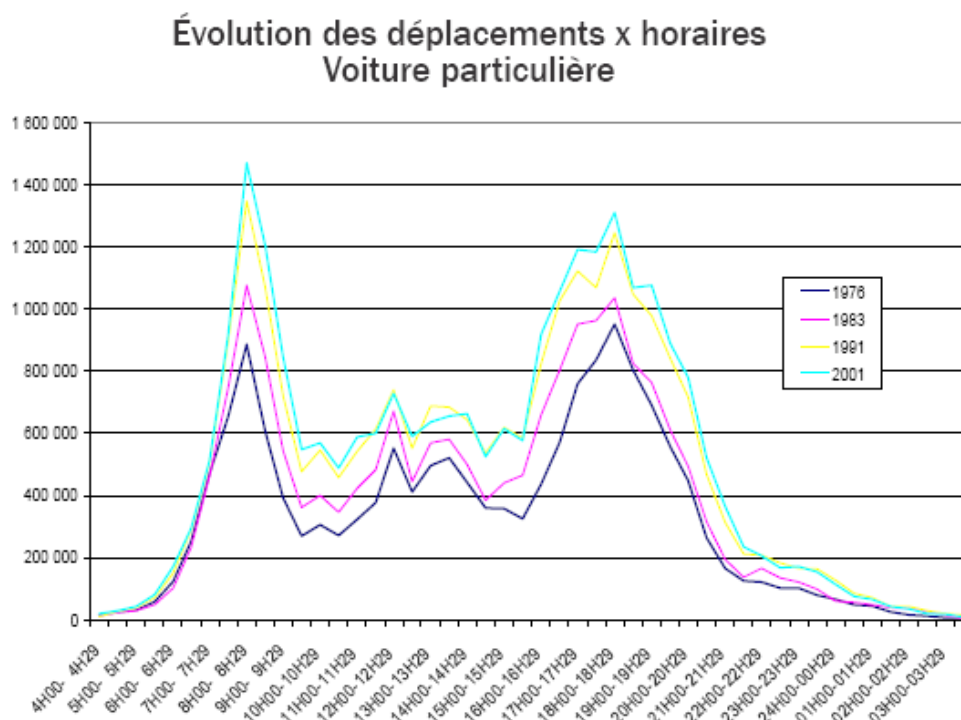
Nous allons dans ce paragraphe employer une méthode différente pour analyser et représenter la population touchée par le bruit. Pour cela, nous commencerons par déterminer un indice journalier d'exposition au bruit, puis nous utiliserons la fonction TransCAD permettant de créer des zones tampons autour des axes routiers.

L'indice que nous allons déterminer, moyennant un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, est l'indice européen d'exposition au bruit : L_{den} . Ce dernier est défini de la façon suivante :

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{LA_{eq}(jour)}{10}} + 4 \times 10^{\frac{LA_{eq}(soir)+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{LA_{eq}(nuit)+10}{10}} \right)$$

En considérant que la période *jour* s'étale de 6h à 18h, *soir* de 18h à 22h, et *nuit* de 22h à 6h. La définition de cet indice donne donc une importance plus grande aux bruits subis pendant la soirée, et encore plus à ceux reçus pendant la nuit, puisque les niveaux sonores de ces périodes sont majorés de respectivement 5 et 10 DB(A).

Cependant, en ce qui nous concerne, nous ne disposons pas des valeurs des niveaux sonores enregistrés pendant les différentes périodes. Nous ne connaissons, avec les calculs effectués plus haut, que les niveaux sonores pendant l'heure de pointe du soir (HPS). Nous allons donc utiliser le profil horaire des déplacements en VP en Île-de-France, fourni par l'EGT, pour calculer un indice journalier approché :



Compte tenu du profil en question (en 2001), nous prendrons les valeurs suivantes pour les flux au cours de la journée :

$$Q_{6h-7h} = Q_{HPS}/2$$

$$Q_{7h-9h} = Q_{HPS}$$

$$Q_{9h-16h} = Q_{HPS}/2$$

$$Q_{16h-19h} = Q_{HPS}$$

$$Q_{19h-22h} = Q_{HPS}/3$$

$$Q_{22h-6h} = Q_{HPS}/24$$

où Q_{HPS} représente le flux sur l'axe à l'heure de pointe.

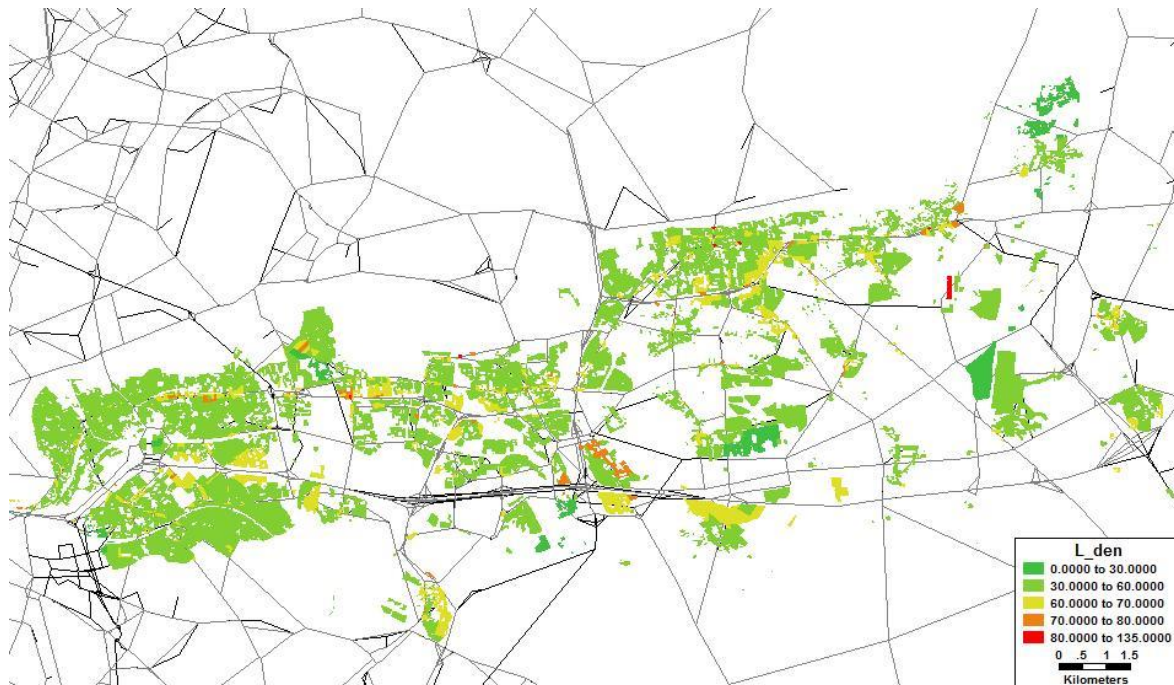
Par ailleurs, nous considérerons que la vitesse des véhicules sur l'axe est la même tout au long de la journée. L'équation (1) permet donc d'obtenir les niveaux sonores des différentes heures de la journée. Ainsi, la valeur de l'indice journalier peut être trouvée avec la formule suivante :

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(10^{\frac{L_{HPS}-10 \log 2}{10}} + 2 \times 10^{\frac{L_{HPS}}{10}} + 7 \times 10^{\frac{L_{HPS}-10 \log 2}{10}} + 2 \times 10^{\frac{L_{HPS}}{10}} + 10^{\frac{L_{HPS}+5}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_{HPS}+5-10 \log 3}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{HPS}+10-10 \log 24}{10}} \right)$$

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left(\frac{17,7}{24} 10^{\frac{L_{HPS}}{10}} \right)$$

Ajoutez un champ L_{den} à la table DensiMOS, et calculez, à l'aide de la formule précédente, le niveau journalier d'exposition au bruit. Réalisez ensuite une carte d'exposition au bruit. Rappelez l'ensemble des hypothèses choisies pour réaliser cette analyse, et donnez-en les limites.

RESULTAT ATTENDU



Nous allons maintenant utiliser un outil de TransCAD pour représenter différemment le niveau sonore autour des infrastructures routières. TransCAD dispose en effet de la possibilité de créer des zones dites « tampons » autour d'objets géographiques (lignes, points, polygones). Nous allons nous servir de cette fonction pour réaliser une carte représentant les zones où le niveau sonore dû à la circulation routière dépasse 70 DB(A).

Affichez la fenêtre de donnée associée à la couche géographique *FluxNonNul*. Avec l'item « **Dataview – Formula Fields** », créez une formule donnant la distance, autour de chacun des axes, pour laquelle le niveau sonore journalier (L_{den}) est de 70 DB(A) :

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left(\frac{17,7}{24} 10^{\frac{18+10 \log Q + 20 \log V - 12 \log D}{10}} \right)$$

D'où :

$$L_{den} \geq 70 \text{ DB(A)} \Leftrightarrow D_{70} \leq 10^{\frac{1,8}{1,2}} \left(\frac{QV^2}{10^7} \frac{17,7}{24} \right)^{\frac{1}{1,2}} \text{ (en mètres)}$$


Cependant, cette valeur de distance se place dans l'hypothèse du champ libre. Or, cette hypothèse n'est pas valide en milieu urbain et périurbain. C'est pourquoi nous limiterons à 500 mètres la distance « $L_{den} > 70$ ». La formule à entrer est donc :

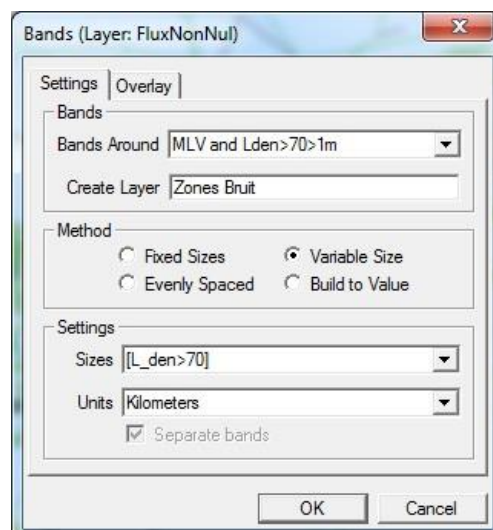
$$\min((\text{pow}(10, 1.8/1.2) * \text{pow}((17.7/24) * \text{TOT_Flow} * \text{pow}([\text{High AB_Speed}], 2) / \text{pow}(10, 7), 1/1.2)) / 1000, .5)$$

L'outil TransCAD permet d'utiliser 4 méthodes distinctes pour réaliser des zones tampons :

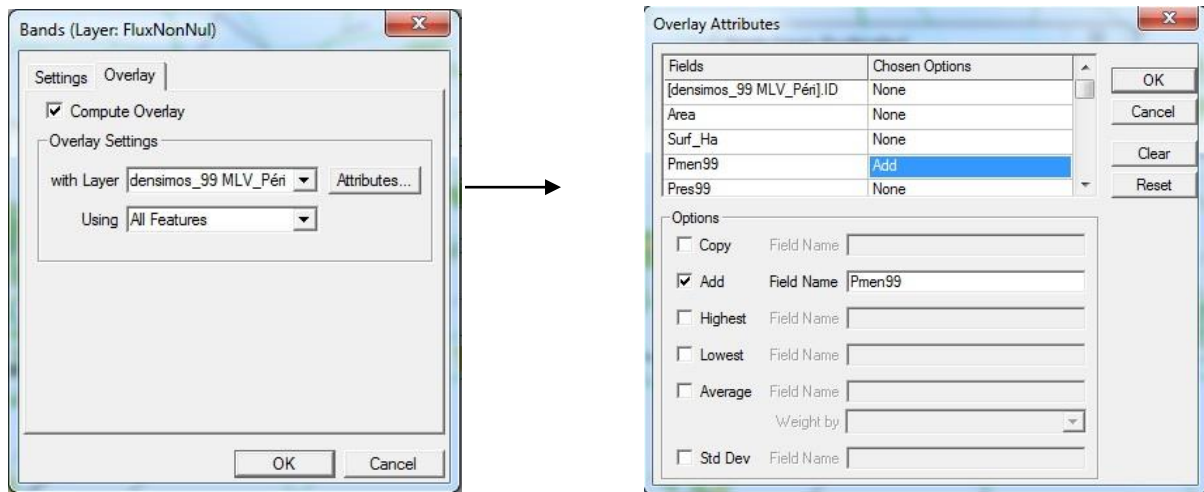
- « Fixed Sizes » : bandes de tailles fixes.
- « Evenly Spaced » : bandes régulièrement espacées autour des objets.
- « Variable Size » : bande dont la taille est fixée dans un champ attaché aux objets.
- « Build to Value » : pour créer, par exemple, des bandes recouvrant une population donnée.

La méthode qui convient ici est celle de « Variable Size ». Nous allons utiliser le champ « $L_{den} > 70$ » pour représenter les zones tampons.

Sélectionnez la couche de voirie *FluxNonNul*. Réalisez une sélection de tronçons dans une zone proche de MLV (pour limiter le temps de calcul) et tels que « $L_{den} > 70$ » est supérieur à 1m (cela n'enlève rien à la généralité mais évite bien des bug). Sur la carte contenant également le DensiMOS, réalisez les bandes. Pour cela sélectionnez l'item « **Tools – Geographic Analysis – Bands** » ou par raccourci  et remplissez les champs comme indiqué en utilisant la sélection que vous venez de créer :

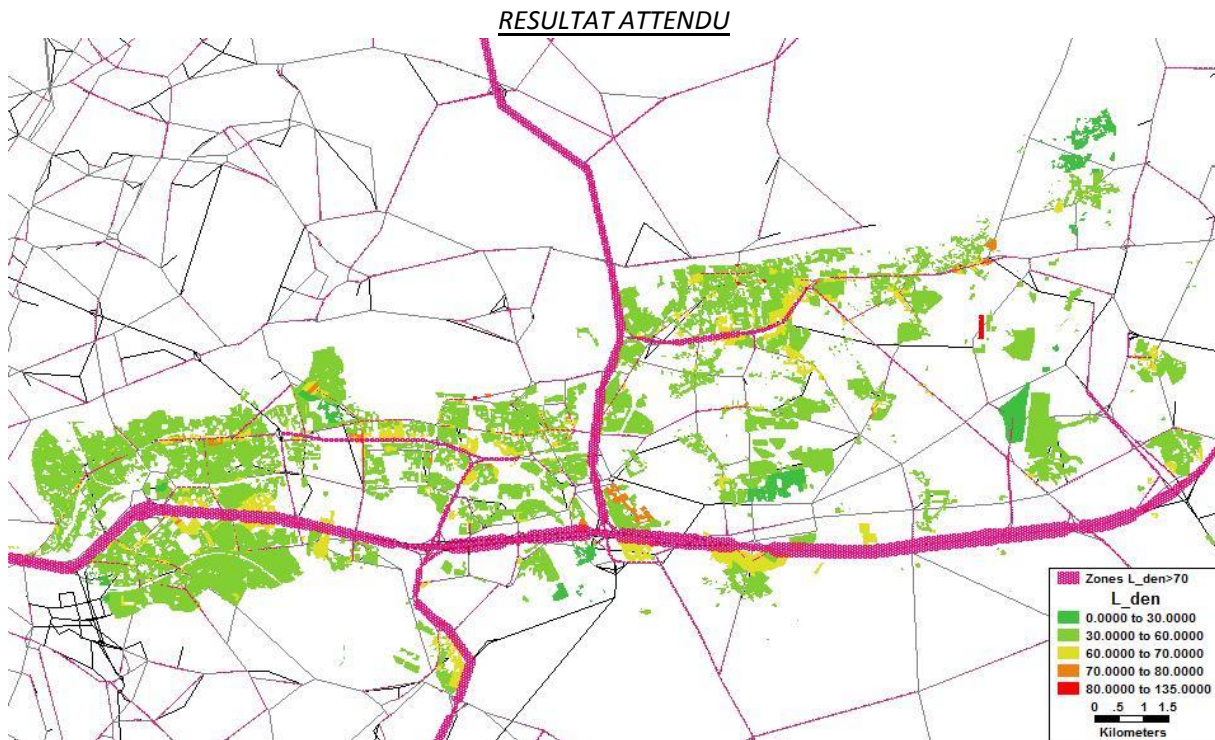


Allez ensuite dans l'onglet « Overlay », de façon à évaluer la population touchée par ces niveaux de bruit supérieurs à 70 DB(A) :



Dans les attributs, sélectionnez uniquement la population « Pmen99 ». Lancez ensuite la procédure.

La table de données qui s'affiche est le résultat de la procédure de calcul de l'« Overlay » (« **Dataview – Statistics** » pour connaître la population touchée totale), tandis que sur la carte une couche contenant les zones tampons a été automatiquement ajoutée. Vous remarquerez que chaque tronçon a sa propre bande autour de lui. Cela conduit à des superpositions de bandes au niveau des nœuds des tronçons. Avec la procédure Overlay, le décompte de la population est donc surestimé (cette erreur sera d'autant plus grande que les bandes sont larges et les superpositions nombreuses). Cela constitue une des limites de cette procédure. En modifiant le style de la couche obtenue, vous pouvez obtenir la carte suivante :



Commentez brièvement cette carte, en comparant les résultats issus des deux méthodes précédentes. En particulier tenez compte de leurs limites. Parmi ces limites, on peut citer : dans la première méthode c'est la position du barycentre de la zone MOS qui compte, il suffit que celui-ci se trouve trop proche du tronçon d'infrastructure pour que toute la zone MOS soit comptée à 70 décibels. Dans la deuxième, malgré les regroupements des tronçons doubles en un seul, certaines grandes infrastructures présentent des situations où les flux sources devraient être sommés (dans le cas des échangeurs par exemple, les bretelles sont très proches physiquement mais non superposées, leur flux devraient être comptés ensemble mais ne le sont pas). De même, dans les situations où plusieurs infrastructures contribuent au niveau de bruit ambiant, seul le flux du tronçon le plus proche est compté dans les sources.

Remarque : l'analyse présentée ici a été réalisée en prenant la couche DensiMOS mais vous pouvez, pour votre projet, vous servir des résultats d'affectation de la population et des emplois aux bâtiments (TD 6 « Consommations et organisation socio-économique »).

2.2.4. Evaluation économique du bruit

Le bruit, en tant que nuisance ressentie par la population, représente un coût pour l'utilisateur, ou plus simplement, les habitants. Ce coût peut être évalué de diverses manières. Mais la méthode la plus répandue reste celle des préférences révélées. Elle consiste à observer les arbitrages réalisés par les agents entre des biens immobiliers similaires qui ne se distinguent que par un élément (ici, le bruit). La différence de prix, toutes choses égales par ailleurs, peut donc être directement imputée à la différence de niveau sonore subi dans les deux logements.

De nombreuses études ont été menées de façon à déterminer, dans ce cadre, l'influence du bruit sur le prix du logement, et donc le coût du bruit. Les estimations varient mais une baisse de 0,4 à 1,2% de la valeur locative par DB(A) est généralement admise (cf. Rapport Boiteux 2, de 2001). Cette valeur de dépréciation est par ailleurs variable suivant le niveau sonore (une augmentation de 1 DB(A) n'a pas le même effet sur le prix lorsqu'elle fait passer le niveau sonore de 50 à 51 DB(A) et quand elle le fait passer de 80 à 81 DB(A)).

Nous utiliserons pour notre part une valeur de 1%, lorsque le niveau sonore L_{den} dépasse 60 DB(A). Par ailleurs, nous considérerons une valeur nominale au mètre carré de 2700 euros (à l'achat).

Ouvrez la fenêtre de données contenant la jointure entre le DensiMOS et la voirie (ainsi que le résultat du calcul du niveau sonore à l'HPS et le L_{den}).

A l'aide de l'item « **Dataview – Formula Fields** », calculez la valeur totale (tenant compte de la surface habitable) perdue pour chaque élément du DensiMOS.

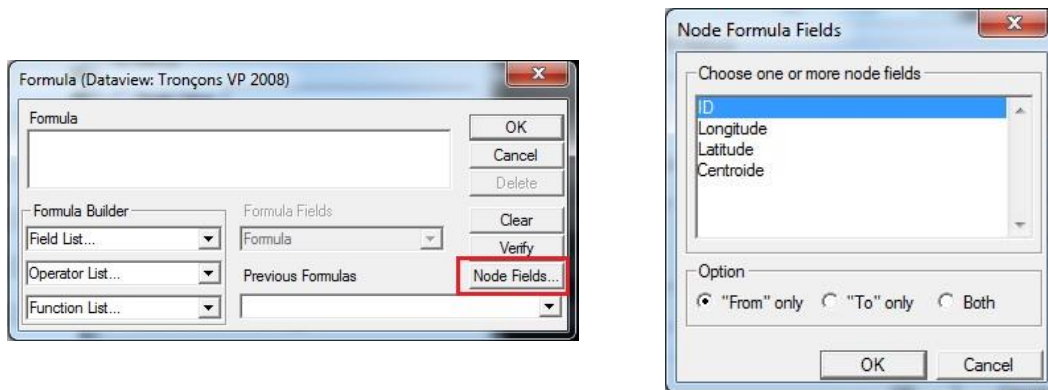
Enfin, grâce à l'outil « **Dataview – Statistics** », donnez la valeur totale en millions d'€ perdue sur l'ensemble de MLV en raison des nuisances sonores.

Annexe – Prétraitement des données d'affectation VP pour le calcul du bruit

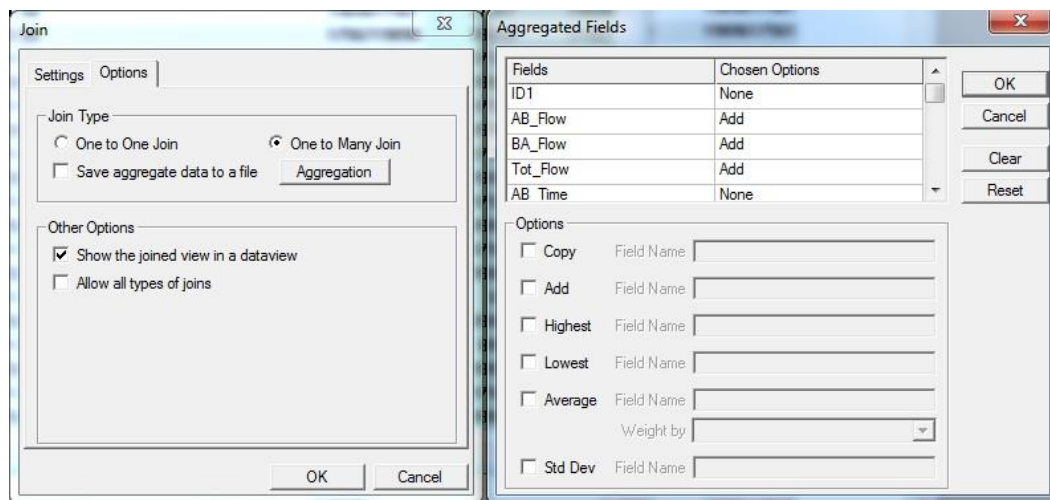
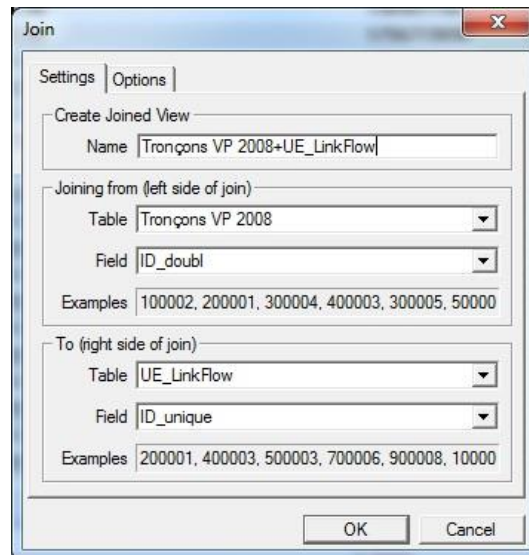
Traitement des fichiers d'affectation pour supprimer les tronçons doublons.

Ouvrez la courte géographique du réseau : « Réseau_VP 2008.dbd ». Ouvrez le fichier d'affectation « UE_LinkFlow.bin » (ou autre si vous l'avez appelé autrement).

1. Créer l'identifiant unique pour les doublons dans la table *UE_LinkFlow*
 - a. Créez le champ « ID_unique » de type entier dans la table d'affectation UE_LinkFlow
 - b. Ajoutez deux champs « From ID » et « To ID » dans la table de données associée au réseau *Réseau_VP 2008* (pas besoin de créer de champ préalable, faites simplement clic droit sur n'importe quelle colonne, « **Fill – Formula** » puis choisissez Node Fields et respectivement « From only » et « To only »)



- c. Joignez UE_LinkFlow et la couche du réseau (réseau à gauche, affectation à droite) en utilisant l'ID des tronçon du réseau.
 - d. Remplissez le champ « ID_unique » avec la valeur $100000 * \max([From ID], [To ID]) + \min([From ID], [To ID])$. (on utilise 100000 car on sait qu'il y aura au plus 5 chiffre dans From ID ou To ID).
 - e. « **Dataview - Drop Join** »
2. Créez l'identifiant différent pour chaque doublon dans la table du réseau
 - a. Créez le champ « ID_doubl » de type entier dans la table du réseau
 - b. Remplissez ce champ avec $100000 * [From ID] + [To ID]$
3. Jointure multiple pour l'affectation
 - a. Faites la jointure multiple entre le réseau (à gauche) et l'affectation (à droite) en utilisant les champs ID_unique et ID_doubl. Choisissez les valeurs à agréger : AB_flow, BA_flow et Tot_flow – somme ; AB_speed et BA_speed – high value.



- b. Exportez la couche obtenue (standard geographic file!), appelez-la Affect_Simpl.dbf (affectation simplifiée)
- c. Fermez tous les fichiers, ouvrez de nouveau Affect_Simpl.dbf et supprimez les champs inutiles : ID_doubl, To ID, From ID, N UE_LinkFlow