

Le croisement des savoirs:

-L'intégration de l'évaluation du
risque sanitaire dans une politique
publique

-Des questions de recherche



L'exemple du futur contournement d'Angers
(CNA-A11) dans la ville d'Avrillé

Le contexte

- Le maire d'Avrillé saisit VNC. Pourquoi cette saisine?

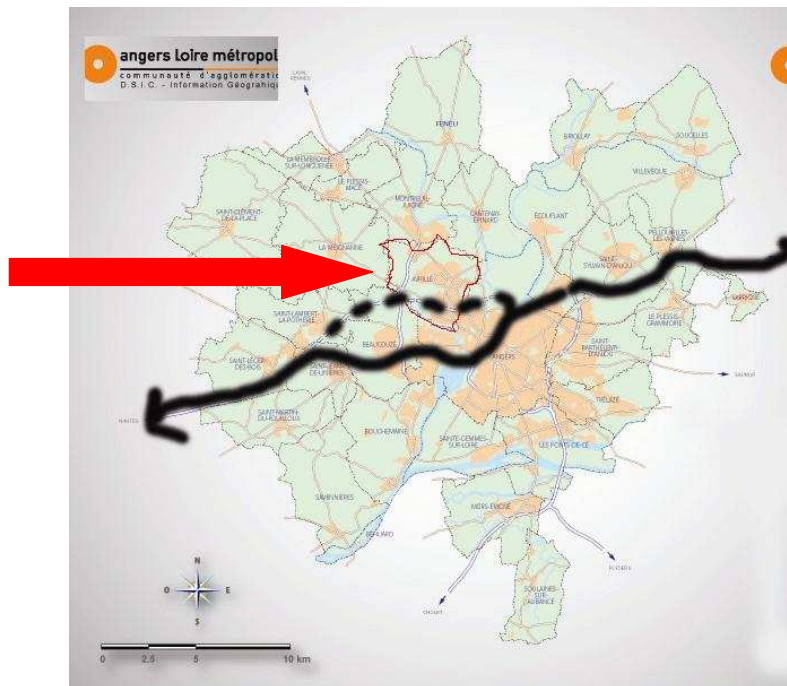
- Une étude dans le cadre du programme Primequal pilotée par L.Charles: «" *Pollutions atmosphériques et santé environnementale. Quels enjeux ? Quels acteurs ? Quelles préventions ?* ».

- La méthode du risk assesment
- Des questions de recherche
 - Sur l'apport de la méthode
 - Sur son utilisation

Le maire d'Avrillé saisit VNC. Pourquoi cette saisine?



Avrillé



Pirv231007

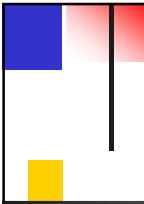
Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Le maire d'Avrillé saisit VNC. Pourquoi cette saisine?



- Avrillé concerné par le contournement
- Prévu depuis longtemps (emprise foncière)
- Mais le maire avait laissé de nombreuses constructions s'installer
- Le contournement présente alors un danger sanitaire



*«" Pollutions atmosphériques et santé
environnementale. Quels enjeux ? Quels acteurs?
Quelles préventions ? ».*

- Une étude dans le cadre du programme Primequal pilotée par L.Charles qui comprend une partie sur des exemples locaux:
 - Agglomération parisienne
 - Agglomération d'Angers
 - Région Nord-Pas-de-Calais
- A Angers les préoccupations de santé environnementale sont très présentes (maire médecin). 2 questions qui fâchent
 - L'incinérateur
 - L'autoroute urbaine

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec





La méthode du « risk assesment » appliquée aux trafics prévus

- **Modélisation en trois étapes:**
 - Estimation des émissions (hors tunnel)
 - Pour chaque tronçon de route homogène en
 - Flux de véhicules
 - vitesse moyenne de circulation
 - déclivité
 - Pour chaque sens de circulation
 - Estimation des émissions en sortie ouest du tunnel
 - Modélisation de la dispersion
- **Deux cas: Modélisation des concentrations**
 - en moyenne journalière annuelle
 - à l'heure de pointe du soir
- **Comparaison:**
 - Aux normes de la qualité de l'air
 - À la situation 2005

Modélisation des émissions (hors tunnel) : Données d'entrée (1/4)

- Logiciel: Impact avec méthode européenne COPERT III
- Horizon 2010
- Flux de VL et de PL (COFIROUTE) :

	TMJA (véh/j)		HPS (véh/h)	
	VL	PL	VL	PL
Vers RD 106	26 100	2 200	2 216	143
Vers RD 107	26 600	2 500	2 263	161

- Proportion de VP/VL: 77 % (moyenne nationale)
- Taux de charge des PL : 70 % (moyenne nationale)

Modélisation des émissions (hors tunnel): Données d'entrée (2/4)

- Intervalle de pente de la route :
 - [-4%; 0%]
 - [0; 4 %]
- Vitesse moyenne en km/h (SCAO SOCASO et Ademe) :

Pente	Type de véhicule	vitesse moyenne (TMJA)	vitesse moyenne (HPS)
[-4% ; 0%]	VL	90	10
	PL	86	16
[0% - 4%]	VL	90	10
	PL	64	16

- Longueur des tronçons:
 - Tronçon 1: 1239 m
 - Vers RD 106, pente: [-4% ; 0]
 - Tronçon 2 : 1261 m
 - Vers RD 106, pente [0 %; 4%]

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Modélisation des émissions (hors tunnel) : Données d'entrée (3/4)

- Surémission à froid: coefficient = 0
- Températures min et max mensuelles à la station Beaucouze, année 2005 (Météo France)
- Données intégrées dans Impact :
 - Structure fine du parc français de véhicules, année 2010 (LTE, INRETS) selon
 - Type de carburant (Essence, diesel)
 - Essence: < 1,4 l; 1,4 l – 2 l; > 2 l
 - Diesel: < 2l; > 2l
 - Catalysée/ non catalysée etc.

Modélisation des émissions (hors tunnel) : Résultats (4/4)

- Émissions liées au trafic TMJA (g/j) *

Tronçon	CO	NOx	Particules diesel	SO ₂	C ₆ H ₆
1	26 800	49 200	2 440	374	47
2	27 500	51 900	2 510	393	48

- Émissions liées au trafic HPS (g/h) *

Tronçon	CO	NOx	Particules diesel	SO ₂	C ₆ H ₆
1	11 200	6 810	412	56	20
2	11 400	7 000	420	57	20

* En gras, émissions les plus abondantes



Modélisation des émissions du tunnel: Données d'entrée

- Flux de polluant émis par véhicules roulant dans tunnel

	CO	NO _x	Particules diesel	SO ₂	C ₆ H ₆
Émissions en moyenne annuelle (g/j)	16 500	24 000	1 500	190	32
Emissions horaires (g/h)	7 490	4 120	270	34	13

- Émissions (en moyenne annuelle et horaires) les plus abondantes: CO et NO_x

Modélisation de la dispersion : Données d'entrée (1/2)

- Logiciel: ADMS 3
- Zone d'étude:
 - 4,2 km * 5,2 km
 - 546 mailles de côté 200 m
- 4 sources linéaires (= tronçons):

	Hauteur * (m)	Largeur (m)	Longueur (m)
Tronçon 1	11	22,6	1000
Tronçon 2	0	23,8	239
Tronçon 3	1	22,6	561
Tronçon 4	3	22,6	700

* Hauteur = cote du terrain – cote de référence (tronçon 2)

- 1 source ponctuelle (= sortie ouest) : placée à mi hauteur du tunnel

	Hauteur ** (m)	diamètre (m)	vitesse d'émission (m/s)	
			TMJA	HPS
Entrée ouest	8,7	9,6	1,16	2,59

** Hauteur = cote du terrain + (hauteur du tunnel/2) – cote de référence

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Modélisation de la dispersion : Données d'entrée (2/2)

- Données météorologiques de la station Beaucouze (Météo France)
 - Température
 - Vitesse et direction du vent
 - Nébulosité et précipitations

- Hypothèses:
 - Particules diesel assimilées à des $PM_{2.5}$
 - Milieu urbain: $PM_{2.5} = 0,70 PM_{10}$ (Etude APHEIS)
 - NO_x assimilés au NO_2

Résultats : C_{TMJA} (µg/m³) liées au trafic sur CNA-A11

	NO ₂	SO ₂	CO	PM _{2,5}	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Normes CE / Objectif qualité OMS	40/40	-/50	-/-	-/-	5/-	20/-
Ecole chps des Martyrs	1,90	0,01	1,18	0,11	2,17 10 ⁻³	0,15
Ecole Pierre et Marie Curie	1,40	0,01	0,82	0,07	1,48 10 ⁻³	0,11
Maison des jeunes et de la culture, allée châtaigniers	3,77	0,03	2,26	0,21	4,12 10 ⁻³	0,29
Maison de retraite le parc de la plesse	2,59	0,02	1,41	0,13	2,49 10 ⁻³	0,18
Centre de Loisirs municipal	1,40	0,01	0,82	0,07	1,48 10 ⁻³	0,11
Piscine	2,04	0,02	1,24	0,11	2,27 10 ⁻³	0,16
Association sportive	0,76	0,006	0,46	0,04	8,32 10 ⁻⁴	0,06
Stade de la Chênaie	6,28	0,05	3,92	0,36	7,26 10⁻³	0,51
Ecole Bois du Roy	2,10	0,02	1,24	0,11	2,25 10 ⁻³	0,16
Maison des jeunes et de la culture, allée G Brassens	2,10	0,02	1,24	0,11	2,25 10 ⁻³	0,16
Centre de Loisirs du parc de la Haye	0,94	0,007	0,55	0,05	1,00 10 ⁻³	0,07
Collège Clément Janequin	1,09	0,008	0,62	0,06	1,10 10 ⁻³	0,08

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Analyse des C_{TMJA}

- Site le plus exposé : Stade de la Chênaie
- Site le moins exposé : Association sportive d'Avrillé
 - Niveaux de polluants: 8 à 9 moins élevés
- Maison de retraite: 2 à 3 fois moins élevée
 - Le plus éloigné de la sortie ouest
 - 120 m du CNA-A11
- Collège Clément Janequin: 6 à 7 fois moins élevés
 - Site le plus éloigné du CNA-A11



Comparaison des C_{TMJA} aux normes de la qualité de l'air

- **Concentrations moyennes annuelles en NO_2**
 - Comprises entre $0,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $6,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Inférieures à la valeur limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) d'un facteur 6 à 53
 - Inférieures à l'objectif de qualité de l'air ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- **Concentrations moyennes annuelles en SO_2**
 - Concentration maximale: $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Inférieure à l'objectif de qualité de l'air ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- **Concentrations moyennes annuelles en C_6H_6**
 - Comprises entre $8,32 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $7,26 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Inférieures d'un facteur 689 à 6 010 à la valeur limite ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- **Concentrations moyennes annuelles en PM_{10}**
 - Inférieures d'un facteur 39 à 337 à la valeur limite ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Résultats: C_{HPS} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dues au trafic sur CNA-A11

	NO₂	SO₂	CO	PM_{2,5}	C₆H₆	PM₁₀
Normes CE / Objectif qualité OMS	200/200	350/-	-/30000	-/-	-/-	-/-
Ecole chps des Martyrs	8,05	0,07	14,09	0,51	0,02	0,73
Ecole Pierre et Marie Curie	5,40	0,04	9,20	0,34	0,02	0,48
Maison des jeunes et de la culture, allée châtaigniers	13,01	0,11	22,21	0,81	0,04	1,16
Maison de retraite le parc de la plesse	8,80	0,07	14,46	0,53	0,03	0,76
Centre de Loisirs municipal	5,40	0,04	9,20	0,34	0,02	0,48
Piscine	7,05	0,06	12,20	0,44	0,02	0,63
Association sportive	2,67	0,02	4,60	0,17	0,008	0,24
Stade de la Chênaie	20,15	0,16	34,92	1,27	0,06	1,82
Ecole Bois du Roy	7,35	0,06	12,58	0,46	0,02	0,66
Maison des jeunes et de la culture, allée G Brassens	7,35	0,06	12,58	0,46	0,02	0,66
Centre de Loisirs du parc de la Haye	3,69	0,03	6,31	0,23	0,01	0,33
Collège Clément Janequin	3,61	0,03	6,05	0,22	0,01	0,32

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Comparaison 2005 et 2010 TMJA

- Moyennes annuelles de NO₂ de 2005 à 2010 augmentent entre :
 - 4 % à l'association sportive
 - 27 % au stade de la Chênaie

- Moyennes annuelles de SO₂ et de PM₁₀ de 2005 à 2010 augmentent du même ordre de grandeur :
 - entre 0,2 % (association) et 3 % (Chênaie)

- Moyennes annuelles de CO de 2005 à 2010 augmentent entre :
 - 0,3 % à l'association sportive
 - 1,5 % au stade de la Chênaie



Comparaison 2005 et 2010 HPS

- Maxima horaires de NO₂ de 2005 à 2010 augmentent entre :
 - 4 % à l'association sportive
 - 31 % au stade de la Chênaie

- Maxima horaires de CO et de PM₁₀ de 2005 à 2010 augmentent du même ordre de grandeur :
 - Entre 0,4 % (association) et 3,0 % (Chênaie)

- Maxima horaires de SO₂ de 2005 à 2010 augmentent entre :
 - 0,2 % à l'association sportive
 - 1,6 % au stade de la Chênaie



Conclusions

- Concentrations annuelles / horaires dues au trafic sur les sites sensibles retenus :
 - Inférieurs aux valeurs limites
 - Et/ou aux objectifs de la qualité de l'air

- Augmentation des concentrations entre 2005 et 2010
 - La plus forte au stade de la Chênaie
 - La plus faible à l'association sportive

- Mais passage de 2*2 voies à 2*3 voies en 2020



Incertitudes

- Principales Incertitudes :
 - Sur modélisation des émissions :
 - Manque de données spécifiques : utilisation de moyennes nationales
 - Pas d'émission de particules par les véhicules essence
 - Sur modélisation de la dispersion :
 - Absence de prévision météo à 5 ans
 - ADMS3: incertitude de 20 % sur les résultats



Impacts sur la santé liés au futur contournement d'Angers dans la ville d'Avrillé

Partie 3: Évaluation de risques sanitaires

Vincent Nedellec Consultants



Méthodes d'évaluation des risques sanitaires

- Évaluation de l'impact sanitaire selon la méthode de l'InVS
 - NO₂
 - SO₂
 - PM₁₀
- Évaluation Quantitative des risques sanitaires (méthode de l'US-EPA)
 - CO
 - C₆H₆

EIS: Principes généraux

- Choix de la zone d'étude:
 - bande de 200 mètres de part et d'autres du CNA-A11
- Principales étapes :
 - Estimer les niveaux d'exposition de la population
 - Recenser:
 - Fonctions expositions risques (FER) (mortalité, morbidité)
 - Données statistiques sanitaires (mortalité, hospitalisation)
 - Données de population
 - Estimer quantitativement l'impact: calcul du nombre de cas attribuables

$$NC_a = \text{somme } n_j = N_r [RR (E_j - E_r) - 1] / RR (E_j - E_r)$$



Niveau de référence (E_r) = 0 (pas de trafic sur le CNA-A11)

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Les fonctions expositions-risques (1/2)

- FER chez les adultes (Guide InVS, 2003)
- A court terme, pour une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , SO_2 ou NO_2 :
 - Mortalité anticipée (tous âges):
 - Totale
 - Spécifique : respiratoire ou cardiovasculaire
 - Morbidité : Hospitalisations pour causes
 - Respiratoires pour les 15-64 ans et les > 65 ans
 - cardiaques (Tous âges et > 65 ans)
 - Cardiovasculaires (Tous âges et > 65 ans)
- A long terme, pour une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} :
 - Mortalité anticipée (> 30 ans)



Les fonctions expositions-risques (2/2)

- FER chez les enfants :
 - Mortalité post-néonatale respiratoire (PM_{10})
 - Crises d'asthme chez les 5-15 ans (NO_2 , PM_{10})
 - Bronchites chez les 5-15 ans (NO_2 , PM_{10})
 - Admissions hospitalières
 - pour asthme chez les < 15 ans (NO_2 , PM_{10})
 - pour causes respiratoires chez les < 15 ans (NO_2 , PM_{10})
 - Visites médicales d'urgence pour causes respiratoires chez les < 15 ans (NO_2 , PM_{10})



Données sanitaires et de population

- Données sanitaires (mortalité, hospitalisations):
 - Chez les adultes:
 - Mortalité (CT et LT) : SC8-INSERM
 - Morbidité: base nationale PMSI – Ministère de la santé
 - Chez les enfants:
 - Mortalité post néonatale : Base Score santé - FNORS
 - Crises d'asthme : Enquête CREDES
 - Bronchite aiguë : Enquête suisse
 - Morbidité hospitalière: Base nationale PMSI
 - Visite médicale d'urgence: Etude épidémiologique de Médina et al.
- Données de population:
 - 838 habitants par km² (INSEE, 1999)
 - Soit 34 habitants par maille
 - Répartition par classe d'âge: calculée par l'IFEN à partir des données INSEE

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec

Résultats dans la bande des 200 mètres

- Chez les adultes:

Age	Effets	Types	Polluants	Taux d'incidence (pour 100 000)	Effectif	Impact lié au TMJA 2010 (nombre de cas par an)
> 30 ans	Mortalité LT	Ttes causes	PM ₁₀	0,01342	1 254	0,05
Ts âges	Mortalité CT	Ttes causes	NO ₂	0,00835	2 045	0,15
Ts âges	Mortalité CT	Cardiovasculaires	NO ₂	0,00279	2 045	0,06
Ts âges	Mortalité CT	Respiratoires	NO ₂	0,00074	2 045	0,02
15-64 ans	Hospitalisations	Respiratoires	NO ₂	0,00671	1 328	0,02
> 65 ans	Hospitalisations	Respiratoires	NO ₂	0,02708	337	0,03
Ts âges	Hospitalisations	Cardiovasculaires	NO ₂	0,02231	2 045	0,43
Ts âges	Hospitalisations	cardiaques	PM ₁₀	0,01192	2 045	0,008
> 65 ans	Hospitalisations	cardiaques	PM ₁₀	0,04980	337	0,007

- $NC_A < 1$

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec

EIS: Résultats dans la bande des 200 mètres

- Chez les enfants :

Age	Effets	Types	Polluants	Taux d'incidence (pour 100 000)	Effectif	Impact lié au TMJA 2010 (nombre de cas par an)
1-12 mois	Mortalité PN	Respiratoires	PM ₁₀	0,00002	27	1 10 ⁻⁵
5-15 ans	Crises d'asthme		NO ₂	0,20477	253	3
< 15 ans	Bronchites aiguës		NO ₂	0,12200	380	5
< 15 ans	Hospitalisations	Respiratoires	NO ₂	0,02591	380	0,08
< 15 ans	Hospitalisations	Asthme	NO ₂	0,00239	380	0,01
< 15 ans	Visites médicales d'urgence	Asthme	NO ₂	0,00319	380	0,008

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Résultats dans la bande des 200 mètres

- Évènements les plus observés chez les enfants:
 - Bronchites
 - Crises d'asthme
- Influence de la pollution liée au trafic plus marquée aux âges extrêmes de la vie (enfants, > 65 ans) en terme d'hospitalisations pour causes respiratoires

EIS: Résultats sur les sites sensibles

Sites d'intérêt sanitaire	Age	Effets	Types	Polluants	Taux d'incidence	Impact lié au TMJA 2010 (nombre de cas par an)
Maison de retraite	> 65 ans	Hospitalisations	Respiratoires	NO ₂	0,02708	0,002
	> 65 ans	Hospitalisations	Cardiaques	PM ₁₀	0,04980	0,0005
Tous sites accueillant des enfants de moins de 15 ans *	5-15ans	Crises d'asthme		NO ₂	0,204770	2
	< 15 ans	Bronchites aiguës		NO ₂	0,12220	3
	< 15 ans	Hospitalisations	Respiratoires	NO ₂	0,02591	0,04
	< 15 ans	Hospitalisations	Asthme	NO ₂	0,00239	0,007
	< 15 ans	Visites médicales d'urgence	Asthme	NO ₂	0,00319	0,008

* Somme des résultats obtenus sur les écoles Champs des Martyrs, Pierre et Marie Curie, Bois du Roy, Collège Clément Janequin, le centres de loisirs (municipal et parc de la Haye), maison des jeunes et de la culture, allée des châtaigniers

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Discussion

- Résultats chez les enfants sont à considérer avec prudence
- Connaissances épidémiologiques sur la relation entre l'exposition des enfants à la pollution et leur état de santé incomplètes :
 - Incertitudes véhiculées par l'utilisation des FER
- Non prise en compte des évolutions :
 - démographique entre 1999 et 2010
 - sanitaire entre 2000 et 2010



Conclusion (1/3)

Chez les adultes : NC_A à la pollution due au TMJA de 2010 < 1 :

- Sur l'ensemble des impacts sanitaires étudiés
- Dans une bande de 200 m autour CNA-A11
- Au niveau de la maison de retraite située à moins de 200 m du CNA-A11

Chez les enfants :

- Impacts sanitaires faibles
- Sur 380 enfants dans les 200 m: 5 bronchites et 3 crises d'asthme
- Sur les 1 136 enfants fréquentant les sites sensibles: 3 bronchites et 2 crises d'asthme
- Autres impacts << 1

Benzène :

- Exposition aiguë : pas d'effets aigus à l'heure de pointe du soir
- Exposition chronique (10 ou 70 ans) :
 - $ERI < \text{seuil d'acceptabilité utilisé par l'OMS } (10^{-5})$
 - $NCE_t = 0,0001$ pour une exposition de 70 ans
 - CNA-A11 n'a pratiquement pas d'impact sur le risque de cancer

Monoxyde de carbone :

- Ni C_{TMJA} ni C_{HPS} ne dépassent les valeurs guides recommandées par l'OMS

Pirv231007

Isabelle Roussel Vincent Nedellec



Conclusion (2/3)

- En **2010**, les émissions sur le CNA-A11 traversant Avrillé n'auront **pratiquement pas d'impact** sur la santé de la population :
 - habitant dans une bande de 200 m de part et d'autre du CNA-A11
 - D'enfants fréquentant les écoles, la maison des jeunes et de la culture située dans une bande de 600 mètres
 - De personnes âgées fréquentant la maison de retraite située à moins de 200 m du CNA-A11



Des questions de recherche



L'apport de la méthode

- De nombreuses incertitudes
 - Combinaison des polluants
 - Spatialisation des données, exposition potentielle
 - Le bruit n'est pas pris en compte
- Mais une méthode standardisée qui fait autorité

Des questions de recherche



- Sur la définition et l'évaluation du risque sanitaire qui ne prend pas en considération les questions perceptives
- L'insuffisance des normes
- Axes de communications structurants et périurbanisation
- La question du péage??