



**HAL**  
open science

# Approche géographique appliquée au Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P)

Marie Delaunay

► **To cite this version:**

Marie Delaunay. Approche géographique appliquée au Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P). Géographie. Université Grenoble Alpes, 2015. Français. NNT : 2015GREAS031 . tel-01361748

**HAL Id: tel-01361748**

**<https://theses.hal.science/tel-01361748>**

Submitted on 7 Sep 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## THÈSE

Pour obtenir le grade de

## DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : **Modèles, Méthodes et Algorithmes pour la Biologie, la Santé et l'Environnement**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

**Marie DELAUNAY**

Thèse dirigée par **Régis DE GAUDEMARIS**  
codirigée par **Vincent GODARD**  
et encadrée par **Vincent BONNETERRE**

préparée au sein du **Laboratoire TIMC-IMAG – UMR CNRS 5525**  
**Equipe Environnement et Prédiction de la Santé des Populations**  
dans **l'École Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l'Environnement**

## **Approche géographique appliquée au Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (rnv3p)**

*Intégration, au moyen de Systèmes d'Information Géographiques (SIG), des données du rnv3p et d'autres sources relatives à l'emploi et à la santé au travail.*

Thèse soutenue publiquement le **13 novembre 2015**,  
devant le jury composé de :

**Pr Jeanne-Marie AMAT-ROZE**

Professeur Emérite, Université Paris Est-Créteil (Rapporteur)

**Pr Gérard LASFARGUES**

Directeur général adjoint scientifique, ANSES, Maisons-Alfort (Rapporteur)

**Dr Christina ASCHAN**

Maître de conférence, Université Lumière Lyon 2 (Examinatrice)

**Dr Paule-Annick DAVOINE**

Maître de conférence, Grenoble INP (Examinatrice)

**Pr Lode GODDERIS**

Professeur associé, Faculté de médecine, KU Leuven (Président)

**Pr Vincent BONNETERRE**

Professeur de médecine, EPSP (TIMC-IMAG), CHU de Grenoble (Encadrant)

**Pr Régis DE GAUDEMARIS**

Professeur de médecine, EPSP (TIMC-IMAG), CHU de Grenoble (Directeur)

**Pr Vincent GODARD**

Professeur de géographie, Université Saint-Denis-Vincennes (Co-Directeur)





«

- [...] On sait que les noms de lieux changent autant de fois qu'il y a de langues étrangères ; et que tout endroit peut être atteint par d'autres, par les routes terrestres ou maritimes les plus diverses, par qui chevauche, roule, rame ou vole.
- Il me semble que tu reconnais mieux les villes sur l'Atlas qu'en les visitant en personne, dit à Marco l'empereur, refermant le livre tout à coup.

Et Polo :

- En voyageant on s'aperçoit que les différences se perdent : chaque ville en arrive à ressembler à toutes les villes, les lieux les plus divers échangent formes, ordres, distances ; une informe poussière envahit les continents. Ton atlas garde intactes ces différences : cet assortiment de qualités qui sont comme les lettres d'un nom.

»

Italo Calvino, 1974, *Les Villes invisibles*, cité dans *L'invention du monde – Une géographie de la mondialisation*, sous la direction de Jacques Lévy, 2010.



## Remerciements

Je tiens à adresser mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté de lire et juger mon travail puis de se déplacer pour ma soutenance :

*Jeanne-Marie Amat-Roze*, Professeur de géographie, en qualité de rapporteur.

*Gérard Lasfargues*, Professeur de médecine et directeur général adjoint scientifique de l'Anses, en qualité de rapporteur.

*Christina Aschan-Leygonie*, Maître de Conférence des Universités (Lyon Lumière), en qualité d'examinatrice.

*Paule-Annick Davoine*, Maître de Conférence des Universités (Grenoble INP), en qualité d'examinatrice.

*Lode Godderis*, Professeur de médecine (Leuven), en qualité d'examineur.

Je veux vivement remercier les trois personnes sans qui cette thèse n'aurait pu être possible :

*Régis De Gaudemaris*, directeur, Professeur de médecine et santé au travail au CHU de Grenoble, membre de l'équipe TIMC-EPSP, fondateur du rnv3p : merci de m'avoir fait confiance, d'avoir accepté d'encadrer ce travail et l'avoir fait progresser avec votre regard critique et affuté.

*Vincent Bonneterre* (Vincent B !), encadrant, Professeur de médecine et santé au travail au CHU de Grenoble, membre de l'équipe TIMC-EPSP : merci pour ton implication (sans frontière ?!) dans ce travail que tu as souvent porté à bout de bras. J'ai beaucoup appris à tes côtés et ma gratitude dépasse le simple cadre de cette thèse.

*Vincent Godard* (Vincent G !), co-directeur, Professeur de géographie à l'Université Paris Vincennes-Saint-Denis : merci pour ton suivi depuis le M2, pour l'accueil dans ton bureau à la Plaine et pour les conseils dispensés tout au long de ce travail.

Je voudrais adresser un immense merci à l'équipe rnv3p de l'Anses, impliquée dans le projet commencé il y a quatre ans avec eux : *Mélina Le Barbier*, *Serge Faye* et *Carline Marny*. Merci aux secrétaires qui ont toujours facilité l'organisation de mes comités de thèse et venues à Paris : *Véronique Baum-Parmentier* et *Agnès Brion*. Un grand merci à *Maylis Telle-Lamberton*, qui avait supervisé le démarrage de ce projet à

l'Anses et qui a continué à suivre le travail et à me donner des conseils lors des comités de suivi de thèse.

Je voudrais également remercier *tous les CCPPs* participant au réseau et à travers eux, toutes celles et ceux qui travaillent quotidiennement à l'enregistrement « de la donnée ». Ma reconnaissance va particulièrement à *Lynda Larabi*, incontournable dans le domaine ; merci pour les extractions, le temps passé à m'expliquer la base et le sourire à chaque conversation. Merci également à *Luc Fontana* (CCPP de Saint-Etienne), *Amélie Massardier-Pilonchery* et *Barbara Charbotel* (CCPP de Lyon).

Je tiens à remercier les personnes ayant facilité mon accès aux différentes bases de données et qui me les ont procurés :

Pour la CNAM-TS : *Pascal Jacquetin* et *Stéphanie De Flaugergues*.

Pour la CARSAT-RA : *Laurence Engrand* et *Andrée Good*.

Pour le PNSM et la DO : *Patrick Brochard*, *Stéphane Ducamp*, *Annabelle Gilg* *Soit Ilg* et *Céline Gallot*.

Pour m'avoir invité à présenter mes travaux à Rome et pour leur accueil, je remercie tous les membres du *COST-Modernet*. Je pense particulièrement à *Raymond Agius*, *Annet Lenderink*, *Stefan Mandic-Rajcevic* et *Hennie Van der Westhuizen*.

Un grand et sincère merci aux structures qui m'ont accueilli pendant ma thèse et aux personnes qui ont facilité mon travail au sein de celles-ci :

La *Maison des Sciences de l'Homme* à Saint-Denis. Je pense tout particulièrement à *Christine Bénichou* et *Bertrand Turquety*.

L'équipe du *Rez-de-Chaussée Haut du CHU* à Grenoble. Mes remerciements s'adressent tout particulièrement à *Christine Buisson* et *Chantal Heyer* pour leur aide précieuse et leur soutien ainsi qu'à toute l'équipe : *Marjorie*, *Julie*, *Anissa*, *Vanessa*.

L'équipe *Environnement et Prédiction de la Santé des Populations* à la faculté de médecine et de pharmacie à Grenoble. *Sylvie* pour tout le travail qu'elle a effectué (à distance !) pendant les deux premières années. *Frankyky* (les dinosaures sont vivants !) pour les anecdotes de voyage et autres jeux de mots laids pour gens bêtes. *Sylvette Liaudy* pour tous les articles trouvés à la dernière minute. *Dominique J. Bicout*, merci pour les déjeuners du vendredi au CHU ! Une grande pensée pour *Claire*

*Masson, Coralie Achin et Oriane Moyne.* Je n'oublie pas l'équipe située à l'IBP : *Simon Lutier* (un Mölkky après un plat de pâtes/thon/brie ?!), *Damien Barbeau* et *Renaud Persoons*. Merci à *Anne Maître*, responsable de l'équipe, d'avoir facilité mon installation au sein de l'équipe et dans le bureau 305.

A propos de ce bureau, j'ai une énorme pensée pour mes « co-bureaux » que j'ai totalement envahi pour ma dernière année : *Pascal* et *Delphine*. Pascal, tu reprends le flambeau : bon courage ! Delphine, pour la place que tu m'as faite, aussi bien dans le bureau que dans ta vie : merci, check da poule & never forget « uptown funk won't give it to you »!

Rien n'aurait été possible sans *ma famille*. Je veux leur dire que ce travail est aussi le leur car leur soutien sans faille et leur bienveillance sont une source de motivation et de fierté inépuisable. Merci pour tout.

Un grand merci à *Lamia* pour l'accueil à bras ouverts dont elle a fait preuve pendant les deux premières années de mes allers et retours à Grenoble.

*Christophe*, ta fidélité constante n'a pas de prix, merci pour tout. *Marine & Marj*, 25 ans et 3 mois d'amitié : pas une ride, beau travail ! *Lulu & Loulou*, on se voit bientôt pour faire du surf ?! *Margaux*, 'faut qu'ça l'fasse, j'suis en place', ton tour arrive bientôt ma poulette : je serai là ! *Charlotte* : ici ou ailleurs, merci d'être toujours là. De grandes pensées pour mes géographes de la santé : *Didi (14 décembre 2015 !)* & *Florence*. Pour mes géomaticien-ne-s-geeks : *Samuel (+3)*, *Jack (+2)*, *Djilali*, *Camille*, *Jonathan*, *Olivier*, *Romain & Carolina*. Un immense merci à *Baptiste*, pour m'avoir toujours redonné le sourire. Enfin, merci aux girls : *K-Ro*, *Cécile* et *Élise* !

Finally, I certainly wouldn't be here and the person I am without everything I learned in my families around the world. In Canada: *Tomic's*, in Burkina: *Kombelemsigri's*, *Valérie* & "*Tonton Laurent*" and in Kenya: *Cyrus*.

*France*: you know where your special place is... 'nakupenda'.





# Table des matières

<b><u>TABLES DES FIGURES .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
----------------------------------------	------------------

<b><u>LISTE DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES UTILISES .....</u></b>	<b><u>19</u></b>
--------------------------------------------------------------------------	------------------

<b><u>INTRODUCTION .....</u></b>	<b><u>23</u></b>
----------------------------------	------------------

<b>1. SANTE AU TRAVAIL .....</b>	<b>25</b>
1.1. EMBOITEMENT D'ECHELLES EN SANTE AU TRAVAIL .....	25
1.2. BESOIN DE DONNEES DESCRIPTIVES POUR CONDUIRE DES POLITIQUES ADEQUATES EN FAVEUR DE LA PREVENTION .....	26
1.3. VIGILANCE EN SANTE-TRAVAIL.....	26
1.4. LE RNV3P .....	28
<b>2. CONCEPTS DE GEOGRAPHIE DE LA SANTE, GEOGRAPHIE ECONOMIQUE ET         GEOGRAPHIE INDUSTRIELLE.....</b>	<b>30</b>
<b>3. GEOGRAPHIE ET SANTE AU TRAVAIL: STATE OF THE ART .....</b>	<b>32</b>
<b>4. CADRE DE RECHERCHE .....</b>	<b>38</b>
<b>5. OBJECTIFS DE CE TRAVAIL.....</b>	<b>39</b>

<b><u>PARTIE 1 – VERS UNE GEOGRAPHIE DE LA SANTE AU TRAVAIL ? .....</u></b>	<b><u>41</u></b>
-----------------------------------------------------------------------------	------------------

<b>1. DE LA VIGILANCE SANITAIRE A LA TERRITORIALISATION DE LA SANTE .....</b>	<b>43</b>
1.1. LA GEOGRAPHIE DE LA SANTE .....	43
1.2. LE CHOIX DES ECHELLES.....	45
<b>2. METHODES ET OUTILS GEOMATIQUES AU SERVICE DE LA SURVEILLANCE .....</b>	<b>47</b>
2.1. MODELES ET METHODES UTILISES EN GEOGRAPHIE.....	47
2.1.1. Les modèles géographiques.....	47
2.1.2. Les méthodes géographiques .....	53
2.2. LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG) .....	54
2.2.1. Les outils .....	56
2.2.1.1. Les outils de diffusion.....	56
2.2.1.2. Les outils de polarisation.....	57
2.2.1.3. Les outils d'interaction et de choix spatiaux.....	59
2.2.1.4. Les outils de distance .....	60

## **PARTIE 2 – METHODES GEOGRAPHIQUES APPLIQUEES AU RNV3P..... 63**

<b>1.</b>	<b>OBJECTIF .....</b>	<b>65</b>
<b>2.</b>	<b>DONNEES .....</b>	<b>65</b>
2.1.	STRUCTURE DES DONNEES DU RNV3P.....	65
2.2.	DONNEES DE REFERENCE SUR LA POPULATION SALARIEE.....	66
2.2.1.	Les sources de données .....	66
2.2.2.	Données utilisées .....	68
<b>3.</b>	<b>METHODES.....</b>	<b>69</b>
3.1.	GESTION DE LA BASE DE DONNEES DU RNV3P.....	69
3.1.1.	Liaison du Problème de Santé au Travail (PST) à l'entreprise .....	69
3.1.2.	Liaison du Problème de Santé au Travail (PST) au code commune de l'entreprise.....	70
3.1.3.	Géocodage au code Insee.....	71
3.1.4.	Correspondance des données NAF du rnv3p et de l'Insee.....	71
3.2.	TAUX DE CAPTURE DU RNV3P .....	74
<b>4.</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>77</b>
4.1.	GEOCODAGE.....	77
4.2.	TERRITORIALISATION DU RNV3P / LE RNV3P COMME OBJET GEOGRAPHIQUE .....	80
4.2.1.	Approche à l'échelle nationale.....	80
4.2.1.1.	Répartition globale .....	80
4.2.1.2.	Zones de recrutement théorique .....	87
4.2.1.3.	Zones de recrutement « réel » .....	88
4.2.1.4.	Ellipses selon le type de motif de la consultation enregistré pour chaque PST .....	92
4.2.1.5.	Ellipses selon le type de pathologie (1 digit) enregistré pour chaque PST .....	95
4.2.1.6.	Les directions .....	98
4.2.2.	Approche à l'échelle régionale .....	101
4.2.3.	Approche à l'échelle locale.....	106
4.2.3.1.	Identification des territoires d'intérêt.....	106
4.2.3.2.	Les données du CCPP de Grenoble .....	108
4.3.	ZONES DE CAPTURE PREFERENTIELLE.....	113
4.3.1.	Secteur d'activité : Agriculture .....	114
4.3.2.	Secteur d'activité : Construction .....	116
4.3.3.	Secteur d'activité : Industrie .....	119
4.3.4.	Secteur d'activité : Tertiaire marchand.....	122

4.3.5. Secteur d'activité : Tertiaire non marchand .....	125
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>129</b>

**PARTIE 3 – ANALYSE COMPAREE DES DONNEES DU RNV3P ET DE DONNEES EXTERNES RELATIVES A LA SANTE AU TRAVAIL .....** **131**

<b>1. OBJECTIF .....</b>	<b>133</b>
<b>2. DONNEES .....</b>	<b>133</b>
2.1. LES DONNEES DE POPULATION SALARIEE .....	133
2.2. LES DONNEES DE PATHOLOGIES PROFESSIONNELLES OU NUMERATEURS.....	135
2.2.1. Base de données reposant sur le système de réparation des maladies professionnelles .....	135
2.2.2. Autres bases de données renseignant des pathologies liées au travail	136
2.2.3. Les expositions professionnelles .....	138
<b>3. METHODES.....</b>	<b>140</b>
3.1. LE MESOTHELIOME : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DONNEES .....	140
3.2. METALLURGIE ET TRAVAIL DES METAUX : IDENTIFICATION DES DONNEES DENOMINATEUR .....	141
3.2.1. Les données de la CNAM-TS .....	141
3.2.2. Les données du rnv3p.....	141
3.2.3. Jointure des données CARSAT-RA/CNAM-TS et rnv3p .....	142
3.3. CALCULS DE ZONES DE « SUR-CAPTURE » DE CAS POUR LES DEUX SOURCES DE DONNEES RNV3P ET CNAM.....	144
<b>4. RESULTATS .....</b>	<b>146</b>
4.1. MESOTHELIOME .....	146
4.2. MICROELECTRONIQUE .....	153
4.3. METALLURGIE ET TRAVAIL DES METAUX .....	166
4.3.1. Localisation des entreprises concernées.....	166
4.3.1.1. Echelle nationale.....	166
4.3.1.2. Echelle régionale : les exemples de Rhône-Alpes, Ile-de- France et Nord-Pas-de-Calais.....	170
4.3.2. Localisation des pathologies enregistrées.....	172
4.3.2.1. Source : CNAM-TS.....	172
4.3.2.2. Source : rnv3p .....	175
4.3.3. Comparaison des données de la CNAM-TS et du rnv3p .....	178
4.3.4. Mise en évidence de zones de sur-capture de cas.....	180
4.3.4.1. Secteur de la métallurgie .....	180

4.3.4.2. Secteur du travail des métaux .....	182
<b>5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>185</b>

**PARTIE 4 –PRECONISATIONS POUR L’UTILISATION D’UN MODULE SIG  
ADOSSE AU RNV3P A DES FINS DE VIGILANCE EN SANTE AU TRAVAIL .....** **187**

<b>1. OBJECTIF .....</b>	<b>189</b>
<b>2. QUEL OUTIL SIG POUR LA SANTE-TRAVAIL ET LE SUIVI DES PATHOLOGIES LIEES AU TRAVAIL ?.....</b>	<b>189</b>
2.1. BASES DE DONNEES ET VARIABLES PERTINENTES .....	192
2.2. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE ET SORTIES PROPOSEES A PARTIR DU TRAVAIL PRESENTE DANS LES PARTIES 2 ET 3 .....	194
2.2.1. Rnv3p .....	194
2.2.2. Rnv3p + autres sources .....	195
2.2.2.1. Dénominateur .....	195
2.2.2.2. Numérateur .....	196
2.2.2.3. Exposition .....	197
2.2.2.4. Etudes spatio-temporelles .....	197
2.3. APPROCHES COMPLEMENTAIRES INITIEES PAR UNE CARTOGRAPHIE DES PATHOLOGIES, METIERS ET NUISANCES .....	198
2.3.1. Approche par profession : l'exemple développé en région Rhône-Alpes sur les soudeurs.....	198
2.3.1.1. Contexte .....	198
2.3.1.2. Données.....	198
2.3.1.3. Résultats.....	199
2.3.2. Autre approche par pathologie : l'asthme professionnel.....	203
2.3.3. Approche par nuisance / exposition .....	207

**CONCLUSION .....** **211**

**ANNEXES.....** **217**

**BIBLIOGRAPHIE .....** **225**

**VALORISATION .....** **237**

# Tables des figures

## Cartes

Carte 1 : Localisation des Centres de Consultations de Pathologies Professionnelles (CCPP) participant au rnv3p.....	29
Carte 2 : Localisation à la commune des données des tables de la base rnv3p ayant un champ adresse (Patients, Entreprises, Médecins adressants) sur la période 2001-2012 .....	79
Carte 3 : Localisation des PST de la base rnv3p (2001-2012). .....	81
Carte 4 : Localisation de la perte d'information (en pourcentage pour chaque centre) et estimation du nombre de PST concerné par cette perte (en chiffre absolu par ZE) .....	85
Carte 5 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon le motif de consultation .....	92
Carte 6 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon le motif de consultation et le nombre de PST absolu qu'elles représentent .....	93
Carte 7 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon les types de pathologies enregistrées ainsi que le nombre absolu de PST qu'elles représentent .....	96
Carte 8 : Oursins reliant chaque PST à un CCPP : l'exemple des régions Bretagne et Pays-de-la-Loire. ....	98
Carte 9 : Densité des PST à l'échelle nationale .....	99
Carte 10 : Topographie de la région Rhône-Alpes .....	101
Carte 11 : Répartition des PST enregistrés par les CCPP rhône-alpins. ....	102
Carte 12 : Oursins des PST des CCPPs Rhône-alpins (Grenoble, Lyon, Saint-Etienne) .....	103
Carte 13 : Densité de ligne des PST des CCPPs Rhône-alpins (Grenoble, Lyon, Saint-Etienne) .....	104
Carte 14 : Localisation des ZE des départements de l'Isère, la Savoie et la Haute-Savoie .....	106
Carte 15 : Zone de recrutement du CCPP de Grenoble .....	109
Carte 16 : Agriculture – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable) .....	114
Carte 17 : Construction – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable) .....	116
Carte 18 : Industrie – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable) .....	119

Carte 19: Tertiaire marchand – Taux d’emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l’entreprise responsable) .....	122
Carte 20 : Tertiaire non marchand – Taux d’emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l’entreprise responsable) .....	125
Carte 21 : Répartition au département du nombre de cas de mésothéliomes enregistrés pour l’année 2012 par la DO (InVS) et le rnv3p .....	147
Carte 22 : Nombre de cas total de mésothéliomes (C45*) enregistrés dans la base rnv3p à l’échelle départementale (2001-2012).....	149
Carte 23 : Pourcentage de capture des cas de mésothéliomes professionnels entre la base rnv3p et la base PNSM (mêmes périodes pour les mêmes départements) .....	151
Carte 24 : La métallurgie - Localisation des salariés et taux d'emploi de cette activité au sein du secteur de l'industrie .....	167
Carte 25 : Le travail des métaux - Localisation des salariés et taux d'emploi de cette activité au sein du secteur de l'industrie .....	169
Carte 26 : Focus sur les trois régions ayant le plus grand nombre de salariés pour la métallurgie et le travail des métaux (Rhône-Alpes, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais) .....	171
Carte 27 : Typologie des MPI enregistrées par la CNAM entre 2007 et 2012 à différentes échelles (départements, ZE, communes) .....	174
Carte 28 : Typologie des pathologies professionnelles enregistrées par le rnv3p entre 2001 et 2012 à différentes échelles (départements, ZE, communes).....	177
Carte 29 : Typologie des MPI (CNAM, 2007-2012) et des pathologies professionnelles (rnv3p, 2001-2012) enregistrées pour les mêmes entreprises et agrégées à l’échelle de la commune.....	179
Carte 30 : Métallurgie – Localisation des zones de capture préférentielle de la CNAM et du rnv3p.....	181
Carte 31 : Travail des métaux - Localisation des zones de capture préférentielle de la CNAM et du rnv3p .....	183
Carte 32 : Localisation du nombre de MP reconnues par la CARSAT-RA pour la population des soudeurs dans la région Rhône-Alpes (2000-2013) .....	200
Carte 33 : Localisation des PST investigués par le rnv3p pour la population des soudeurs dans la région Rhône-Alpes (2001-20102).....	201
Carte 34 : Typologie des MP reconnues par la CARSAT-RA pour la population de soudeur en Rhône-Alpes (2000-2013).....	202
Carte 35 : Typologie des pathologies professionnelles investiguées par le rnv3p pour la population de soudeurs en Rhône-Alpes (2001-2012).....	203
Carte 36 : Localisation à différentes échelles des PST enregistrés en asthme professionnel (J45) et ratio de ceux-ci sur les pathologies pneumologiques (J).....	206

## Figures

Figure 1 : Cartographie de données épidémiologiques : les taux de mortalité par cancer du poumon pour la Louisiane .....	33
Figure 2 : Cartographies des données économiques de 18 activités du secteur de l'industrie aux Etats-Unis (1978) .....	34
Figure 3 : Localisation des bassins d'emploi de la ville de Québec .....	35
Figure 4 : Exemple de cartographies issues de la publication de Neff (Neff, 2006). .....	36
Figure 5 : Illustration de la loi rang-taille des villes .....	48
Figure 6 : Illustration de la théorie des lieux centraux de Christaller.....	49
Figure 7 : Illustration de la théorie des lieux centraux de Christaller selon les trois principes d'organisation : principe de marché, principe de transport et principe administratif.....	50
Figure 8 : Illustration des modèles de réseaux théoriques.....	51
Figure 9 : Illustration de la théorie d'optimisation de Von Thünen .....	52
Figure 10 : Illustration du modèle de dynamique spatiale de Hägerstrand .....	53
Figure 11 : Illustration de l'outil "ellipse de déviation standard" permettant d'indiquer une direction et une dispersion autour d'un semis de point .....	57
Figure 12 : Illustration de l'outil « buffer » permettant la création d'une zone tampon quel que soit la forme de l'information (point, ligne, polygone).....	57
Figure 13 : Illustration de l'outil "entités vers points" permettant de trouver un centroïde selon la forme de l'information (point, ligne, polygone).....	58
Figure 14 : Illustration de l'outil "polygones de Thiessen" permettant la création de zones proximales autour de chaque point.....	59
Figure 15 : Illustration de l'outil "voisin le plus proche" permettant de mettre en évidence une agrégation plus ou moins prononcée d'un semis de point .....	60
Figure 16 : Jointures internes au sein de la base du rnv3p entre les différentes tables. ....	70
Figure 17 : Calcul des zones de capture préférentielle et de moindre capture du rnv3p à la zone d'emploi.....	75
Figure 18 : Polygones de Thiessen traduisant les zones de recrutement théorique de chaque CCPP.....	88
Figure 19 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP (zone couvrant 2/3 de leurs PST). ....	89
Figure 20 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP (zone couvrant 95% et 99% de leurs PST).....	90
Figure 21 : Polygones de Thiessen recouvrant les ellipses de déviation standard et traduisant les zones de recrutement théoriques autour de chaque CCPP .....	91
Figure 22 : Profils des ZE selon les 5 secteurs d'activité considérés .....	108



Figure 23 : NAF enregistré pour les 5 zones d'emploi dans lesquelles le CCPP de Grenoble a enregistré le plus de PST (données rnv3p 2001-12) .....	111
Figure 24 : Type de pathologie pour les 5 zones d'emploi dans lesquelles le CCPP de Grenoble a enregistré le plus de PST (données rnv3p 2001-12) .....	111

## Tableaux

Tableau 1 : Outils utilisés avec le rnv3p .....	61
Tableau 2 : Résumé de la table de correspondance de l'Insee pour la NAF 1993.....	72
Tableau 3 : Tableau des regroupements des sections au sein des cinq secteurs considérés ....	73
Tableau 4 : Informations utilisées sur nos trois tables d'intérêt pour la géolocalisation.....	77
Tableau 5 : Géocodage des tables Patients, Médecins et Entreprises du rnv3p (données 2001-2012) .....	78
Tableau 6 : Géolocalisation des PST selon chaque CCPP .....	83
Tableau 7 : Répartition des PST selon le 1er digit enregistré, leur imputabilité et leur localisation .....	95
Tableau 8 : Répartition du nombre de salariés par ZE.....	107
Tableau 9 : Répartition des PST des ZE de Savoie et de Haute-Savoie selon le CCPP enregistrant .....	110
Tableau 10 : Agriculture - Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité $\geq 2$ pour les ZE avec une capture préférentielle de cas.....	115
Tableau 11 : Construction – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité $\geq 2$ pour les ZE avec une capture préférentielle de cas.....	118
Tableau 12 : Industrie – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité $\geq 2$ pour les ZE avec une capture préférentielle de cas.....	121
Tableau 13 : Tertiaire marchand – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité $\geq 2$ pour les ZE avec une capture préférentielle de cas .....	124
Tableau 14 : Tertiaire non marchand – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité $\geq 2$ pour les ZE avec une capture préférentielle de cas .....	127
Tableau 15 : Répartition du nombre de cas de mésothéliome enregistré pour les départements communs aux deux sources et taux de capture global du rnv3p.....	150
Tableau 16 : Typologie des MPI (pourcentage) par régions .....	173
Tableau 17 : Typologie des pathologies professionnelles investiguées (pourcentage) par régions .....	175
Tableau 18 : Répartition du nombre de PST pneumologiques (J) enregistrés et de l'asthme .....	205

## **Messages clés**

Messages clés (1) .....	38
Messages clés (2).....	62
Messages clés (3).....	68
Messages clés (4).....	76
Messages clés (5).....	87
Messages clés (6).....	91
Messages clés (7).....	100
Messages clés (8).....	105
Messages clés (9).....	112
Messages clés (10).....	128
Messages clés (11).....	139
Messages clés (12).....	145
Messages clés (13).....	152
Messages clés (14).....	165
Messages clés (15).....	184
Messages clés (16).....	208

## **Annexes**

Annexe 1 : Densité des PST de la base rnv3p (2001-2012).....	219
Annexe 2 : Localisation des Zones d'Emploi (ZE) définies par l'Insee en France métropolitaine.....	220
Annexe 3 : Localisation des Services de Santé au Travail (SST) de la région Rhône-Alpes ....	221
Annexe 4 : Métallurgie et travail des métaux - Répartition par commune des données des entreprises correspondantes de la CNAM (MPI) et du rnv3p (PST) .....	222



# Liste des abréviations, acronymes et sigles utilisés

AFFSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AFFSET	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
AFSSAPS	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
ANACT	Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
APE	Activité Principale Exercée
ARH	Agence Régionale d'Hospitalisation
ARS	Agence Régionale de Santé
AT	Accident du Travail
ATTLAS	Age, Travail, Territoire : Lecture des Agencements Significatifs
BIT	Bureau International du Travail (International Labour Office ILO)
CARSAT - (RA)	Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail - (Rhône-Alpes)
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CCPP	Centre de Consultation de Pathologies Professionnelles
CIM-10	Classification Internationale des Maladies, 10 <sup>ème</sup> version (International Classification of Diseases, 10th version, ICD-10)
CISME	Centre Interservices de Santé et de Médecine du travail en Entreprise
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CLAP	Connaissance Locale de l'Appareil Productif
CNAM-TS (CNAM)	Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés
CNRACL	Caisse Nationale de Retraite des Agents des Collectivités Locales
COG	Convention d'Objectifs et de Gestion
COLCHIC	COLlecte des données recueillies par les Laboratoires de CHImie des CRAM
CP	Code Postal
CPOM	Contrat Pluriannuel d'Objectifs et de Moyens
CRAM	Caisse Régionale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés
CTN	Comité Technique National
CVAGS	Cellule de Veille, d'Alerte et de Gestion Sanitaire
DGS	Direction Générale de la Santé
DGT	Direction Générale du Travail

DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DIRECCTE	Direction Régionale des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi
DO	Déclaration Obligatoire
GAST	Groupe régional d'Alertes en Santé au Travail
GPS	Global Positioning System
HSE	Hygiène, Sécurité, Environnement
IC	Intervalle de Confiance
INPES	Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
InVS	Institut National de Veille Sanitaire
IRDES	Institut de Recherche et Documentation en Economie de la Santé
LIG	Logiciel d'Information Géographique
MCP	Maladie à Caractère Professionnelle
MIRT	Médecin Inspecteur Régional du Travail
MP	Maladie Professionnelle
MPI	Maladie Professionnelle Indemnisable
MRS	Mission Régionale de Santé
MSA	Mutualité Sociale Agricole
NAF	Nomenclature des Activités Françaises
NIOSH	(US) National Institute for Occupational Safety and Health
OIT	Organisation Internationale du Travail (International Labour Organization ILO)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organisation WHO)
ORL	Oto-Rhino-Laryngologie
ORS	Observatoire Régional de la Santé
PACA	Provence-Alpes-Côte-D'azur
PNSM	Programme National de Surveillance du Mésothéliome
PNST	Plans National Santé Travail
PRST	Plans Régional Santé Travail
PST	Problème de Santé au Travail
RA	Régime Agricole
RG	Régime Général
RGF	Réseau Géodésique Français
RNV3P (rnv3p)	Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles
RSI ou SIR	Ratio Standardisé d'Incidence

RSI	Régime Social des Indépendants
SIG	Système d'Information Géographique
SIREN	Système Informatique du Répertoire des Entreprises
SIRENE	Système national d'Identification et du Répertoire des Entreprises et de leurs Etablissements
SIRET	Système d'Identification du Répertoire des Etablissements
SST	Service de Santé au Travail
SUMER	SURveillance Médicale des Expositions aux Risques
TMS	Trouble Musculo-Squelettique
URCAM	Union Régionale des Caisses d'Assurance Maladie
URML	Union Régionale des Médecins Libéraux
ZE	Zone d'Emploi



# Introduction





# 1. Santé au travail

La santé et la sécurité au travail sont des notions qui renvoient à la prévention des effets sanitaires pouvant être causés par l'exposition à des risques physiques, chimiques, biologiques, organisationnels et psychosociaux dans le cadre du travail.

Tandis que le volet sécurité renvoie à la prévention de lésions survenant suite à des accidents, **le volet santé (physique et psychique) renvoie à la prévention des maladies liées à une exposition chronique à des nuisances professionnelles susceptibles d'occasionner des effets différés variés**. Ceux-ci sont en mesure de toucher les différents organes et appareils (troubles musculo-squelettiques, cancers professionnels, troubles de la fertilité, retentissement sur la santé mentale d'une exposition chronique et délétère à des risques psychosociaux, etc...).

## 1.1. Emboitement d'échelles en santé au travail

Afin de prévenir ces risques, des actions et politiques de prévention sont instaurées à différentes échelles : au sein de l'entreprise en premier lieu avec comme acteurs l'employeur, les salariés et leur représentants, le Service de Santé au Travail (SST) correspondant. Au niveau régional, on trouve les Caisses d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail (CARSATs) et les Plans Régionaux Santé-Travail (PRST) conçus en lien avec les Directions Régionales des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi (DIRECCTE). Au niveau national, la législation et autres mesures réglementaires sont fixées par des objectifs nationaux présents au sein de Plans Nationaux Santé Travail ou PNST<sup>1</sup>. À l'échelle européenne, on peut citer une vingtaine de directives adoptées par l'Union Européenne<sup>2</sup>. Enfin, à l'échelle la plus macroscopique, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), soutenue par l'Organisation Internationale du Travail (OIT), a également adopté un Plan d'action mondiale pour la santé des travailleurs 2008-2017 (OMS,2007).

---

<sup>1</sup> PNST n°1 2005-2009, PNST n°2 2010-2014, et PNST n°3 2015-2019 dont la livraison était attendue courant septembre 2015.

<sup>2</sup> <https://osha.europa.eu/fr/safety-and-health-legislation>

## **1.2. Besoin de données descriptives pour conduire des politiques adéquates en faveur de la prévention**

Afin de conduire des actions de prévention pertinentes, un prérequis est d'être en mesure de décrire les populations exposées à différents risques ainsi que des indicateurs épidémiologiques (prévalence, incidence) concernant les effets sanitaires observés imputables au travail au sein de ces populations. Ceci est vrai à toutes les échelles.

Ainsi, le Plan d'action mondiale pour la santé des travailleurs 2008-2017 mentionné ci-dessus souligne-t-il, notamment, la nécessité de «*créer des systèmes d'information nationaux, de développer les moyens d'estimation de la charge des maladies et traumatismes d'origine professionnelle, de tenir des registres de l'exposition aux principaux risques, accidents et maladies professionnels, de les détecter plus tôt et de mieux les signaler*» (OMS, 2007).

Au niveau national, l'un des 7 axes du futur PNST devrait être (d'après les orientations du Conseil d'orientation sur les Conditions de Travail annoncées en janvier 2015<sup>3</sup>) de «*rassembler et mettre en perspective les données de santé au travail pour aboutir à un système d'informations plus lisibles, partagées entre tous les acteurs, et davantage mises au service de l'action en matière de prévention* ».

Effectivement, le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de nombreuses données de différentes natures (secteur d'activité, métiers, expositions, pathologies), disponibles à des échelles emboîtées (entreprise, bassin d'activité, zones d'emploi, etc) et appartenant à différents partenaires. Qui plus est, ces données ne sont pas toujours formalisées, c'est-à-dire pas nécessairement rassemblées au sein de bases de données homogènes et exploitables (à ce titre, citons les données des SST, inhomogènes et hébergées au sein de systèmes d'informations différents). Pour ces différentes raisons, ces multiples sources de données, pourtant complémentaires, sont toujours analysées indépendamment, ce qui constitue un frein à la conduite d'actions de surveillance et de vigilance au niveau national.

## **1.3. Vigilance en santé-travail**

La vigilance sanitaire est définie comme «*l'ensemble des actions visant à reconnaître la survenue d'un évènement inhabituel ou anormal pouvant représenter un risque pour la santé humaine dans une perspective d'anticipation, d'alerte et d'action précoce*» (InVS, 2005). La mise en place d'une vigilance est basée sur un «*processus continu de recueil,*

---

<sup>3</sup> <http://travail-emploi.gouv.fr/actualite-presse,42/breves,2137/validation-des-orientations-du,18410.html>

*d'enregistrement, d'identification, de traitement, d'évaluation et d'investigation des événements indésirables»* (ARS Auvergne, 2009), liés à l'utilisation d'un médicament, à l'exposition à un agent toxique ou encore, théoriquement, aux conditions de travail.

Le développement de la vigilance sanitaire en France est relativement récent. La création du Réseau Nationale de Santé Public (RNSP) en 1992, loi du 1<sup>er</sup> juillet 1998 relative au « *renforcement de la veille sanitaire et du contrôle des produits destinés à l'homme* » ayant abouti à la construction de l'Institut de Veille Sanitaire InVS, loi de mai 2001 encadrant la création d'agences sanitaires).

Le paysage de ces agences n'a cessé d'évoluer depuis : AFSSA<sup>4</sup> et AFSSET<sup>5</sup> fusionnées en ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) en 2010 ; création de l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé) remplaçant l'AFSSAPS<sup>6</sup> en 2012, ou encore la prochaine fusion de l'InVS, de l'INPES (Institut national de Prévention et d'Education pour la Santé) et de l'EPRUS (Etablissement de Préparation et de Réponse aux Urgences Sanitaires) en une agence nationale de santé publique. Les attributions des missions de vigilance ne cessent également d'évoluer (exemple de la toxicovigilance, désormais attribuée à l'ANSES à la place de l'InVS ; attribution de la phyto-pharmacovigilance à l'ANSES).

La santé au travail reste, à ce jour, une attribution tant de l'InVS que de l'ANSES. L'InVS possède un département santé-travail et procède à la mise en place et au suivi d'indicateurs épidémiologiques (exemple du programme des Maladies à Caractère Professionnel, suivi de cohortes) afin de proposer une réponse à des signalements autour de l'animation des Groupes régionaux d'Alertes en Santé au Travail (GAST). De son côté, l'ANSES exerce plusieurs activités dans le domaine de la santé au travail : citons, à titre d'exemples, la coordination de comités d'experts spécialisés pour répondre à des saisines dans ce domaine et l'animation du réseau des centres de consultations de pathologies professionnelles, **le rnv3p**.

---

<sup>4</sup> Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.

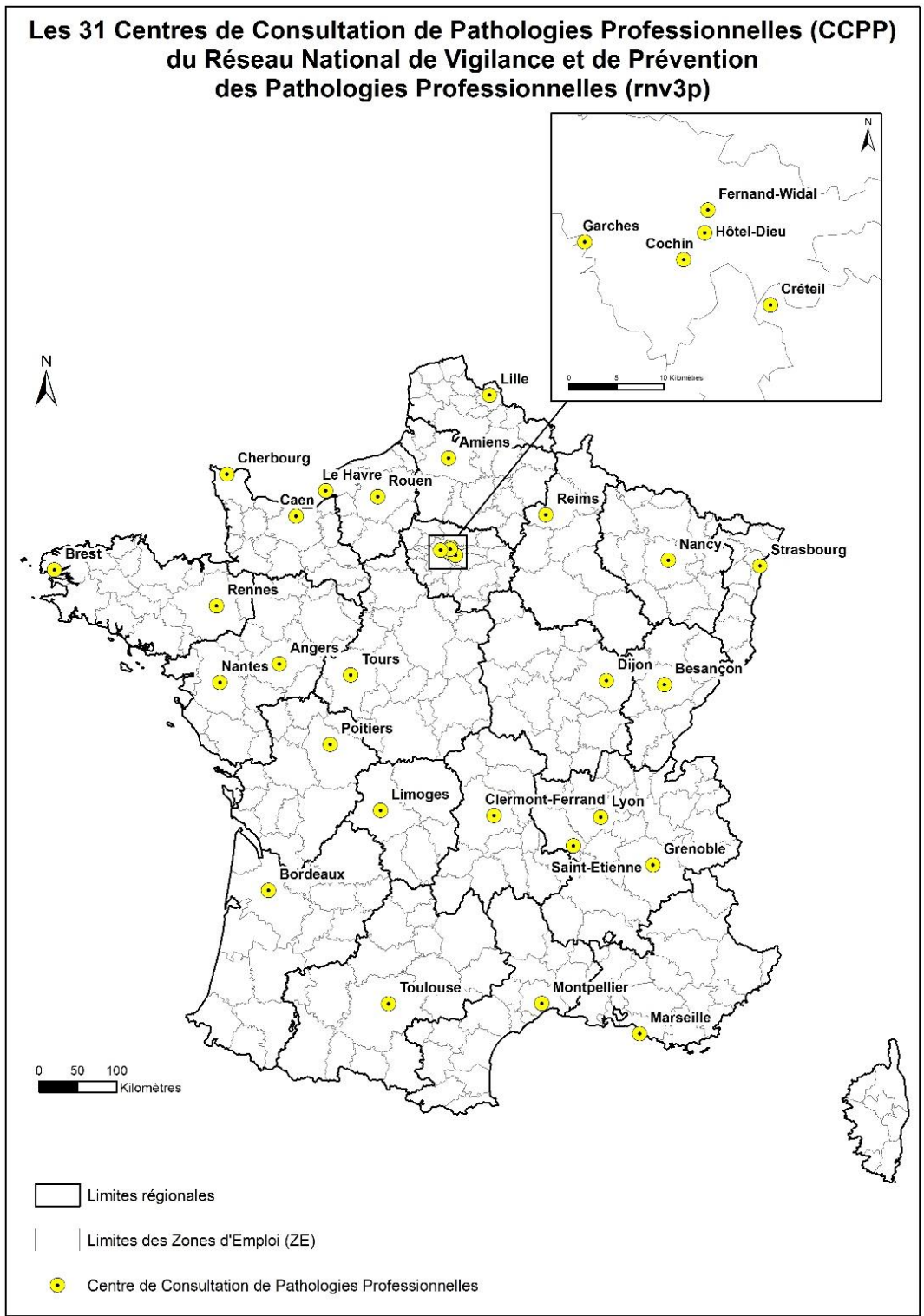
<sup>5</sup> Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail.

<sup>6</sup> Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.

## 1.4. Le rnv3p

Le Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (rnv3p), est né en 2001 du besoin de « *confronter et d'améliorer l'expertise des spécialistes universitaires de la santé au travail par la mise en commun de leur compétence et de leur expérience dans le domaine des maladies professionnelles* » (Anses,2010). Ce réseau est constitué de 31 Centres de Consultation de Pathologies Professionnelles (CCPPs) dans des CHU de France métropolitaine (voir Carte 1).

A un premier niveau, le recueil des données au niveau national dans une base de données permet de répondre au quotidien à des requêtes individuelles concernant les pathologies observées afin de répondre aux questionnements des experts des différents centres. Au niveau collectif, les objectifs principaux affichés par le rnv3p sont de décrire les situations professionnelles à risque et de rechercher les nouvelles étiologies et les risques émergents. Ainsi, le réseau poursuit son évolution : « *d'un système de recueil standardisé des données issues des CCPP, il devient un système de production coordonné de connaissances<sup>1-2</sup>* » (Anses,2010). L'apport majeur du réseau est son expertise clinique, qualitative, reposant sur l'activité de consultation des CCPPs et l'expertise dans l'investigation des relations entre expositions professionnelles et conséquences sur la santé (Bonneterre,2011 ; Faisandier,2012).



Carte 1 : Localisation des Centres de Consultations de Pathologies Professionnelles (CCPP) participant au rnv3p

Légende : Le centre de Bobigny n'apparaît pas dans la mesure où aucune observation n'a été enregistrée au sein du rnv3p.

Les seules cartographies produites jusqu'à l'initiation de ces travaux visaient à représenter les CCPPs participants, comme sur la carte précédente. Ainsi, la notion de territoire sous-jacente aux observations (données spatialisées) n'avait à ce jour jamais été analysée. Pourtant, le rnv3p traite de phénomènes qui sont spatialement déterminés : réseau de CCPPs, et réseaux de médecins adressant des patients à ces mêmes CCPPs (l'ancrage territorial du réseau), mais aussi pathologies investiguées directement reliées à la nature du tissu économique et industriel sous-jacent. Une partie de l'explication des données du réseau (en termes de capture et de recrutement) et de l'interprétation de l'analyse de ses données échappe donc nécessairement lorsque la dimension géographique est ignorée.

**La discipline géographique s'est intéressée aussi bien à la santé (« géographie de la santé ») qu'à l'économie (géographie économique et industrielle). La question est posée de l'apport de cette discipline pour mieux appréhender les données du réseau rnv3p et leur signification.**

## **2. Concepts de géographie de la santé, géographie économique et géographie industrielle**

La **géographie de la santé** permet l'évaluation de l'état sanitaire (maladie, soins) d'une population sur un territoire à l'aide de la dimension géographique et d'un ensemble de facteurs de risques. L'objectif principal est de géoréférencer (géolocaliser) sur un territoire les facteurs de risques, les analyser et monter les associations et conséquences potentielles et/ou réelles qu'ils ont avec d'autres indicateurs afin de participer à des mesures de veille et à des prises de décision en matière de planification sanitaire.

La **géographie économique** a « *été presque inexistante pendant une période assez longue : si ce constat, à première vue, semble exagéré, il recouvre largement la réalité* » (Benko, 2008). En effet, les sciences économiques ont mis du temps à accorder une place à l'espace dans leurs travaux et de la même manière, la discipline géographique a largement évolué par ses modèles et méthodes de questionnement du territoire. C'est au XIX<sup>ème</sup> siècle,

que Von Thünen écrira la première théorie économique spatiale (ouvrage *Der Isoliert Staat* – 1826) dans laquelle il « *démontre de façon détaillée comment les liens entre rente foncière, coûts de transport et prix agricoles tendent à former des cercles concentriques d’usages différenciés des sols autour des centres de peuplement majeurs*» (Benko,2008).

Au sein de cette géographie économique, la **géographie industrielle** est restée quant à elle une spécialité très minoritaire. On peut cependant citer le travail de Pierre George (George, 1988) à la fin des années 1980, qui avait voulu promouvoir cette approche d’une géographie du travail (Guglielmo,2008). Sophie Daviet (Daviet,2005) présente une liste de seulement 43 articles correspondant aux critères qu’elle a choisis (sémantique autour de l’industrie mais aussi la temporalité des activités : genèse, développement, disparition) et un nombre très limité de géographes spécialisés de ce champ thématique sur la période 1970-1999 (environ une dizaine). Difficile pour cette spécialité de s’imposer face à une approche partant de l’espace plutôt que du marché. Cependant, Daviet conclut sur le fait que « *l’entrée par le territoire permet des lectures transversales, intégrant un ensemble de facteurs économiques, politiques, sociaux et culturels* ». Ces éléments trouvent une résonance importante, notamment lorsque l’on parle de faits de santé également liés à ces facteurs historiques, sociodémographiques, culturels, économiques ou encore politiques.



### 3. Géographie et Santé au Travail: state of the art

Si la santé au travail paraît, assez logiquement, liée aux territoires et aux activités qui s'y développent, on est surpris par le faible nombre de publications scientifiques s'intéressant simultanément à la santé au travail et aux territoires.

La recherche documentaire s'est appuyée sur des bases documentaires médicales (PubMed<sup>7</sup>) et géographiques (Cairn Info<sup>8</sup>, Persée<sup>9</sup>) ainsi que sur un screening des tables des matières de journaux géographiques spécialisés<sup>10</sup>.

De façon chronologique, on voit apparaître successivement l'intégration de données socio-économiques individuelles puis des données sur la géographie économique des territoires dans les préoccupations en santé au travail.

Tout d'abord, les scientifiques se sont intéressés à la localisation de données épidémiologiques. La première publication (Blot, 1976) discute des facteurs de risque associés au cancer du poumon. Dans l'article, des données sur le nombre de salariés pour 18 activités de l'industrie (telles que l'industrie du tabac, du textile, du pétrole, du caoutchouc) sont

---

<sup>7</sup> Algorithme de recherche : ("Geographic Information Systems" OR ((Spatial\* OR Map\* OR geography\*)) AND ("Occupational Health Services"[Title/Abstract] OR "Occupational Health Physicians"[Title/Abstract] OR "Occupational Medicine"[Title/Abstract] OR "Occupational Diseases"[Title/Abstract] OR "Occupational Health"[Title/Abstract] OR "occupational safety"[Title/Abstract] OR "occupational injury"[Title/Abstract] OR occupation\*[Title/Abstract] OR worker[title/abstract])

<sup>8</sup> Algorithme de recherche : \*Systèmes d'Information Géographiques (dans le texte intégral) OU géographie (dans le texte intégral) OU outils géographiques (dans le texte intégral) ET pathologies professionnelles (dans le texte intégral) OU santé travail (dans le texte intégral)

<sup>9</sup> Algorithme de recherche : 'Systèmes d'Information Géographiques' (dans tous les champs) OU 'géographie' (dans tous les champs) ET 'santé travail' (dans tous les champs) OU 'pathologies professionnelles' (dans tous les champs)

<sup>10</sup> Nous avons considérés deux journaux : Health and Place (H&P) et International Journal of Health Geographics (IJHG).

Pour H&P, les algorithmes sont les suivants : TITLE-ABSTR-KEY(Geographic Information System) and TITLE-ABSTR-KEY(occupational health) ; TITLE-ABSTR-KEY(Geography) and TITLE-ABSTR-KEY(occupational health) ; TITLE-ABSTR-KEY(Geography) and TITLE-ABSTR-KEY(Occupational diseases) ; TITLE-ABSTR-KEY(Geographic Information System) and TITLE-ABSTR-KEY(occupational diseases).

Pour IJHG, l'algorithme de recherche utilisé est : Geographic Information System (All words) in Title+Abstract+Text , or GIS (All words) in Title+Abstract+Text , and occupational diseases (All words) in All fields (full text), or occupational health (All words) in Title+Abstract+Text , (All words) in All fields (full text)



etc...) à l'échelle du *county* pour l'ensemble des Etats-Unis (extraits cartographiques sur la Figure 2).

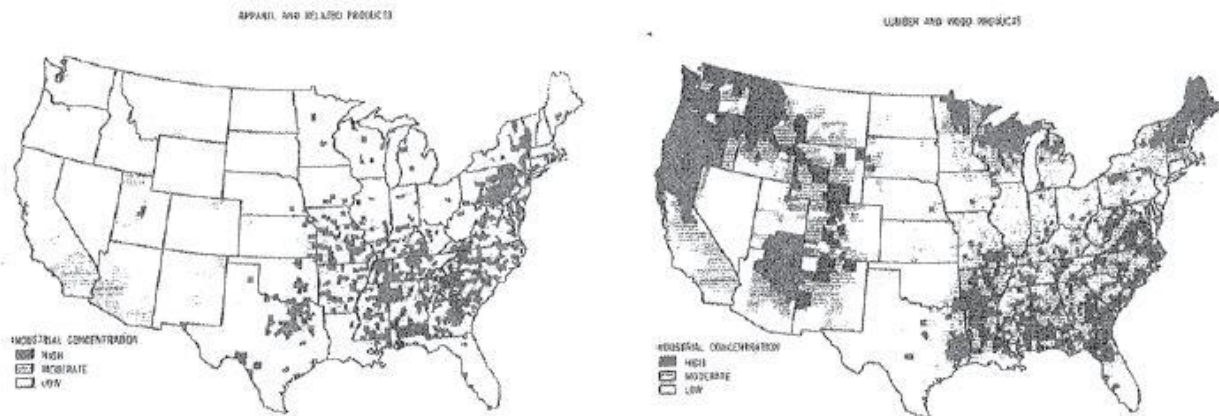


Figure 2 : Cartographies des données économiques de 18 activités du secteur de l'industrie aux Etats-Unis (1978)

Les deux limites de l'étude sont : l'estimation du nombre de salariés de chaque type d'industrie pour chaque unité géographique (en se basant sur l'hypothèse que les salariés vivent et travaillent dans le même *county*) et la non mise en regard de données médicales sur les pathologies liées au travail.

Il faut attendre les années 1980 pour voir les premiers travaux francophones sur l'utilisation de méthodes et d'outils géographiques en santé au travail. Le premier article paraît sur un exemple de mortalité par cancers selon les secteurs d'activité au Québec (Thouez, 1984). Ce premier écrit, intitulé « La géographie du travail et de la santé », possède comme intérêt principal de discuter les échelles d'analyse en en considérant une nouvelle : **les bassins d'emploi**. A l'instar des publications américaines, elle présente les premières cartes de localisation réalisées avec les outils informatiques mais, de la même manière, n'y intègre aucune donnée médicale (extraits cartographiques sur la Figure 3).

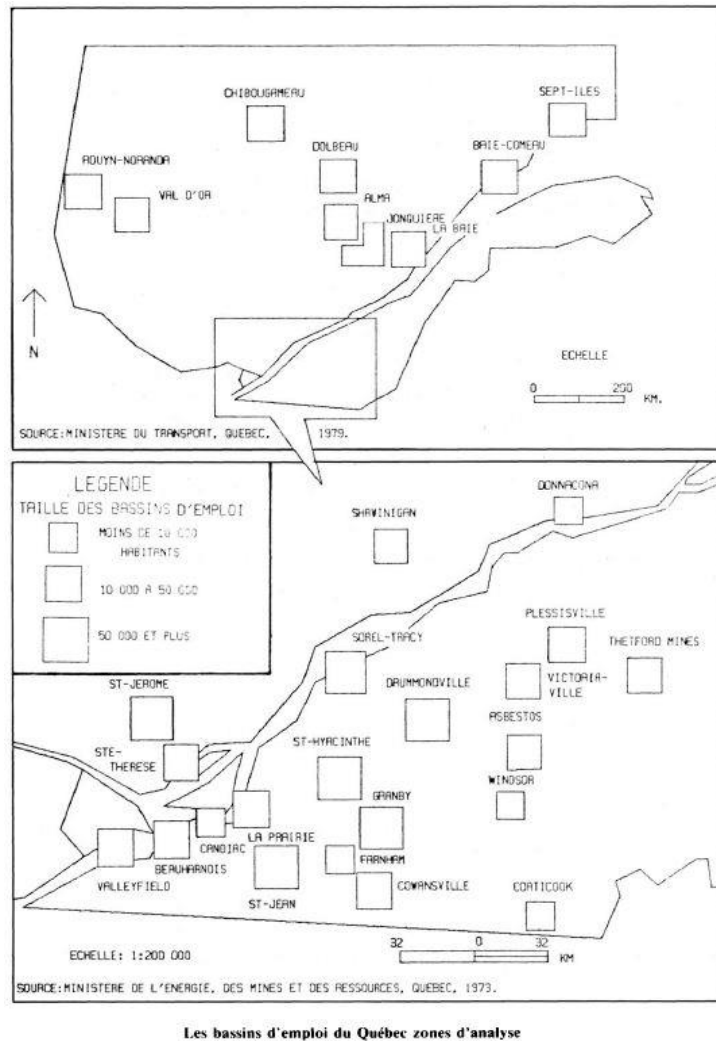


Figure 3 : Localisation des bassins d'emploi de la ville de Québec

À l'exception de la publication de Goldsmith (Goldsmith, 1977), toutes les études proposent une localisation plus ou moins précise des zones d'emploi et/ou du tissu industriel sous-jacent. Cependant, aucune ne permet de visualiser les événements de santé au travail liés à ces localisations. En effet, dans ces publications, on retrouve de l'épidémiologie « classique » : description des événements (temps, lieu, population) sous forme de tableau à mettre en regard des cartes de localisations.

Il faut attendre 20 ans plus tard, pour qu'un travail de thèse financé par le NIOSH (*US National Institute for Occupational Safety and Health*<sup>12</sup>) s'intéresse à une approche plus systémique du croisement de données de santé au travail avec celles sur l'activité. Elle s'appuie

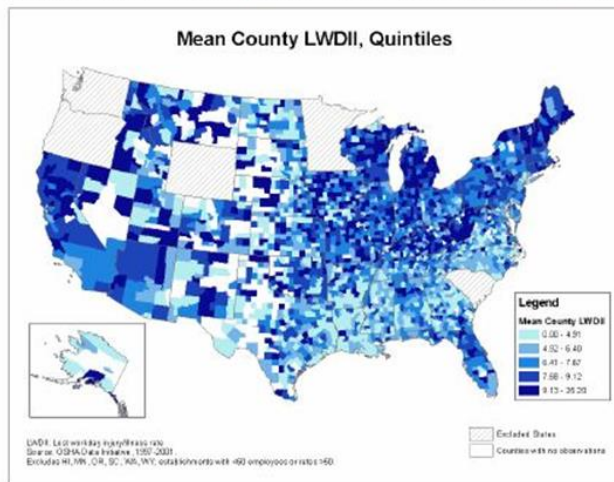
<sup>12</sup> Peut être traduit par : *Institut National pour la Sécurité et la Santé au Travail*.

sur l'usage devenu commun des **Systèmes d'Information Géographique (SIG<sup>13</sup>)** pour traiter des données de volume important à l'échelle de l'ensemble des Etats-Unis.

Ce travail montre, à l'échelle des états, et tous secteurs d'activité confondus, des variations des taux d'accident et du taux d'absentéisme pour AT et MP. Dans un deuxième temps, un focus réalisé sur un type d'industrie particulière (*Meat Processing Industry<sup>14</sup>*) met en évidence des variations géographiques des mêmes paramètres, à l'échelle plus précise du *county*. Ce travail associe par ailleurs des analyses complémentaires, non géographiques, sur le statut socio-économique des salariés. Cette variable a une place importante lors de l'explication territoriale car les niveaux socio-économiques sont également déterminés spatialement.

Sur la Figure 4, on trouve à gauche une cartographie par *county* de la moyenne de jour perdu à cause un accident du travail ou une maladie professionnelle sur la période 1997-2001. À droite, est présentée la typologie des établissements enregistrés dans l'industrie de transformation de la viande.

Map 1: Mean county Lost Workday Injury/Illness Rate (LWDII), ODI 1997-2001, quintiles



Map 17: Meat processing establishments by industry

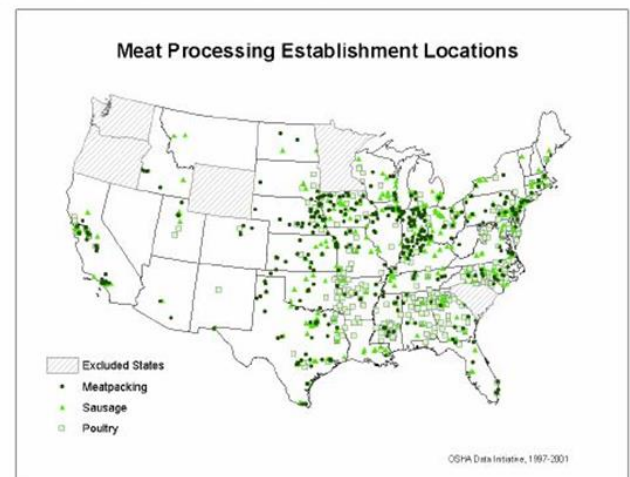


Figure 4 : Exemple de cartographies issues de la publication de Neff (Neff, 2006).

<sup>13</sup> Les SIG peuvent être décrit comme étant un « système consistant en un ensemble de matériel informatique, de logiciels, de données géographiques et de personnel, conçu de façon à permettre de manière efficace la collecte, le stockage, la mise à jour, la manipulation, l'analyse et l'affichage de toute formes d'informations à référence spatiale (« objets géographiques ») » (Texier, 2011).

<sup>14</sup> Peut être traduit par : industrie de transformation de la viande.

Les limites de ce travail sont néanmoins importantes. En premier lieu, les différences observées en termes d'accidentologie et d'absentéisme pour Accident du Travail (AT) et Maladie Professionnelle (MP) ne peuvent être analysées en fonction du type de pathologie (*a priori* non renseigné). De plus, les données sont agrégées à une échelle trop petite<sup>15</sup> pour permettre un retour sur le terrain. Enfin, au lieu de prendre en compte les disparités de tissus économiques des territoires comme facteur explicatif, cette étude ajuste sur ce facteur pour estimer l'absentéisme attendu.

**Les autres types d'études qui utilisent des outils géographiques en santé au travail sont orientés spécifiquement vers une pathologie.** On peut citer des travaux menés sur les cancers (Anna, 2009), les pathologies liées à l'amiante ou encore sur l'asthme (Fazzo, 2012).

Les publications les plus récentes utilisant ces outils géomatiques concernent les modélisations de « *heat stress maps* » (cartes de « coup de chaleur »). Ces études (Crider, 2014 ; Heidari, 2015) utilisent les SIG afin de cartographier les facteurs de risque et variations géographiques des victimes de coups de chaleur. Des essais (assez peu concluants) sont menés pour essayer de différencier les parts relatives liées aux températures, à des facteurs individuels (obésité), mais également le travail en extérieur et le niveau d'activité physique associée au travail.

---

<sup>15</sup> En géographie, le terme de « petite échelle » renvoie à la représentation d'une grande partie d'un territoire sans détail (exemple : l'échelle au 1/1 000 000e). Le terme de « grande échelle » renvoie donc à la représentation d'une petite partie détaillée d'un territoire (exemple : l'échelle au 1/25 000e).

### Messages clés (1)

**La santé au travail est spatialement déterminée car liée à la géographie économique et industrielle sous-jacente.**

**La perception de cette distribution géographique est probablement influencée par le mode de recueil d'information qui peut lui-même être géographiquement déterminé (exemple du réseau de centres de consultations tel que le rnv3p).**

**Comme l'a montré notre recherche bibliographique, très peu de publications ont tenté de cartographier et analyser simultanément les activités économiques d'un territoire et des données sanitaires sur les pathologies professionnelles y étant associées.**

**Nous n'avons retrouvé qu'une publication ayant tenté de conceptualiser une approche systémique de l'usage de la géographie à des fins de vigilance en santé au travail (analyse non limitée à la projection des cas d'une seule pathologie).**

## **4. Cadre de recherche**

L'augmentation du volume de données enregistrées informatiquement, incluant souvent des éléments de spatialisation (adresses, identification d'objets géolocalisables comme des entreprises), et la puissance des SIG incitent à repenser la question de la géographie de la santé au travail.

L'équipe Environnement et Prédiction de la Santé des Populations (EPSP) (Laboratoire TIMC-IMAG, UMR CNRS 5525), qui s'était déjà questionnée sur « l'effet centre » du rnv3p, a souhaité investiguer cette question de recherche, en s'appuyant à la fois sur les données du rnv3p et sur des données externes complémentaires relatives à la population active sous-jacente, d'une part, et à des données complémentaires relatives à la santé au travail, d'autre part.

L'ANSES, chargée du portage du projet rnv3p a appuyé ce projet qu'elle a financé au travers d'une Convention Recherche Développement (CRD 2012 – CRD – 06 – N° 596 A).

Afin de mener à bien ce projet, un partenariat avec une équipe universitaire de géographie a été conduit (Laboratoire Ladyss UMR 7533 - Laboratoire Dynamiques sociales et recomposition des espaces). Le profil de doctorant recherché était celui d'un géographe maîtrisant les outils SIG.

## **5. Objectifs de ce travail**

**Les objectifs de ce travail sont de :**

- 1. Proposer une synthèse des méthodes géographiques utilisées et utilisables pour décrire des phénomènes de santé, leurs intérêts et limites (Partie 1);**
- 2. Décrire le rnv3p en tant qu'objet géographique : en particulier, analyser le recrutement et l'identification de zones d'ombre, de façon « absolue » et relativement à la population de travailleurs exposés en utilisant des méthodes décrites au sein de la partie 1 (Partie 2);**
- 3. Analyser l'intérêt de la confrontation de bases de données complémentaires décrivant des risques ou évènements sanitaires en santé-travail (Partie 3);**
- 4. Faire des préconisations pour l'utilisation d'un module SIG adossé au réseau rnv3p à des fins de vigilance en santé au travail (Partie 4).**





# **Partie 1 – Vers une géographie de la santé au travail ?**



# 1. De la vigilance sanitaire à la territorialisation de la santé

## 1.1. La géographie de la santé

Les écrits de John Snow, au 19<sup>ème</sup> siècle à Londres, sont souvent considérés comme les tout premiers travaux pouvant être identifiés à de la **géographie médicale** car ayant combiné géographie et données sanitaires (Texier,2011). Son étude sur le choléra avait en effet permis de montrer les liens entre la propagation de cette maladie et un équipement territorial, à savoir les pompes à eau. Ce n'est pas le moyen de contamination qui a été mis à jour mais bien les lieux où celle-ci a eu lieu. C'est la localisation de ces deux informations sur un plan de ville qui a donné les éléments de réflexion sur le possible lien et l'effet causal. Cette méthodologie est la première à avoir utilisé la **localisation géographique pour comprendre un phénomène sanitaire.**

Le progrès sur les développements de méthodes et d'outils géographiques au service des questions de santé est ensuite lié à l'essor de l'outil informatique. En effet, l'arrivée à maturité, au milieu des années 1990, des  **systèmes d'informations géographiques (SIG)**, des logiciels de géostatistiques et du *Global Positioning System* (GPS), marque un tournant technique (Texier,2011). Des raisons sanitaires, liées aux risques industriels et environnementaux (centrales nucléaires, incinérateurs), dans la manière de prendre géographiquement en compte des phénomènes sanitaires. Cela se traduit par l'arrivée d'une nouvelle approche, géographique, qui, appliquée, au domaine de la santé, permet de questionner le territoire et de proposer une évaluation de l'état sanitaire selon différents éléments. En effet, **le territoire est le support d'une connaissance spécifique et spatialisée d'un point de vue historique, économique ou encore politique.**

L'espace géographique est « *un construit scientifique établissant les relations qu'une société entretient avec son environnement au travers d'indicateurs, des marqueurs spatiaux. Autrement dit, il s'agit de tester l'hypothèse d'une répartition géographique particulière d'un marqueur spatial, produit de l'interaction des facteurs environnementaux et sociaux, et d'en proposer l'explication. Nous devons considérer l'espace comme support, produit et enjeu de rapports sociaux* » (Salem,1995).

La géographie de la santé a donc comme objectif de **comprendre les relations entre les populations et leurs territoires, au travers des faits de santé ou liés à la santé.** Elle se propose de comprendre ces relations et de les analyser à travers l'association de différentes variables, qu'elles soient géographiques, économiques, sociales ou culturelles. Henri Picheral définit cette discipline comme étant « *l'analyse spatiale des disparités de santé*

*des populations, de leurs comportements sanitaires et des facteurs de l'environnement (physique, biologique, social, économique, culturel) qui concourent à expliquer ces inégalités » (Picheral,2001).*

La planification est « *une action de prévision, de répartition et de distribution équitable des ressources ou des moyens* » (Jourdain,1997). En parlant de planification sanitaire, on entend donc une répartition équitable des systèmes de santé et de soins sur le territoire. Cependant, le terme de territoire n'est apparu que récemment dans les textes juridiques (années 1970), notamment au sein du VIe plan de la rationalisation des choix budgétaires (1971-1975), qui est « *l'occasion d'élaborer une réflexion globale sur le système de santé* » (IRDES,2013). Il y a alors une « *vision nouvelle de la planification* » (Henrard,1995). La première carte sanitaire est instaurée par la loi hospitalière du 31 décembre 1970 : « *arrêté en 1974, ce découpage de l'espace géographique en 256 secteurs sanitaires, répartis en 21 régions, vise l'instauration d'un plateau technique minimum au sein de chaque secteur et un rééquilibrage sectoriel des équipements hospitaliers* » (IRDES,2015).

La loi de Claude Evin (1991) est la première à introduire du **vocabulaire géographique dans une loi de santé**, avec les mots « *schéma* » et « *régional* ». La réforme de 1996, qui encadre la création des agences régionales d'hospitalisation (ARH), met en avant la décentralisation des politiques de santé sur de nouveaux territoires. Antoine Bailly souligne dans cette démarche le « *besoin d'une politique sanitaire spatialisée* » en reconnaissant l'« *importance des liens « santé-territoire* » (Vigneron,2002). Développés depuis le début des années 1990, les outils de la planification sanitaire continuent d'être mis en place, comme le montrent, par exemple, la carte sanitaire, les Schémas Régionaux d'Organisation Sanitaire (SROS), les Unions Régionales des Médecins Libéraux (URML) ou encore les Union nationale des caisses d'assurance maladie (Urcam). Entre la loi hospitalière (1991) instituant les SROS, la création des URML (1993), et les ordonnances de création des ARH et Urcam (1996), l'évolution législative aura « *fait prévaloir le fait régional dans le domaine de la santé* ».

Ce fait régional trouve un écho pour la surveillance et la prévention, car la loi de santé publique d'août 2004 demande notamment à l'InVS de coordonner la veille en région. Ainsi, les Cire (cellule de l'InVS en région) sont créées et travaillent à la structuration, à l'animation et à la coordination de la veille sanitaire régionale. On peut également citer les CVAGS (Cellule de Veille, d'Alerte et de Gestion Sanitaire), dirigées par un responsable désigné par le directeur général de l'ARS ou encore les Observatoires Régionaux de la Santé (ORS).

Certains termes de vocabulaire de la géographie font aujourd'hui partie des faits de santé, en témoigne le nom de la dernière loi de santé en 2010 (Hôpital, Patients, Santé et Territoires – HPST), qui avait comme mesure majeure la création des Agences Régionales de Santé (regroupement des ARH, URCAM, Mission Régionale de Santé – MSR et des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales – DASS).

## 1.2. Le choix des échelles

Le choix de représentation des phénomènes est un élément central dans un travail géographique. Pour choisir les méthodes à appliquer dans le cadre d'un travail d'analyse spatiale, le **choix du découpage territorial** est un élément important et la **définition d'un échelon géographique** est nécessaire. En effet, *« l'analyse des processus par lesquels s'effectuent le passage d'un niveau à un autre, l'émergence qualitative des structures qui rend pertinent le changement d'échelle, est l'un des grands problèmes posés actuellement à la réflexion théorique et à la modélisation en géographie »* (Pumain,2014).

Pour une description des faits de santé ou des facteurs de risque, le choix de l'échelle *« a une influence directe sur le portrait sanitaire qu'on fait d'une population, tant au plan géographique qu'au plan statistique »* (Fleuret,2007).

Dans le cadre de notre travail, les données sont disponibles à l'échelle nationale, mais cet abus de langage nous fait oublier que chacune d'entre elles a été traitée individuellement, à partir d'un code postal et d'une adresse afin de lui attribuer un code commune (ou code Insee). Cette échelle individuelle a ensuite été agrégée aux niveaux supérieurs pour des raisons de confidentialité.

Pour une problématique en santé au travail, il semble important de trouver une échelle d'analyse pertinente. Lors de la prise en considération de données économiques (secteurs d'activités), **le découpage en Zone d'Emploi (ZE) nous est apparu comme le plus adapté.** *« Les découpages administratifs des régions et des départements ne sont pas pleinement satisfaisants : même si la plupart des frontières de ces découpages passent dans des régions peu denses, la taille des zones est trop importante pour faire ressortir des phénomènes locaux. Ces découpages sont cependant utiles pour mettre en évidence des évolutions nationales. En outre, ils ont l'avantage de correspondre à un niveau administratif bien identifié pour une éventuelle intervention publique. Des zones de plus petites tailles,*

*zones d'emploi et communes, permettent de compléter cette analyse. Le découpage en zones d'emploi est le plus adapté puisqu'il repose sur des considérations économiques liées à l'activité locale (migrations alternantes domicile-travail)» (Houdebine, 1999). C'est donc cette échelle de la Zone d'Emploi (ZE) qui nous est apparue comme appropriée. En effet, « face aux référentiels spatiaux administratifs, imposés par le haut, croît le besoin d'identifier et de comprendre les logiques des pratiques spatiales habituelles des populations. Ainsi, l'Insee prit l'initiative en créant en 1983 la zone d'emploi, fondée sur les déplacements entre le lieu de domicile et le travail » (Amat-Roze, 2011).*

Ce découpage, mis en place par l'Insee en 1985 et dont la dernière révision date de 2010, divise le territoire métropolitain en 304 zones. Créées comme un « zonage d'études, elles permettent aujourd'hui de restituer de l'information statistique mais aussi de concevoir des diagnostics territoriaux permettant de bâtir ou mettre en œuvre des politiques territorialisées» (Insee, 2010). Ce découpage, basé sur les données de flux de déplacement domicile-travail (collectées pendant les recensements de la population), a pour objectif de « définir une partition du territoire en ensembles de communes où la plupart des actifs résident et travaillent» (Insee,2010).

La carte en Annexe 1 présente le découpage par zone d'emploi et les caractéristiques des flux reflètent une partie des découpages. En effet, on note un grand nombre de petites ZE dans les régions PACA, Nord-Pas-de-Calais, Alsace, Rhône-Alpes alors que celles des régions Limousin ou Champagne-Ardenne sont beaucoup plus étendues. Comme le précise l'Insee, ce nouveau découpage « reflète la réalité des marchés du travail locaux et leurs évolutions telles que les ont confirmées les résultats des derniers recensements : allongement des déplacements domicile-travail, rayonnement croissant des grandes villes et diminution de l'activité des territoires les moins dynamiques ».

## **2. Méthodes et outils géomatiques au service de la surveillance**

### **2.1. Modèles et méthodes utilisés en géographie**

#### **2.1.1. Les modèles géographiques**

Historiquement, en géographie deux grandes démarches existent :

- La géographie « verticale », portée sur l'étude des relations société/environnement, notamment des différences du milieu naturel (territoires délimités par des caractéristiques physiques, culturelles, historiques ou sociales), on parle alors d'une géographie dite « régionale »;
- La géographie « horizontale », où l'étude de la spatialité des sociétés, notamment des similarités territoriales entre les phénomènes qui seraient expliquées par les relations entre les lieux par les sociétés elles-mêmes. Cette démarche correspond à l'analyse spatiale, qui cherche à établir des « règles » de fonctionnement du territoire (Deneux,2006).

L'analyse spatiale est la mise en évidence « *des structures et des formes d'organisation spatiale récurrentes, que résument par exemple les modèles centre-périphérie, les champs d'interaction de type gravitaire, les trames urbaines hiérarchisées, les divers types de réseaux ou de territoires, etc. Elle analyse des processus qui sont à l'origine de ces structures, à travers des concepts comme ceux de distance, d'interaction, de portée spatiale, de polarisation, de centralité, de stratégie ou choix spatial, de territorialité... Des lois de la spatialité relient ces formes et ces processus, et sont intégrées dans des théories et des modèles du fonctionnement et de l'évolution des systèmes* » (Pumain,2014).

En réalité, c'est la combinaison des approches verticale et horizontale qui permet de comprendre et d'analyser la spécificité d'un lieu, d'une région ou d'un territoire : c'est à la fois la recherche d'une certaine régularité et en même temps d'une spécificité particulière.

L'analyse spatiale étant définie comme « *l'étude formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace produit et vécu par les sociétés humaines* », ce sont des modèles (centre-périphérie, champ d'interaction gravitaire, trames urbaines hiérarchisées, etc...) qui la résument. Ces modèles sont basés sur des processus, à l'origine de structures particulières, que



sont par exemple la distance, le processus d'interaction, la polarisation, la centralité ou la diffusion. De manière classique, on distingue cinq grands modèles géographiques.

Tout d'abord, les modèles hiérarchiques qui permettent, comme leur nom l'indique, de caractériser en partie la hiérarchie des villes, leur taille, leur nombre ainsi que leur espacement. Les exemples peuvent être pris grâce à la loi rang-taille (Fabriès-Verfaillie, 2000) (Figure 5) ou au modèle développé par Christaller.

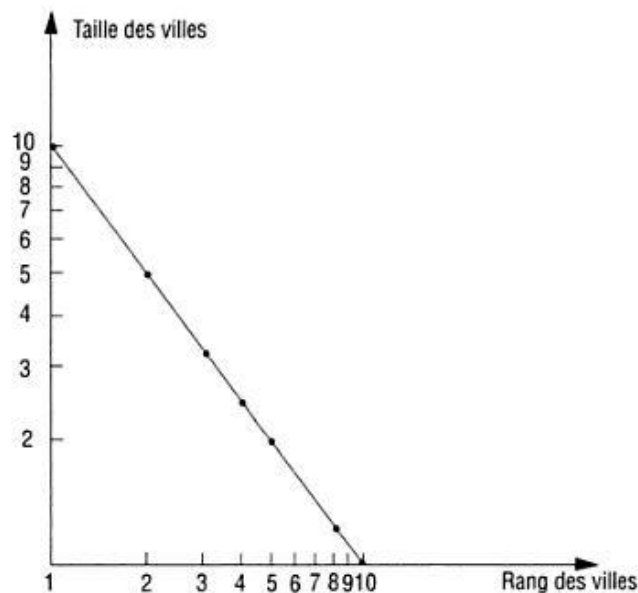


Figure 5 : Illustration de la loi rang-taille des villes

La théorie des lieux centraux de Christaller est fondée « sur la distinction entre des centres, qui sont le siège d'une offre de biens et de services, et des périphéries (région complémentaire du centre) où réside la demande, la population utilisatrice. La notion de centralité justifie le regroupement en un même lieu de la production des services de même niveau et de même portée destinés à la population dispersée dans la région complémentaire (ou zone d'influence), dont le centre polarise la clientèle » (Pumain, 2014). Il y a donc une hiérarchisation des centres car il existe plusieurs niveaux de services pour lesquels un individu

est prêt à se déplacer (distance et coût). Christaller imagine alors des zones d'influence emboîtées comme le montre la Figure 6 (Schenk, 2001).

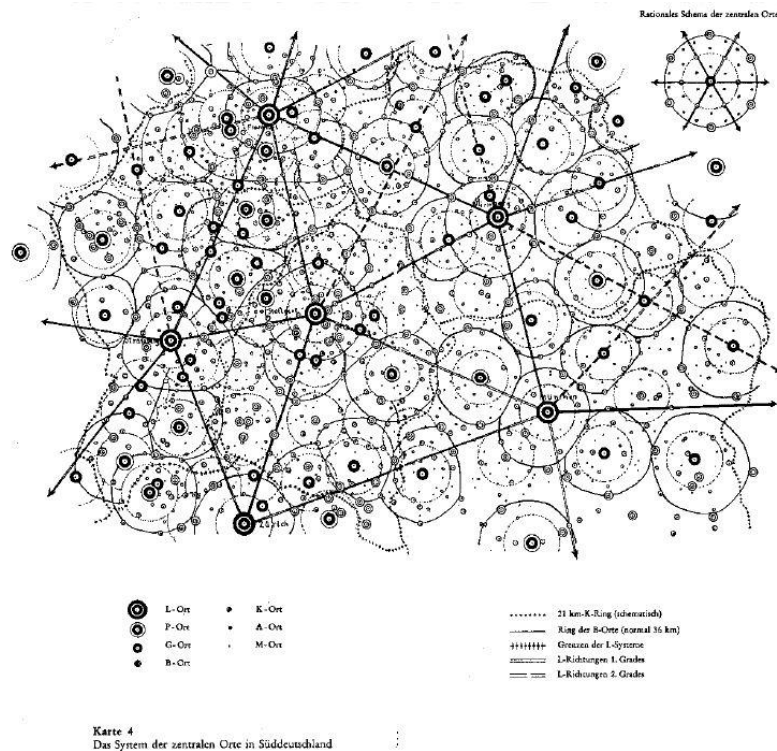
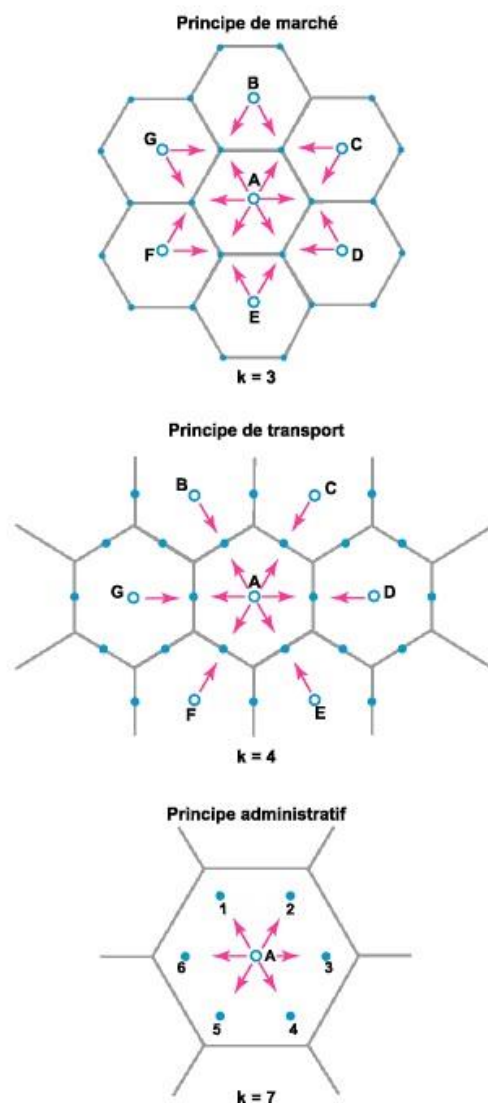


Figure 6 : Illustration de la théorie des lieux centraux de Christaller

Christaller a défini son modèle hiérarchique selon trois principes d'organisation : le marché, le transport ou la gestion administrative. La Figure 7 montre ces distinctions selon différents principes et le nombre de relations et de nœuds associés, qui évolue. Ainsi, dans la logique de marché, le nombre de centres desservis par un centre principal est de 3 (lui-même et deux fois  $1/6^{\text{ème}}$  de l'hexagone). Dans la logique de transport, ce modèle résume l'économie dans les déplacements entre deux lieux centraux. Enfin, la logique administrative est basée sur le principe d'une structure pyramidale de lieux centraux secondaires situés autour du lieu central principal.

## Les trois principes d'organisation des lieux centraux selon W. Christaller



Dans la structure de forme aréale du principe de marché, le nombre de centres de niveau inférieur, desservis par un centre supérieur est de 3 ( $k = 3$ , c'est à dire : le centre principal complété par six fois un tiers d'hexagone)  
 Dans le cas du principe de transport, les centres de consommation sont situés le long d'axes de transport, au centre d'une limite d'attraction entre deux centres principaux. Dans ce cas, le principe multiplicateur est de 4 ( $k = 4$ ).  
 Dans le principe administratif, il n'y a pas partage d'attraction, les 6 centres inférieurs sont sous le contrôle d'un seul centre supérieurs. Le coefficient multiplicateur est donc de 7)

Figure 7 : Illustration<sup>16</sup> de la théorie des lieux centraux de Christaller selon les trois principes d'organisation : principe de marché, principe de transport et principe administratif

On trouve ensuite les modèles de flux, souvent appelés modèles gravitaires, qui permettent de caractériser les interactions, de formuler des hypothèses sur l'attraction directe

<sup>16</sup> Illustration issue du site [www.hypergeo.eu](http://www.hypergeo.eu), encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la géographie en accès libre (à comité de lecture)

en fonction de la « masse » des objets et de l'inverse de la distance qui les sépare (théorie de Newton).

Le modèle de Reilly « transpose explicitement la loi de Newton en géographie » (Parrochia,2006). En effet, « deux centres (situés dans deux villes différentes) attirent les achats des populations situées entre elles en proportion directe du nombre total d'habitants des villes considérées et en proportion inverse du carré de la distance qu'il faut parcourir pour y s'y rendre » (Lhomme). Le modèle de Huff est basé sur le modèle Reilly mais il permet de prendre en considération la « concurrence » donc la localisation et l'attractivité d'autres objets.

Les modèles de réseaux théoriques permettent quant à eux de poser des hypothèses, par exemple, l'« effet petit monde » (*small-world*) dans lequel chaque objet ou individu peut être relié à n'importe quel autre individu par une courte chaîne de relations sociales ; reprend le concept du sociologue Milgram de « six degrés de séparation ». Il y a également le réseau invariant d'échelle (*scale-free*) qui suit une loi de puissance. En effet, un grand nombre de sommets sont reliés à d'autres sommets par un nombre faible de liens. Par contre, peu de sommets seront liés directement à un grand nombre de sommets (Figure 8, Watts, 19980)

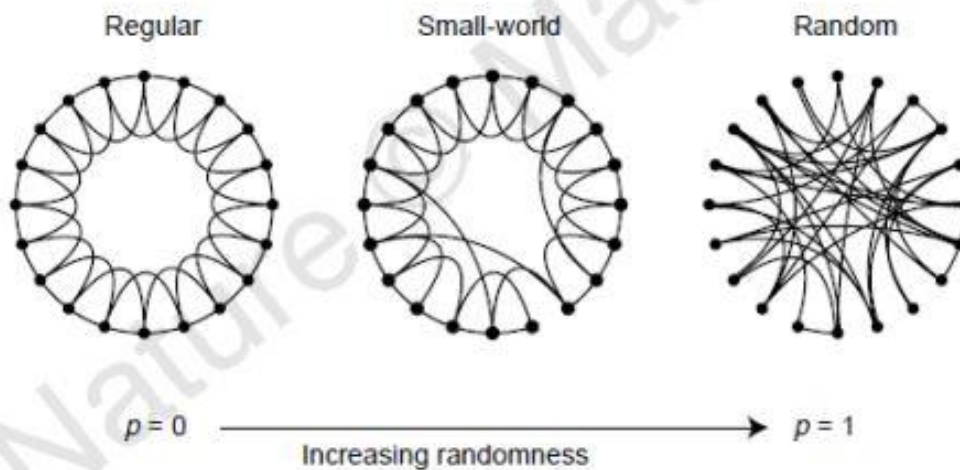


Figure 8 : Illustration des modèles de réseaux théoriques

On distingue également les modèles d'optimisation qui reposent sur le principe de « maximisation » et permettent d'identifier les endroits qui sont les mieux localisés selon

plusieurs principes. Deux modèles connus sont celui de Von Thünen ou encore celui de la localisation-allocation.

La Figure 9 reprend une modélisation de la théorie de Von Thünen en expliquant la localisation idéale de la terre agricole au regard de la maximisation du profit réalisé en vendant son produit dans la ville (point central). Dans son modèle, Von Thünen ne garde que les variables du coût du transport et d'une utilisation optimale des terres. Comme les distances utilisées sont à vol d'oiseau, on trouve avec un modèle centre-périphérie « parfait », en cercles concentriques autour du point central.

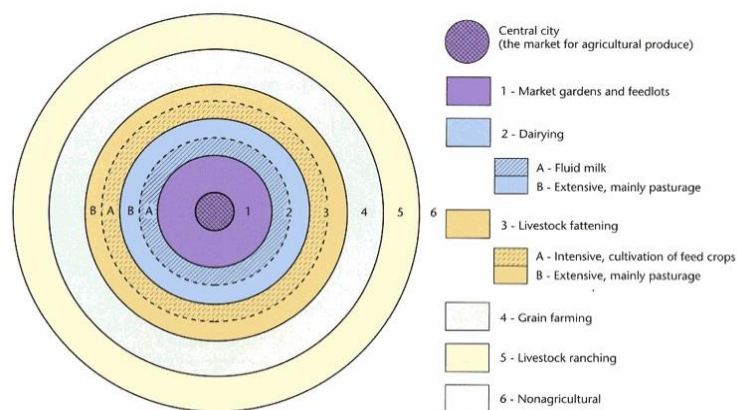


Figure 9 : Illustration de la théorie d'optimisation de Von Thünen

Enfin, les modèles de dynamique spatiale, basés sur les notions de diffusion (Hägerstrand, Figure 10) ou de ségrégation (Schelling). Ces modèles, également appelés « espace-temps » tiennent compte de la temporalité, notamment dans les situations de déplacements (on parle alors de matrice espace-temps). Ces modèles sont, par exemple, utilisés dans des études d'exposition à la pollution atmosphérique.

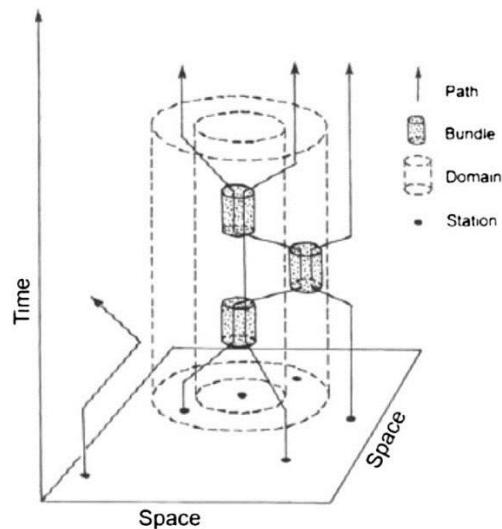


Figure 10 : Illustration du modèle de dynamique spatiale de Hägerstrand

Dans le domaine de la santé, l'ensemble des modèles vus ici n'est jamais appliqué en tant que tel, mais des illustrations s'appuient sur ces théories. On peut citer les travaux menés sur l'accessibilité au système de soins selon une problématique spécifique, par exemple l'accessibilité aux maternités (Pilkington,2010 ; Combiér,2013). Sur les parcours et trajectoires de prise en charge de patients, on peut noter les travaux menés selon une pathologie, par exemple du cancer du poumon (Nuemi,2013). Enfin, la prise en compte de déterminants sociaux-spatiaux face à des épidémies est notamment discutée sur les thèmes du paludisme (Fournet,2008), du VIH (Nikiéma,2008) ou encore d'Ebola (Gasquet,2010).

À notre connaissance, aucune étude n'a pour le moment utilisé de modèles géographiques dans le domaine de la santé au travail.

### **2.1.2. Les méthodes géographiques**

Au sein de la démarche géographique, on oppose souvent deux types de méthodes, basées sur le type de donnée utilisé, à savoir une méthode quantitative et une méthode qualitative (Béguin,2000). Celles-ci peuvent pourtant être appliquées de manière simultanée et complémentaire ou non ; cela dépendant du phénomène étudié et de la disponibilité des données.

Les outils mobilisés par l'analyse spatiale sont divers et l'on en distingue essentiellement quatre :

- Les outils de statistiques classiques, sans la localisation d'objet ;
- Les outils de statistiques classiques, complétés par la cartographie ;
- Les outils de la géostatistique, quand l'analyse se fait sur des objets géolocalisés ;
- Les outils qualitatifs, qui viennent enrichir et compléter les analyses des précédents outils.

Lorsque les données sont des objets localisés, deux unités spatiales sont alors considérées : l'unité primaire, qui correspond à une observation, un point, un pixel ou un individu et l'unité secondaire, dans laquelle l'ensemble des unités primaires est comptabilisé (zone d'emploi, département, etc...). La plupart du temps, ces deux types d'unités sont des agrégats et les méthodes utilisées diffèrent en fonction de la nature et du nombre de variable que chacune possède.

En s'intéressant, dans un premier temps, aux outils servant à cartographier, représenter et simplifier géographiquement la lecture des données, on s'appuie sur différentes familles d'outils. La première étape est la cartographie du phénomène permettant une simplification visuelle du phénomène. Dans un second temps, ce sont les outils d'analyses (statistiques et cartographiques) qui sont utilisés et permettent de valider ou non les hypothèses soulevées avec les premières représentations. Enfin, la troisième étape peut être la validation des hypothèses, avec l'introduction de la temporalité lorsque celle-ci peut être incluse.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes appuyés sur des données quantitatives à partir desquelles nous avons réalisé des travaux cartographiques qui sont devenus supports d'analyses géostatistiques car réalisés sur des objets géolocalisés.

## **2.2. Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)**

La géomatique est la discipline qui s'intéresse à l'ensemble des outils et méthodes qui permettent l'acquisition, le stockage, l'analyse et l'affichage de données référencées spatialement. Aux côtés des logiciels de géostatistiques et des logiciels d'information

géographique (LIG), les Systèmes d'Informations Géographiques ou SIG constituent la grande majorité de ces outils.

Le développement des outils SIG peut se découper selon trois périodes (Chrisman,2006) :

- entre les années 1960 et 1980 : l'innovation, essentiellement nord-américaine. Les premiers outils voient le jour au Canada (1963) et aux Etats-Unis (création de l'entreprise Esri en 1969) ;
- entre les années 1980 et 1990 : la commercialisation, avec l'arrivée des SIG en Europe ;
- depuis les années 1990 : la mondialisation et l'appropriation des outils SIG, notamment grâce au développement d'internet. On peut citer le développement de cartographie collaborative (2004 : projet OpenStreetMap) et l'arrivée des premières cartographies à l'échelle mondiale (2005 : Google Earth).

Aujourd'hui utilisés dans beaucoup de domaines (environnement, transports, géomarketing, etc), les SIG ont également fait leur apparition dans les questionnements de santé. Comme le soulignent Apparicio P et Cloutier M-S, « *l'implication de géographes de la santé et de géomaticiens de la recherche en épidémiologie est alors essentielle pour dépasser l'habituel constat descriptif des états de santé et ainsi d'utiliser les outils SIG pour produire de nouvelles informations à partir de données existantes. Les SIG s'insèrent alors dans la panoplie des méthodes épidémiologiques comme un outil analytique et décisionnel des dynamiques spatiales* » (Fleuret, 2007).

Au sein d'un SIG, la couche est le fondement de la construction de la carte (Texier,2011). Cette couche est support d'un ensemble d'informations communes, comme, par exemple, un réseau routier, la localisation des villes ou encore de bâtiment. Les SIG possèdent deux modes de représentation : le raster et le vecteur. Le raster est un mode de représentation « matriciel » où les images sont découpées en pixel (découpage régulier en carré ou rectangle). Le mode vecteur est une donnée résumée et définie par sa forme, sa position ou sa représentation.



### **2.2.1. Les outils**

Les illustrations (figures) des fonctionnalités des outils présentés dans la suite du travail ont été récupérées au sein même du logiciel SIG utilisé, à savoir ArcGIS, développé par la société Esri (licence ArcEditor, version 10.2.1).

Le modèle vecteur est celui que nous avons utilisé pour notre travail car il permet une localisation de l'information selon trois formes de représentation possible : le point, la ligne et le polygone. Ces formes, qui modélisent l'information réelle, sont ensuite celles qui subissent ce que l'on appelle des « géo-traitements » au sein du logiciel SIG.

En s'appuyant sur les différents modèles vus précédemment, nous avons résumé les principaux processus qu'ils recouvrent ainsi que les outils auxquels ils font appel. Nous avons donc résumé huit processus majeurs au sein de quatre grandes familles d'outil.

#### **2.2.1.1. Les outils de diffusion**

Pour la première représentation des données utilisées, c'est une localisation ponctuelle par point qui a été utilisée. Pour des raisons de confidentialité, la représentation de nos semis de points se fait donc à la plus grande échelle possible : la commune. Afin d'attribuer un point (notre donnée) à une surface (la commune), le logiciel place notre information au centroïde du polygone associé. Si l'on veut agréger plusieurs points situés sur la même commune, c'est un outil de fusion qui sera utilisé. L'entité ponctuelle (point) devient ensuite une entité multi-points ou noyau ayant comme poids le nombre de points fusionnés.

Le nombre de données sur lequel nous avons travaillé étant important (plusieurs milliers d'informations), la lecture du semis de points s'avère difficile, même en représentation par noyau. Nous avons donc utilisé l'outil de densité qui permet de lisser la lecture de cette information. Selon les paramètres choisis (taille de la cellule en sortie, rayon de recherche, pondération des noyaux), le rendu ne sera pas le même et la densité plus ou moins lisible : « pixellisation » ou lissage du résultat.

Pour résumer la dispersion de nos entités ponctuelle, nous avons utilisé la méthode de dispersion standard. Celle-ci est définie comme étant « *une mesure de dispersion caractéristique des valeurs autour de l'indicateur de tendance centrale, qui résume au mieux l'ensemble des localisations, mais qui réduit énormément l'information disponible* » (Zaninetti,2005). Pourtant, la distribution d'un semis de points est généralement déformée dans une ou plusieurs directions. Les ellipses de déviation standard transposent donc cette

distribution aléatoire d'un semis de points à l'intérieur d'une ellipse qui résume leur dispersion autour d'un point central (Figure 11).

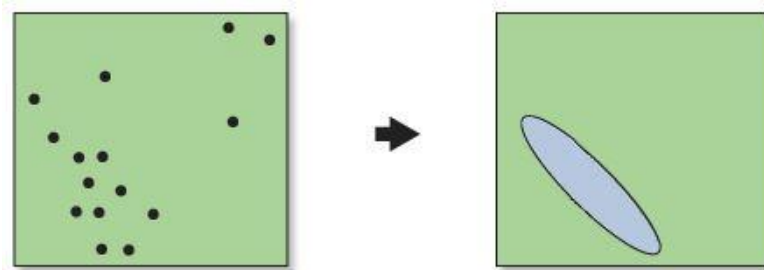


Figure 11 : Illustration de l'outil "ellipse de déviation standard" permettant d'indiquer une direction et une dispersion autour d'un semis de point

### 2.2.1.2. Les outils de polarisation

L'outil de la zone tampon (ou *buffer*) permet de créer une zone tampon autour d'une entité (point, ligne ou polygone). Cet outil (voir Figure 12) permet de faire apparaître, à une distance fixée par l'utilisateur, une zone obtenue « *par sélection d'un voisinage, qui permet d'évaluer les caractéristiques de différents environnements d'un objet spatial donné* » (Genevois, 2008). La création de ces entités permet de mesurer une influence dans une diffusion par exemple. La fusion de plusieurs zones tampons superposées peut aussi être réalisée.

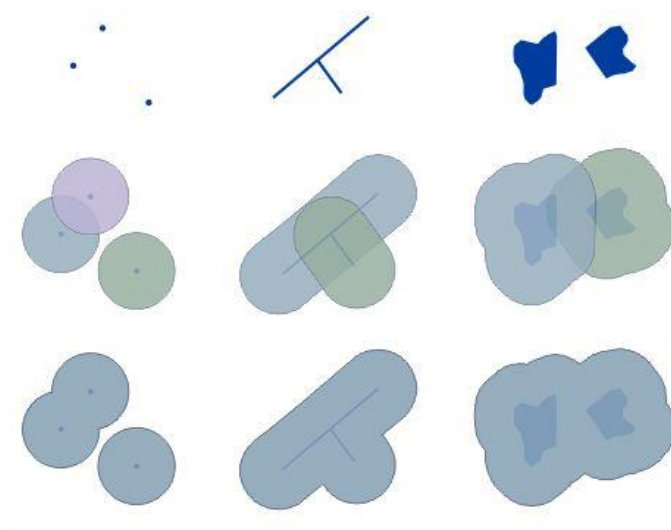


Figure 12 : Illustration de l'outil « buffer » permettant la création d'une zone tampon quel que soit la forme de l'information (point, ligne, polygone)

Nous n'avons pas utilisé cet outil au cours de notre travail, mais celui-ci pourrait être intéressant, notamment en regardant les superpositions d'informations entre plusieurs centres. En effet, il peut permettre de faire apparaître de manière claire les recouvrements entre les CCPPs et de mieux rendre compte de la fréquentation des centres de pathologies professionnelles.

Comme le montre la Figure 13, l'outil suivant (« entités vers points ») permet de calculer un centre de gravité (ou centroïde) à partir d'entités multi-points, linéaires (lignes) ou surfacique (polygones).

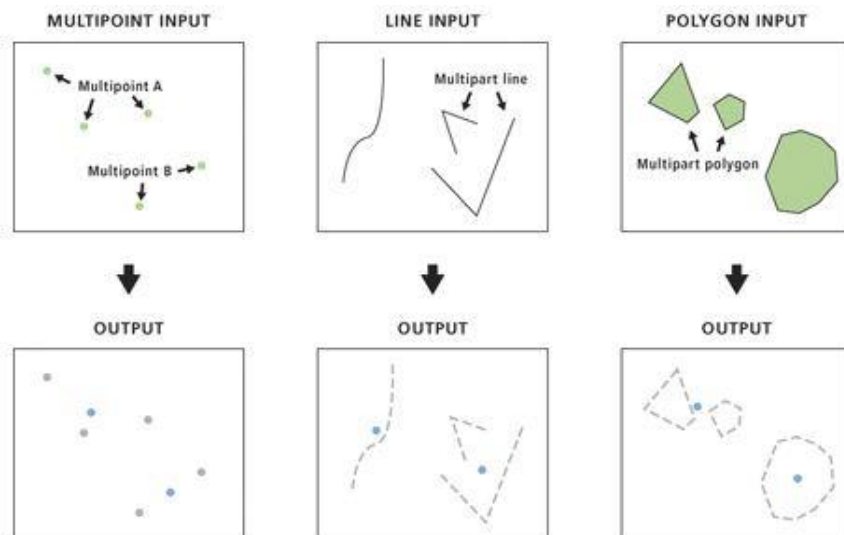


Figure 13 : Illustration de l'outil "entités vers points" permettant de trouver un centroïde selon la forme de l'information (point, ligne, polygone)

Cet outil, non utilisé au cours de notre travail, aurait cependant un intérêt futur. En effet, lorsque nous avons regardé les directions absolues (ellipses) prises par les données autour de chaque CCPP, nous aurions tout à fait pu comparer un centre de gravité « idéal » (un centroïde de PST) à la localisation qu'ont les CCPPs sur le territoire. Dans l'hypothèse de l'ouverture de consultation de pathologie professionnelle délocalisée, l'utilisation de cet outil pourrait être utile pour localiser les territoires les plus centraux. Utilisé en complément de l'outil buffer, il permettrait de faire ressortir des zones d'intérêt pour la localisation de ces centres délocalisés.

### 2.2.1.3. Les outils d'interaction et de choix spatiaux

Parmi les outils que l'on peut utiliser pour décrire une interaction spatiale, nous avons pris les exemples des polygones de Thiessen et du calcul du voisin le plus proche.

Les polygones de Thiessen (Figure 14) s'appuient sur le modèle mathématique des diagrammes de Voronoï. Cet outil utilise la triangulation : autour de chaque point est généré un polygone dont les côtés sont générés selon chaque autre point et leurs bissectrices perpendiculaires associées. Les sommets sont les croisements de ces bissectrices. Ainsi, tous les points qui se trouvent à l'intérieur d'un polygone sont les points les plus proches du point de référence.

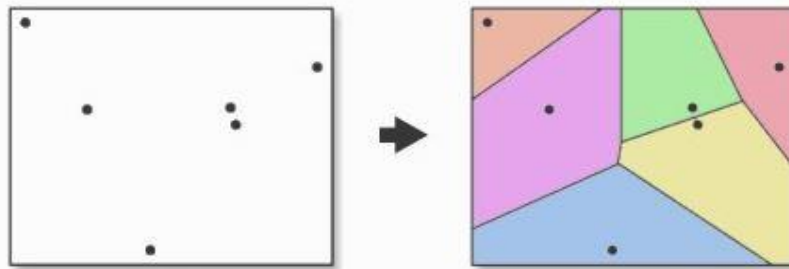


Figure 14 : Illustration de l'outil "polygones de Thiessen" permettant la création de zones proximales autour de chaque point

Nous avons utilisé cette représentation pour faire apparaître des zones de recrutement théorique autour de chaque centre. Ce choix permet de faire apparaître des polygones, qui ne dépendent que de la répartition géométrique des points en entrée (en l'occurrence, les CCPPs) et d'apprécier les interactions en termes de surface de polygone notamment lors de leur superposition avec les ellipses de déviation standard.

L'outil du voisin le plus proche est lui aussi basé sur la distance, mais sa méthode exploratoire s'intéresse à la « *structure spatiale globale du semis ponctuel, son organisation globale, concentrée, aléatoire ou répartie et l'échelle de cette organisation* ». Elle permet en effet de confronter la distance moyenne au voisin le plus proche à trois distances théoriques. La première est une égale répartition du semis de points (équirépartition), la deuxième est une répartition aléatoire et la dernière un groupement complet (Figure 15).

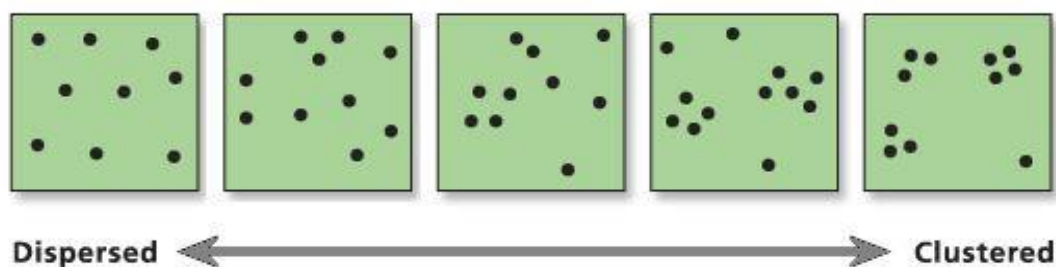


Figure 15 : Illustration de l'outil "voisin le plus proche" permettant de mettre en évidence une agrégation plus ou moins prononcée d'un semis de point

Dans le cadre de l'exploration des données du réseau, il ne nous a pas semblé intéressant d'utiliser cet outil car nous avons déjà utilisé celui de densité. Dans des travaux futurs, il faudra cependant le prendre en considération, notamment pour la détection de cluster de pathologie.

#### 2.2.1.4. Les outils de distance

Pour les calculs de distance, plusieurs outils sont utilisables. Tout d'abord, on peut citer la représentation en oursins (une droite reliant deux points géo-référencés) qui permet une visualisation de la distance et une estimation à vol d'oiseau de celle-ci. Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes appuyés sur ce mode de représentation afin de regarder les directionalités de manière globale puis d'utiliser ces oursins pour un calcul de densité de ligne.

Certains outils, plus performants sur des calculs de distance, existent au sein de certains SIG et s'appuient sur les données topographiques, de réseaux et d'axes routiers. Des calculs, plus précis sur les parcours, à la fois en termes de kilomètres mais également de temps, sont possibles. Il aurait été intéressant d'intégrer cette approche, notamment pour regarder si cette variable avait une influence sur le recours aux centres pour certaines pathologies par exemple et de compléter ainsi le travail effectué avec les ellipses de déviation standard.

Le Tableau 1 résume l'ensemble des outils utilisés ou non dans le cadre de notre travail sur l'exploration géographique des données du rnv3p. Il souligne les limites et les avantages de chacun en précisant si certains, non considérés, pourront être utiles dans de futurs traitements géomatiques.

Tableau 1 : Classification des principaux outils SIG

Modèles	Processus	Outils	Utilisation	Intérêts	Limites
Lieux centraux	Centralité	Centroïdes	<b>Non</b>	Permet de construire un point central en partant de la localisation des informations.	Outil géométrique qui ne prend pas en compte le poids des informations pour lesquelles il est calculé.
Gravitaire	Distance	Distance	<b>Non</b>	Permet le calcul de distance moyenne ; peut être une variable explicative de recrutement.	Outil qui nécessite un accès à des jeux de données particuliers, le plus souvent sur des serveurs de données.
		Oursins	<b>Oui</b>	Permet de visualiser des directions et de regarder des superpositions. Peut être le point de départ à un calcul de densité de lignes.	Outil qui résume l'information et une lecture peu pratique lorsque les données sont nombreuses.
Gravitaire avec concurrence	Polarisation	Buffer	<b>Non</b>	Permet de compléter les informations sur les territoires périphériques aux zones étudiées.	Outil dont la distance de recherche est fixée par l'utilisateur.
		Barycentre	<b>Non</b>	Permet de construire un point central en partant de la localisation des informations et de leur poids.	Outil qui ne prend pas en compte la topographie.
Réseaux théoriques	Interaction	Polygones de Thiesen	<b>Oui</b>	Permet une simplification visuelle d'un espace en créant des zones géométriques théoriques.	Outil qui ne prend pas en compte la topographie, les axes de communications ou encore le poids des entités qu'il résume.
Rang-taille	Diffusion	Semis de points	<b>Oui</b>	Permet le premier affichage des entités.	Outil qui superpose l'ensemble des entités. Selon le nombre d'entités, masque une partie de celle-ci.
		Densité de points / Densité de noyaux	<b>Oui</b>	Permet de résumer l'information parfois peu lisible de la localisation des entités quand leur nombre est important.	Outil pour lequel le choix des paramètres (taille du raster en sortie notamment) est essentiel afin de ne pas perdre d'information.
		Ellipse de déviation standard	<b>Oui</b>	Permet de résumer une répartition aléatoire d'entités.	Outil qui ne prend pas en compte le poids de chaque entité.
Optimisation	Choix spatiaux	Voisins le plus proche	<b>Non</b>	Permet une visualisation des entités (ou groupe d'entités) qui sont spatialement proche.	Outil basé sur une représentation en semis de points donc un affichage des résultats difficile à lire s'il y a une grande quantité d'entités.
Dynamique spatiale	Géostatistique	Fréquence, Intersections	<b>Oui</b>	Permet des calculs statistiques impliquant une seule couche ou plusieurs couches de données (intersections).	Outil dont les résultats apparaissent sous forme tabulaire, non localisés.

**Non : Outil non utilisé et dont l'intérêt paraît limité au regard des données étudiées.**

**Non : Outil non utilisé mais à envisager lors de futurs traitements géomatiques.**

**Oui : Outil utilisé.**

### Messages clés (2)

L'arrivée de la discipline géographique au sein des questionnements sanitaires est récente puisqu'elle date des années 1970 avec l'apparition des premiers termes géographiques dans des textes de planification sanitaire.

C'est à la même période que le développement d'outils informatiques permettant la localisation d'évènements a eu lieu. L'outil SIG, en particulier, est articulé autour de quatre principes : l'acquisition, le stockage, l'analyse et l'affichage de données géolocalisées.

Les problématiques de santé sont de plus en plus territorialisées et les études géographiques de plus en plus courantes : accessibilité aux services de santé, trajectoire de prise en charge des pathologies ou encore diffusion et émergence d'une maladie. En santé au travail pourtant, il n'y a jamais eu de représentation réunissant les différents aspects de ce domaine (activité, pathologie, exposition). L'utilisation d'outils géomatiques permet donc de voir une première exploration géographique du sujet (partie 2).

# **Partie 2 – Méthodes géographiques appliquées au rnv3p**





# 1. Objectif

À partir des méthodes décrites précédemment, l'objectif principal de cette partie est de décrire le rnv3p en tant qu'objet géographique, c'est-à-dire son recrutement au niveau national et ses spécificités géographiques. Cet objectif a été décliné de la façon suivante :

- Décrire les aires de recrutement du réseau dans sa globalité ;
- Rechercher et décrire des spécificités aux niveaux régional et local en identifiant des zones de recouvrement et/ou des zones de moindre capture ;
- Croiser la distribution des pathologies enregistrées par le rnv3p avec les données disponibles sur les répartitions de salarié par secteurs d'activité afin de rendre visible des zones de capture préférentielle ou de moindre capture.

## 2. Données

### 2.1. Structure des données du rnv3p

La base de données du rnv3p fonctionne autour de cinq tables principales : Patient, Consultation, Problème, Médecin et Entreprise.

L'enregistrement de ces tables se fait sous la forme de fiches, correspondant à ces cinq entrées, que les personnes habilitées (secrétaires, internes, médecins du travail) remplissent sur un serveur sécurisé qui centralise les informations.

La table Patient contient des informations médico-administratives (les données socio-démographiques du patient, son adresse, les caractéristiques de son entreprise actuelle) ; la table Consultation résume les informations relatives à une consultation (date, motif, médecin consultant) ; la table Problème résume les éléments clés de la consultation de pathologies professionnelles en précisant notamment la pathologie, son origine, la force de sa relation avec le travail (imputabilité), et le cas échéant le métier et le secteur d'activité responsables ; la table Médecin renseigne les informations administratives du médecin ayant envoyé le patient en consultation ; la table Entreprise recense des données sur l'entreprise actuelle du patient.

Au sein de la base rnv3p, trois tables contiennent un champ adresse : la table Patient (adresse obligatoire), la table Entreprise (adresse facultative, cette donnée est la propriété de chaque CCPP) et la table Médecin (adresse facultative). L'adresse du patient étant la seule donnée géographique obligatoire, il est possible, dans un premier temps, de

cartographier cette information afin d'apprécier la répartition de la patientèle du réseau. Cependant, notre travail n'a pas utilisé la localisation du patient par la suite. En effet, l'adresse patient est *a priori* moins pertinente que celle de l'entreprise lorsque l'on s'intéresse à une problématique de vigilance des pathologies professionnelles car elle intègre des phénomènes indépendants et mal maîtrisés comme les distances des trajets domicile travail et il est par ailleurs difficile d'y rattacher un dénominateur d'actifs.

Afin de refléter au mieux les situations de santé au travail, c'est le Problème de Santé au Travail (PST) qui a été géolocalisé et cartographié. À partir de trois tables (Patient, Consultation, Problème), il est possible de créer une table PST qui synthétise les données du patient, les données du problème de santé diagnostiqué par le médecin et les caractéristiques de la première consultation.

Par jointures successives, il est ensuite possible de relier cette table PST à la table Entreprise afin de récupérer les éléments nécessaires à sa localisation : code postal et nom de la commune. Le biais principal de cette liaison réside dans le fait que c'est l'entreprise actuelle du patient qui est enregistrée dans la base. On considère alors que cette même entreprise est la source des expositions enregistrées comme responsables de la pathologie professionnelle (nuisances pondérées par leur imputabilité).

## **2.2. Données de référence sur la population salariée**

### **2.2.1. Les sources de données**

En s'intéressant aux pathologies professionnelles, c'est à l'ensemble de la population active (*dénominateur*) que l'on s'intéresse. Les difficultés pour appréhender ce dénominateur sont dues au nombre de sources disponibles, à l'accessibilité souvent limitée et/ou encadrée (convention d'échange de données) et enfin aux filtres que chacune de ces sources possède, comme, par exemple, les différents statuts professionnels ou encore le régime social auquel les salariés appartiennent.

La Direction Générale du Travail (DGT, Ministère du Travail et de l'Emploi), est en charge de la préparation et de la mise en place des politiques de travail. Elle veille également à l'amélioration des conditions de travail et des relations individuelles et collectives au sein des entreprises en s'appuyant sur des textes législatifs et réglementaires. À l'échelle nationale, ces

fonctions la placent donc comme la première source de données disponible sur la population active existante.

Les Directions Régionales des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi (DIRECCTE) constituent une deuxième source de données. En effet, elles regroupent des services (Unités Territoriales) placés dans les départements autour de trois fonctions principales : la réglementation du travail (inspection du travail), l'animation des politiques d'emploi (services emploi) et le développement de l'activité économique. Interlocuteurs dits uniques des entreprises (vis-à-vis de l'administration), les Direccte sont une source d'information intéressante à l'échelle régionale.

Constitué d'un maillage de 163 établissements publics nationaux, régionaux et locaux, le réseau « CCI de France » (Chambre de Commerce et d'Industrie) est chargé de représenter les intérêts des entreprises. La présence des CCI à différentes échelles en fait une troisième source importante de données.

Enfin, les organismes comme la Mutualité Sociale Agricole (MSA) ou la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS) forment, eux aussi, des sources essentielles de données sur la population salariée. Ces sources de données possèdent également leurs spécificités avec un dénominateur qui leur est propre. En effet, les bases de la MSA ne disposent que des ayant-droits du régime agricole alors que la CNAM-TS n'assure que les travailleurs salariés du régime général.

L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) est le seul à mettre en accès libre certaines données agrégées sur l'emploi et le travail à différentes échelles<sup>17</sup>. En revanche, les informations sur les codes SIREN et SIRET ne sont pas en accès libre. Ces données sont maintenant accessibles sur le site [data.gouv.fr](http://data.gouv.fr). Au sein de bases, l'Insee fait une distinction de statut professionnel en distinguant les salariés des non-salariés. Les salariés regroupent les salariés du secteur privé, de la fonction publique (Etat, collectivités locales, fonction publique hospitalière) et des entreprises publiques. Les indépendants, les personnes travaillant à leur compte, les chefs d'entreprise salariés, les PDG ou encore les personnes en aidant une autre sans être rémunérées constituent les effectifs des non-salariés.

---

<sup>17</sup> Source Insee [http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg\\_id=99&ref\\_id=td-emploi-lieu-travail-12](http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=td-emploi-lieu-travail-12)

### **2.2.2. Données utilisées**

Pour les données du dénominateur, nous avons utilisé les données de l'Insee, qui établit la Nomenclature d'Activité Française (NAF). La NAF est la nomenclature nationale d'activités et elle se présente sous la forme d'un code contenant quatre chiffres et une lettre. Sa dernière révision date de 2008 et elle se divise en une arborescence de 5 niveaux :

- Les sections (21) représentées par une lettre ;
- Les divisions (88) représentées par les deux premiers digits du code NAF ;
- Les groupes (272) représentés par les trois premiers digits du code NAF ;
- Les classes (615) représentées par les quatre premiers digits du code NAF ;
- Les sous-classes (732) représentées par le code NAF dans sa totalité (4 chiffres et une lettre).

A l'échelle de la Zone d'Emploi (ZE), un seul jeu de données est disponible, celui du nombre de salariés selon 5 grands secteurs d'activité définis par l'Insee : l'agriculture, la construction, l'industrie, le tertiaire marchand et le tertiaire non marchand. Ces données sont disponibles pour chaque année depuis 1998.

À l'échelle de la commune, les données utilisées sont les répartitions de salariés selon 38 postes (NA38) pour l'année 2007.

Pour chacune des bases Insee, nous avons considéré les statuts professionnels salariés et non-salariés de manière à avoir une vision complète pour chaque activité professionnelle.

### **Messages clés (3)**

**Pour ce travail, les bases de données utilisées sont issues du rnv3p et de l'Insee.**

**Le travail a été effectué à l'échelle de l'entreprise : le Problème de Santé au Travail (PST) enregistré dans le rnv3p y a été associé avant d'y être géocodé.**

**Cette localisation à l'entreprise est en adéquation avec le travail mené à partir des données de la population salariée issues de l'Insee et disponibles à l'échelle de la Zone d'Emploi.**

## **3. Méthodes**

### **3.1. Gestion de la base de données du rnv3p**

#### **3.1.1. Liaison du Problème de Santé au Travail (PST) à l'entreprise**

Pour arriver à une table unique contenant toutes les informations de la table PST et les informations nécessaires à la localisation de l'entreprise, deux jointures au sein de la base rnv3p ont été nécessaires.

La première jointure a été faite entre la table PST et la table Patient pour récupérer le code Entreprise. Chaque donnée Entreprise étant la propriété du centre, il a fallu créer un identifiant unique pour chaque Entreprise de la base nationale, en concaténant le numéro du CCPP avec le code Entreprise. La deuxième jointure a été faite, à partir de ce code composite, entre la table PST et la table Entreprise pour récupérer les coordonnées géographiques de cette dernière (code postal et nom de la commune).

La Figure 16 montre les deux premières jointures effectuées au sein de la base pour passer de la table PST primaire à la table PST enrichie de l'entreprise actuelle.

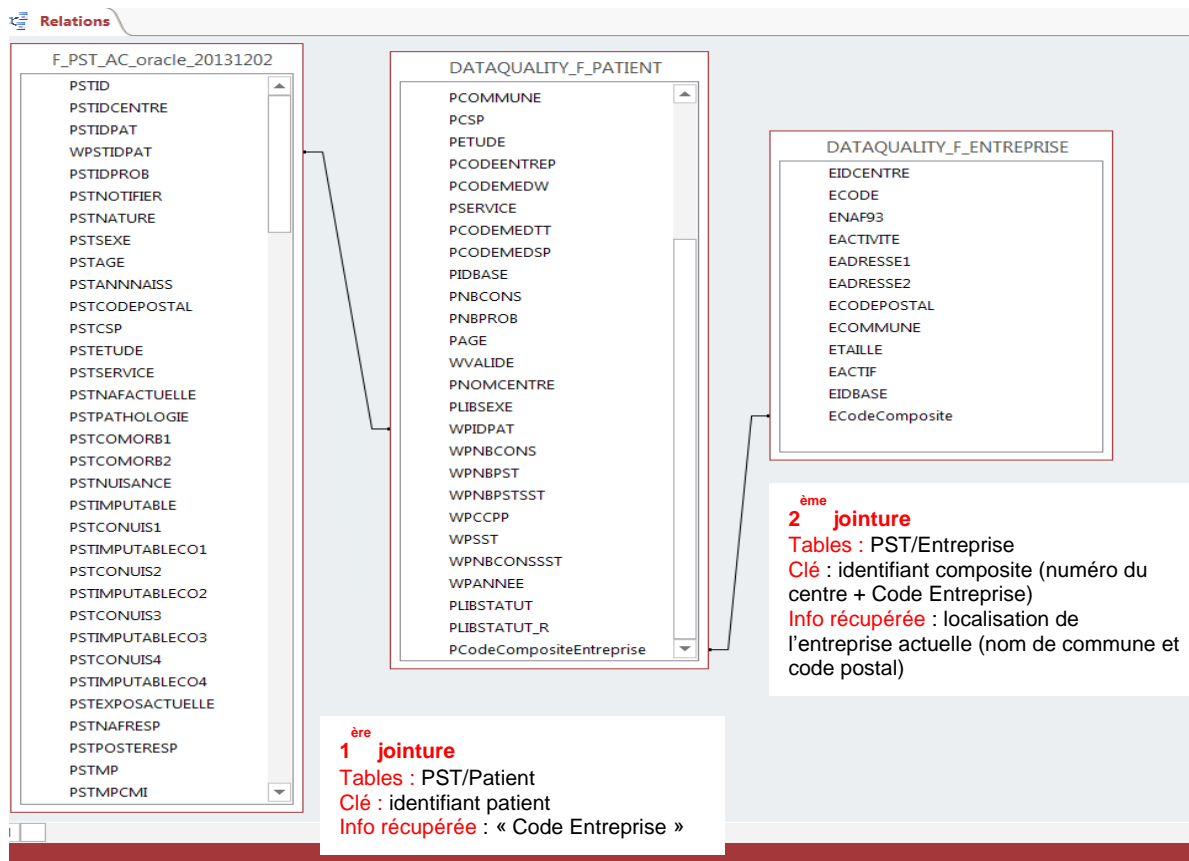


Figure 16 : Jointures internes au sein de la base du rnv3p entre les différentes tables.

### 3.1.2. Liaison du Problème de Santé au Travail (PST) au code commune de l'entreprise

Afin de représenter les données à la commune, une troisième et dernière jointure a été effectuée avec une table de correspondance<sup>18</sup> entre les adresses postales (code postal, nom de commune) et les adresses du Code Officiel Géographique afin de récupérer le code commune appelé également code Insee. En effet, le code postal n'est pas un identifiant unique qui correspond à une entité géographique mais une codification des communes faite par La Poste de manière complètement séparée de la codification officielle géographique. Plusieurs communes peuvent avoir le même code postal et, à l'inverse, certaines communes ont plusieurs codes postaux car elles ont plusieurs bureaux desservant des quartiers différents. Ce travail a notamment été nécessaire pour trouver le code unique de chaque commune et éviter par exemple les communes qui ont le même nom mais ne sont pas dans le même département.

Dans la table Entreprise, nous avons donc retenu uniquement celles qui avaient un code postal et un nom de la commune afin d'avoir une correspondance certaine. Un travail de

<sup>18</sup> Aujourd'hui, cette table de correspondance est librement accessible sur le site [data.gouv.fr](http://data.gouv.fr)

nettoyage a été nécessaire, notamment au niveau de la « casse » présente dans les noms de commune de la table Entreprise (exemples : « ST » pour « Saint » ou « Sainte », fusion de commune et donc un changement de nom, anomalies dues à la typographie du nom des communes).

### **3.1.3. Géocodage au code Insee**

Le géocodage est un processus visant à attribuer des coordonnées géographiques (longitude et latitude) à une adresse. Cette technique de géoréférencement (ou géolocalisation) sert à localiser spatialement une information ou un événement. Dans le cadre de notre travail, nous avons créé un localisateur principal permettant de géocoder les différentes adresses au code commune ou code Insee.

Le système de coordonnées géographiques utilisé est le système officiel mis en place depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2001 à savoir le système géodésique français ou Réseau Géodésique Français (aussi appelé RGF 93)<sup>19</sup>. Les latitudes et longitudes sont donc en degrés décimaux. La représentation cartographique plane associée est du Lambert 93.

### **3.1.4. Correspondance des données NAF du rnv3p et de l’Insee**

Le premier travail a consisté à simplifier, pour chaque PST, le code NAF qui lui était associé afin de retrouver les cinq grands secteurs d’activité dont les données sont disponibles pour l’Insee à l’échelle de la ZE.

Sur la table PST, c’est le code NAF 1993 qui est enregistré pour les entreprises et selon les CCPP, ce code avait entre 2 et 4 digits. C’est grâce à une table de correspondance (Tableau 2) de l’Insee qui contient les différents niveaux d’informations d’activité (de la section à la sous classes) que l’importation des 17 sections (listées de A à Q) et de leur libellé sur la table PST a été possible.

---

<sup>19</sup> Décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 (portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics) modifié par le décret du 3 mars 2006. Version consolidée au 25 août 2015.



Tableau 2 : Résumé de la table de correspondance de l'Insee pour la NAF 1993

Code Section	Libellé Section	Code NAF	Code	Libellé Code NAF
A	Agriculture, chasse, sylviculture	01-02	AA	Agriculture, chasse, sylviculture
B	Pêche, aquaculture	5	BB	Pêche, aquaculture
C	Industries extractives	10-12	CA	Extraction de produits énergétiques
		13-14	CB	Extraction de produits non énergétiques
D	Industrie manufacturière	15-16	DA	Industries agricoles et alimentaires
		17-18	DB	Industrie textile et habillement
		19	DC	Industrie du cuir et de la chaussure
		20	DD	Travail du bois et fabrication d'articles en bois
		21-22	DE	Industrie du papier et du carton ; édition et imprimerie
		23	DF	Cokéfaction, raffinage, industries nucléaires
		24	DG	Industrie chimique
		25	DH	Industrie du caoutchouc et des plastiques
		26	DI	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques
		27-28	DJ	Métallurgie et travail des métaux
		29	DK	Fabrication de machines et équipements
		30-33	DL	Fabrication d'équipements électriques et électroniques
		34-35	DM	Fabrication de matériel de transport
36-37	DN	Autres industries manufacturières		
E	Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau	40-41	EE	Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau
F	Construction	45	FF	Construction
G	Commerce ; réparations automobile et d'articles domestiques	50-52	GG	Commerce ; réparations automobile et d'articles domestiques
H	Hôtels et restaurants	55	HH	Hôtels et restaurants
I	Transports et communications	60-64	II	Transports et communications
J	Activités financières	65-67	JJ	Activités financières
K	Immobilier, location et services aux entreprises	70-74	KK	Immobilier, location et services aux entreprises
L	Administration publique	75	LL	Administration publique
M	Education	80	MM	Education
N	Santé et action sociale	85	NN	Santé et action sociale
O	Services collectifs, sociaux et personnels	90-93	OO	Services collectifs, sociaux et personnels
P	Services domestiques	95	PP	Services domestiques
Q	Activités extra-territoriales	99	QQ	Activités extra-territoriales

Une fois un code de section attribué à chaque PST, un regroupement a été effectué selon le tableau suivant (Tableau 3) afin de retrouver les 5 grands secteurs.

Tableau 3 : Tableau des regroupements des sections au sein des cinq secteurs considérés

<b>Secteur</b>	<b>Sections (Code Section)</b>	<b>Nombre de PST concernés (2001-2012)</b>
<b>Agriculture (n=1,080)</b>	Agriculture, chasse, sylviculture (A)	1,021
	Pêche, aquaculture (B)	59
<b>Construction (n=9,442)</b>	Construction (F)	9,442
<b>Industrie (n=24,289)</b>	Industries extractives (C)	545
	Industrie manufacturière (D)	23,744
<b>Tertiaire Marchand (n=34,302)</b>	Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau (E)	1,669
	Commerce ; réparations automobile et d'articles domestiques (G)	9,719
	Hôtels et restaurants (H)	2,381
	Transports et communications (I)	6,555
	Activités financières (J)	1,438
	Immobilier, location et services aux entreprises (K)	6,715
	Services collectifs, sociaux et personnels (O)	5,455
Services domestiques (P)	370	
<b>Tertiaire Non Marchand (n=26,136)</b>	Administration publique (L)	9,313
	Education (M)	3,840
	Santé et action sociale (N)	12,983
<b>Vide</b>	Vide	6,888
<b>Activités extra-territoriales (n=7,287)</b>	Activités extra-territoriales (Q)	399
<b>TOTAL</b>		<b>102,536</b>

### 3.2. Taux de capture du rnv3p

Pour comparer les données du recrutement du rnv3p avec les données dénominateur de l'Insee, nous avons calculé un taux de recrutement du réseau pour chaque secteur d'activité et par ZE. Ce taux est construit par analogie au Ratio Standardisé d'Incidence (SIR) car basé sur le rapport entre un nombre de PST observés, et un nombre attendu de PST.

Le nombre de PST attendu est le fruit d'une estimation prenant en compte le nombre de salariés par ZE pour chacun des 5 secteurs, auquel est appliqué le taux moyen de pathologies attribuées à ce secteur par le RNV3P au niveau national.

Sous l'hypothèse d'une homogénéité de distribution des pathologies au sein d'un même secteur, cet indicateur calcule donc, pour chacun des 5 secteurs considérés, un taux de capture de pathologies professionnelles par ZE. Il permet de discuter des zones de relatives « sur- » et « sous-capture » de pathologies professionnelles par le réseau. Ces indicateurs peuvent être consolidés d'un point de vue statistique par l'usage d'un intervalle de confiance.

Afin de calculer un taux national de capture des PST pour chaque secteur d'activité, nous avons pris en compte le nombre total de PST dans ce secteur et le nombre d'actifs moyen de ce secteur tout en le ramenant à la période considérée (12 ans) ainsi qu'une unité pour représenter ce taux (ici pour 1,000 salariés).

$$\left[ \left( \frac{\text{Nombre de PST du secteur}}{\text{Nombre moyen d'actifs de ce secteur}} \right) / \text{Période considérée} \right] \times 1000$$

Ce taux « national » rnv3p est ensuite appliqué à chaque unité géographique. En fonction du nombre de salariés qui s'y trouve, ce taux permet de calculer un nombre de PST attendus.

Le calcul du nombre de PST observé sur le nombre de PST attendu permet d'avoir un premier indicateur précisant le recrutement par ZE, une problématique jamais analysée au préalable (Figure 17). Attention, il faut garder à l'esprit lors de la lecture des cartes, que cet indicateur ne doit pas être assimilé à un indicateur d'incidence. Il est par ailleurs la résultante d'une moyenne sur les entreprises du secteur concerné sur la ZE, et peut masquer des situations très différentes au sein d'une ZE qui « s'équilibreraient ».

Pour terminer cette analogie au SIR, nous avons calculé un intervalle de confiance à 95%, dont les bornes inférieure et supérieure sont notées ICi et ICs ( $p \leq 0,05$ ). Une ZE caractérisée pour un secteur d'activité donné par un ICi supérieur ou égal à 1, est caractérisée par un « sur-recrutement » relatif pour ce secteur d'activité donné, comparativement à ce qui est observé dans le rnv3p en général. Ceci peut avoir plusieurs raisons qu'il convient d'éclaircir dans l'étape d'interprétation des données (travail en réseau avec plusieurs médecins du travail assurant la surveillance des salariés de ce secteur dans la ZE concernée, proximité avec le CCPP facilitant l'adressage, ou bien réel sur-incidence des pathologies professionnelles).

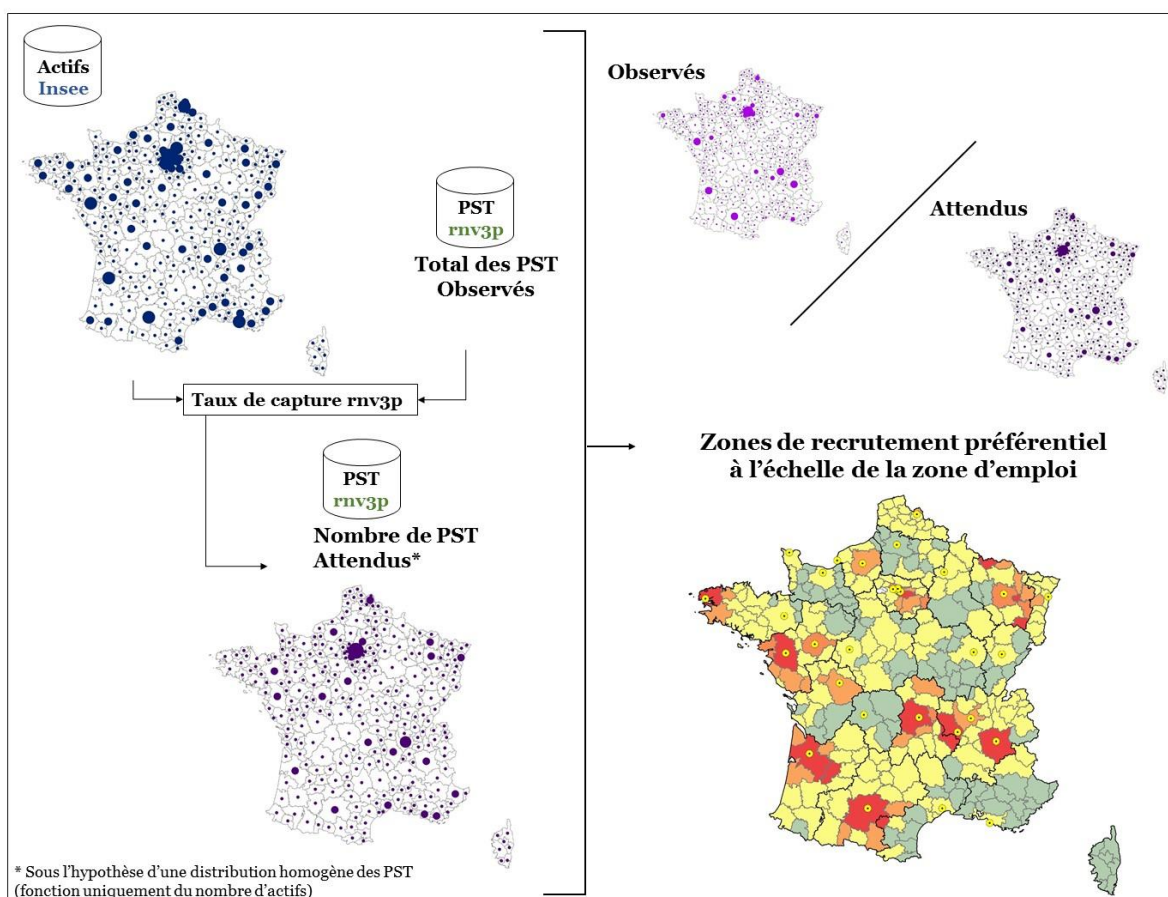


Figure 17 : Calcul des zones de capture préférentielle et de moindre capture du rnv3p à la zone d'emploi

### Messages clés (4)

**Les quatre étapes de la méthode sont :**

- **Les deux jointures successives au sein de la base rnv3p afin de lier le PST à l'entreprise.**
- **Le travail de mise en correspondance des codes NAF du rnv3p avec ceux de l'Insee.**
- **La jointure nécessaire à la récupération du code commune (code Insee) afin de localiser le PST à la plus grande échelle possible.**
- **La création d'un taux de capture, analogique au SIR, permettant d'estimer une sur ou sous-capture de pathologie par ZE et par secteur d'activité.**

## 4. Résultats

### 4.1. Géocodage

Pour les trois tables contenant des informations géographiques, le Tableau 5 (page suivante) résume, par centre, le nombre d'adresses (code postal, noté CP) enregistrées puis le pourcentage de celles qui ont été géocodées. Dans le tableau, le premier pourcentage correspond aux nombres d'adresses enregistrées qui possèdent une information géographique donc potentiellement géolocalisables. Le deuxième pourcentage correspond à la réussite du géocodage. Les cartes de la page suivante (Carte 2) présentent les données géolocalisées (dernière colonne) de chacune des tables.

Concernant le géocodage de la table PST, il y a deux niveaux de perte d'information successifs :

- lors de la première jointure : la table brute des PST comptait 173,843 enregistrements dont seulement 116,687 (67%) ont pu être liés à une entreprise ;
- lors de la correspondance avec un code Insee : 88% des PST liés à une entreprise, soit 102,536, ont été liés à un code Insee.

Le Tableau 4 résume les informations de la perte d'information de nos trois tables d'intérêt : Patient, Entreprise et PST.

Tableau 4 : Informations utilisées sur nos trois tables d'intérêt pour la géolocalisation

	<b>PST</b> n= 173,843	Patients n=192,281	Entreprises n=70,916
Pas de liaison avec l'Entreprise	<b>57,156</b>	-----	-----
Codes postaux non renseignés	<b>13,270</b>	24,002	4,980
Codes Insee non liés	<b>881</b>	16,032	2,262
<b>Total adresses géolocalisées</b> <b>(% sur table initiale)</b>	<b>102,536</b> <b>(58,9%)</b>	<b>152,247</b> <b>(79,1%)</b>	<b>63,674</b> <b>(89,8%)</b>

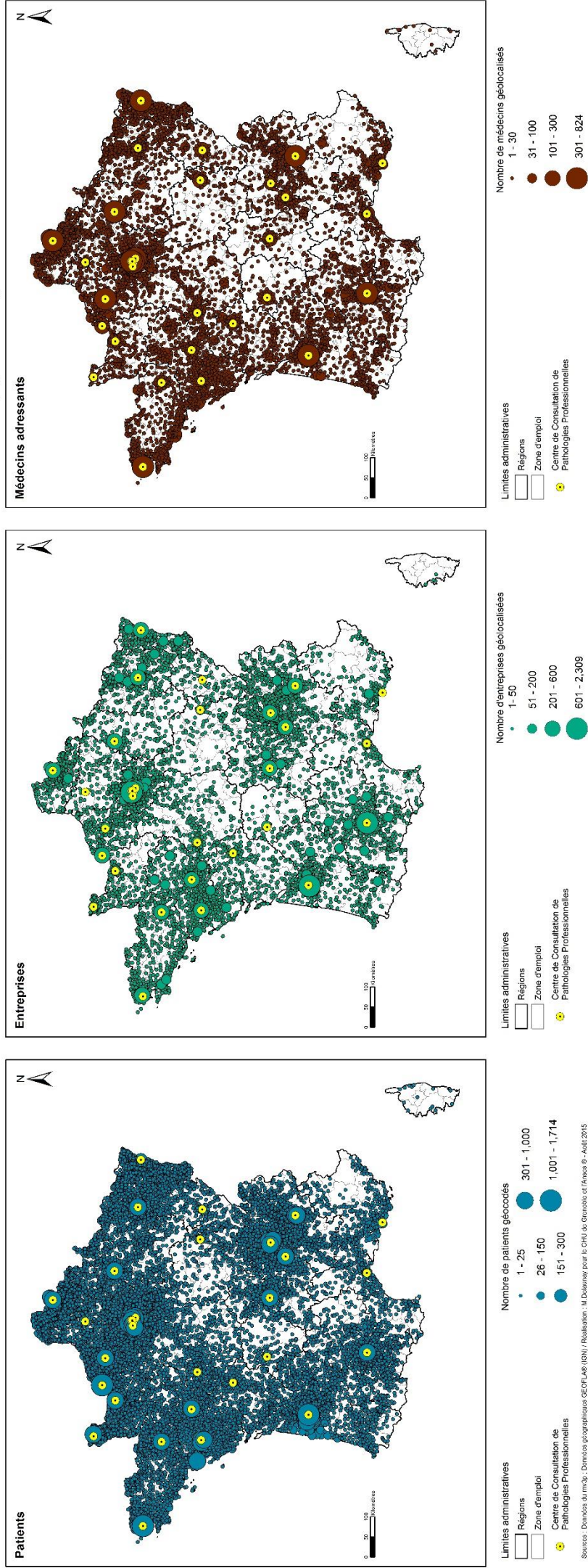
Tableau 5 : Géocodage des tables Patients, Médecins et Entreprises du rnv3p (données 2001-2012)

Centre	Table Patients			Table Médecins			Table Entreprises		
	Nombre	Nombre CP	Nombre CP géolocalisés	Nombre	Nombre CP	Nombre CP géolocalisés	Nombre	Nombre CP	Nombre CP géolocalisés
<b>Amiens</b>	641	457 (71,3%)	431 (94,3%)	476	428 (89,9%)	402 (93,9%)	194	113 (58,2%)	108 (95,6%)
<b>Angers</b>	3,402	3,373 (99,1%)	2,830 (83,9%)	1,725	1,716 (99,5%)	1,415 (82,5%)	2,353	2,333 (99,2%)	2,267 (97,2%)
<b>Besançon</b>	495	469 (94,7%)	466 (99,4%)	450	415 (92,2%)	408 (98,3%)	307	252 (82,1%)	250 (99,2%)
<b>Bordeaux</b>	18,055	15,560 (86,2%)	13,778 (88,5%)	6,461	6,051 (93,7%)	5,521 (91,2%)	6,584	6,019 (91,4%)	5,857 (97,3%)
<b>Brest</b>	6,652	6,514 (97,9%)	6,383 (98,0%)	1,920	1,868 (97,3%)	1,636 (87,6%)	2016	1917 (95,1%)	1,820 (94,9%)
<b>Caen</b>	6,706	5,284 (78,8%)	5,003 (94,7%)	948	902 (95,1%)	778 (86,3%)	639	495 (77,5%)	473 (95,6%)
<b>Cherbourg</b>	2,490	2,372 (95,3%)	2,199 (92,7%)	361	337 (93,4%)	311 (92,3%)	429	329 (76,7%)	316 (96,0%)
<b>Clermont</b>	5,471	3,908 (71,4%)	3,479 (89,0%)	765	761 (99,5%)	697 (91,6%)	1,997	1,780 (89,1%)	1,758 (98,8%)
<b>Cochin</b>	14,041	13,603 (96,9%)	13,355 (98,2%)	5,979	5,917 (99,0%)	5,463 (92,3%)	8,474	8,393 (99,0%)	8,171 (97,4%)
<b>Créteil</b>	11,446	10,701 (93,5%)	10,500 (98,1%)	4,859	4,824 (99,3%)	4,483 (92,9%)	4,608	4,509 (97,9%)	4,353 (96,5%)
<b>Dijon</b>	680	573 (84,3%)	564 (98,4%)	577	568 (98,4%)	500 (88,0%)	503	477 (94,8%)	461 (96,6%)
<b>Fernand</b>	6,110	60,98 (99,8%)	5,987 (98,2%)	5,016	4,985 (99,4%)	4,699 (94,3%)	3,625	3,566 (98,4%)	3,382 (94,8%)
<b>Garches</b>	13,502	10,743 (79,6%)	10,351 (96,4%)	3,209	2,992 (93,2%)	2,588 (86,5%)	1,731	1,471 (85,0%)	1,383 (94,0%)
<b>Grenoble</b>	9,940	8,133 (81,8%)	6,788 (83,5%)	3,160	3,124 (98,9%)	2,500 (80,0%)	2,983	2,973 (99,7%)	2,871 (96,6%)
<b>Hôtel-Dieu</b>	813	718 (88,3%)	704 (98,1%)	643	609 (94,7%)	514 (84,4%)	526	410 (77,9%)	393 (95,9%)
<b>Le Havre</b>	4,412	4,254 (96,4%)	3,272 (76,9%)	694	674 (97,1%)	558 (82,8%)	646	580 (89,8%)	570 (98,3%)
<b>Lille</b>	10,174	10,013 (98,4%)	9,173 (91,6%)	4,424	4,271 (96,5%)	3,732 (87,4%)	3,388	2,392 (70,6%)	2,295 (95,9%)
<b>Limoges</b>	326	319 (97,9%)	293 (91,8%)	355	332 (93,5%)	234 (70,5%)	200	184 (92,0%)	176 (95,7%)
<b>Lyon</b>	15,085	14,110 (93,5%)	13,487 (95,6%)	793	743 (93,7%)	445 (59,9%)	5,053	4,811 (95,2%)	4,627 (96,2%)
<b>Marseille</b>	2,262	2,195 (97,0%)	1,987 (90,5%)	1,939	1,691 (87,2%)	1,497 (88,5%)	1,253	10,89 (86,9%)	986 (90,5%)
<b>Montpellier</b>	965	954 (98,9%)	804 (84,3%)	872	866 (99,3%)	657 (75,9%)	567	549 (96,8%)	526 (95,8%)
<b>Nancy</b>	6,766	6,673 (98,6%)	6,122 (91,7%)	2,918	2,869 (98,3%)	2,438 (85,0%)	3,507	3,303 (94,2%)	3,256 (98,6%)
<b>Nantes</b>	12,200	10,609 (87,0%)	8,893 (83,8%)	3,813	3,629 (95,2%)	2,918 (80,4%)	3,753	2,849 (75,9%)	2,763 (97,0%)
<b>Poitiers</b>	1,006	997 (99,1%)	966 (96,9%)	787	774 (98,3%)	720 (93,0%)	663	652 (98,3%)	639 (98,0%)
<b>Reims</b>	3,589	3,151 (87,8%)	3,067 (97,3%)	1,740	1,713 (98,4%)	1,641 (95,8%)	998	912 (91,4%)	879 (96,4%)
<b>Rennes</b>	2,985	2,951 (98,9%)	2,608 (88,4%)	832	794 (95,4%)	462 (58,2%)	1,143	1,137 (99,5%)	1,108 (97,4%)
<b>Rouen</b>	5,533	5,045 (91,2%)	4,606 (91,3%)	1,929	1,919 (99,5%)	1,745 (90,9%)	1,435	1,348 (93,9%)	1,299 (96,4%)
<b>St-Etienne</b>	2,590	2,522 (97,4%)	2,022 (80,2%)	1,141	1,098 (96,2%)	897 (81,7%)	1,174	1,113 (94,8%)	1,070 (96,1%)
<b>Strasbourg</b>	4177	4,000 (95,8%)	3,284 (82,1%)	3,474	3,366 (96,9%)	2,849 (84,6%)	2,046	1,972 (96,4%)	1,864 (94,5%)
<b>Toulouse</b>	17,447	9,670 (55,4%)	6,697 (69,3%)	5,288	5,184 (98,0%)	3,849 (74,2%)	7,215	7,148 (99,1%)	6,937 (97,0%)
<b>Tours</b>	2,320	2,310 (99,6%)	2,148 (93,0%)	1,736	1,720 (99,1%)	1,381 (80,3%)	906	860 (94,9%)	816 (94,9%)
<b>TOTAL</b>	<b>192,281</b>	<b>168,279 (87,5%)</b>	<b>152,247 (90,5%)</b>	<b>69,284</b>	<b>67,140 (96,9%)</b>	<b>57,938 (86,3%)</b>	<b>70,916</b>	<b>65,936 (93,0%)</b>	<b>63,674 (96,6%)</b>

Légende : CP = Code Postal.

Le premier pourcentage correspond au nombre de codes postaux disponibles pour chaque variable. Le deuxième pourcentage correspond à la réussite du géocodage de ces codes postaux.

## Localisation à la commune des données des trois tables possédant un champ adresse dans la base du rnv3p (2001-2012)



Carte 2 : Localisation à la commune des données des tables de la base rnv3p ayant un champ adresse (Patients, Entreprises, Médecins adressants) sur la période 2001-2012



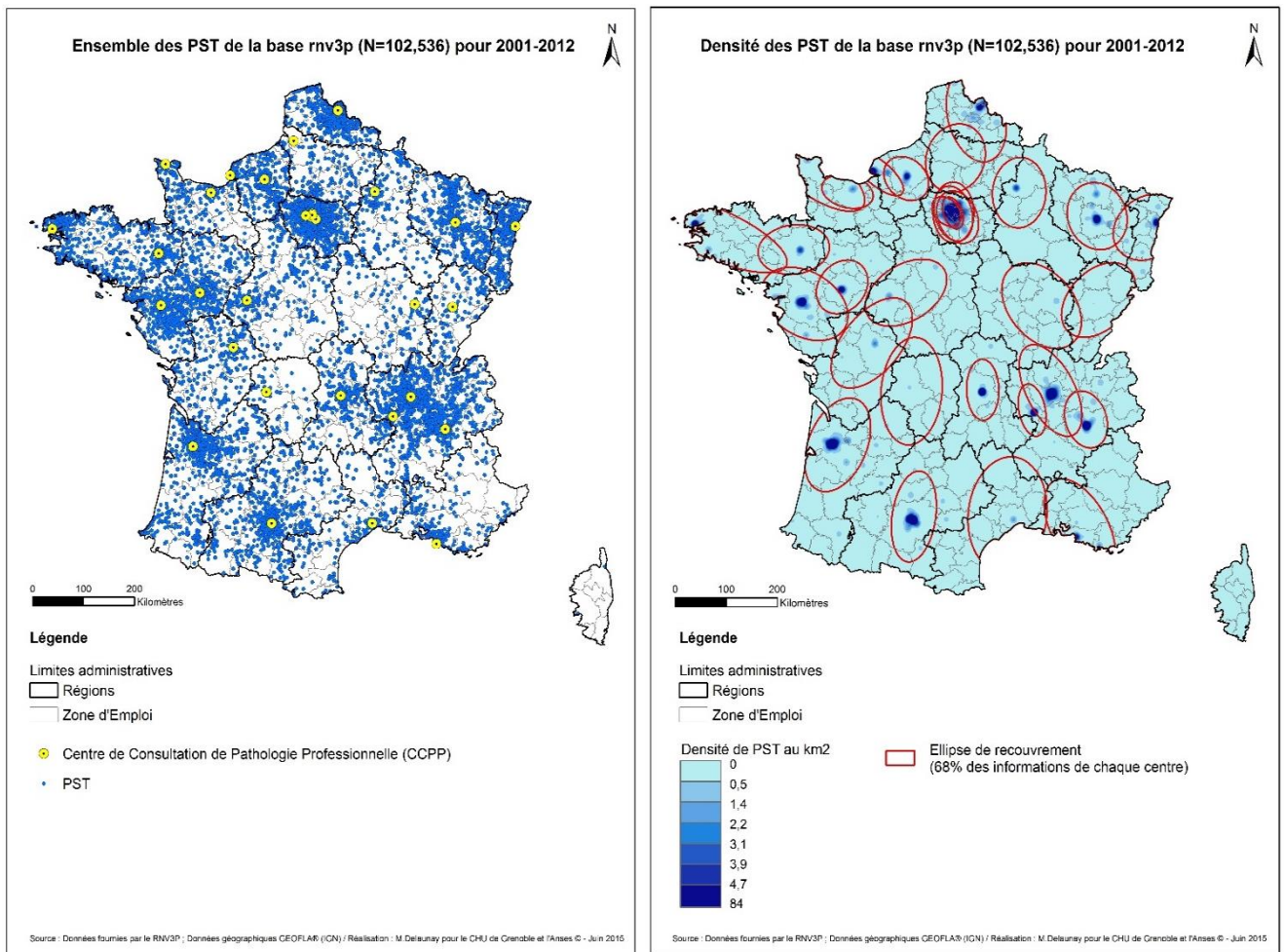
## **4.2. Territorialisation du rnv3p / Le rnv3p comme objet géographique**

Pour l'ensemble des résultats sur le réseau, aucun filtre n'a été appliqué aux données de manière à considérer tous les PST sur la période 2001-2012, permettant d'avoir une vision d'ensemble de la couverture du réseau.

### **4.2.1. Approche à l'échelle nationale**

#### **4.2.1.1. Répartition globale**

La Carte 3 a pour but de montrer l'ensemble des PST localisés pour le réseau entre 2001 et 2012 à l'échelle nationale (France métropolitaine) avec deux méthodes : un semis de points et une densité calculée par kilomètres carrés.



Carte 3 : Localisation des PST de la base rnv3p (2001-2012).

Lorsque l'on regarde la carte globale de localisation des PST au code commune avec le semis de points, on observe une couverture presque complète du territoire français. Cette représentation ne permet pourtant pas de faire ressortir de manière claire les disparités car il n'est pas possible d'y distinguer les superpositions de PST.

La deuxième méthode pour faire apparaître la répartition des PST est celle de la densité. En effet, ce traitement permet de faire apparaître, sur une surface continue, une quantité de points ou de noyaux. La représentation en sortie correspond à un raster (division régulière de l'espace en carré dont le côté est déterminé à l'avance) qui est ensuite lissé. L'outil de densité de noyau a donc été appliqué, la pondération étant le nombre de PST superposés (poids) sur une même commune. Afin d'affiner la représentation, le choix de taille de cellule en sortie a été fixée à 500x500, ce qui correspond à des carrés de 500 mètres de côté. À partir de chaque point, l'outil de densité applique une recherche concentrique dont le rayon a été fixé à 10 kilomètres. On observe ainsi plus clairement les aires de recrutement et l'on voit sur la carte

que celles-ci se situent majoritairement dans les villes possédant un CCPP et leurs territoires périphériques. Un agrandissement de cette représentation est visible en Annexe 1.

Le Tableau 6 détaille le nombre de PST enregistré par CCPP. On y retrouve le nombre de PST liés à une entreprise (n=116,687) puis le nombre et le pourcentage de PST géolocalisés (n=102,536). C'est lors de la jointure du PST à l'entreprise que le plus d'information est perdu. Les exemples les plus frappants sont les CCPPs de Caen et Garches avec seulement 11% et 15% de PST pouvant être reliés à une entreprise. Le taux de géolocalisation de la table Entreprise ne présume donc pas de la géolocalisation possible du PST. Une fois la jointure effectuée, seulement 10% des informations géographiques de la table PST sont incomplètes pour le géocodage.

Si l'on complète la représentation cartographique en semis de points et en densité avec une exploration statistique des données géolocalisées, on trouve que sur l'ensemble des 102,536 PST localisés, entre 42% et 85% de ceux-ci l'ont été dans le département du CCPP enregistrant la donnée.

Tableau 6 : Géolocalisation des PST selon chaque CCPP

Centre	PST Total	Liaison Entreprise	PST localisés (% sur total)	PST localisés dans le même département que le CCPP	
				%	Nom du département
Amiens	564	213	122 (22%)	64	Somme
Angers	2,652	2,456	2,386 (90%)	81	Maine-et-Loire
Besançon	487	342	277 (57%)	48	Doubs
Bordeaux	17,744	13,174	10,378 (58%)	85	Gironde
Brest	5,514	3,239	3,118 (57%)	90	Finistère
Caen	6,322	956	723 (11%)	75	Calvados
Cherbourg	2,121	754	551 (26%)	96	Manche
Clermont	5,014	4,497	3,161 (63%)	83	Puy-de-Dôme
Cochin	13,790	12,548	12,365 (90%)	42	Paris
Créteil	12,194	7,759	7,519 (62%)	45	Val-de-Marne
Dijon	564	485	459 (81%)	52	Côte-d'Or
Fernand	5,921	5,582	5,471 (92%)	46	Paris
Garches	12,228	2,190	1,816 (15%)	43	Yvelines
Grenoble	10,079	5,508	5,414 (54%)	85	Isère
Hôtel-Dieu	752	661	544 (72%)	59	Paris
Le Havre	4,557	2,576	2,442 (54%)	97	Seine-Maritime
Lille	10,212	5,306	3,844 (38%)	69	Nord
Limoges	291	194	179 (62%)	54	Haute-Vienne
Lyon	12,849	7,849	7,465 (58%)	75	Rhône
Marseille	2,121	1,765	1,573 (74%)	74	Bouches-du-Rhône
Montpellier	861	603	560 (65%)	59	Hérault
Nancy	6,129	5,599	4,725 (77%)	60	Meurthe-et-Moselle
Nantes	11,380	10,315	6,039 (53%)	78	Loire-Atlantique
Poitiers	893	834	814 (91%)	72	Vienne
Reims	3,227	1,268	1,151 (36%)	64	Marne
Rennes	1,561	1,194	1,182 (76%)	71	Ille-et-Vilaine
Rouen	4,694	2,299	2,155 (46%)	73	Seine-Maritime
St-Etienne	2,369	2,219	2,127 (90%)	91	Loire
Strasbourg	3,641	2,536	2,431 (67%)	80	Bas-Rhin
Toulouse	11,176	10,487	10,392 (93%)	84	Haute-Garonne
Tours	1,936	1,279	1,153 (60%)	55	Indre-et-Loire
TOTAL	173,843	116,687	102,536 (59%)	----	-----

On note deux tendances pour les CCPPs :

- Ceux qui recrutent moins de la moitié de leur PST dans leur département. Cela comprend les CCPPs parisiens (Cochin, Créteil, Fernand-Widal et Garches) mais également les CCPPs de Besançon et Dijon.

*Pour le CCPP de Besançon (qui n'est plus actif en 2015), on peut se poser la question de la représentativité du nombre de PST localisés (58%) car l'effectif*

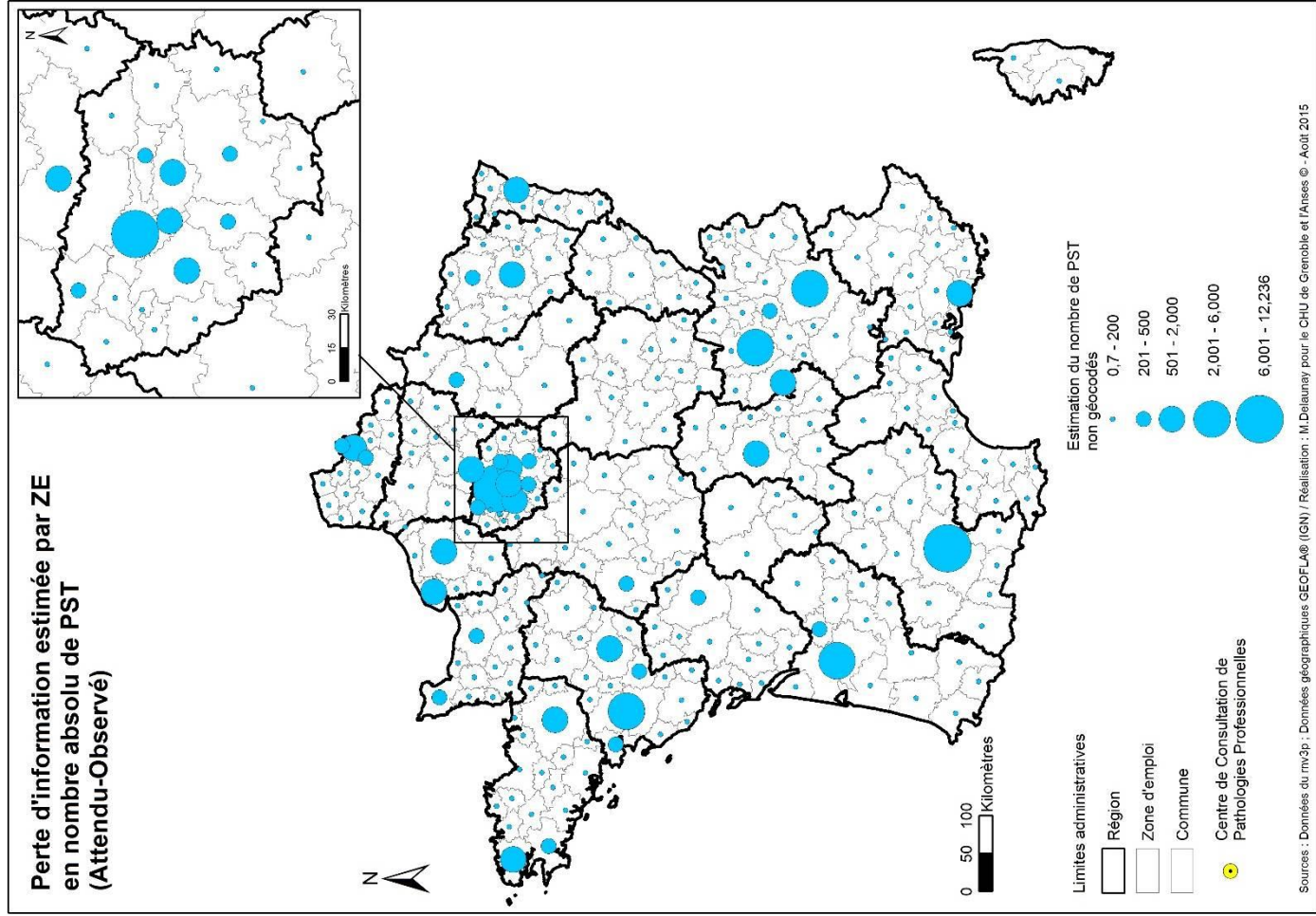
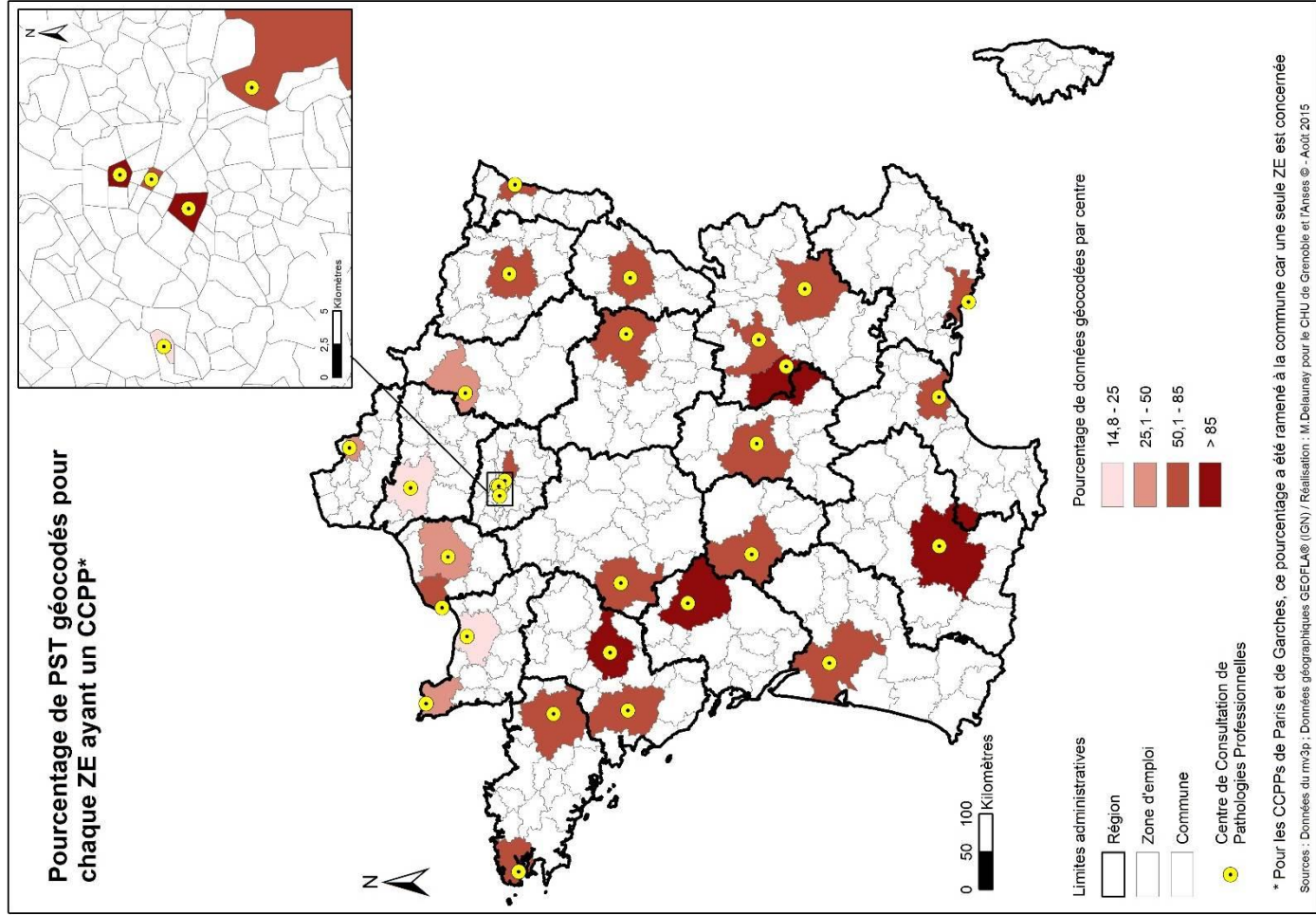
*total de PST géolocalisés est le plus faible de tous les CCPPs (n=487). Si l'on regarde les données de répartition plus en détail, il se trouve que Besançon recrute également en Haute-Saône (25%) donc au sein de sa région. Pour Dijon, les PST vus en consultation dans le CCPP sont non seulement de son département (Côte d'Or) mais également des départements de la Saône-et-Loire et de l'Yonne (30% de PST supplémentaires), ce qui correspond en tout à plus de 85% de PST originaires de la région Bourgogne vus à Dijon.*

- Ceux qui recrutent quasi exclusivement dans leur département, à l'image du Havre, de Cherbourg ou encore de Brest.

*Pour le Havre et Cherbourg : deux explications peuvent être avancées : l'hyper « effet centre » et la proximité des CCPPs limitrophes à savoir Caen et Rouen.*

Pour trois CCPPs (Amiens, Caen et Cherbourg), la question de la représentativité des données localisées se pose. En effet, il y a seulement entre 11% et 26% de leurs données qui ont été géocodées.

La carte de la page suivante (Carte 4) présente le pourcentage de données géocodées par CCPP, représenté au niveau de leur zone d'emploi, correspondant aux données affichées dans le tableau ci-dessus. On remarque que le pourcentage de perte d'information liée à un défaut de géolocalisation des PST est plus important au nord d'une ligne Brest-Strasbourg (exception faite de quelques CCPPs parisiens).



Carte 4 : Localisation de la perte d'information (en pourcentage pour chaque centre) et estimation du nombre de PST concerné par cette perte (en chiffre absolu par ZE)

En termes de conséquence pour la suite du travail, cela signifie que pour toutes les analyses ultérieures, il faudra prendre en compte cette limite (biais). Pour cette raison, le pourcentage de données géocodées apparaîtra en légende des futures cartes.

Nous avons souhaité estimer quelle pouvait être la perte d'information brute (en nombre absolu de PST non prise en compte), à l'échelle de la ZE.

Le nombre de PST manquant par ZE a été calculé sous l'hypothèse que la distribution des données manquantes est homogène au sein du territoire de recrutement de chacun des CCPP. L'estimation de la perte d'information en termes de nombre de PST, par ZE, est donnée par la soustraction entre le nombre attendu (calculé précédemment) et le nombre observé de PST géocodés.

Il apparaît que les ZE avec la perte d'information maximale en nombre de PST, correspond contre-intuitivement aux CCPP dont le maximum est géocodé. Il s'agit en fait de CCPP dont le recrutement est important. Ainsi Toulouse possède 93% de PST géocodés sur un total de  $n=11,176$  PST (734 PST non considérés). Alors que pour le CCPP d'Amiens, le nombre total de PST est très faible ( $n=564$ ) et presque 60% des informations est déjà perdu lors de la liaison à l'entreprise.

Le recrutement étant plus faible sur les ZE limitrophes aux CCPP (cf suite de la partie 2), la perte d'information est également plus faible à ce niveau.

### Messages clés (5)

**La visualisation de la répartition des PST est meilleure grâce à l'outil densité qui permet de faire apparaître la concentration de ceux-ci, principalement autour des CCPPs.**

**La liaison du PST à l'entreprise est la jointure qui fait perdre le plus d'information : de 6% (CCPPs de Clermont-Ferrand, Nancy, Strasbourg) à plus de 80% de perte d'information (Caen, Garches). Nous avons essayé d'estimer cette perte d'information.**

**Cela entraîne donc une réussite de géolocalisation des PST très différente selon les CCPPs et représente un biais important pour la caractérisation du recrutement du réseau.**

**Pour cette raison, le pourcentage de PST géolocalisés par CCPP est précisé en légende de chacune des cartes suivantes par une différenciation par couleur.**

#### **4.2.1.2. Zones de recrutement théorique**

Pour mieux appréhender les répartitions des PST, des zones de recrutement théorique peuvent être conçues (Figure 18). Ce sont des polygones de Thiessen qui sont construits autour de chaque centre permettant de diviser en zones proximales les entités ponctuelles que sont les CCPPs. Cet outil se base notamment sur la triangulation et chaque bissectrice perpendiculaire est générée pour former un côté du polygone. Les sommets sont les croisements de ces bissectrices. Ainsi, tous les points qui se trouvent à l'intérieur d'un polygone sont les points les plus proches du point de référence c'est-à-dire du centre de consultation.



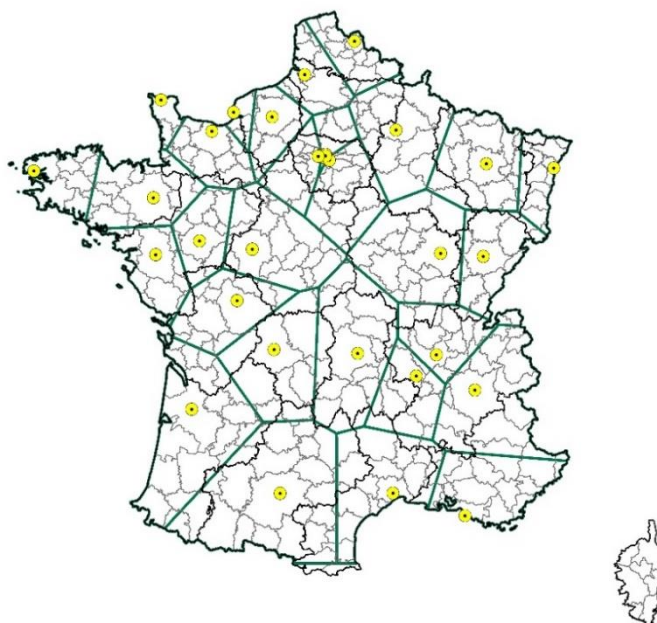


Figure 18 : Polygones de Thiessen traduisant les zones de recrutement théorique de chaque CCPP.

Cette représentation d'un recrutement « idéal » reste géométrique car elle ne prend aucune topographie en compte (exemple des zones de montagnes ou des plaines). Ainsi, on remarque bien que pour des territoires plutôt plats (Nord-Ouest de la France), ce zonage fonctionne bien. A l'inverse, certaines zones (Sud-Ouest vers les Pyrénées ou Sud-Est vers les Alpes) sont très étendues sans qu'elles prennent en compte la topographie (exemple autour des CCPPs de Toulouse, de Grenoble ou de Clermont-Ferrand).

L'intérêt de ces zones réside dans la comparaison entre le théorique et le réel. Ainsi, en superposant les deux, on peut faire apparaître des zones de sous recrutement théorique pour chaque CCPP.

#### **4.2.1.3. Zones de recrutement « réel »**

Afin d'affiner les zones de recrutement réel autour de chaque CCPP, nous avons utilisé un outil construisant des ellipses autour de chaque centre, permettant ainsi de résumer l'information des PST (voir Figure 19). Ces ellipses récapitulent les caractéristiques spatiales (tendance centrale, dispersion et tendances directionnelles) des entités géographiques que sont les points représentant les PST. Elles permettent de résumer l'information d'une nouvelle

manière en faisant apparaître les zones où se dispersent principalement les PST de chaque CCPP enregistrant.

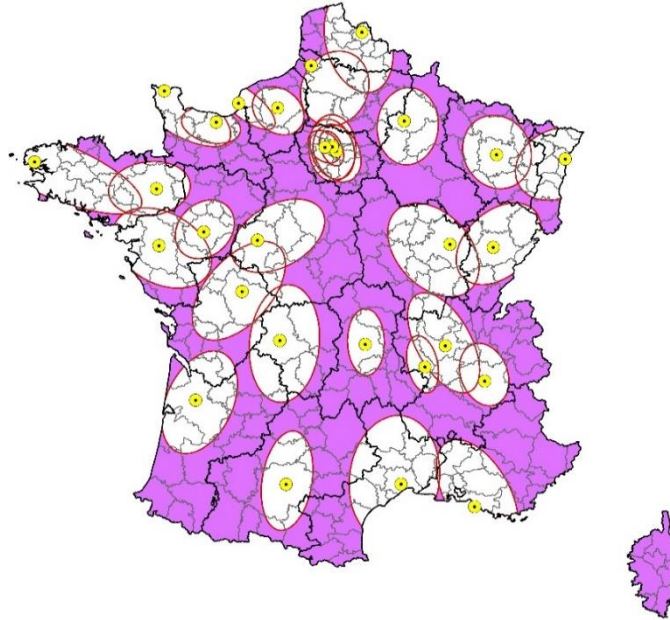


Figure 19 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP (zone couvrant 2/3 de leurs PST).

En se basant sur le modèle spatial sous-jacent, c'est-à-dire la concentration des entités autour des centres avec un nombre réduit d'entités vers la périphérie, nous avons fait le choix que les polygones d'ellipse recouvrent 68% des entités dans l'agrégat autour de chaque CCPP. C'est ce que représente la figure 5 et cela permet à la fois de visualiser les zones de recouvrement entre CCPP mais également des zones d'ombre (avec une sous-capture de PST).

En effet, l'outil de création permet de choisir entre trois niveaux de recouvrement : environ 68% ou environ 95% et enfin 99%. La Figure 20 présente les essais à 95% et 99%. Bien que ces représentations fassent ressortir des zones d'ombre (extrémités Est des régions Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte-D'azur, la Corse, la frontière avec les Pyrénées des régions Midi-Pyrénées et Aquitaine ou encore la localité autour de Bourges dans le Centre), il y a pourtant 398 PST investigués dans ces zones.

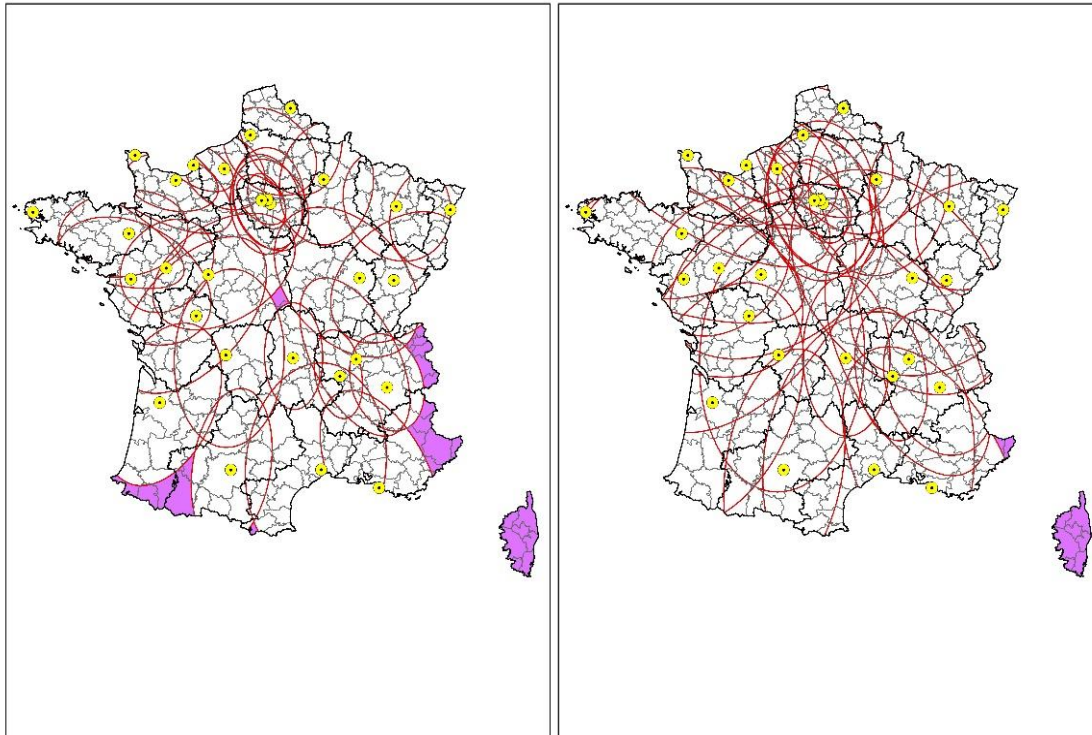


Figure 20 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP (zone couvrant 95% et 99% de leurs PST).

Les ellipses sont représentées par un trait rouge et l'on perçoit clairement l'effet de la distance sur leurs superpositions : plus les CCPPs sont spatialement proches (distance à vol d'oiseau), plus les ellipses se recouvrent. L'exemple de la région Ile-de-France est le plus frappant car toutes les ellipses se chevauchent, mais cela se remarque également dans les régions de l'Ouest (Bretagne et Pays-de-la-Loire), du Nord (Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Normandie) et de l'Est (Franche-Comté et Bourgogne ou encore Rhône-Alpes). Les CCPPs de Marseille et Montpellier se trouvent à la limite du chevauchement et, pour quatre CCPPs, on ne voit aucun recouvrement : il s'agit de Reims, Clermont-Ferrand, Toulouse et Bordeaux. L'aplat de couleur (violet) permet de faire ressortir les zones qui n'ont pas été prises en compte pour le calcul des ellipses et qui abritent donc le tiers résiduel des PST (certains PST hors zone de recrutement préférentiel d'un CCPP peuvent se retrouver au sein de l'ellipse d'un autre CCPP et donc en dehors de la zone violette). Parmi les 61 unités urbaines de plus de 100,000 habitants<sup>20</sup> (correspondant à de grandes ou moyennes agglomérations), 9 ne se trouvent dans aucune zone de recrutement à 68% : Nice (5<sup>ème</sup>), Mulhouse (26<sup>ème</sup>), Bayonne (29<sup>ème</sup>), Le Mans

<sup>20</sup> Définies par l'Insee comme « une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants » via <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm>

(32<sup>ème</sup>), Pau (34<sup>ème</sup>), Perpignan (36<sup>ème</sup>), Annecy (46<sup>ème</sup>), La Rochelle (55<sup>ème</sup>) et Angoulême (60<sup>ème</sup>).

La figure suivante (Figure 21) nous montre la superposition des découpages des zones théoriques et réelles.

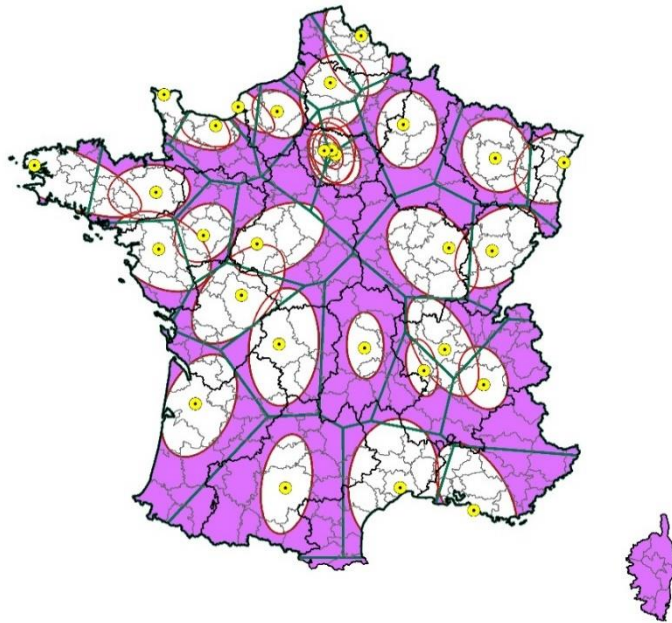


Figure 21 : Polygones de Thiessen recouvrant les ellipses de déviation standard et traduisant les zones de recrutement théoriques autour de chaque CCPP

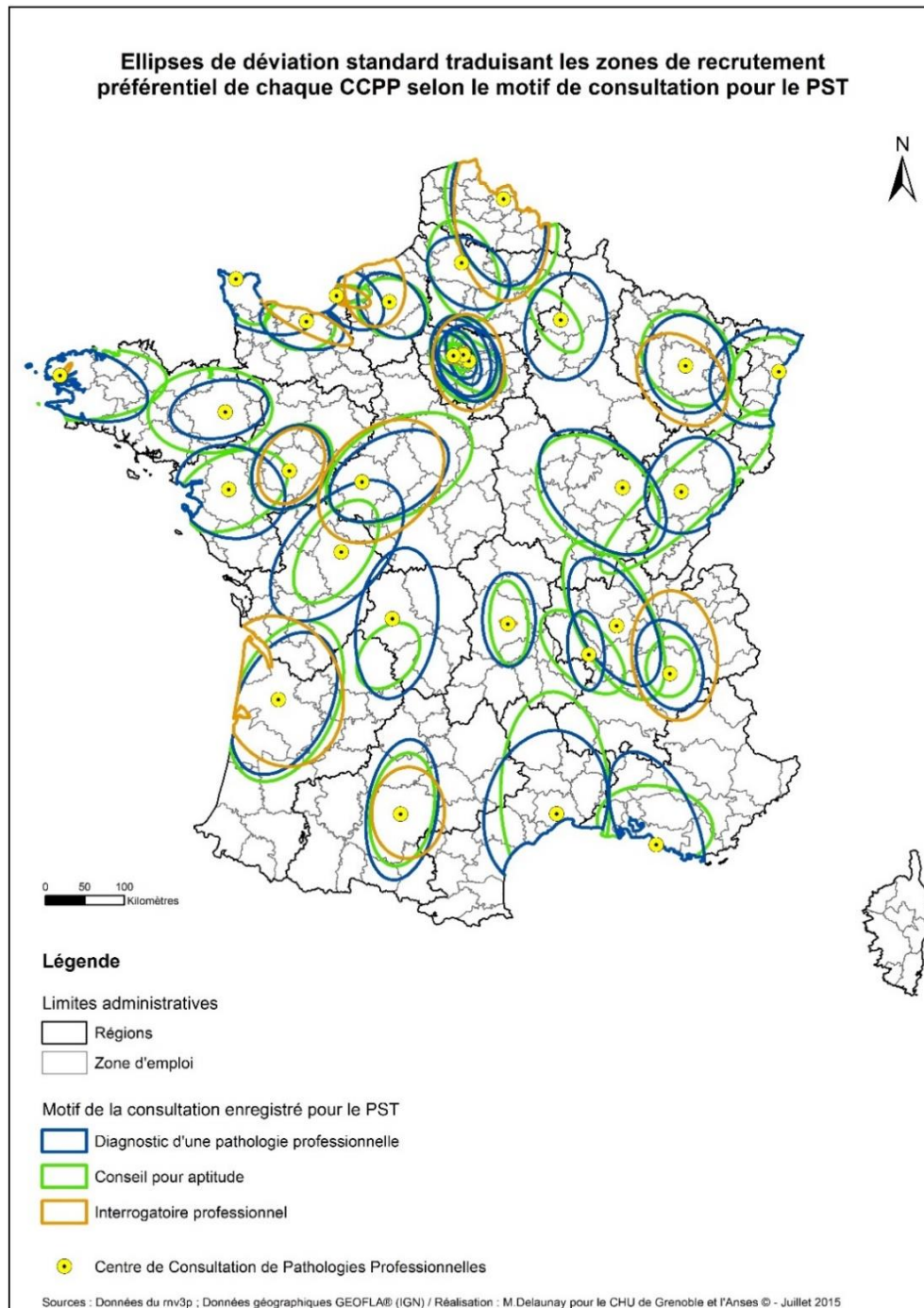
### **Messages clés (6)**

**Les polygones de Thiessen sont une méthode de mise en évidence de zones de recrutement préférentiel théorique autour de chaque centre mais sans prise en compte du relief ou encore des axes de communication.**

**Les ellipses de déviation standard permettent de mettre en évidence des tendances de direction pour les PST autour de chaque centre en regroupant 68% de ceux-ci dans chacune d'entre elles sans pour autant tenir compte de l'effectif absolu de PST.**

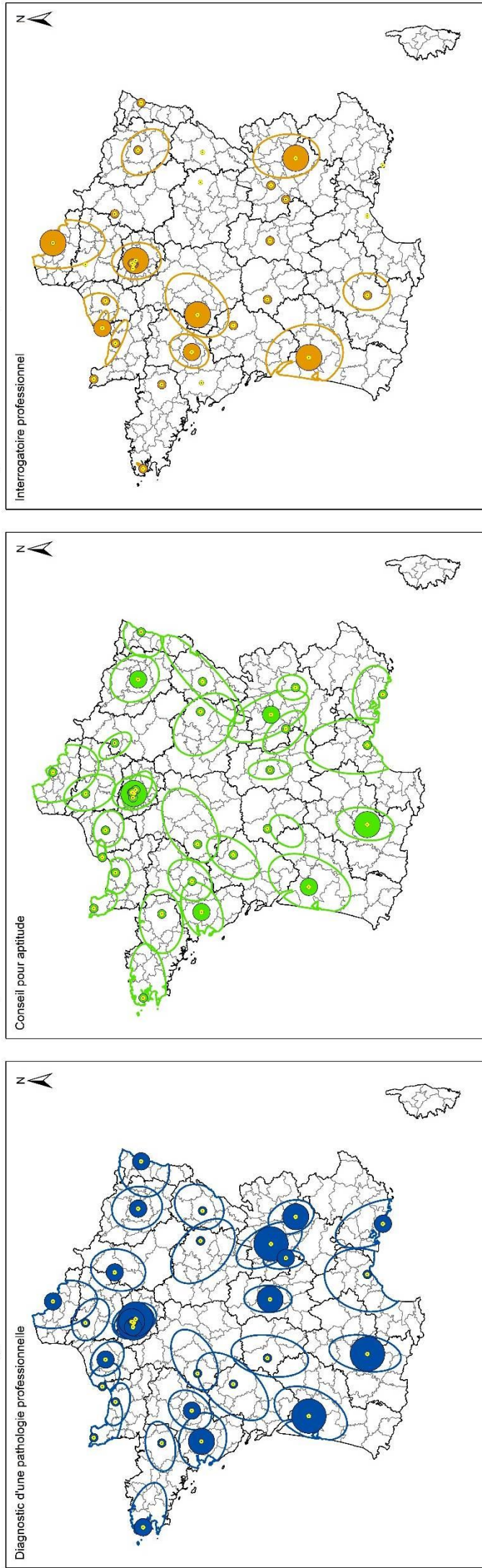
#### 4.2.1.4. Ellipses selon le type de motif de la consultation enregistré pour chaque PST

Nous avons décidé de différencier trois motifs de consultation (conseil pour aptitude, diagnostic d'une pathologie professionnelle et interrogatoire professionnel) afin de regarder la variation de la taille des ellipses autour de chaque CCPP.



Carte 5 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon le motif de consultation

**Nombre de PST enregistrés selon le motif de consultation et ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP selon ce même motif**



Carte 6 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon le motif de consultation et le nombre de PST absolu qu'elles représentent

À partir des cartes précédentes (Carte 5, Carte 6), nous pouvons dire que :

- Tous les CCPPs n'ont pas forcément assez de PST ayant pour motif des interrogatoires professionnels, ce qui ne permet pas de créer des ellipses (orange) ou alors celles-ci sont très réduites (exemple de l'ellipse de Brest qui ressort à peine) ;
- La grande majorité des CCPPs ont des ellipses de capture préférentielle pour les pathologies professionnelles presque équivalentes à celles des consultations pour l'aptitude : Brest, Nantes, Angers, Bordeaux, Toulouse, Lyon, Nancy, Dijon, Lille, Amiens, Rouen, Caen, Cherbourg.
- Certains CCPPs ont des ellipses de capture préférentielle pour les pathologies professionnelles plus grandes que celles des consultations pour l'aptitude : Poitiers, Limoges, Reims, Strasbourg, Grenoble, Marseille.
- Certains CCPP possèdent une capture préférentielle d'aptitude plus étendue que celle des pathologies professionnelles : Montpellier, Lyon, Saint-Etienne, Nancy, Tours et Rennes.
- Enfin, les ellipses à elles seules ne font pas apparaître le nombre de PST qu'elles résument. Nous avons donc choisi de représenter les deux informations sur les mêmes cartes afin de prendre en considération le « poids » qui était représenté. En effet, des ellipses plutôt étendues peuvent correspondre à peu de cas (exemple de Toulouse et Nancy pour les interrogatoires professionnels) et des ellipses peu étendues peuvent en revanche regrouper un grand nombre d'enregistrements (exemple de Toulouse et Clermont-Ferrand pour les diagnostics d'origine professionnelle).

#### 4.2.1.5. Ellipses selon le type de pathologie (1 digit) enregistré pour chaque PST

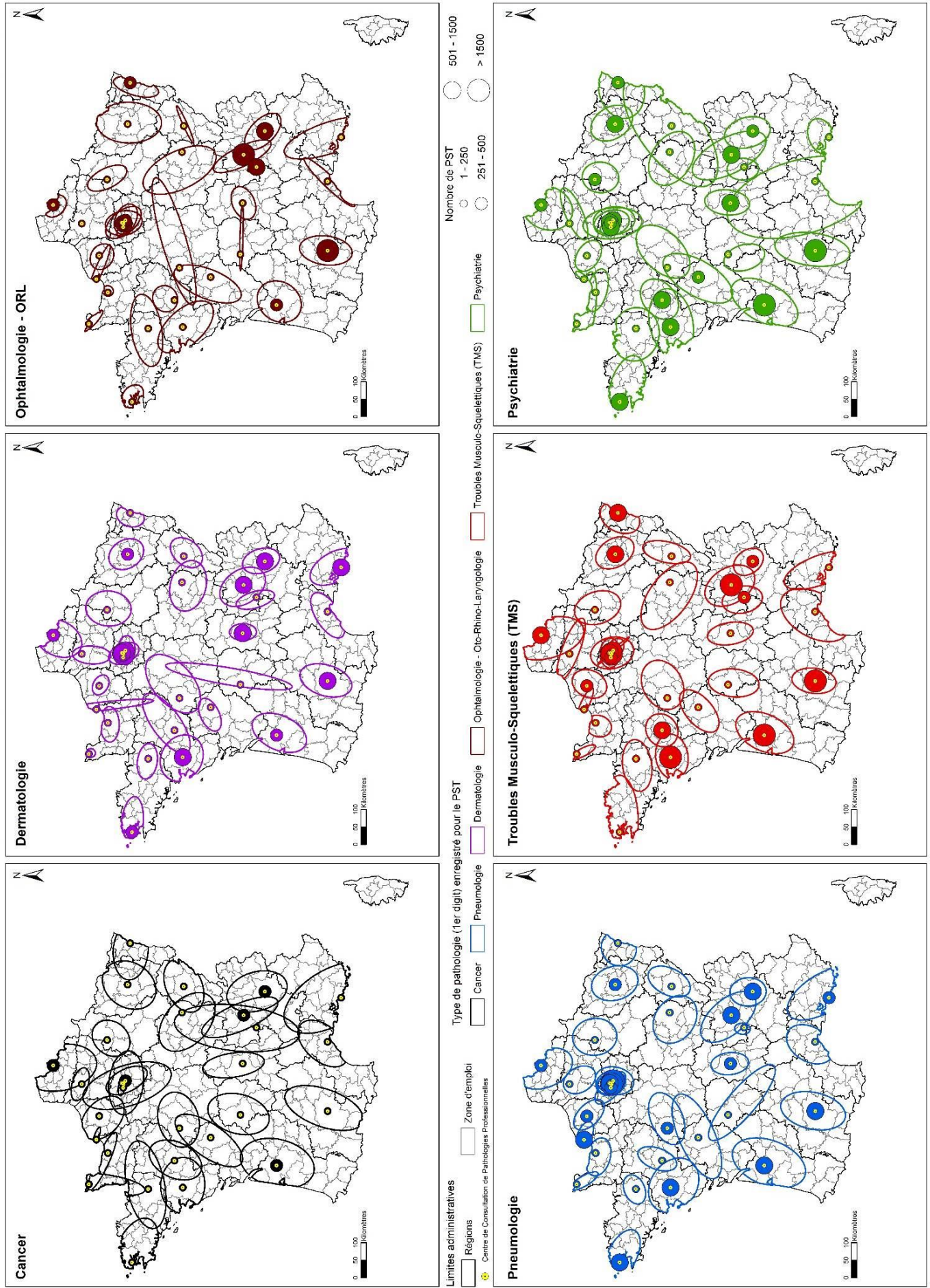
De la même manière, nous avons regardé si le type de pathologie influençait ou non le recrutement. Le Tableau 7 récapitule l'ensemble des PST ayant été géolocalisés selon son type et son imputabilité et la Carte 7 (page suivante) présente le résultat des ellipses créées.

Tableau 7 : Répartition des PST selon le 1er digit enregistré, leur imputabilité et leur localisation

Type de pathologie	PST	Imputabilité					Total
		0	1	2	3	4	
Cancer	Nombre	5,493	3,692	3,678	3,863	556	17,282
	Liés à une entreprise	1,226	1,161	871	1,028	313	4,599
	Géolocalisés	954	901	739	739	251	3,584
Dermato	Nombre	2,629	3,098	3,451	5,666	511	15,355
	Liés à une entreprise	2,212	2,795	3,020	4,973	372	13,372
	Géolocalisés	2,114	2,604	2,664	4,209	330	11,921
Ophtalmo-ORL	Nombre	1,111	1,021	1,559	2,218	4,006	9,915
	Liés à une entreprise	917	943	1313	1,662	2,610	7,445
	Géolocalisés	877	894	1261	1,563	2,293	6,888
Pneumo	Nombre	3,931	4,129	4,636	14,598	1,282	28,576
	Liés à une entreprise	2,151	2,800	3,132	6,597	845	15,525
	Géolocalisés	2,003	2,562	2,898	5,998	745	14,206
Psychiatrique	Nombre	733	2,423	7,459	9,948	4,665	25,228
	Liés à une entreprise	533	1,604	5,843	7,989	3,904	19,873
	Géolocalisés	481	1,478	5,252	6,892	3,545	17,648
TMS	Nombre	2,037	2,700	5,172	8,512	10,632	29,053
	Liés à une entreprise	1,559	1,995	3,924	5,851	8,118	21,447
	Géolocalisés	1,429	1,731	3,210	4,738	6,480	17,588
Tous PST	Nombre	35,161	22,236	30,234	50,551	35,661	173,843
	Liés à une entreprise	21,387	15,258	21,443	32,313	26,286	116,687
	Géolocalisés	19,699	13,771	18,965	27,725	22,376	102,536



Nombre de PST enregistrés selon le type de pathologie (1er digit) et ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel de chaque CCPP selon cette même pathologie



Sources : Données du rmv3p ; Données géographiques GEOFLA® (GN) / Réalisation : M Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses® - Juillet 2015

Carte 7 : Ellipses de déviation standard traduisant les zones de recrutement préférentiel des CCPP selon les types de pathologies enregistrées ainsi que le nombre absolu de PST qu'elles représentent

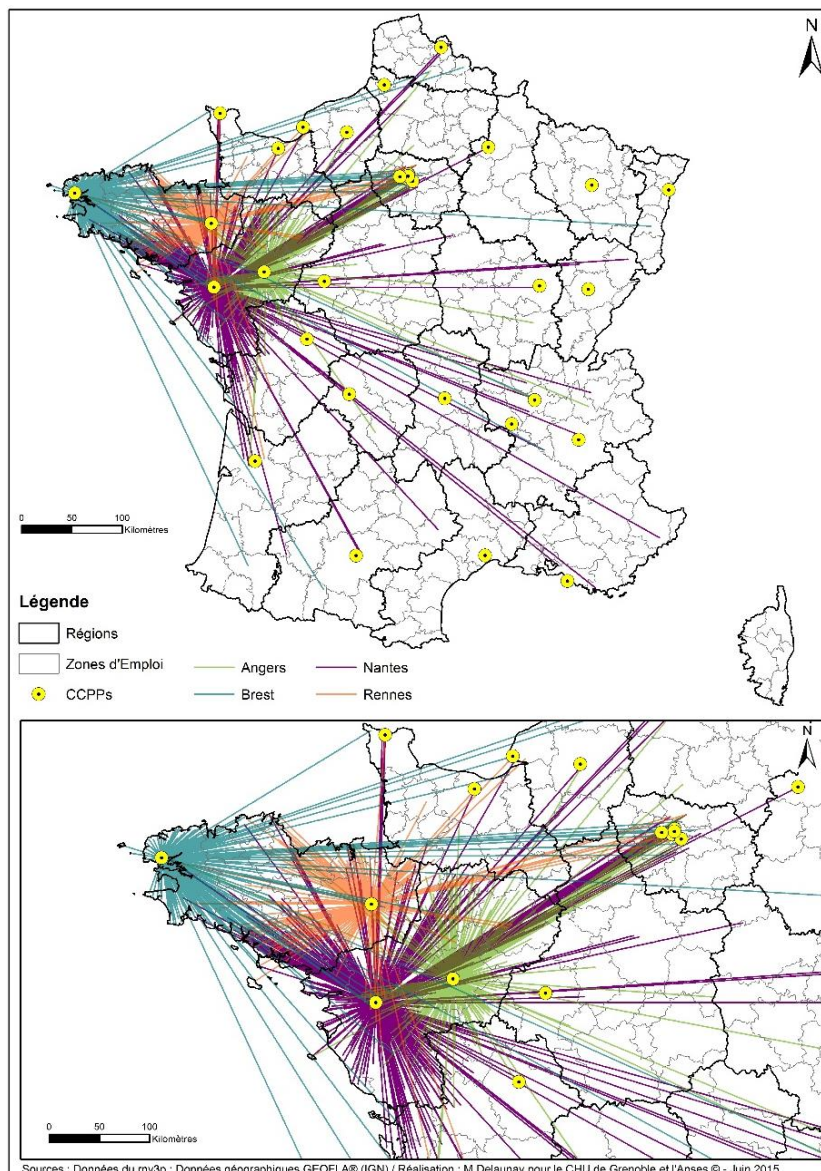
À l'image du motif de consultation, les ellipses font apparaître un recrutement différentiel selon les pathologies. Selon les centres, on trouve des spécificités telles que :

- Le recrutement très lointain de pathologies psychiatriques pour Montpellier et Besançon ;
- De manière globale, quel que soit le centre, un recrutement plus lointain pour les cancers. Cela se remarque particulièrement pour Lyon et les CCPPs de la région parisienne.
- Un recrutement plus « CCPP-centré » pour les TMS ;
- Pour le CCPP de Limoges, on observe autant d'ellipses différentes que de pathologies enregistrées donc une direction particulière à chaque pathologie.

Comme les ellipses ne prennent pas en considération le nombre (poids) de PST total vu par les centres, la carte suivante associe les ellipses par type de pathologie et la valeur absolue de PST considérés. Ainsi, on remarque que certaines ellipses de petites tailles concernent plus de PST (exemple de Toulouse pour les TMS) que certaines ellipses étendues qui ne concernent qu'un petit nombre de PST (exemples de Tours et de Dijon pour l'ophtalmologie/ORL).

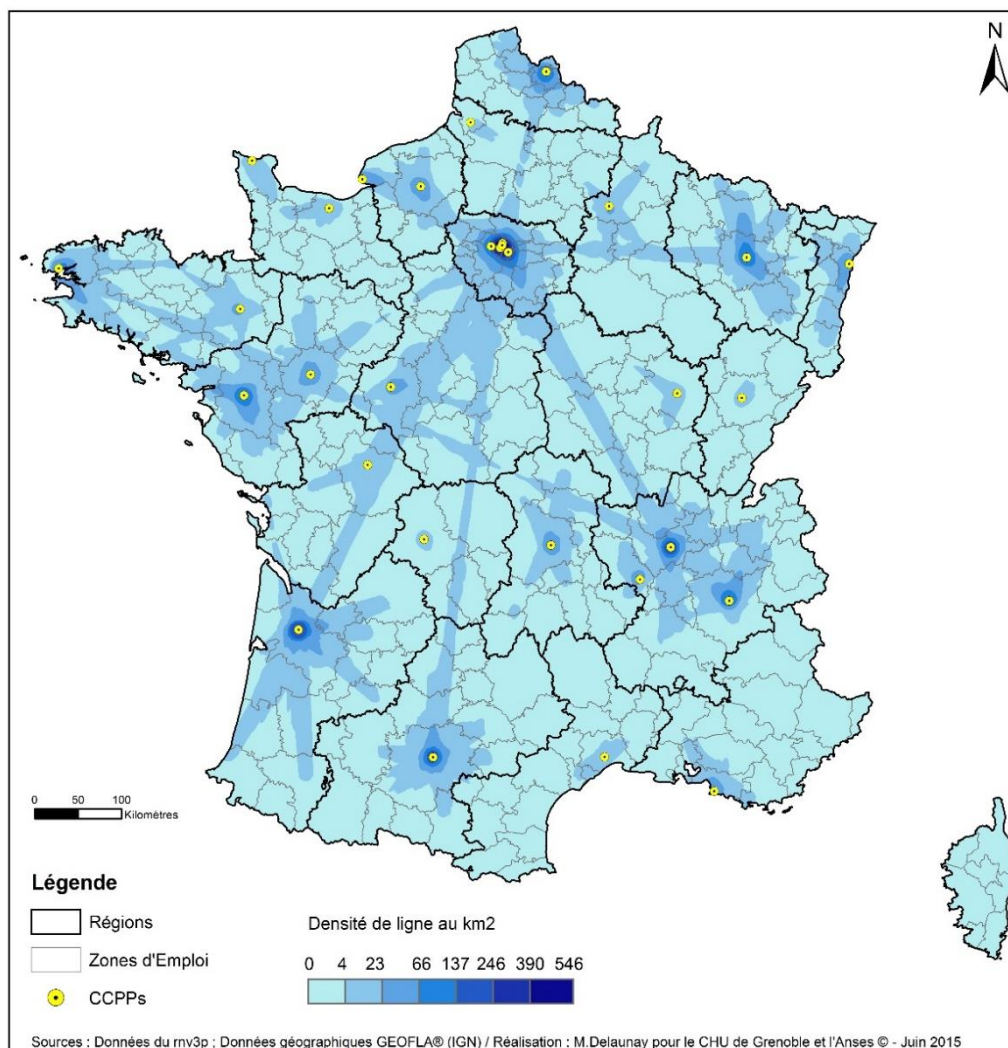
#### 4.2.1.6. Les directions

Les oursins ont été utilisés pour représenter les directionalités des données enregistrées dans le rnv3p. Cet outil permet de construire, à partir des coordonnées X et Y d'un champ de départ et d'un champ d'arrivée, des entités linéaires. Cette représentation permet l'appréciation globale des tendances directionnelles d'un phénomène. Le PST est relié au CCPP l'ayant enregistré. Les PST enregistrés par les CCPPs de Bretagne (Brest et Rennes) et de Pays-de-la-Loire (Angers, Nantes) ont ici servi d'exemple à la Carte 8.



Carte 8 : Oursins reliant chaque PST à un CCPP : l'exemple des régions Bretagne et Pays-de-la-Loire.

Afin d'améliorer la visibilité du phénomène, les oursins ont ensuite été utilisés pour un calcul en densité de lignes et l'illustration finale présente les PST à l'échelle nationale (Carte 9).



Carte 9 : Densité des PST à l'échelle nationale

Tous ces outils géographiques permettent de souligner l'influence des CCPPs sur leur recrutement et de voir l'émergence de phénomène « CCPP-centré ». On remarque également la place particulière de la région Ile-de-France qui semble abriter un certain nombre de PST vus dans des CCPPs de province. L'enregistrement du siège social de l'entreprise plutôt que le lieu de travail ou de production est une explication possible.

On note cependant deux biais importants : le manque d'information relative aux emplois sous-jacents (qui sera précisé dans la partie 3) et également l'addition d'autres informations géographiques relatives au relief ou encore au réseau routier.

### Messages clés (7)

L'application des différentes méthodes de distribution géographique (semis de points, densité, oursins, polygones de Thiessen, ellipses de déviation standard) mettent en évidence l'effet centre important du réseau. En d'autres mots, on note une tendance générale forte des CCPPs à être sollicités pour des patients exerçant professionnellement dans leur ZE, voire dans les ZE limitrophes, avec un fort gradient décroissant fonction de la distance. Ceci n'avait jamais été démontré auparavant.

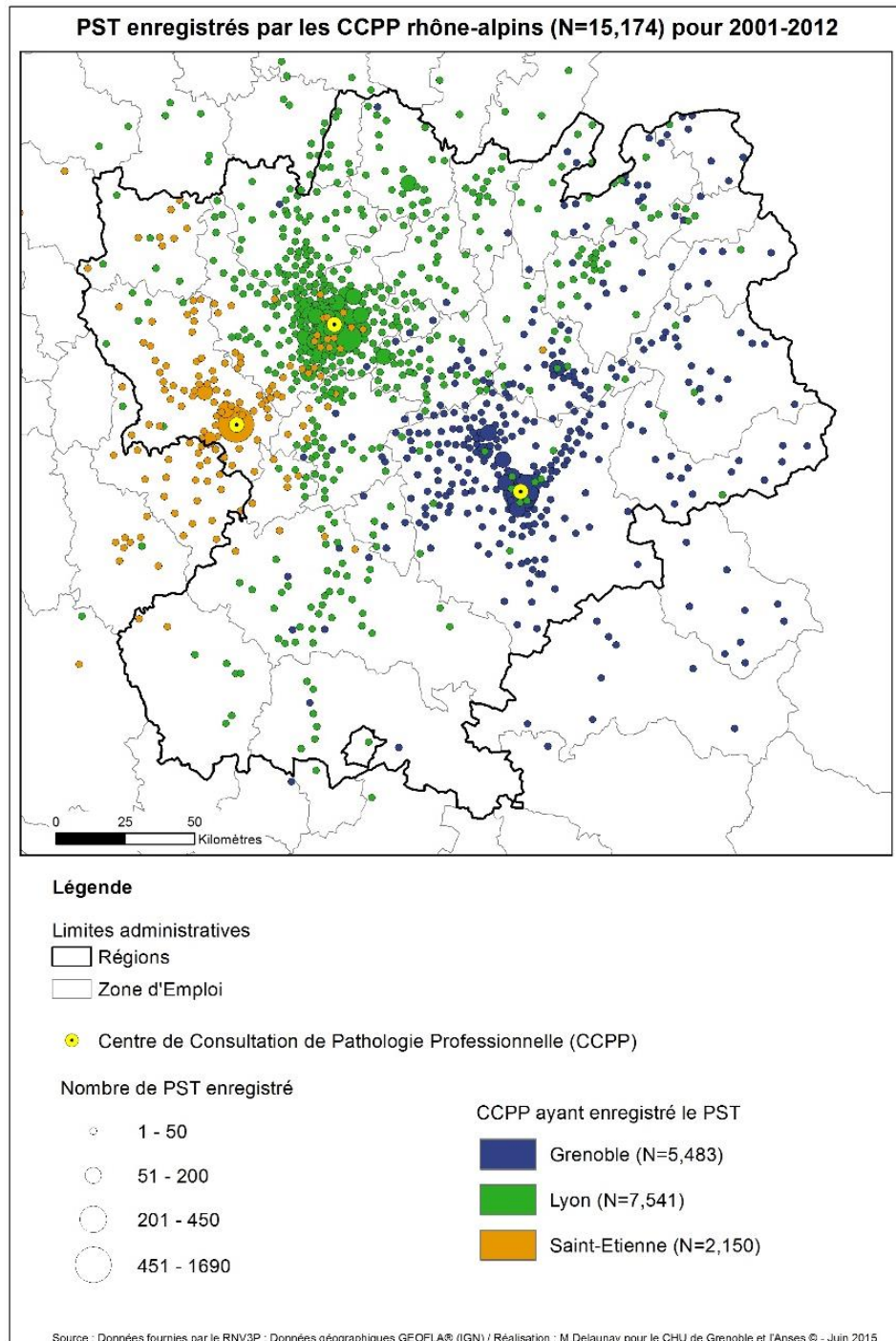
Néanmoins, dans la mesure où les villes des CCPPs concentrent une part importante de l'activité, il convient, afin de mieux décrire les zones de capture préférentielle et de sous capture, de poursuivre les analyses en prenant en compte le nombre d'actifs sous-jacent à chaque ZE. Ces analyses seront présentées ci-après.

Il reste une limite importante que l'on ne peut corriger, mais qui doit constamment être identifiée et rappelée lors de l'interprétation des cartes : seuls 59% des PST étaient potentiellement géolocalisables avec des différences importantes selon les centres. La description des zones de recrutement préférentiel est donc liée à un biais notable : celui de la liaison possible du PST à l'entreprise.

Ce travail a également permis de montrer que l'effet centre se manifeste dans des proportions différentes, en fonction du motif de la consultation ainsi que du type de pathologie enregistrée. Ceci pouvait être subodoré, mais seule l'application de ces outils a permis de le visualiser.



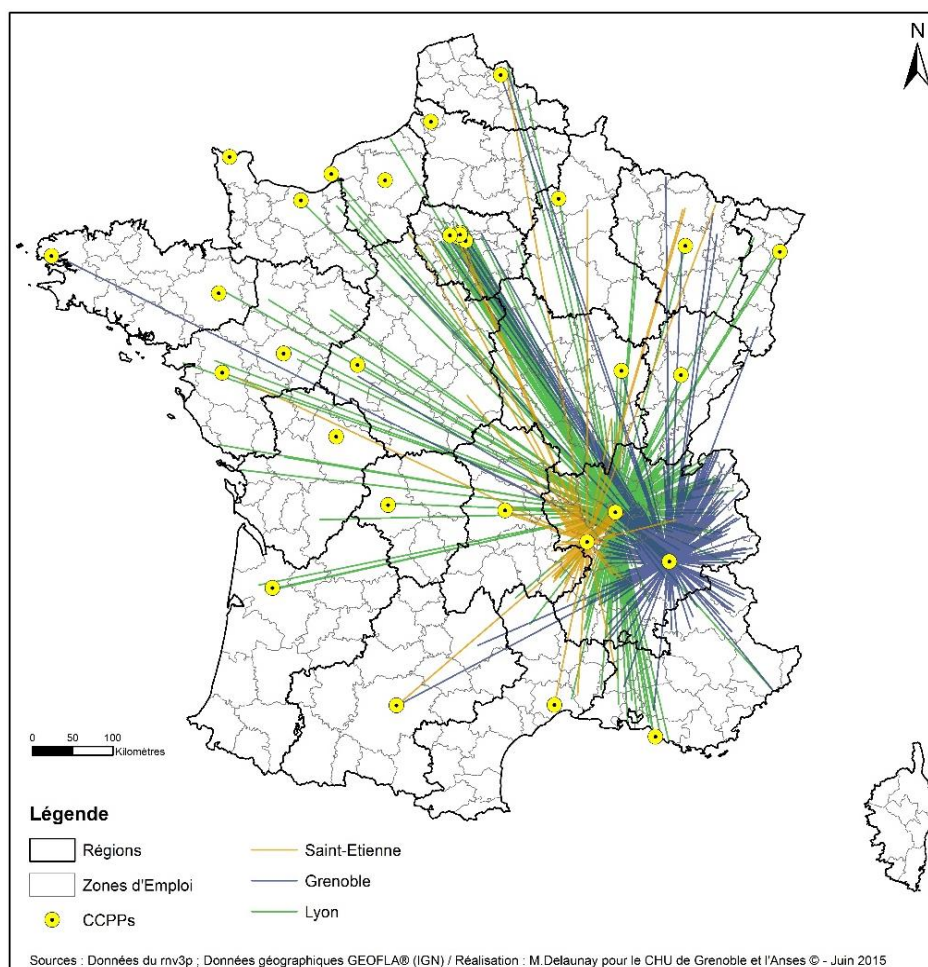
La Carte 11 montre la localisation à l'échelle régionale de tous les PST enregistrés par un CCPP Rhône-alpin (agrégation à la commune) de manière à faire ressortir le centre qui a vu le PST. Cette carte fait ressortir certains territoires de « prédilection » pour les CCPPs, par exemple les départements de Savoie et Haute-Savoie pour Grenoble ou encore celui de l'Ain pour Lyon.



Carte 11 : Répartition des PST enregistrés par les CCPP rhône-alpins.

On lit assez facilement le relief autour de Grenoble et la forme de « Y » que prend la localisation des PST. En effet, les vallées constituent les périphéries les plus peuplées et les plus industrialisées. De même, on peut suivre l'autoroute du Sud (A7) qui descend le long de la frontière entre la Drôme et l'Ardèche.

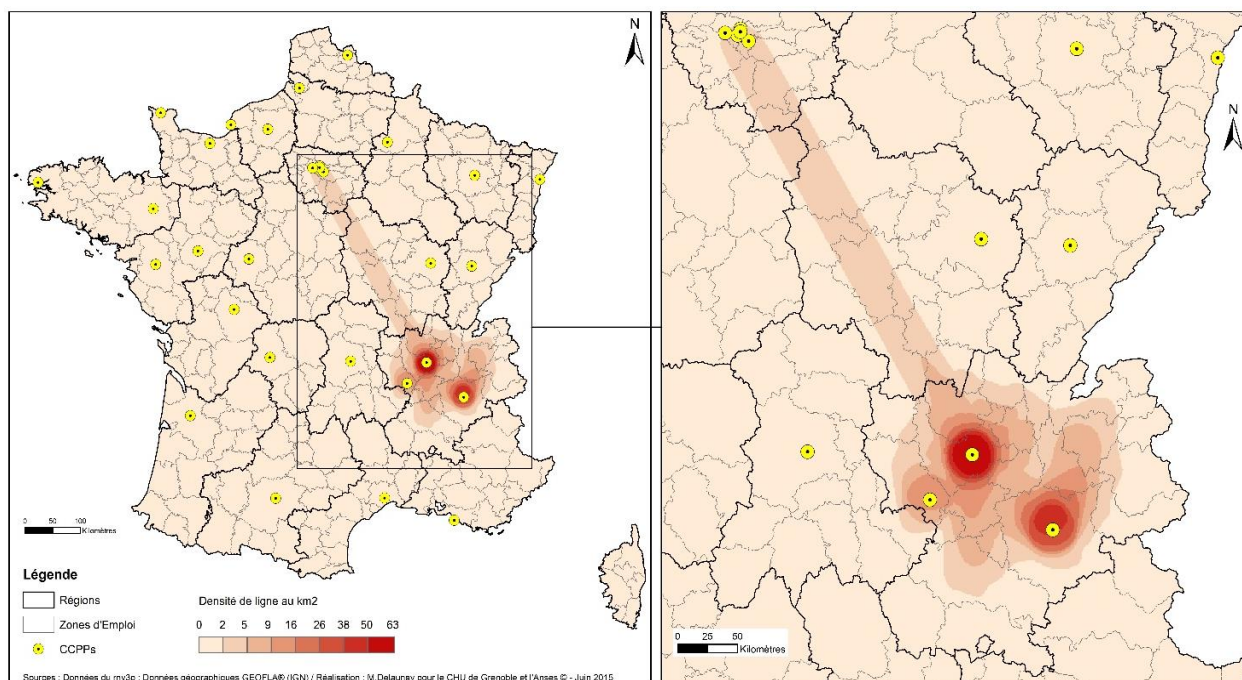
Dans un deuxième temps, on affiche les directions prises par les PST. La Carte 12 reprend les CCPPs de Grenoble (bleu), Lyon (vert) et Saint-Etienne (orange). On perçoit des zones de chevauchement entre les CCPPs, mais on ne distingue pas encore totalement les territoires couverts par chacun d'eux.



Carte 12 : Oursins des PST des CCPPs Rhône-alpins (Grenoble, Lyon, Saint-Etienne)

La Carte 13 (page suivante) en densité de lignes permet de mieux apprécier les zones de recrutement spécifiques de chaque CCPP. Elle met également en évidence des zones tampons correspondant à des territoires communs couverts par les centres (la même couleur est partagée et commune aux CCPPs).





Carte 13 : Densité de ligne des PST des CCPPs Rhône-alpins (Grenoble, Lyon, Saint-Etienne)

A l'échelle de la région, les différentes représentations permettent de mettre en avant certaines spécificités régionales et notamment des territoires de prédilection différents selon les centres, comme, par exemple :

- Les départements de la Savoie et Haute-Savoie pour le CCPP grenoblois,
- Le nord de la région Rhône-Alpes et la région parisienne pour le CCPP lyonnais (la question des sièges sociaux basés à Paris se pose ; la réponse serait obtenue simplement par identification des PST correspondants),
- La Drôme et l'Ardèche pour Lyon essentiellement, le long de la vallée du Rhône, et la partie de la Drôme limitrophe de l'Isère (Romans) pour Grenoble,
- La Haute-Loire pour Saint-Etienne.

### Messages clés (8)

**A l'échelle régionale, l'utilisation des outils (semis de points, densité, oursins) permet de mieux lire les phénomènes de capture dans les ZE limitrophes en faisant ressortir des spécificités et interactions plus complexes avec le territoire, notamment l'enjeu de la topographie (relief, axes de communication, etc).**

**Ce travail rend visibles les zones de recouvrement entre CCPPs et en négatif les zones d'ombre résiduelles. L'identification de ces zones d'ombre relatives est de première importance à des fins de vigilance (moindre probabilité de capture de phénomènes émergents notamment).**

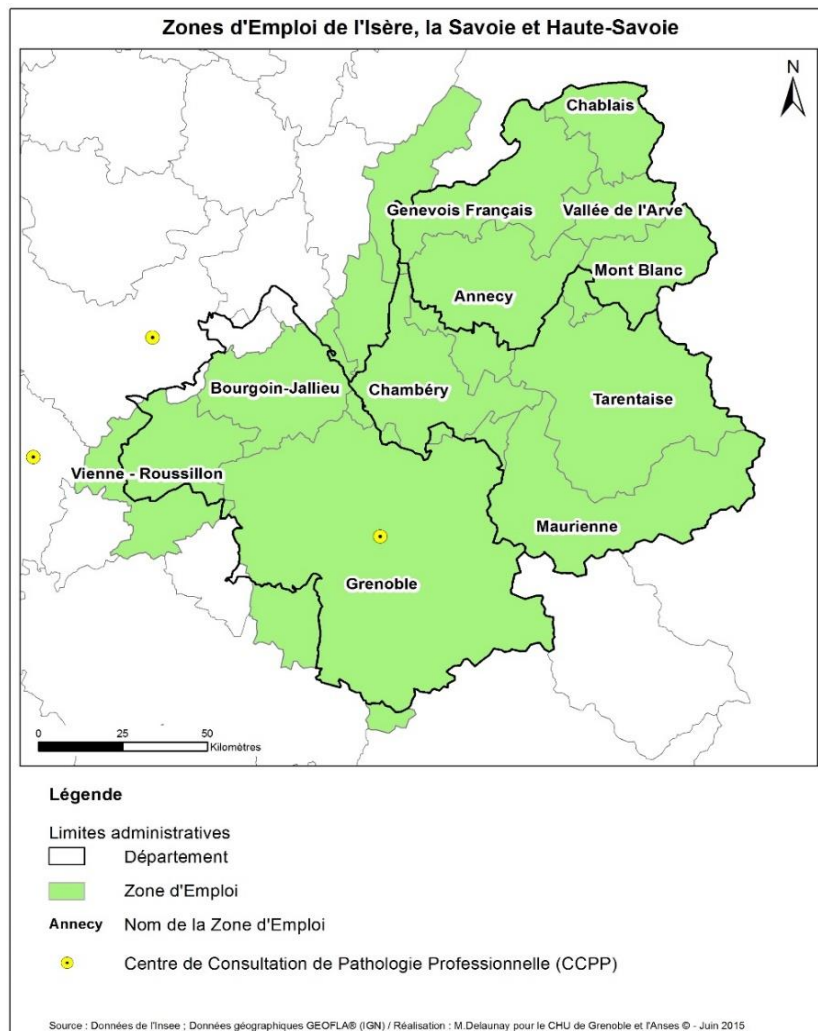
**La prise en compte de la population active sous-jacente permettra de mieux quantifier ces zones d'ombre.**

### 4.2.3 Approche à l'échelle locale

En poursuivant notre méthodologie, nous nous sommes ensuite concentrés sur un seul CCPP. Dans la continuité du travail à l'échelle régionale, et pour des raisons de connaissance du terrain et des problématiques associées, c'est le centre de consultation de Grenoble que nous avons pris en exemple.

#### 4.2.3.1 Identification des territoires d'intérêt

Afin de mieux décrire le recrutement d'un CCPP particulier, il convient d'aller au-delà des ellipses et oursins, et de l'enrichir par les informations relatives aux ZE sous-jacentes. La carte suivante (Carte 14) permet donc de situer les 11 ZE des départements (Isère, Savoie et Haute-Savoie) qui apparaissent sur la dernière carte régionale comme étant la zone majoritaire de recrutement du CCPP de Grenoble.



Carte 14 : Localisation des ZE des départements de l'Isère, la Savoie et la Haute-Savoie

Les données Insee permettent de mieux caractériser le dénominateur des actifs. Sur l'ensemble des ZE (n=304 en France Métropolitaine), Grenoble se place en 10<sup>ème</sup> position sur le nombre total de salariés (n=317,416) puis :

- 5<sup>ème</sup> pour l'industrie, n=62,578
- 11<sup>ème</sup> pour tertiaire non marchand, n=101, 756
- 12<sup>ème</sup> pour le tertiaire marchand, n=134,902
- 13<sup>ème</sup> pour la construction, n=17,225

Le Tableau 8 montre les effectifs moyens d'employés dans les 11 ZE de la zone de recrutement du CCPP de Grenoble (la division se fait en 5 secteurs utilisés par l'INSEE ; moyenne des effectifs sur la période 2001-2012).

Tableau 8 : Répartition du nombre de salariés par ZE

Zone d'emploi	Agriculture	Industrie	Construction	Tertiaire marchand	Tertiaire non marchand	Total salariés	Non salariés	Total
Anecy	441	21,014	7,74	51,205	31,073	111,473	13,537	125,01
Bourgoin-Jallieu	222	16,347	3,994	31,473	15,962	67,998	7,023	75,022
Chablais	84	4,502	2,43	15,842	8,132	30,991	5,016	36,007
Chambéry	889	16,696	7,358	44,311	37,348	106,603	11,333	117,936
Genevois Français	568	15,626	6,118	38,637	23,933	84,881	12,13	97,012
Grenoble	954	62,578	17,225	134,902	101,756	317,416	30,825	348,241
Maurienne	25	2,982	1,128	8,457	3,708	16,299	2,743	19,042
Mont Blanc	29	2,201	2,068	15,016	5,951	25,265	5,67	30,935
Tarentaise	122	6,277	3,359	32,017	9,557	51,333	9,63	60,964
Vallée de l'Arve	15	12,747	1,197	9,738	3,656	27,353	2,693	30,045
Vienne - Roussillon	816	16,537	5,456	23,629	16,353	6,2791	8,84	71,631
Total	4,165	177,507	58,073	405,227	257,429	902,403	109,44	1,011,845

La comparaison des profils en pourcentage est présentée dans la Figure 22 ci-après.

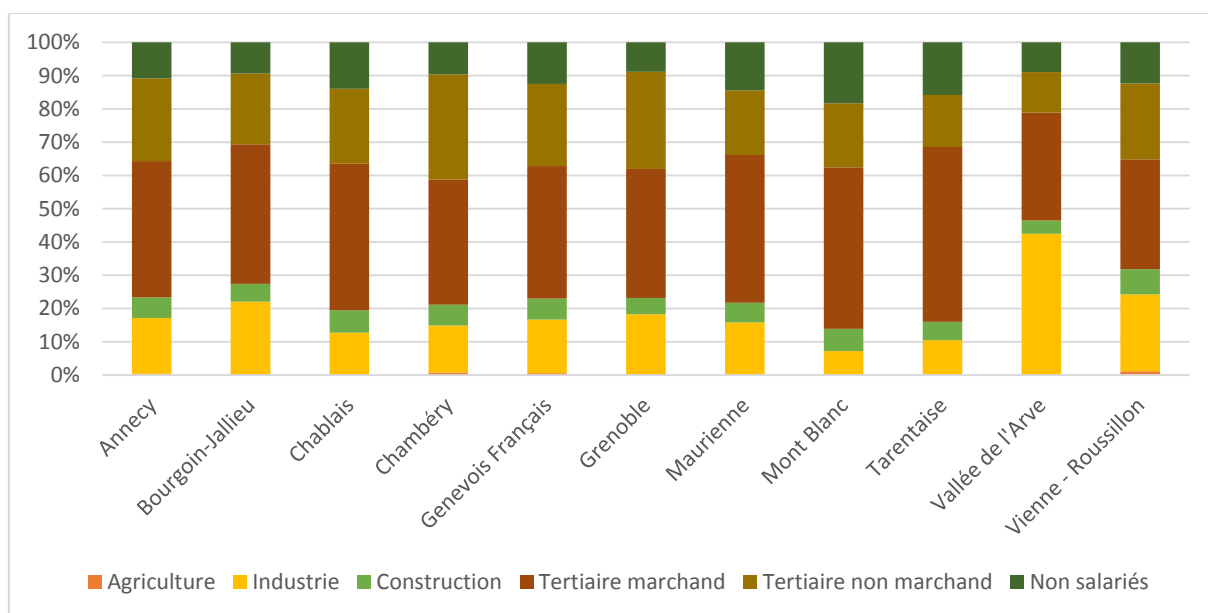


Figure 22 : Profils des ZE selon les 5 secteurs d'activité considérés

La zone de recrutement du CCPP de Grenoble couvre majoritairement trois départements qui représentent plus de 900,000 salariés et plus d'un million d'actifs au total (avec l'emploi non salarié). Après le secteur du tertiaire (marchand et non marchand), c'est celui de l'industrie qui apparaît comme majoritaire sur ce territoire. La vallée de l'Arve (ou « Technic Vallée ») en est l'exemple le plus net avec 46,6% de travailleurs concernés. Les activités spécialisées (usinage, décolletage) de ce territoire ont été le point de départ de la création du pôle, anciennement dénommé 'Arve-Industries', qui est à l'heure actuelle un pôle de compétitivité mondial<sup>22</sup> ('Mont-Blanc Industries') rassemblant plus de 27,000 emplois dans le domaine de la microtechnique et de la mécanique<sup>23</sup>.

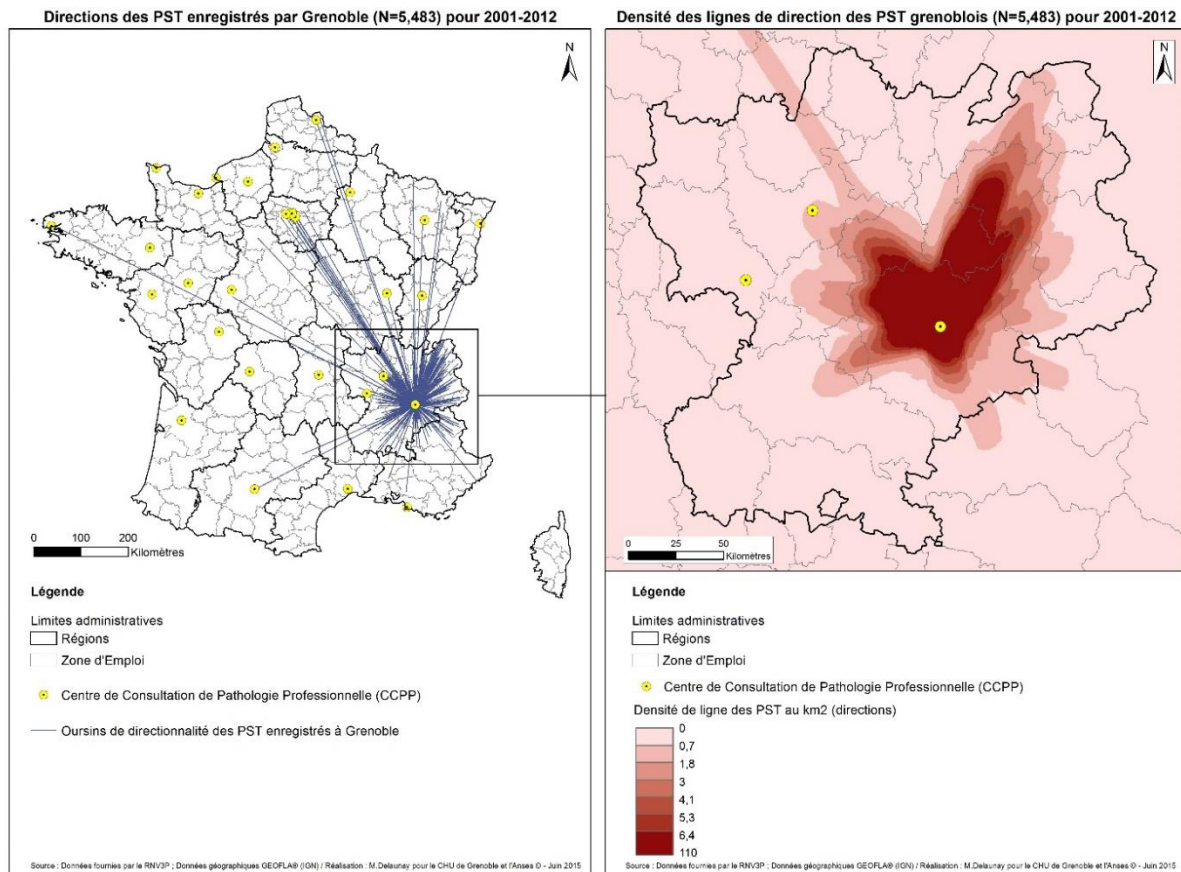
#### 4.2.3.2 Les données du CCPP de Grenoble

Pour le CCPP de Grenoble, on compte un total de 10,079 PST sur la période 2001-2012. Seulement 54,5% (n=5,483) de celles-ci ont pu être rattachées à une entreprise et à son code postal. Ceci s'explique principalement par le fait que le PST dépende d'une entreprise antérieure à l'entreprise actuelle (l'entreprise responsable ne pouvait alors être renseignée), voire du non remplissage de l'entreprise et/ou de son code postal et nom de la commune

<sup>22</sup> <http://competitivite.gouv.fr/>

<sup>23</sup> <http://www.montblancindustries.com/>

(concerne surtout les PST les plus anciens). 84,9% des PST enregistrés par Grenoble sont localisées dans le département de l'Isère (n=4,482) et la quasi-totalité de ceux-ci (81,4%) le sont dans sa zone d'emploi (n=4,466).



Carte 15 : Zone de recrutement du CCPP de Grenoble

À l'image du travail effectué précédemment, la Carte 15 montre les oursins du CCPP grenoblois ainsi que leur densité. Sur cette dernière, on voit clairement les zones de recrutement, à savoir principalement la zone d'emploi du CCPP et son influence vers le Nord-Est, à savoir les départements de la Savoie et Haute-Savoie.

Si l'on regarde les chiffres (Tableau 9), sur les 7 des 8 zones d'emploi qui recouvrent la Savoie et la Haute-Savoie, le CCPP de Grenoble est le seul qui y recrute plus de 80% des PST enregistrés. La seule exception étant la zone d'emploi d'Annecy, pour laquelle Grenoble n'enregistre qu'un peu plus de la moitié (53%) du total de PST vus.

Cette information, conjuguée à la précédente (81% des PST issus de sa ZE), montrent qu'il existe un sous-recrutement relatif dans les départements de Savoie et Haute-Savoie qui ne bénéficient pas d'un CCPP.

Tableau 9 : Répartition des PST des ZE de Savoie et de Haute-Savoie selon le CCPP enregistrant

<b>Zone d'emploi</b>	<b>CCPP</b>	<b>Nombre de PST enregistré</b>
<b>Annecy (n=204)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>109</b>
	Lyon	94
	Nantes	1
<b>Chablais (n=30)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>25</b>
	Lyon	4
	Besançon	1
<b>Chambéry (n=250)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>220</b>
	Lyon	25
	Nancy	2
	Angers	1
	Saint-Etienne	1
	Strasbourg	1
<b>Maurienne (n=57)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>53</b>
	Lyon	4
<b>Mont Blanc (n=18)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>16</b>
	Lyon	1
	Toulouse	1
<b>Tarentaise (n=120)</b>	<b>Grenoble</b>	<b>110</b>
	Le Havre	6
	Lyon	4

Hors de la région, l'influence de Grenoble s'étend sur le département des Hautes-Alpes (région Provence-Alpes-Côte d'Azur) pour les zones d'emploi de Briançon (n=25) et Gap (n=42) puisque le CCPP grenoblois capte respectivement 96% et 64% des PST enregistrés (le reste étant pour le CCPP de Marseille).

#### Typologie des NAF

La figure suivante (Figure 23) montre la classification des NAF responsables enregistrés pour les 5 zones d'emploi représentant 90% des PST. Pour chacune des zones, un résultat ressort : la prédominance de l'industrie manufacturière qui représente entre 30% et 40% des NAF responsables. Les services collectifs, la santé et la construction constituent également trois secteurs importants dans les enregistrements de Grenoble.

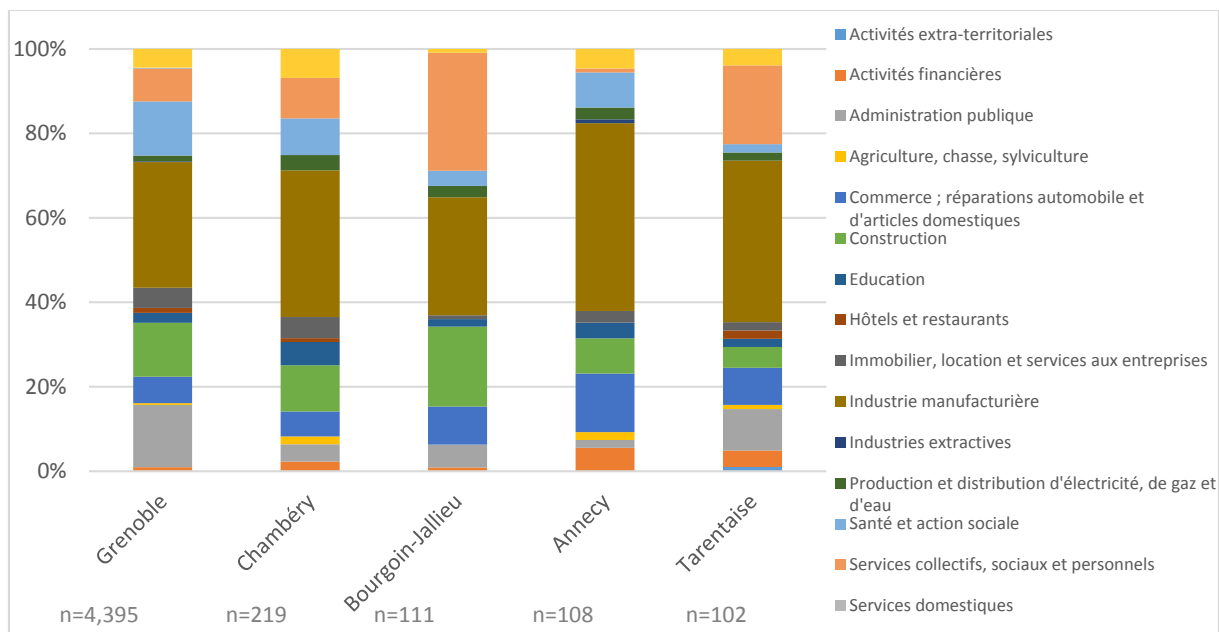


Figure 23 : NAF enregistré pour les 5 zones d'emploi dans lesquelles le CCPP de Grenoble a enregistré le plus de PST (données rnv3p 2001-12)

Typologie des pathologies

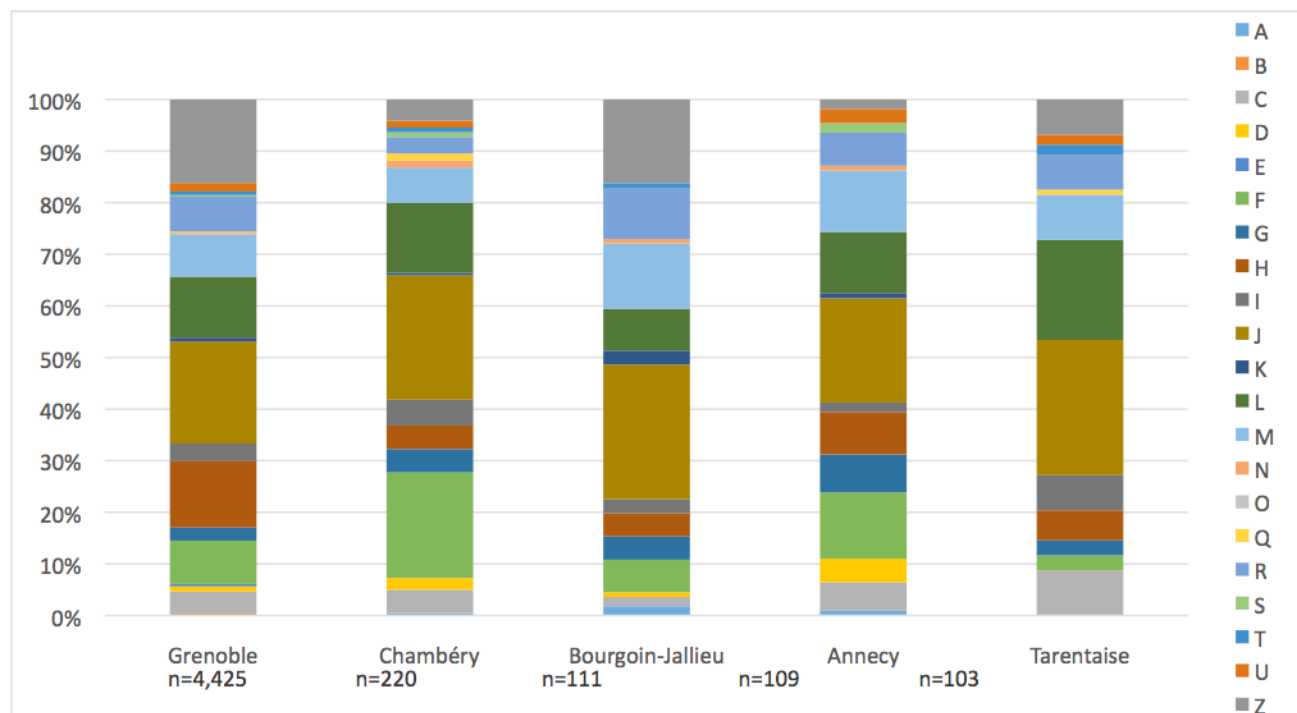


Figure 24 : Type de pathologie pour les 5 zones d'emploi dans lesquelles le CCPP de Grenoble a enregistré le plus de PST (données rnv3p 2001-12)



Sur la Figure 24 est représenté le type de pathologie (1<sup>er</sup> digit) pour les 5 zones d'emploi recrutant le plus de PST. Quelle que soit la zone d'emploi, la catégorie de pathologie qui ressort majoritairement est la J : les pathologies pneumologiques. Selon les zones, il est ensuite possible de distinguer de petites différences : les demandes d'avis pour pathologies psychiatrique (1<sup>er</sup> digit code CIM10 = F) sont plus importantes sur la ZE de Chambéry (besoin d'un avis de spécialité), Les pathologies dermatologiques sont un peu plus fréquemment adressées par la ZE de la Tarentaise. Cela peut aussi traduire un déficit en certains spécialistes locaux (ex dermato-allergologues). Enfin, les codes en Z traduisant des mises en observations ou absence de pathologie sont moins fréquents sur les ZE éloignées de Grenoble (la nécessité du recours est davantage « réfléchi », il y a moins de conventions avec visites systématiques pour des ZE lointaines). Une exception mériterait pourtant d'être analysée : celle de la Tarentaise.

### **Messages clés (9)**

**La prise en compte des données Insee permet un premier niveau de description de la structure économique et industrielle de la zone de recrutement du CCPP à l'échelle de la ZE.**

**De nouveaux enjeux de recrutement sont identifiés : « fidélité » ou non du recrutement du CCPP vis-à-vis de cette structure d'activité et le recrutement différentiel en termes de pathologies selon les zones d'emploi (résultante de la distribution des pathologies de terrain, des domaines d'expertise du CCPP, mais aussi et surtout des spécificités du réseau de médecin adressant).**

**À titre d'exemple, ce travail a montré que les PST enregistrés par le CCPP grenoblois reflètent à la fois l'activité sous-jacente (forte présence de l'industrie) et l'une des spécialités du centre, l'investigation de pathologies pulmonaires.**

### 4.3 Zones de capture préférentielle

Afin d'exploiter les données du rnv3p et d'aller au-delà de la simple représentation d'un dénominateur et d'un numérateur, nous avons souhaité pouvoir identifier des ZE pour lesquelles le réseau se rapproche au mieux de la distribution des actifs ou, au contraire, est le plus éloigné (le nombre de PST observés étant plus élevé que le nombre de PST attendus).

Dans un premier temps, nous avons calculé un taux de capture (voir méthodologie) ayant comme référence les données de l'Insee en 5 secteurs d'activité et les données rnv3p.

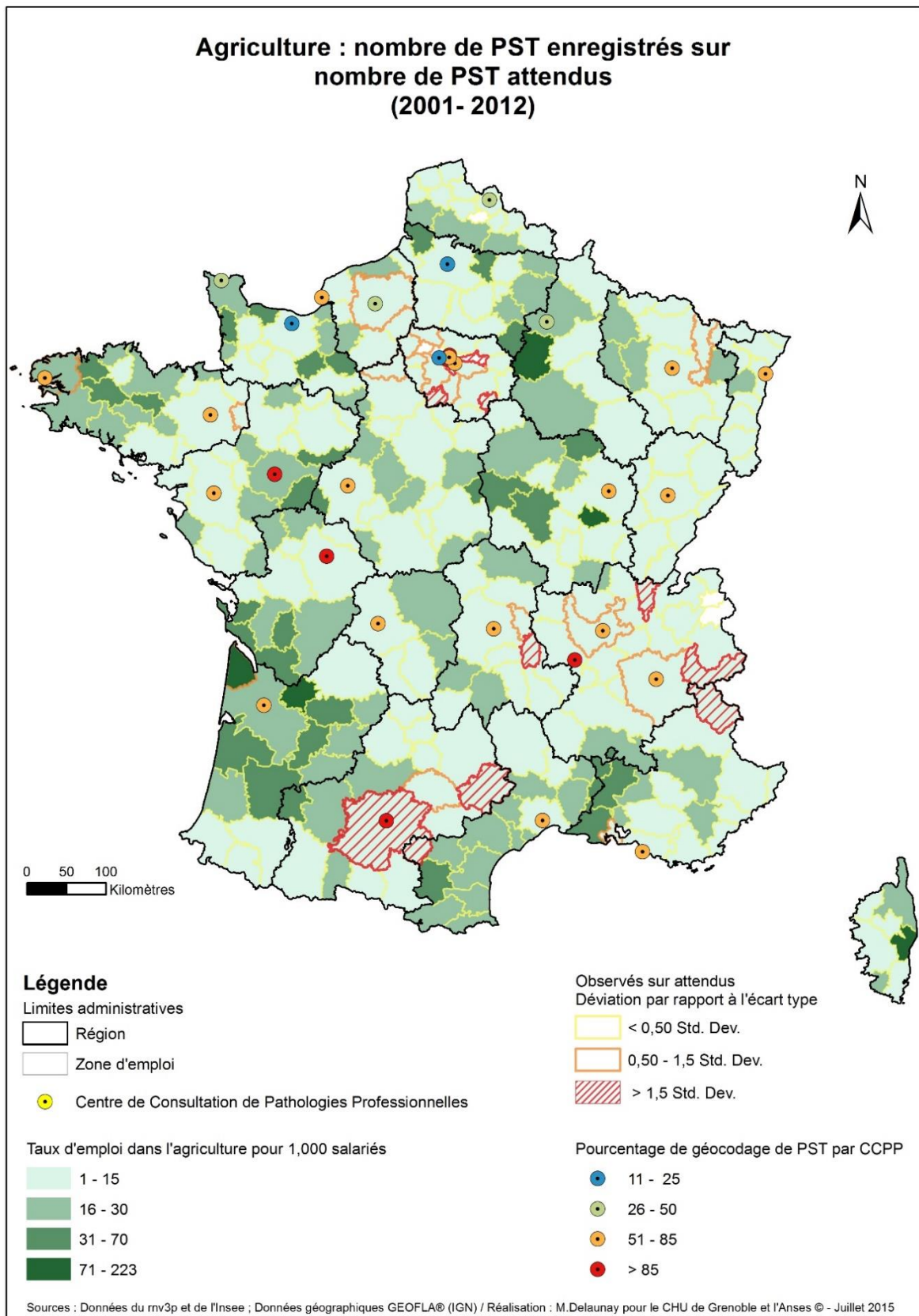
Dans un deuxième temps, nous avons calculé pour chaque secteur, le rapport entre le nombre de PST observés sur le nombre de PST attendus. Pour cette représentation, c'est une classification par l'écart type qui a été choisie. En effet, cette méthode permet de montrer l'écart existant entre la valeur trouvée pour chaque ZE et la moyenne. L'outil SIG calcule donc la valeur moyenne et l'écart type. Les interruptions de classe ont été prises avec des plages de valeurs égales et proportionnelles à intervalle d'un écart type. Cela explique donc qu'il y ait 3 classes pour le secteur de l'agriculture mais 4 pour la construction et enfin 5 pour l'industrie et le tertiaire marchand ou non.

Pour notre travail, cela permet de représenter les valeurs supérieures à la moyenne (PST observés > PST attendus, dégradé orange à rouge) et les valeurs inférieures (PST observés < PST attendus, dégradé vert à jaune).

Au cours de ce travail, nous n'avons appliqué aucun filtre sur les données, que ce soit sur la nature du PST ou l'imputabilité lui ayant été attribuée. En effet, il s'agit d'avoir une idée générale du recrutement du réseau, notamment selon les secteurs d'activité et ce, quel que soit le problème de santé au travail. Cependant, lorsque nous discuterons des résultats, notamment en termes de pathologie (pour le détail par ZE), les distinctions seront faites sur l'enregistrement de la pathologie comme étant de nature professionnelle ou pas, ainsi que la force du lien entre l'exposition et la pathologie (imputabilité  $\geq 2$  pour un lien de causalité avéré).

Les secteurs présentés ensuite sont : l'agriculture (secteur primaire), la construction et l'industrie (secteur secondaire), le tertiaire marchand et le tertiaire non marchand (secteur tertiaire).

### 4.3.1. Secteur d'activité : Agriculture



Carte 16 : Agriculture – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du mv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable)

On note une répartition des salariés du secteur agricole principalement dans les régions de l'Aquitaine (viticulture), de la Bourgogne (céréales, élevage, viticulture), de la Champagne-Ardenne (céréales, élevage) et de la Corse. Deux des trois ZE qui ont le taux de salariés agricoles le plus élevé sont situés en Aquitaine : Pauillac et Libourne, avec respectivement 223 et 98 salariés agricole pour 1000 travailleurs.

Si on regarde les 10 zones d'emploi qui ressortent comme ayant un nombre de PST enregistré supérieur à celui attendu, on note que le nombre d'actifs agricoles de ces ZE ne figure pas dans le quartile supérieur de la distribution. En effet, 4 zones d'emploi se situent même en région parisienne et sur celles-ci, deux d'entre elles (Marne-la-Vallée et Orly) possèdent moins de 50 salariés agricoles à l'année (moyenne de 48 et 29 respectivement sur 2001-2012).

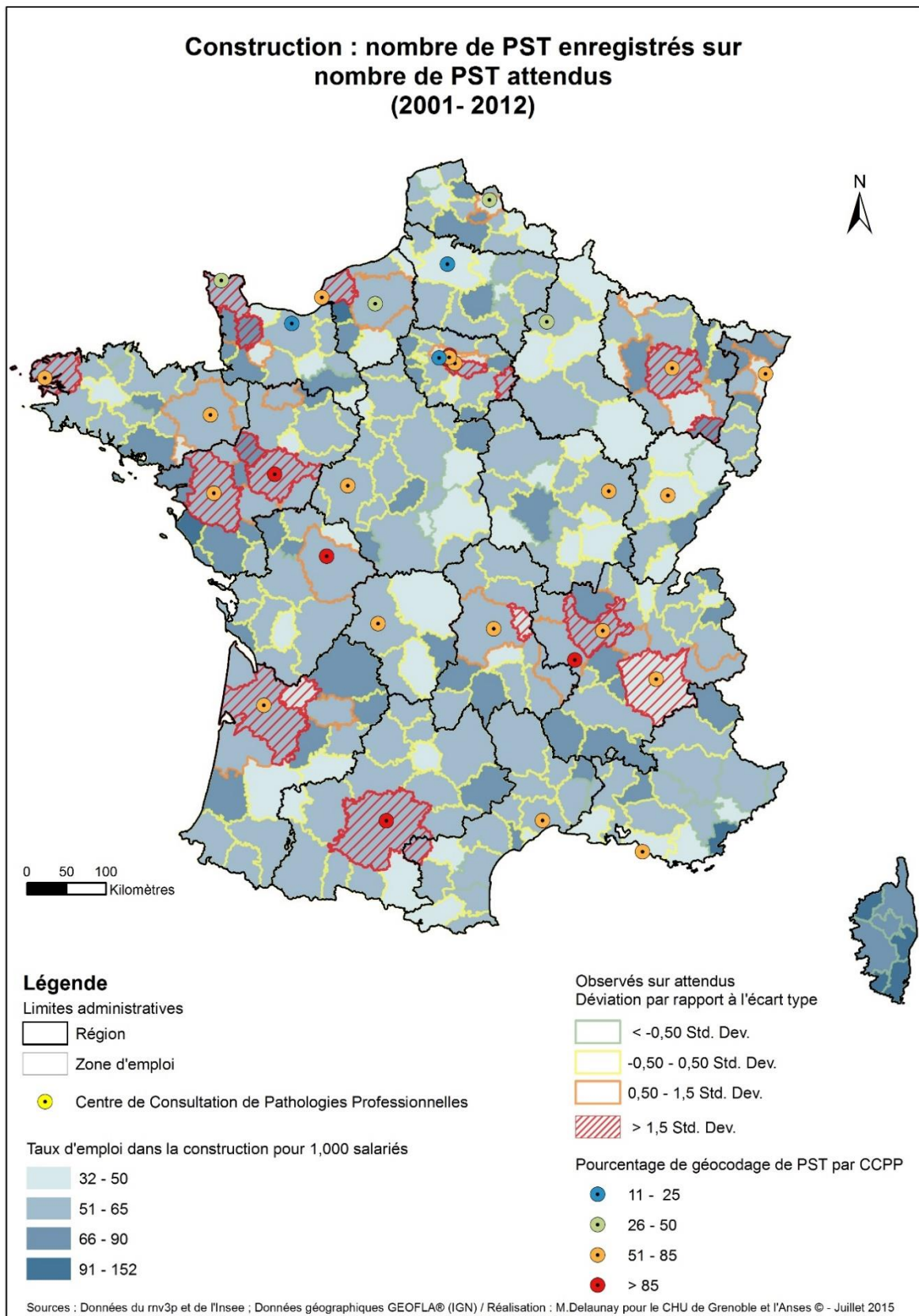
La ZE de Toulouse est celle qui ressort le plus d'actifs agricoles (n=1,900 entre 2001-2012) mais rapporté aux autres catégories d'actifs, le taux d'emploi est très faible (3,2 pour mille). Le nombre de PST investigués pour ce secteur y est pourtant le plus élevé (n=57).

Le Tableau 10 identifie, pour chacune de ces 10 ZE, le nombre de PST total de ce secteur puis ceux vus pour un diagnostic d'une pathologie d'origine professionnelle ainsi que le premier digit de celles ayant une imputabilité  $\geq 2$ . Ce sont une majorité de troubles psychiatriques (36%) qui sont enregistrés, juste devant les pathologies pneumologiques (21%).

Tableau 10 : Agriculture - Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité  $\geq 2$  pour les ZE avec une capture préférentielle de cas

Nom de la ZE	Nb PST	Diagnostic d'origine pro	Avec imputabilité $\geq 2$	1 <sup>er</sup> digit de la pathologie (% par colonne)									
				C	F	G	J	L	M	R	T	Z	
Ambert	1	1	1				14%						
Briançon	2	1	1				14%						
Étampes	5	2	1					25%					
Marne-la-Vallée	4	2	0										
Maurienne	1	1	1				14%						
Millau	5	2	2			50%	14%						
Montereau-Fault-Yonne	2	2	0										
Orly	6	2	1					25%					
Oyonnax	3	3	2				29%						
Toulouse	57	34	24	100%	100%	50%	14%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
Total	86	50	33	1	12	2	7	4	3	2	1	1	1

### 4.3.2. Secteur d'activité : Construction



Carte 17 : Construction – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du mv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable)

Le secteur de la construction est très lié à la densité de population. En effet, ce sont majoritairement les zones urbaines et péri-urbaines qui sont concernées par ce secteur. La répartition de ce secteur montre également sa proximité et complémentarité avec le secteur industriel (carte chapitre suivant sur l'industrie) ainsi que de forts taux dans les zones de villégiature, notamment les littoraux ou encore la Corse. Pour cette dernière, l'explication se trouve dans les chiffres du recensement de la population de 2010<sup>24</sup> ; en effet, le métier le plus spécifique de cette région est celui d'ouvrier non qualifié du gros œuvre du BTP<sup>25</sup>.

Sur la carte, on trouve 18 ZE concernées par une capture préférentielle de PST pour lesquelles la distribution des moyennes (entre 2001 et 2012) du nombre de salariés est très étendue : de 668 salariés à presque 44,000. La carte confirme l'importance du rapport du nombre de PST observés sur le nombre de PST attendus dans les zones d'emploi des grandes agglomérations : Brest, Nantes, Bordeaux, Toulouse, Grenoble, Lyon ou encore Nancy.

À première vue, on pourrait penser que les zones de capture préférentielle situées en Bretagne et Normandie (Brest, Cherbourg-Octeville, Le Havre, Saint-Lô) correspondent aux chantiers navals, mais le code de la construction navale se trouve dans la section Industrie manufacturière (division 35) de la NAF 2003<sup>26</sup>. En regardant les codes NAF des PST enregistrées dans ces territoires, ce sont surtout des activités de construction d'ouvrages de bâtiment, de travaux d'installation ou de finition qui sont codées. On peut cependant se poser la question d'une erreur de codage et d'une assimilation de la construction navale à la construction, surtout lorsque seulement les deux premiers digits sont enregistrés (14% des PST).

Le Tableau 11 présente le premier digit des pathologies professionnelles enregistrées avec une imputabilité  $\geq 2$ . Pour ce secteur, ce sont les pathologies musculo-squelettiques qui sont majoritairement enregistrées (25%). Ce constat n'est pas surprenant car les salariés de la construction, bien qu'exposés à un grand nombre de risques (matériels, chimiques, biologiques, psycho-sociaux) ont des contraintes et risques physiques importants, liés au bruit, à la chaleur et au froid, aux rayonnements, aux vibrations et à la pression atmosphérique<sup>27</sup>. Ce sont des pathologies pneumologiques (19%) et pathologies ophtalmologiques/oto-rhino-laryngologiques (18%) qui sont ensuite les plus investiguées.

---

<sup>24</sup> Insee – Recensement de la population 2010, lieu de travail

<sup>25</sup> JM Floch et F Lainé, Les métiers et leurs territoires, Insee Première, N° 1478, Décembre 2013.

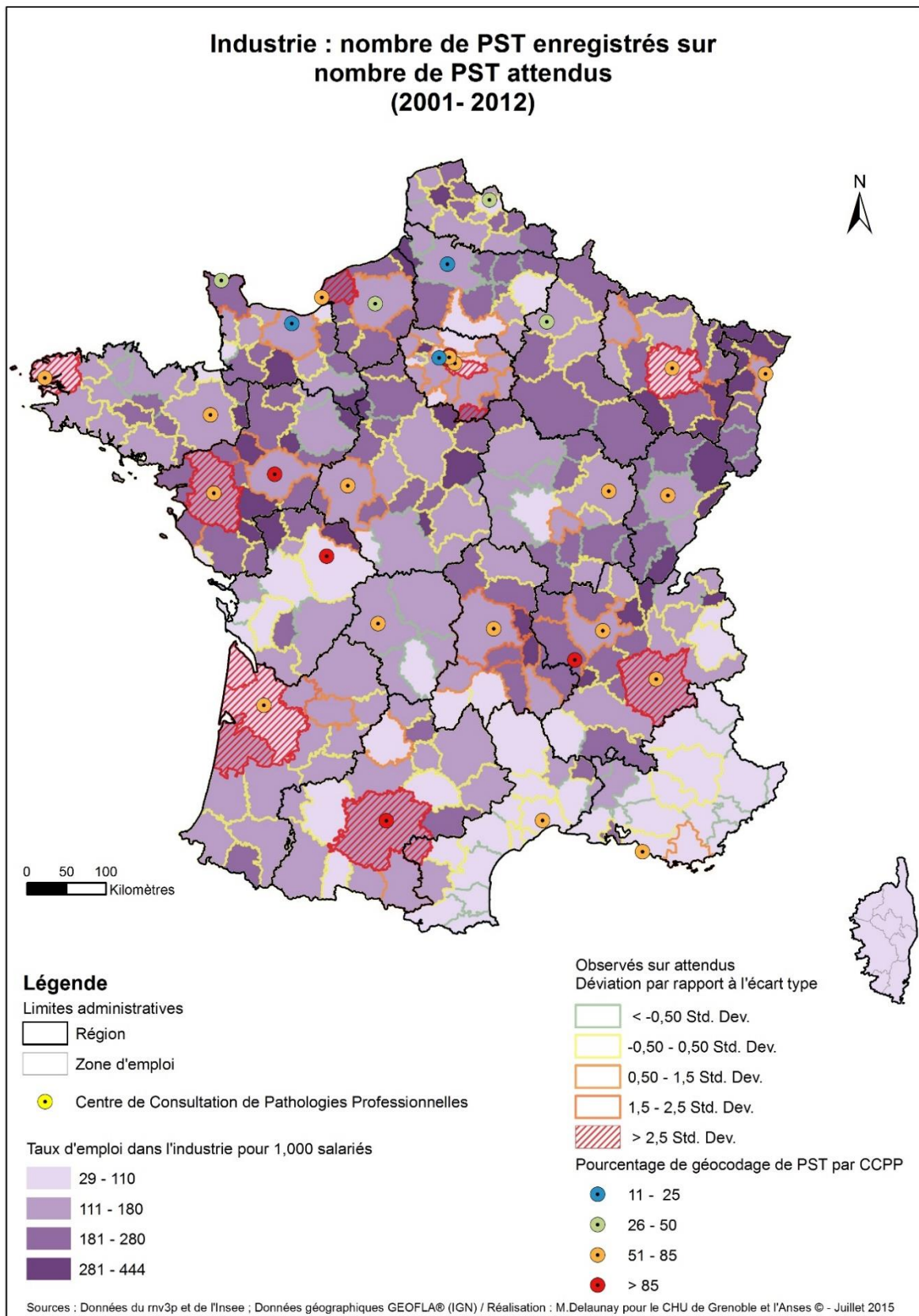
<sup>26</sup> Insee – <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=nomenclatures/naf2003/naf2003.htm>

<sup>27</sup> James L Weeks, Les risques professionnels dans le bâtiment et les travaux publics, Chapitre 93 Le bâtiment et les travaux publics de l'Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail, Volume III (92-2-209816-1), BIT Genève, 2002, pp 93.2-93.9.

Tableau 11 : Construction – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité ≥ 2 pour les ZE avec une capture préférentielle de cas

Nom de la ZE	Nb PST	Diagnostic d'origine pro	Avec imputabilité ≥ 2	1 <sup>er</sup> digit de la pathologie (% par colonne)																		
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Q	R	S	T	U	Z
Angers	161	92	82			8%			2%	3%			1%		1%	12%					10%	
Bordeaux	944	729	260	33%	33%	27%	17%	50%	31%	5%	3%	26%	15%		10%	12%		10%	17%	7%	15%	11%
Brest	321	263	162			7%			8%	27%	6%		15%		8%	1%		3%		4%	5%	37%
Cherbourg-Octeville	90	58	17			1%			2%				2%		1%							
Créteil	157	108	68			10%	17%		2%	3%	3%	4%	4%	25%	4%	4%				4%		
Grenoble	563	237	172			17%	17%	50%	11%	6%	6%	35%	11%	50%	14%	2%	100%	24%	17%	4%	10%	15%
Le Havre	327	163	80			1%				1%			20%		2%						5%	
Libourne	33	26	11			4%							1%		1%	1%						
Lyon	676	459	278			6%			13%	14%	29%	17%	3%		10%	16%		17%	33%	11%		7%
Nancy	163	86	48		33%	7%			3%	2%	1%		1%		2%	4%		3%		14%		
Nantes	339	246	148	33%		1%			7%	6%	4%	9%	10%		17%	6%		7%		18%	30%	4%
Orly	223	167	93			5%	33%		7%	1%	4%	9%	7%		6%	2%		7%		14%	5%	7%
Provins	8	2	2			1%																4%
Remiremont	35	15	8			1%									2%	1%						4%
Saint-Lô	79	30	15										3%			0%		7%				4%
Segré	17	10	10			1%									2%	1%						
Thiers	9	8	6							1%			1%		1%							
Toulouse	910	613	500	33%	33%	2%	17%		13%	32%	45%		7%	25%	18%	38%		21%	33%	25%	20%	7%
Total	5,055	3,312	1,960	3	3	84	6	2	228	108	356	23	366	4	167	499	1	29	6	28	20	27

### 4.3.3. Secteur d'activité : Industrie



Carte 18 : Industrie – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du mv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable)



Le secteur industriel est très nettement représenté dans les territoires du Nord de la France, au-dessus de l'axe Bordeaux-Grenoble et tout particulièrement l'Est de la France (Franche-Comté, Alsace, Lorraine). De plus, la majorité des zones d'emploi pour lesquelles les taux sont les plus élevés sont de petites zones d'emploi en termes de surface (km<sup>2</sup>) et de nombre de salariés total. Les régions les plus importantes (Alsace, Lorraine, Rhône-Alpes) présentent des spécificités industrielles avec un tissu industriel dense et spécialisé (industrie de pointe, industrie extractive, etc...). Ces mêmes régions ont souvent leurs principales agglomérations également couplées à des pôles de recherche et des entreprises ayant des majorités d'ouvriers et techniciens industriels.

Le secteur de l'industrie regroupe les industries extractives mais également manufacturière ou encore chimique. Les facteurs de risques sont donc multiples : physiques (travail posté par exemple), biologiques (exposition à des températures extrêmes), chimiques (exposition à des métaux) ou encore psycho-organisationnels (organisation du travail pour une production continue).

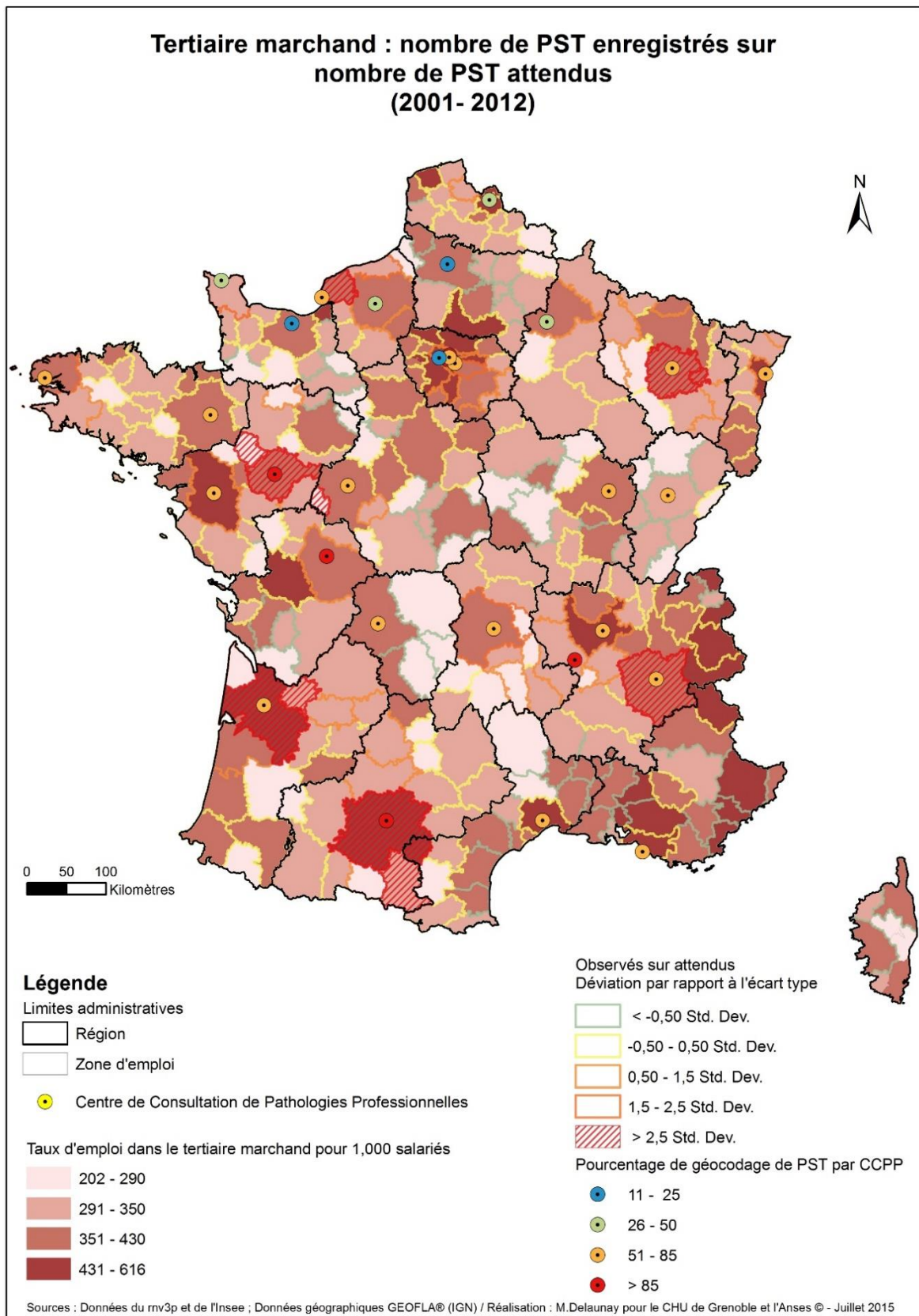
Pour les 12 ZE de capture préférentielle de PST, le Tableau 12 détaille les types de pathologies professionnelles au 1<sup>er</sup> digit et l'on retrouve la traduction de ces risques multiples : une prédominance de pathologies pneumologiques (27%) puis des troubles psychiatriques (18%), des pathologies dermatologiques (14%) et des troubles musculo-squelettiques (13%).

La Carte 18 met en avant 8 ZE possédant un CCPP sur les 12 au total. Pour les 4 ZE restantes, on remarque une localisation proche voir limitrophe des premières. En effet, Pauillac et la Teste-de-Bush sont situées à l'Ouest de Bordeaux. Pour ce qui est de Nemours et d'Orly, ce sont deux ZE se trouvant en région parisienne, donc sans CCPP propre mais à proximité des 5 CCPPs de la région. Les zones de capture préférentielle sont donc fortement liées à la présence d'un centre de consultation.

Tableau 12 : Industrie – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité ≥ 2 pour les ZE avec une capture préférentielle de cas

Nom de la ZE	Nb PST	Diagnostic d'origine pro	Avec imputabilité ≥ 2	1er digit de la pathologie (% par colonne)																		
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	R	S	T	U	Z
Bordeaux	1,646	1,177	473			25%	8%		30%	16%	7%	32%	11%	9%	8%	15%		9%	33%	18%	6%	1%
Brest	537	317	191			6%			5%	5%	3%		11%		4%	1%		3%		2%	2%	18%
Créteil	288	214	143			3%			3%	4%	4%	5%	6%	9%	4%	4%		6%		4%	4%	
Grenoble	1,322	953	587		20%	29%	25%	33%	5%	6%	23%	21%	29%	45%	12%	9%	50%	38%	33%	10%	42%	11%
La Teste-de-Buch	84	50	20			0%			1%				1%			1%						
Le Havre	1,225	499	166			10%	4%		1%		2%	5%	14%	9%	2%		25%	2%		2%	4%	3%
Nancy	659	303	173			12%	42%		4%	2%	2%		6%		6%	4%		2%		6%	10%	8%
Nantes	1,069	776	596	100%	40%	3%			13%	29%	4%	26%	8%	18%	41%	37%		10%	33%	10%	19%	10%
Nemours	54	36	17			1%	4%	67%					1%			0%						1%
Orly	328	243	130		20%	9%	4%		5%	4%	4%		4%		3%	2%	25%	3%		8%	8%	
Pauillac	17	15	6																		2%	
Toulouse	1,610	1,021	774		20%	2%	13%		33%	34%	50%	11%	9%	9%	18%	27%		26%		39%	4%	48%
Total	8,839	5,604	3,276	2	5	93	24	3	577	121	322	19	892	11	462	452	4	96	3	51	48	91

#### 4.3.4. Secteur d'activité : Tertiaire marchand



Carte 19: Tertiaire marchand – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du mv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable)

Le secteur d'activité que l'on nomme tertiaire marchand regroupe des activités dites de « service » : transports, commerce, services aux entreprises, services aux particuliers, activités immobilières et financières. Les emplois salariés associés à ces métiers se situent clairement dans les zones d'emploi des grandes agglomérations. De même, les régions du Sud (PACA, Corse, Languedoc-Roussillon, Aquitaine) ressortent particulièrement, du fait, notamment, de ce que l'on nomme les métiers de l'économie résidentielle (commerce, soins aux personnes, hôtellerie, cafés, restaurants)<sup>28</sup>. Ces zones d'emplois sont considérées comme étant des zones très urbaines où les métiers tertiaires très qualifiés sont surreprésentés (région parisienne et principales capitales régionales)<sup>29</sup>

Côté rnv3p, 11 ZE ressortent avec une capture préférentielle de PST et plus de 40% (n=4,110) d'entre eux sont des investigations de pathologie professionnelle avec une imputabilité moyenne à forte. Le Tableau 13 indique leur répartition selon le 1<sup>er</sup> digit de la pathologie enregistrée.

Sur les 4,110 pathologies professionnelles détaillées, la moitié (n=2,071) sont des troubles mentaux et du comportement. Ce nombre important de pathologies psychiatriques n'est pas surprenant pour ce secteur car les métiers associés sont le plus souvent soumis à des contraintes psychologiques fortes.

La carte des PST observés sur les PST attendus fait nettement ressortir quelques capitales régionales : Bordeaux, Grenoble, Nancy et Toulouse. Pour trois d'entre elles, on notera une extension de la zone de capture avec des ZE limitrophes : Libourne pour Bordeaux (au Nord-Est), Foix-Pamiers pour Toulouse (au Sud-Est) et Lunéville pour Nancy (à l'Est). De la même manière, la ZE d'Angers se retrouve entourée de deux ZE (Chinon et Segré). Les ZE de Grenoble et du Havre sont les seules pour lesquelles aucun territoire frontalier ne ressort.

Ces territoires frontaliers montrent l'extension des zones de recrutement de certains CCPPs au-delà de leur propre ZE. Pour Grenoble et le Havre, cette réalité est peut-être cachée par la présence d'autre CCPP à proximité (Lyon et Saint-Etienne pour Grenoble ou Caen et Rouen pour le Havre).

---

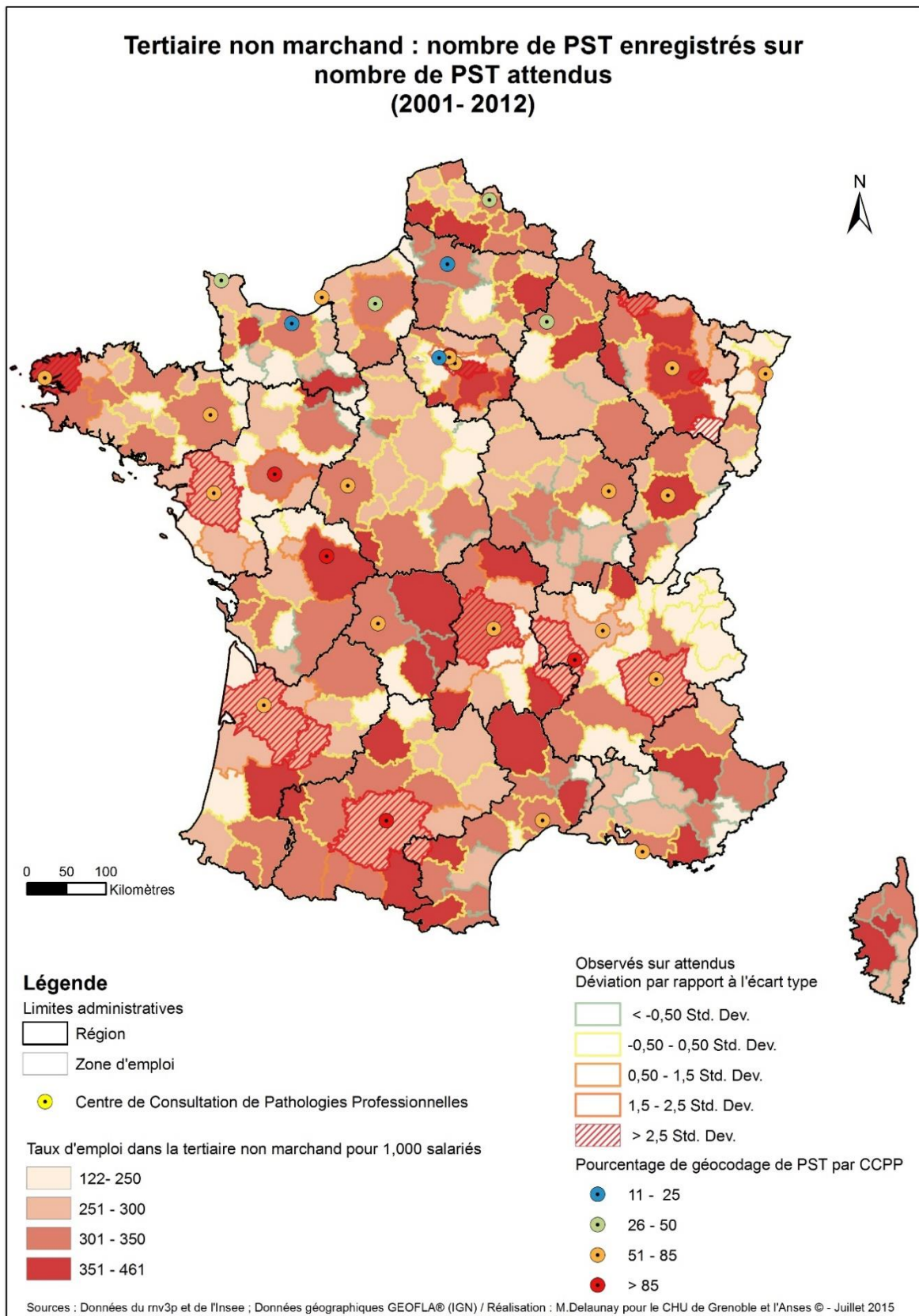
<sup>28</sup> JM Floch et F Lainé, Les métiers et leurs territoires, Insee Première, N° 1478, Décembre 2013.

<sup>29</sup> V Roussez, J Bougard, B Roumier – Dossier Insee : La concentration des métiers par zone d'emploi tend à se renforcer, La France et ses territoires, Edition 2015, Insee Références.

Tableau 13 : Tertiaire marchand – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité  $\geq 2$  pour les ZE avec une capture préférentielle de cas

Nom de la ZE	Nb PST	Diagnostic d'origine pro	Avec imputabilité $\geq 2$	1er digit de la pathologie (% par colonne)																			
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	O	Q	R	S	T	U	Z
Angers	607	262	254			6%	17%		4%	13%		5%	1%		1%	22%			3%		2%		2%
Bordeaux	3,194	2,473	1,533	40%		29%	33%	50%	53%	16%	7%	14%	21%	33%	21%	27%			8%	71%	27%	36%	16%
Chinon	39	26	16			4%	17%						3%						1%				
Foix - Pamiers	108	78	67						2%	2%			1%		2%				1%		1%		4%
Grenoble	1,195	650	477	20%	14%	18%		50%	6%	9%	24%	57%	32%	33%	16%	9%		100%	41%		2%	41%	8%
Le Havre	871	214	91			12%						5%	21%		3%	1%			1%			5%	
Libourne	117	97	66		14%	6%			2%						2%	1%					1%		
Lunéville	76	39	28		14%	2%			1%						1%	1%			1%		2%		
Nancy	722	354	227	20%	29%	10%			4%	1%	1%	10%	5%		15%	7%			8%	14%	19%	5%	3%
Segré	38	16	13							1%						1%							
Toulouse	2,741	1,607	1,338	20%	29%	12%	33%		28%	59%	68%	10%	16%	33%	39%	30%	100%		35%	14%	47%	14%	67%
Total	9,708	5,816	4,110	5	7	49	6	4	2,071	126	166	21	321	3	288	654	1	1	74	7	128	22	156

### 4.3.5. Secteur d'activité : Tertiaire non marchand



Carte 20 : Tertiaire non marchand – Taux d'emploi et zones de capture préférentielle du rnv3p (estimées à partir des PST géolocalisés à l'entreprise responsable)

L'emploi du secteur tertiaire non marchand regroupe les activités de sécurité, d'éducation, de santé, d'action sociale ou encore d'administration. À l'image du tertiaire marchand, la répartition de ce secteur est très liée aux caractéristiques démographiques des zones d'emploi. Ce secteur reflète en effet la répartition de la population : des zones rurales avec des besoins spécifiques comme, par exemple, de nombreux métiers de santé pour des populations vieillissantes (Auvergne, Limousin, Provence-Alpes-Côte-D'azur) et des zones urbaines qui abritent les principales administrations publiques. D'ailleurs, sept des quinze zones ayant un taux de capture préférentielle de PST significatifs sont des zones urbaines classées dans les 35 premières zones urbaines métropolitaines de plus de 100,000 habitants<sup>30</sup>.

On peut distinguer trois grandes catégories de ZE sur les quinze mises en évidence. La première, composée de quatre grandes agglomérations (Bordeaux, Grenoble, Nantes, Toulouse), qui compte plus de 100,000 actifs du secteur tertiaire non marchand en moyenne, entre 2001 et 2012. La deuxième, avec les villes de Brest, Clermont-Ferrand, Créteil, Orly et Saint-Etienne, compte entre 41,000 et 78,000 actifs de ce secteur. Enfin, la troisième, qui comprend les villes de Lunéville, Longwy, Marmande et Remiremont, pour laquelle on compte entre 3,900 et 7,500 actifs.

De la même manière que le tertiaire marchand, ce sont les pathologies psychiatriques (34%) qui sont majoritaires (Tableau 14). Suivent les pathologies dermatologiques (18%) et les troubles musculo-squelettiques (14%). Ces trois catégories représentent à elles seules plus des deux tiers des pathologies enregistrées. Si l'on complète ce trio avec les pathologies pneumologiques (10%) et ophtalmologiques/oto-rhino-laryngologiques (8%), on arrive à 84% de PST enregistrés en pathologie professionnelle avec une imputabilité  $\geq 2$ .

75% (n=3,331) de l'ensemble des pathologies professionnelles enregistrées le sont par la première catégorie de ZE que nous avons décrite (4 grandes agglomérations). La deuxième catégorie (5 agglomérations moyennes) regroupe 33% (n=1,728) des enregistrements totaux et la troisième (4 petites villes) seulement 2% (n=105).

Les pathologies professionnelles sont donc principalement et majoritairement investiguées dans les ZE importantes (effectif de salariés du tertiaire) et possédant un CCPP. En effet, à l'exception de la ZE d'Orly (pas de CCPP propre mais une proximité avec ceux de la région parisienne) et de notre troisième catégorie de ZE, l'ensemble des zones de capture préférentielle se trouve autour d'un centre.

---

<sup>30</sup> Source : Insee - [http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref\\_id=ip1374](http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1374)

Tableau 14 : Tertiaire non marchand – Type de pathologie (1er digit) avec imputabilité ≥ 2 pour les ZE avec une capture préférentielle de cas

Nom de la ZE	Nb PST	Diagnostic d'origine pro	Avec imp ≥ 2	1er digit de la pathologie (% par colonne)																				
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	Z
Bordeaux	1,683	1,243	865	10%	6%	17%	10%		36%	5%	2%		7%		4%	11%				6%		23%	13%	8%
Brest	604	406	264	20%	12%	17%	20%		6%	1%	2%	4%	7%		8%	1%				1%		3%	2%	4%
Clermont-Ferrand	1,134	748	594	10%		14%	10%	60%	16%	7%	1%	11%	9%	50%	20%	2%				21%	20%	8%	4%	1%
Créteil	990	777	479	10%	6%	3%			6%	13%	2%	7%	24%		9%	14%				5%	20%	1%	9%	2%
Grenoble	1,323	1,048	719	10%	6%	21%	40%	20%	3%	3%	46%	59%	21%	50%	17%	6%			50%	34%	20%	1%	32%	32%
Longwy	69	31	27						1%	1%						1%						5%		
Lunéville	63	27	23		6%				1%													5%		1%
Marmande	74	60	43	10%		3%			1%				1%							3%		5%	2%	
Nantes	1,686	1,258	895	10%	18%	7%		20%	5%	53%	7%	7%	5%		28%	43%			50%	10%	30%	15%	34%	5%
Orly	355	273	162		6%	10%	10%		2%	3%	1%		8%		4%	3%	100%	100%		3%			2%	
Remiremont	59	16	12													1%						1%		
Saint-Étienne	1,048	775	229		41%	3%			4%	2%	21%	4%	2%		2%	3%				5%		3%	2%	
Toulouse	2,161	1,083	852	20%		3%	10%		20%	11%	18%	7%	14%		8%	15%				12%	10%	28%		45%
Total	11,249	7,745	5,164	10	17	29	10	5	1,761	230	415	27	535	2	923	746	1	1	2	77	10	74	53	236



### Messages clés (10)

L'effet centre, fortement suggéré dans les premiers résultats, est désormais démontré et quantifié suite à la prise en compte de la population active sous-jacente. Ceci est visible pour quatre secteurs d'activité sur les cinq. L'agriculture reste un secteur plus particulier. L'explication se trouve sans doute dans le fait que le régime agricole, par le biais de son propre organisme de sécurité sociale (la MSA), utilise moins les centres du réseau pour l'investigation de pathologies professionnelles.

Il faut cependant souligner l'absence de 41% des données lors de ces calculs et donc une part de bruit lié à une meilleure liaison du PST à l'entreprise. En effet, le ratio signal / bruit est sans doute élevé.

## 5. Conclusion

Pour la première fois, les données du réseau ont été analysées géographiquement permettant de prendre en compte la dimension spatiale du réseau : à la fois sa répartition géographique globale et des spécificités de recrutement à différentes échelles. De plus, le croisement avec une autre source de données sur le tissu économique, issues de l'Insee, a permis de mettre en perspective la vision du réseau sur une répartition géographique des activités selon cinq grands secteurs.

A l'échelle nationale, on note un point commun : l'importance de « l'effet centre ». Le recrutement et la capture préférentielle de PST dans les zones d'emploi possédant un CCPP est important.

À l'échelle régionale, d'autres tendances se dessinent, notamment sur les interfaces entre les CCPPs ou encore dans les départements limitrophes de ceux-ci. On observe que les CCPPs d'une même région n'ont pas les mêmes aires de recrutement des PST.

À l'échelle locale, lorsque l'on fait un diagnostic territorial plus poussé, on remarque nettement le recrutement propre à chaque CCPP et ses territoires de « prédilection », que l'on peut caractériser de manière plus approfondie, notamment en regardant la typologie des NAF et des pathologies enregistrées. Cette échelle locale permet de faire ressortir des zones de capture préférentielle et spécifique au CCPP. L'exemple de Grenoble (Isère) est net : c'est le seul CCPP de sa région à investiguer des PST dans les départements de la Savoie et Haute-Savoie, voire même dans la région limitrophe de PACA, puisque le nombre de PST qu'il enregistre dans les Hautes-Alpes est plus important que le CCPP de Marseille.

Le croisement des données du réseau avec celles de l'Insee, uniquement effectué à l'échelle nationale, permet de compléter les éléments déjà discutés précédemment. Particulièrement, il renforce l'idée que le réseau est un objet géographique plutôt concentré et fortement lié à la localisation des CCPPs. L'implantation de ces derniers au sein des CHU, donc de zones peuplées à

forte activité, est un élément de plus à prendre en compte. Tous les CCPPs se trouvent en effet dans une aire urbaine<sup>31</sup> de plus de 100,000 habitants<sup>32</sup>.

Les deux jointures, permettant de lier le PST à l'entreprise puis de récupérer les informations permettant de le géolocaliser à la commune, font perdre une partie très importante des informations (41%). Ce choix de liaison pose donc la question d'utiliser plutôt l'adresse du patient, obligatoire et mieux renseignée. Dans certains cas particuliers, cette adresse peut rester utile, comme lorsque les pathologies investiguées sont des pathologies chroniques attribuables à des expositions liées à des entreprises antérieures (exemple des cancers professionnels). Même si des solutions cartographiques (agrégation des données) peuvent être trouvées, l'utilisation de cette donnée sensible reste cependant soumise à plus de contraintes sur le respect de la confidentialité des données ou encore l'absence de diffusion possible de résultats à grande échelle.

Si l'étude des données géographiques propres au réseau et de leur croisement avec d'autres données Dénominateur a permis deux analyses successives, en prenant comme point de départ les différentes activités, on peut également envisager de compléter celles-ci avec un croisement avec d'autres données sanitaires et de pathologie. Cette deuxième approche fait l'objet de la partie 3.

---

<sup>31</sup> L'Insee définit une aire urbaine ou « grande aire urbaine » comme « *un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 10 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci.* »

Voir : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/aire-urbaine.htm>

<sup>32</sup> Sources : Insee, RP2007 et RP2012.

# **Partie 3 – Analyse comparée des données du rnv3p et de données externes relatives à la santé au travail**



## 1. Objectif

L'objectif principal de cette partie est d'étudier dans quelle mesure la combinaison de données médicales en santé-travail permet de mieux visualiser et comprendre le phénomène des maladies professionnelles, un prérequis utile pour mettre en place une veille sanitaire concertée à différentes échelles spatiales.

Les sous objectifs de cette troisième partie sont articulés en quatre axes :

- Identifier les autres bases de données existantes en santé-travail qui viendraient en complément de celle du rnv3p ;
- Analyser les possibilités de les mettre en regard, au moyen d'une variable unique de type identifiant autorisant une jointure sûre ;
- Travailler sur les différentes échelles de visibilité et de lisibilité du phénomène ;
- Permettre d'isoler les sorties les plus pertinentes pour envisager de répondre à des besoins de vigilance et de retour à la prévention sur le terrain.

Nous avons travaillé successivement sur deux secteurs d'activité : la microélectronique d'une part et la métallurgie et le travail des métaux d'autre part. Le travail réalisé sur la microélectronique correspondait à une preuve de concept, sur un secteur dont le nombre total de salariés n'est pas très important. Les résultats afférents à ce travail ont fait l'objet d'un article accepté dans *Occupational Medicine (London)* et joint à la thèse. L'illustration développée ci-après se concentrera sur les secteurs de la métallurgie et du travail des métaux, dont le nombre de salariés est plus élevé, et qui se prêtent donc mieux au calcul d'indicateurs.

## 2. Données

### 2.1. Les données de population salariée

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, les sources concernant la population salariée sont nombreuses.

L'Insee est naturellement la première source de données. Seules les données agrégées au niveau zones d'emploi sont directement accessibles. L'Insee possède par contre la source la plus précise et la plus riche envisageable, à savoir le répertoire d'immatriculation de l'ensemble des entreprises : le répertoire SIRENE (ou Sirene : Système Informatique pour le Répertoire des

Entreprises et des Etablissements)<sup>33</sup>. Y sont enregistrées toutes les entreprises, quelle que soit leur forme juridique, y compris les services de l'état et les entreprises étrangères ayant une activité en France. L'Insee attribue ainsi les codes SIREN (identifiant unique des entreprises, personnes morales et physiques), SIRET (identifiant unique, propre à chaque établissement de chaque entreprise et se présentant comme une extension du numéro SIREN) et APE (Activité Principale Exercée selon le code NAF). La mise à disposition de la base Sirene est tarifée et dépend de trois composantes d'utilisation : demande(s) ponctuelle(s), abonnement (mise à jour régulière des données) ou base achetée pour rediffusion<sup>34</sup>. Chacune de ces tarifications est fonction de l'emprise territoriale choisie : d'un département à tout le territoire (France métropolitaine et DOM-TOM). À titre d'exemple, le prix de la mise à disposition de la base Sirene complète France entière, sans abonnement et sans droits de diffusion, est de 70,374€.

Les CARSAT et la CNAM-TS possèdent quant à elles des données sur la population des travailleurs salariés du régime général, assurée pour le risque AT/MP (Accident du Travail/Maladie Professionnelle). Ce répertoire recense les entreprises concernées et précise notamment leur code SIRET, le nombre de salariés de chacune d'entre elles à un instant t, la différenciation entre les bureaux ou sites de production (du fait de primes d'assurance différentes), le code secteur d'activité NAF, ainsi qu'un code risque, propriété de la CNAM, et rassemblant les activités présentant des risques professionnels estimés comme relativement semblables. **Pour ce travail, nous avons signé successivement des conventions avec la CARSAT-RA et la CNAM-TS afin de pouvoir utiliser leurs données sur les secteurs d'activité étudiés.**

La Mutualité Sociale Agricole (MSA) possède, au même titre que la CNAM, une base des cotisants renseignant les établissements cotisants au sein du régime agricole.

Enfin, la base entreprise des CCI permet, entre autres, de renseigner des informations relatives aux commerçants et artisans.

Indépendamment des données du répertoire SIRENE, seules les données des DIRECCTE (Directions Régionales des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi<sup>35</sup>), permettraient de s'intéresser à l'ensemble des actifs. Pour cette raison, une présentation préliminaire de ces travaux a été faite auprès de la DIRECCTE de Lyon. **L'usage de la base**

---

<sup>33</sup> <http://avis-situation-sirene.insee.fr/avisitu/jsp/presentation.jsp>

<sup>34</sup> <http://www.sirene.fr/sirene/public/static/abonnements-tarifs>

<sup>35</sup> <http://www.direccte.gouv.fr/>

**nationale entreprise des DIRECCTE est un enjeu important à moyen et long terme si des suites sont données en termes d'outil SIG utilisé à des fins de surveillance et vigilance en santé au travail.**

## **2.2. Les données de pathologies professionnelles ou Numérateurs**

Pour la santé au travail, on distingue deux grandes catégories de bases de données médico-administratives :

- 1- Celles qui s'appuient sur le système de *réparation* des maladies professionnelles et qui identifient les seuls cas de maladies professionnelles ayant réellement été reconnues à la suite du processus médico-légal de déclaration ;
- 2- Celles qui s'appuient sur des systèmes de recueil de données indépendants de la reconnaissance médico-légale en MP.

### **2.2.1. Base de données reposant sur le système de réparation des maladies professionnelles**

En France, l'indemnisation des maladies professionnelles des travailleurs salariés est gérée par les régimes de Sécurité sociale. Concernant le Régime Général des travailleurs salariés (RG) et le régime des travailleurs agricoles, le système de réparation des maladies professionnelles est qualifié de mixte car reposant principalement sur un cadre fixe (tableaux de maladies professionnelles assurant une présomption d'imputabilité si l'ensemble des critères est réuni), associé depuis 1993 à un système complémentaire. Ce dernier permet en particulier de déclarer, à des fins de reconnaissance et d'indemnisation, des pathologies suffisamment graves<sup>36</sup> qui sortiraient du cadre fixe des tableaux, mais dont le lien avec le travail serait jugé direct et essentiel par un comité spécialisé (C2RMP : comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles). **Cette base de données de la CNAM-TS n'est donc en mesure de décrire que les seules Maladies Professionnelles Indemnisées (MPI).**

Le régime social des indépendants RSI (qui couvre les artisans, commerçants, industriels et professions libérales), ne propose pas de couverture spécifique AT/MP. Si les assurés RSI ont la

---

<sup>36</sup> Taux d'incapacité permanente partielle, estimé selon le barème AT/MP, d'au moins 25%.



possibilité de souscrire à ce type d'assurance auprès de la CNAM ou d'une assurance privée, cette éventualité reste rare, et les informations ne sont pas centralisées, empêchant une analyse collective.

Pour mémoire, il existe également d'autres régimes spécifiques, appelés « régimes spéciaux », comme ceux de la SNCF, de la RATP, d'EDF-GDF ou encore le régime des marins et inscrits maritimes, le régime des mines, de la Banque de France, de l'Assemblée nationale, du Sénat, la caisse nationale militaire de sécurité sociale, etc.

**Dans le cadre de ce travail, les signatures d'une étude action avec la CARSAT-RA (mai 2012 et novembre 2013) et d'une convention avec la CNAM-TS (avril 2014), nous ont permis de travailler sur des extractions de ces bases de données MPI régionale et nationale. Dans la mesure où il s'agit d'un assureur, ces bases permettent l'identification de l'entreprise responsable et de ses principales variables d'intérêt (nombre de salariés, code secteur d'activité NAF, et code risque attribué par la sécurité sociale).**

### **2.2.2. Autres bases de données renseignant des pathologies liées au travail**

**Actuellement, les données des services de santé au travail (SST), qui pourraient potentiellement être les plus informatives, ne peuvent malheureusement pas être regroupées et analysées de façon collective sur une échelle géographique donnée.** Ceci est la résultante d'une informatisation souvent tardive des SST, d'un défaut de standardisation du recueil d'information, d'une pluralité de prestataires, le tout favorisé par une absence de volonté politique d'utilisation de ce type de données. La volonté de certains de ces acteurs (Centre Interservices de Santé et de Médecine du travail en Entreprise ou CISME) de travailler au développement d'un thésaurus exposition, commun avec le rnv3p, la CNAM et d'autres partenaires du paysage de la santé au travail, montre que les choses sont en train de changer.

### **Quels sont aujourd'hui les systèmes permettant de recueillir de l'information sur des pathologies liées au travail ?**

Le rnv3p, présenté en Introduction et décrit en Partie 2, est à notre connaissance le seul système en France qui essaye de produire de l'information sur les maladies professionnelles à partir de l'enregistrement continu d'une activité de recours aux soins (avec ses limites en termes de vigilance : l'absence de contrôle de la population source). Il s'agit d'un système qui n'a pas d'équivalent au niveau européen.

Il existe également des systèmes conçus spécialement pour une action de surveillance.

Tout d'abord, une « extension SST » du rnv3p existe et correspond à la remontée de pathologies incidentes liées au travail par des médecins volontaires de SST partenaires. Néanmoins, il n'y a pas de logique spatiale (pas de territoire totalement couvert) et ces données n'ont pour l'instant pas été suffisamment caractérisées (en particulier dénominateur sous-jacent) pour être utilisées dans ce travail.

**Le programme de surveillance le plus abouti est le Programme National de Surveillance du Mésothéliome (PNSM)**, construit à partir de registres du cancer, auquel participent actuellement 21 départements (Gilg Soit Ilg,2015). Dans la lignée de ce programme, le mésothéliome est devenu en 2012 une maladie à déclaration obligatoire (Gallot, 2015) mais le système n'est pas encore stabilisé. Le mésothéliome est une pathologie dont la fraction de risque attribuable à l'amiante est très importante (environ 80%), raison pour laquelle elle est même systématiquement indemnisée par le Fonds d'Indemnisation des Victimes de l'Amiante (vaut présomption d'exposition à l'amiante). Ce type de donnée peut donc être considéré comme un « *gold standard* » et permettre d'étudier la fraction de mésothéliomes « capturés » et investigués au sein du rnv3p, et sa distribution en fonction de différents paramètres : géographie, origine professionnelle ou environnementale, localisation (pleurale, péritonéale, etc). Seule l'adresse « Patient » peut être utilisée pour ces différents systèmes.

Enfin, l'InVS a développé **le programme de surveillance des Maladies à Caractère Professionnelle (MCP)** à partir de 2003 (Valenty,2012 ; Valenty,2015 ; Khireddine,2015). Ce programme s'appuie sur des médecins du travail volontaires (SST entreprises du RG pour la majorité, mais aussi quelques médecins de la MSA ou de la Fonction Publique). Durant une période limitée à deux quinzaines par an, ces médecins soumettent, de manière anonyme, des fiches de signalement (pathologie(s), agents d'exposition, secteur d'activité de l'entreprise et des données sur le salarié) aux médecins inspecteurs du travail (MIRT) de leur région. Seules les maladies ne correspondant pas à celles ayant fait l'objet d'une demande d'indemnisation sont déclarées. Des prévalences et des incidences de maladies jugées imputables au travail peuvent donc être estimées. Les effectifs étant peu nombreux du fait du mode de recueil, et le système assurant une anonymisation complète, les résultats ne sont jamais présentés à une échelle géographique plus précise que celle de la région. Aussi, ces données n'ont pas été considérées comme prioritaires pour la réalisation d'analyses comparées. *In fine*, dans le cadre de notre travail, aucune convention n'a été mise en place avec l'InVS afin d'avoir accès aux données MCP.

### 2.2.3. Les expositions professionnelles

Contrairement aux pathologies et maladies professionnelles, il n'existe pas de base de données centralisant des mesures atmosphériques ou biologiques réalisées en entreprise et/ou chez des salariés. Ces données sont pour l'essentiel disponibles au sein des différentes entreprises, voire des Services de Santé au Travail (SST), en particulier pour les mesures biologiques.

On distingue tout de même deux sources de données principales :

- **la base COLCHIC** (CNAM / Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles – INRS) qui enregistre les mesures faites par les CARSAT sur les expositions professionnelles au risque chimique (en particulier dans des contextes d'exposition importante ou d'incidents). Malgré nos demandes relayées par la CARSAT-RA, nous n'avons eu aucune réponse pour une utilisation même partielle de ces données, c'est-à-dire sans demander l'accès aux résultats quantitatifs des mesures. L'enjeu prioritaire identifié était de représenter les entreprises du secteur d'activité étudié au sein desquelles des mesures avaient été faites, et de les comparer aux entreprises du secteur responsables de pathologies. Au mieux, le résultat de ces métrologies aurait été placé en fonction d'un seuil binaire fixé en pourcentage de la valeur limite d'exposition réglementaire ou conseillée (problèmes de propriété et confidentialité des données).
- **l'enquête nationale SUMER** (SURveillance Médicale des Expositions aux Risques) a été mise en place par la Direction générale du travail, l'Inspection médicale du travail et la DARES (Direction de l'Animation de la Recherche, des Études et des Statistiques) pour décrire les contraintes et nuisances auxquelles sont soumis les salariés. Elle permet de décrire les expositions par type d'activité économique, taille de l'entreprise ou encore la caractéristique des salariés. Après échanges avec la DIRECTE, la nature de l'échantillon rend peu pertinent un usage de ces données à une échelle infrarégionale.

Quant aux **données expositions du rnv3p**, elles renseignent essentiellement les expositions que le médecin pense reliées à la pathologie investiguée. Ces expositions sont associées à différents niveaux d'imputabilité (variable imputabilité à 4 modalités sur la période exposée). Il est donc théoriquement possible d'afficher et de géolocaliser certaines expositions, sous réserve qu'elles aient été associées à une pathologie, et que l'exposition soit le fait de l'entreprise employant actuellement le salarié. En dehors de focus particuliers (exemple de la microélectronique), ce travail n'a pas inclus d'approche « nuisance ».

De manière locale, il existe une base de données gérée par le laboratoire de toxicologie professionnelle et environnementale du CHU de Grenoble (Exporisq). L'usage de ces données n'était pas pertinent dans le cadre des objectifs de ce projet et leur accès était limité pour des raisons de propriété des données.

### Messages clés (11)

**Tableau récapitulatif des données utilisées, parmi celles identifiées :**

Source	Dénominateur	Numérateur	Exposition
Insee	Oui	NC	NC
DIRECCTE	Non	NC	NC
CCI	Non	NC	NC
SIRENE	Non	NC	NC
CARSAT	Oui	Oui	Non (base Colchic)
CNAM	Oui	Oui	Non (base Colchic)
rnv3p	NC	Oui	Non
rnv3p-SST	NC	Non	Non
MCP	Non	Non	NC
PNSM	NC	Oui	NC
DO Mésothéliome	NC	Oui*	NC
SUMER	NC	Non	Non
Exporisq	Non	NC	Non

**Oui** : base de données utilisée / **Oui\*** : travaux préliminaires

**Non** : données existantes mais non utilisées

**NC** : Non concerné

## 3. Méthodes

### 3.1. Le mésothéliome : identification des sources de données

Le seul recueil de pathologies professionnelles censé être exhaustif concerne le mésothéliome, une tumeur des séreuses, rare, attribuable à l'amiante dans l'immense majorité des cas. Ses localisations sont le plus souvent pleurales, mais peuvent toucher d'autres sites, en particulier le péritoine. Si la majorité des cas sont professionnels, des cas « extra-professionnels » (exemple : contamination d'amiante « rapportée » à domicile par le conjoint), et des cas de contaminations environnementales existent.

La déclaration obligatoire (DO) en France du mésothéliome est une obligation récente (Gallot,2015). Les données commencent juste à se stabiliser et il n'est pas encore réellement possible de croiser les données DO et rnv3p, sauf sur une année unique d'enregistrement (2012), ce qui est peu satisfaisant, tant en termes de volume de données, que de comparabilité, avec des effets sur les marges (des cas ont pu être reçus en 2013 dans les CCPPs, même si la date de diagnostic était de 2012 ; or le rnv3p renseigne la date de première consultation, pas la date du diagnostic).

En revanche, le programme national de surveillance du mésothéliome (PNSM) enregistre les cas de mésothéliomes de plusieurs départements (26 initialement, 21 désormais) depuis 1998 (Gilg Soit Ilg,2015). Il s'agit donc, sur ces départements, de la source authentifiant le mieux les cas. **Le PNSM est la seule opportunité authentifiée d'analyser la capture du rnv3p en se référant à une base de référence en termes de pathologies (tous régimes de sécurité sociale confondus). La pathologie professionnelle renseignée est unique, mais emblématique en termes d'origine professionnelle, et la période de couverture est identique.** Par ailleurs, cette pathologie dont le pronostic est très sombre, est souvent référée dans les CHU pour sa prise en charge, ce qui peut faciliter son authentification par les CCPPs également situés dans les CHU. Néanmoins, du fait de son lien très fort avec l'amiante, l'expertise des CCPPs n'est pas nécessaire dans le cadre des démarches médico-légales.

Nous avons pu obtenir à la fois les données de la DO et celles du PNSM, en particulier les données nécessaires à la localisation de cette pathologie. Pour le PNSM, nous avons pu obtenir la même période que les données rnv3p analysées (2001-2012) ainsi que l'origine supposée de la pathologie (professionnelle, para-professionnelle ou environnementale). Nous avons choisi de considérer uniquement les mésothéliomes avec une exposition professionnelle à l'amiante. De plus, pour une comparaison avec les données du rnv3p, nous n'avons gardé que les cas ayant une probabilité d'exposition  $\geq 2$ , c'est-à-dire probable ou très probable. Le résultat de ces comparaisons

de données est montré pour 19 départements correspondants (même période d'activité, même couverture territoriale).

Au sein du rnv3p, les mésothéliomes sont identifiables par leur code CIM-10 (C45\*). Ils ont été recherchés et extraits dans la base PST. Des filtres ont ensuite été appliqués, afin de garder uniquement ceux pour lesquels une nuisance à l'amiante avait été enregistrées (code 32110) et dont l'imputabilité était supérieure ou égale à 2. Pour être comparable à la base du PNSM, les données du mésothéliome du réseau ont été localisées au département de résidence du patient.

### **3.2. Métallurgie et travail des métaux : Identification des données Dénominateur**

Pour l'approche par secteur d'activité, quelle que soit la source de donnée, la première étape a été d'identifier l'ensemble du dénominateur, à savoir la population active des secteurs de la métallurgie et du travail des métaux.

#### **3.2.1. Les données de la CNAM-TS**

Les codes NAF correspondant à ces secteurs se situent principalement dans la section C : Industrie Manufacturière. Dans cette dernière, les codes NAF sont :

- la division 24 (Métallurgie) en entier, 24\* ;
- la division 25 (Fabrication de produits métalliques) en entier, 25\* ;

Les données récupérées auprès de la CNAM contiennent :

- Date : extraction de janvier 2015 sur les données des années 2007 à 2012 ;
- Les noms, SIRET, codes risques, adresses et code NAF des entreprises.

#### **3.2.2. Les données du rnv3p**

Au sein de la base du rnv3p, les données proviennent de l'extraction des observations correspondantes à ces secteurs entre 2001 et 2012. Les critères d'extraction étaient les suivants :

- PST ayant été enregistrés par les CCPPs à l'échelle nationale et ayant été géocodés à l'entreprise ;
- Les codes NAF<sup>37</sup> dans la section D (Industrie Manufacturière) puis la sous-section DJ (Métallurgie et Travail des métaux) dans laquelle on trouve :
  - o la division 27 (Métallurgie) en entier, 27\* ;
  - o la division 28 (Travail des métaux) en entier, 28\* ;
- Conclusion du PST (appelée également « nature » dans la base) : pathologie professionnelle.

**Il est important de préciser que les données ont été extraites quelles que soient les valeurs des imputabilités, mais que la présentation des résultats se concentre essentiellement sur les imputabilités de niveau supérieur ou égal à 2 (lien direct retenu entre l'exposition professionnelle et la pathologie, qu'il soit considéré comme essentiel ou non).**

Concernant le code NAF enregistré au sein du rnv3p, celui-ci est codé par les CCPPs en fonction de l'activité principale de l'entreprise, le plus souvent sans se référer au NAF « officiel » attribué ou choisi par l'entreprise. Ceci peut expliquer certaines différences dans les codes NAF pour une même entreprise (SIRET identique) en fonction des bases rnv3p et CNAM-TS. Aujourd'hui, pour coder le NAF de l'entreprise actuelle (qui peut être différent de l'entreprise principale), certains CCPPs (dont celui de Grenoble) demandent au patient de venir avec sa fiche de paye afin de récupérer à la fois le NAF et le numéro SIRET de l'entreprise.

### **3.2.3. Jointure des données CARSAT-RA/CNAM-TS et rnv3p**

**Sur les données étudiées, aucune jointure entre les bases de l'assurance maladie et du rnv3p n'était automatisable car il n'existait aucun identifiant unique commun. En travaillant à l'échelle de l'entreprise, la seule variable permettant un croisement automatisé et sans erreur de fichier serait le numéro SIRET.**

Le Système d'Identification du Répertoire des Etablissements (SIRET) est composé de 14 chiffres, la première partie (9 chiffres) est appelée SIREN et la deuxième partie est appelé NIC

---

<sup>37</sup> Sur la période considérée (2001-2012), le rnv3p utilisait la nomenclature NAF de 2003.

(Numéro Interne de Classement à 5 chiffres). Le SIRET est un chiffre non significatif, qui ne caractérise ni l'activité ni la localisation de l'entreprise mais c'est une clé unique pour identifier une entreprise et, potentiellement, ses différents établissements.

Afin, notamment, de permettre la jointure avec les données CARSAT et CNAM, le CCPP de Grenoble a mis en place l'an dernier un **travail *a posteriori* sur sa table Entreprises afin de renseigner manuellement l'ensemble des codes SIRET de celles-ci**. De même, pour les autres CCPPs Rhône-alpins (Lyon et Saint-Etienne), un travail sur leurs tables Entreprises a été mené afin de renseigner les codes SIRET concernant le sous-ensemble des entreprises de la métallurgie et du travail des métaux.

Afin de faciliter l'automatisation des jointures ultérieurement, le champ SIRET est désormais disponible sur le nouveau système d'information du réseau. Il s'agit d'une donnée dont le codage est facultatif, et reste très marginal dans les CCPPs.



### **3.3. Calculs de zones de « sur-capture » de cas pour les deux sources de données rnv3p et CNAM**

Il a semblé intéressant de comparer **les zones de capture préférentielle du rnv3p** (patients principalement adressés depuis les ZE du CCPP et celles limitrophes comme démontré Partie 2) avec les **zones associées à un excès de cas de MP indemnisées jugé significatif**. Il s'agissait notamment de voir si les deux sources de données identifiaient ou non les mêmes ZE, comme étant associées à un taux de pathologies professionnelles observé supérieur à l'attendu.

Il a fallu, pour ce faire, identifier les ZE présentant un nombre de MPI supérieur à un nombre attendu estimé. Sous l'hypothèse d'une distribution du nombre total de MPI de la métallurgie et du travail des métaux au niveau national, qui ne dépendrait que du nombre de salariés concernés par ZE, il a été possible d'estimer le nombre de cas de MPI attendu par ZE.

Le ratio du nombre de MPI observés sur celui attendu a été calculé. Les zones dont la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95% de ce ratio (nombre de MPI observées / nombre de MPI attendues) était supérieure à 1 ont été affichées. Ceci permet de mettre en évidence les 2.5% de ZE pour lesquelles le taux de MPI est le plus élevé, en prenant en compte les actifs sous-jacents.

Une opération identique a été réalisée pour les données du rnv3p, permettant de mettre en évidence les 2.5% de ZE pour lesquelles la capture de pathologies par le rnv3p a été maximale.

## Messages clés (12)

Les données relatives à la population source exposée (« dénominateur ») utilisées dans ce travail sont celles du régime général (base CNAM). En termes de perspectives, il faut garder à l'esprit l'intérêt des bases des DIRECCTEs et du ministère du travail, qui permettraient de prendre en compte l'ensemble des actifs, quel que soit leur régime d'affiliation à un système de sécurité sociale.

Les données externes au rnv3p, relatives à des pathologies attribuables au travail, recueillies en routine et géolocalisables au niveau national, sont celles relatives aux maladies professionnelles indemnisées (MPI). L'intérêt de ces données est majeur pour les maladies faisant l'objet d'un tableau de maladie professionnelle, ce d'autant que la probabilité de capture est *a priori* homogène sur l'ensemble du territoire (problématique réglementaire). Les données de la CNAM, relatives aux travailleurs du régime général, ont été utilisées. Un travail identique pourrait être envisagé à partir de la base de données AT/MP de la MSA.

Dans le cas spécifique du mésothéliome, les données du PNSM et désormais de la déclaration obligatoire, associées à des identifiants géographiques, sont incontournables.

En termes d'expositions professionnelles, il n'existe à ce jour aucune donnée pertinente au niveau national, et que l'on puisse rapporter aux entreprises. Ces données sont présentes, pour partie, au sein des fiches d'entreprises faites dans les SST, mais ne sont actuellement stockées sous aucun format exploitable.

Enfin et surtout, il est indispensable de bénéficier d'une clé commune et unique pour croiser les données de différentes sources. Si l'on souhaite aller au-delà de données agrégées au niveau de la ZE, seul le numéro SIRET permettant l'identification des entreprises est pertinent. Celui-ci est déjà disponible au sein des bases des régimes de sécurité sociale. La base rnv3p ne proposait pas de renseigner cette information jusqu'alors. Sans ce dernier, il est illusoire de vouloir faire une jointure automatisée entre la base rnv3p et la base CNAM des MPI. Un travail, *a posteriori* de récupération d'un numéro SIRET pour les entreprises du rnv3p du CCPP de Grenoble, et des CCPPs rhône-alpins concernant la métallurgie, a été effectué manuellement afin de pouvoir réaliser cette jointure.

## 4. Résultats

### 4.1. Mésothéliome

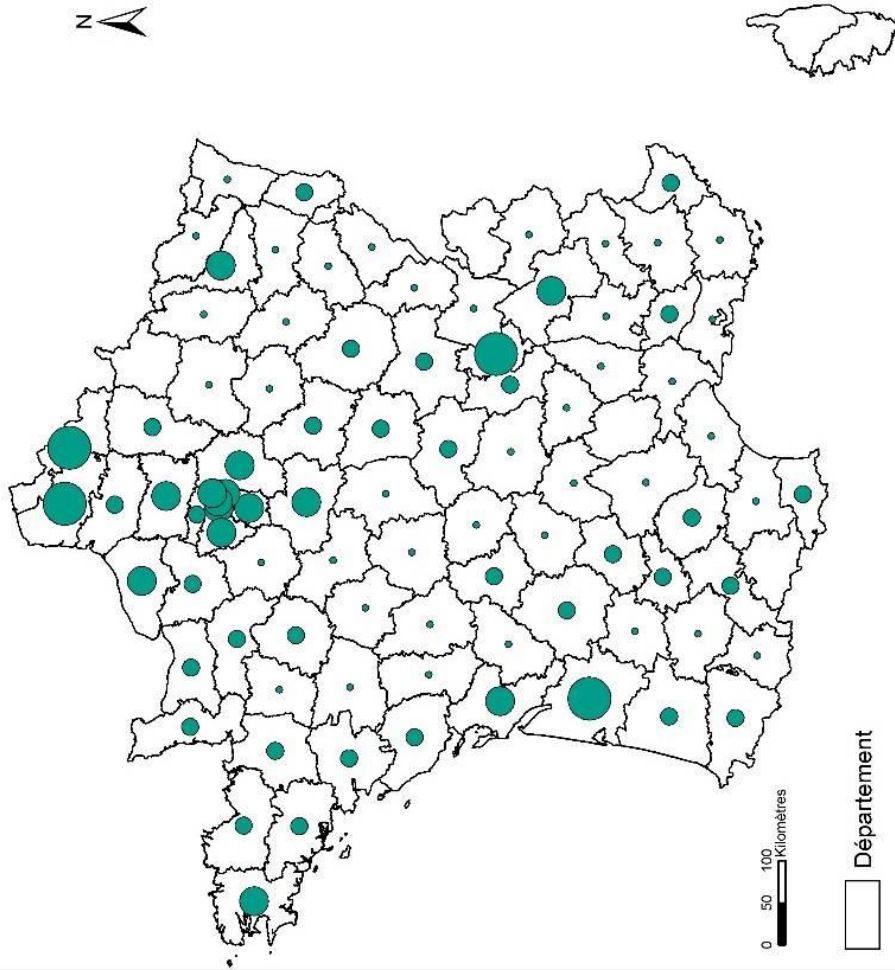
Comme explicité ci-dessus, pour les données de déclaration obligatoire, nous avons pu faire une comparaison sur une année d'enregistrement seulement (2012) et sans le détail du type d'exposition. La carte (Carte 21) présente donc le chiffre brut de données enregistrées pour chacune des deux sources à l'échelle départementale. On observe le moindre recrutement des CCPPs pour cette pathologie par rapport à la DO (de l'ordre de 1,5 pour 10).

D'un point de vue géographique, un département ressort avec une tendance inverse : le Bas-Rhin (Strasbourg) avec 5 PST enregistrés pour le rnv3p contre 3 cas enregistrés par la DO.

La façade Ouest semble ne pas avoir recruté de cas sur cette période, malgré un nombre important de cas authentifiés par la déclaration obligatoire. Les recrutements plus importants semblent concerner le Nord, le Pas de Calais, la Seine Maritime, l'Isère, le Rhône et Le Bas-Rhin.

En termes de perspective, ces données sont particulièrement intéressantes, car la DO sera à même de fournir, pour cette pathologie exclusivement, une référence (« *gold standard* ») sur tous les départements français.

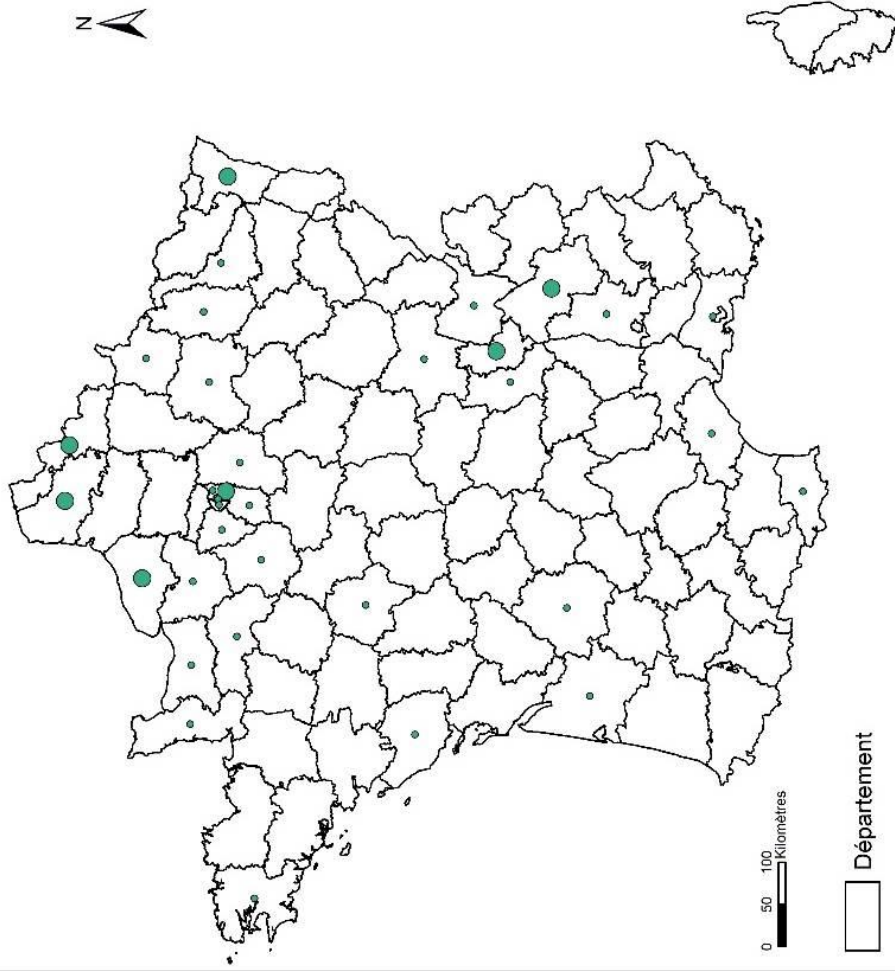
Localisation départementale des cas de mésothéliome (C45\*) enregistrés pour la Déclaration Obligatoire (DO) en 2012 en France Métropolitaine (n=642).



- Nombre de cas**
- 1 - 4
  - 4 - 10
  - 11 - 19
  - 20 - 39

Sources : Données DO (InVS) ; Données géographique : GEOFLA® (IGN) ; Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Septembre 2015

Localisation départementale des cas de mésothéliome (C45\*) enregistrés dans la base nationale du mv3p, toutes imputabilités confondues, en 2012 (n=92)



- Nombre de cas**
- 1 - 4
  - 4 - 10

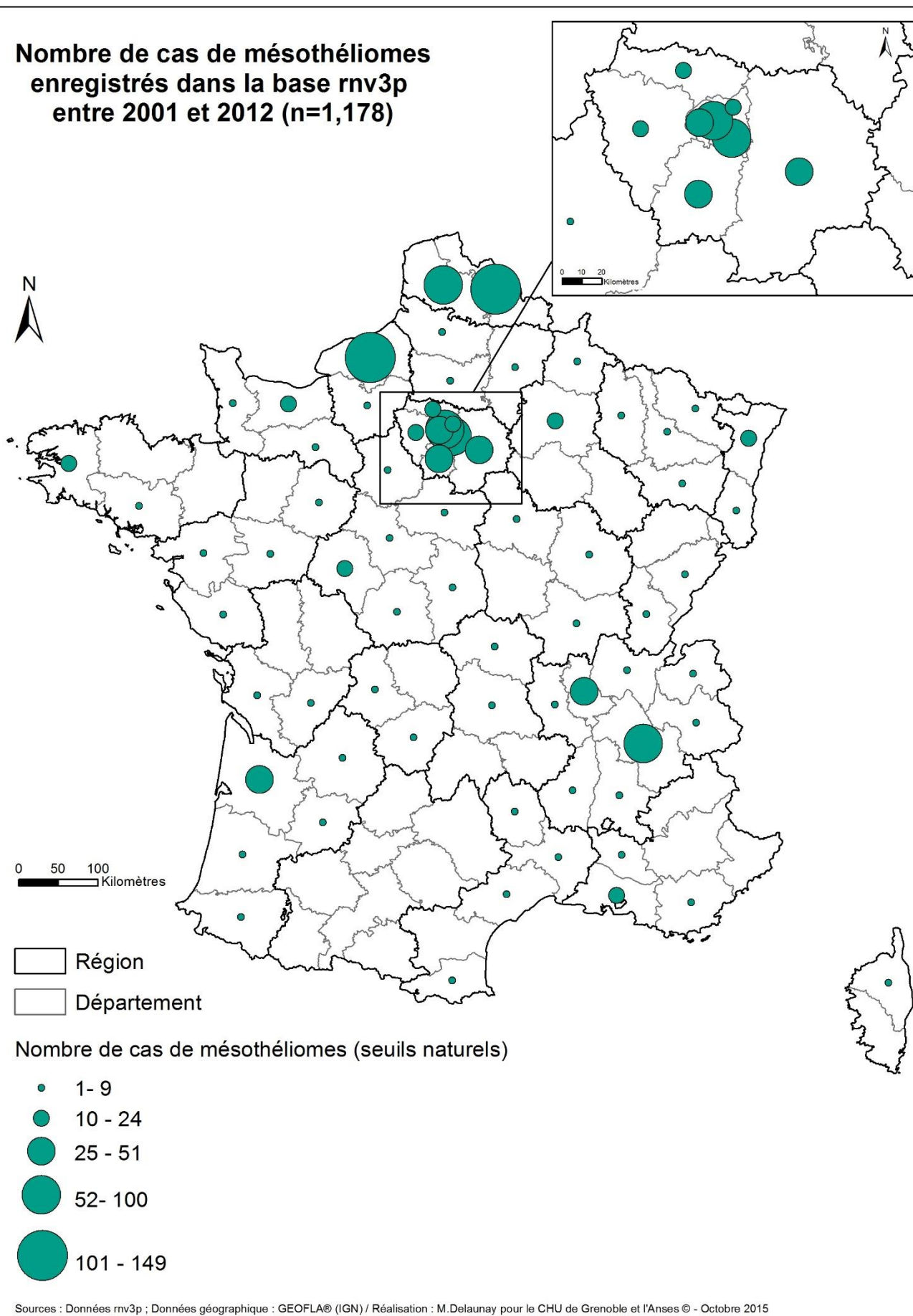
Sources : Données mv3p ; Données géographique : GEOFLA® (IGN) ; Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Septembre 2015

Carte 21 : Répartition au département du nombre de cas de mésothéliomes enregistrés pour l'année 2012 par la DO (InVS) et le mv3p

La Carte 22 représente l'ensemble des cas de mésothéliomes enregistrés au sein du rnv3p, indépendamment de la nature de la pathologie (professionnelle, environnementale ou ni professionnelle ni environnementale), de l'imputabilité ou de la nuisance associée. Sur les 1247 PST de départ, 94,7% possèdent un code postal (n=1182). Au final, la localisation a porté sur les 1178 PST de France Métropolitaine.

On remarque que la plupart des cas de cette pathologie sont enregistrés en région parisienne et dans le Nord. Les seuls départements qui ressortent le plus au Sud sont : l'Isère (n=100), la Gironde (n=50) et Lyon (n=51).

**Nombre de cas de mésothéliomes  
enregistrés dans la base rnv3p  
entre 2001 et 2012 (n=1,178)**



Carte 22: Pourcentage de capture de mésothéliomes professionnels de la base rnv3p sur la base PSNM à l'échelle départementale pour la période 2001-2012

Dans un deuxième temps, nous avons regardé les taux de capture par CCPPs pour les seuls mésothéliomes professionnels. Pour cela, dans la base rnv3p, nous avons sélectionné les PST ayant une nuisance Amiante enregistrée (code 32110), une imputabilité  $\geq 2$  et une conclusion de la nature du PST en pathologie professionnelle. Dans la base PNSM, nous avons considérés les cas d'exposition professionnelle à l'amiante ayant une probabilité  $\geq 2$ .

Les périodes d'activité du PNSM n'étant pas continues sur les départements entre 2001 et 2012, nous avons sélectionné uniquement les données correspondantes aux mêmes périodes pour les deux bases. Ainsi, le taux de capture du rnv3p a pu être effectué sur 19 départements comme le montre la Carte 23.

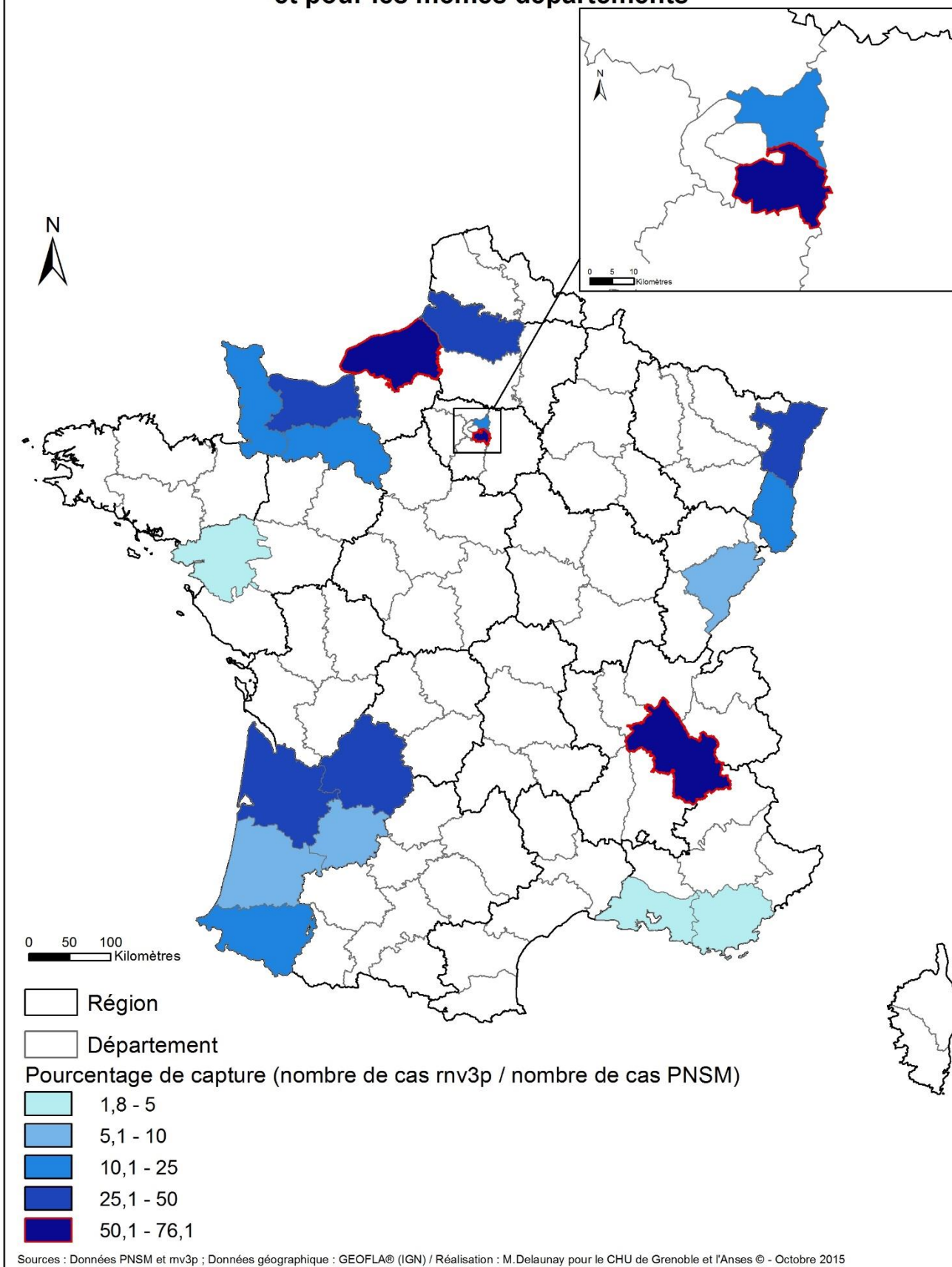
On remarque que certaines régions ont des taux de capture par CCPP très faible : Marseille et le pourtour méditerranéen, ainsi que Nantes, qui présente pourtant pour le PNSM un nombre absolu de mésothéliomes assez élevé. Sur les 19 départements, le taux global de capture est de 32,8% avec un écart important entre les CCPPs allant de 1,8 % (Bouches-du-Rhône) à plus de 75% (Seine-Maritime).

Trois CCPPs ressortent particulièrement : celui de Rouen en Seine Maritime, Grenoble en Isère et celui de Créteil en Val-de-Marne. Ceux-ci ont les plus fort taux de capture, respectivement 76,1%, 68,8%et 68,2% (Tableau 15).

Tableau 15 : Répartition du nombre de cas de mésothéliomes enregistrés pour les départements communs aux deux sources et taux de capture global du rnv3p

Département	PNSM			rnv3p			Pourcentage de capture (rnv3p / pnsM)		
	Femme	Homme	Total	Femme	Homme	Total	Femme	Homme	Total
13	0	109	109	0	2	2		1,8	1,8
14	8	45	53	10	5	15	125	11,1	28,3
24	2	20	22	0	7	7	0	35	31,8
25	0	14	14	0	1	1		7,1	7,1
33	9	118	127	3	34	37	33,3	28,8	29,1
38	5	88	93	12	52	64	240	59,0	68,8
40	0	25	25	0	2	2		8	8
44	6	89	95	0	3	3	0	3,3	3,1
47	0	13	13	0	1	1		7,6	7,6
50	3	34	37	1	8	9	33,3	23,5	24,3
61	2	15	17	0	3	3	0	20	17,6
64	2	28	30	2	2	4	100	7,1	13,3
67	4	55	59	2	15	17	50	27,2	28,8
68	0	9	9	0	2	2		22,2	22,2
76	17	134	151	13	102	115	76,4	76,1	76,1
80	0	15	15	0	5	5		33,3	33,3
83	1	71	72	0	2	2	0	2,8	2,7
93	12	92	104	3	15	18	25	16,3	17,3
94	7	97	104	9	62	71	128,5	63,9	68,2
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>	<b>1,071</b>	<b>1,149</b>	<b>55</b>	<b>323</b>	<b>378</b>	<b>70,5</b>	<b>30,1</b>	<b>32,8</b>

### Pourcentage de capture des cas de mésothéliomes professionnels entre les bases rnv3p et base PNSM, sur les mêmes périodes et pour les mêmes départements



Carte 23 : Pourcentage de capture des cas de mésothéliomes professionnels entre la base rnv3p et la base PNSM (mêmes périodes pour les mêmes départements)



### Messages clés (13)

**Nous avons disposé, grâce au PNSM, d'un numérateur exhaustif pour une pathologie tumorale emblématique, professionnelle dans plus de 80% des cas. Le travail de géolocalisation s'est fait à l'adresse départementale du patient, seule donnée géographique enregistrée par le PNSM (par ailleurs, pathologie différée, avec un enregistrement de l'entreprise par le rnv3p qui est moins optimal que pour les pathologies survenant chez des actifs).**

**La limite essentielle de ce croisement se trouve dans les territoires couverts par le PNSM (21 départements actuellement). Des taux de capture des cas par le rnv3p ont été calculés, permettant ainsi de mieux caractériser la vision de chacun des CCPPs sur cette pathologie. Ceci pourrait faire l'objet de discussions avec les praticiens des différents centres (dans quelle mesure et par qui ils sont sollicités). Il serait intéressant de descendre à un niveau géographique plus précis (communes), voire de regarder les tendances temporelles, pour mieux affiner les spécificités du recrutement. Cela n'aurait de sens que pour les CCPPs ayant un nombre de cas minimum.**

**Avec l'arrivée de la Déclaration Obligatoire (DO) dont la mise en place se fait à l'échelle nationale, il convient de garder en mémoire la faisabilité de mettre en regard ces deux sources de données lorsque les données de l'InVS seront stabilisées. Il pourrait être envisagé d'effectuer une mise en regard annuelle des données. Des analyses 2013-2015 pourraient désormais être réalisées.**

## 4.2. Microélectronique

L'approche développée de l'échelle nationale à celle de l'entreprise est qualifiée d'approche au niveau macroscopique. En parallèle, le Pr Lode Godderis (Université KU Leuven, Belgique) et Hennie Van der Westhuizen (Université du Cap, Afrique du Sud, bourse Erasmus Mundus avec KU Leuven), ont travaillé sur l'utilisation du SIG au sein même de l'entreprise, afin de croiser des données d'exposition et des données de pathologies. Cette dynamique, parallèle à la nôtre, mais réalisée à une échelle infra, a été qualifiée d'approche au niveau « micro ».

Nos équipes, réunies au sein du réseau européen Modernet (financement COST 2011-2014) ont souhaité publier ces travaux princeps sur l'usage des SIG en santé au travail, au sein d'un article commun destiné au lectorat de cette discipline. Cet article, preuve de concept, démontre que l'utilisation de SIG, en permettant l'intégration des données de santé au travail complémentaires issues de sources différentes, peut permettre de mieux appréhender la réalité du phénomène des pathologies professionnelles. Publié dans *Occupational Medicine (London)* au sein d'un hors-série dédié aux problématiques de vigilance et surveillance en santé au travail, cet article est intégré dans le manuscrit ci-après.

## Use of GIS in visualization of work-related health problems

1.5

1.55

M. Delaunay<sup>1,2,3,\*</sup>, H. Van der Westhuizen<sup>3,4,5,\*</sup>, V. Godard<sup>2</sup>, R. Agius<sup>3,6</sup>, M. Le Barbier<sup>3,7</sup>, L. Godderis<sup>3,5,8</sup> and V. Bonneterre<sup>1,3,9</sup>

1.60

1.10

<sup>1</sup>Univ. Grenoble Alpes/CNRS/TIMC-IMAG UMR 5525 (EPSP team: Environnement et Prédiction de la Santé des Populations), Grenoble F-38000, France, <sup>2</sup>Univ. Paris 8/CNRS/Ladyss Laboratory UMR 7533 (Laboratoire Dynamiques sociales et recomposition des espaces), Saint-Denis F-93526, France, <sup>3</sup>Modernet Network (Monitoring Occupational Diseases and new Emerging Risks in a NETwork, <http://www.costmodernet.org/>), <sup>4</sup>Cape Peninsula University of Technology/Faculty of Applied Sciences/Department of Environmental and Occupational Studies, Cape Town 8000, South Africa, <sup>5</sup>Katholieke Universiteit Leuven, Centre for Environment and Health, 3000 Leuven, Belgium, <sup>6</sup>The University of Manchester/Faculty of Medical and Human Sciences/Institute of Population Health/Centre for Epidemiology/Centre for Occupational and Environmental Health (COEH), Manchester M13 9PL, UK, <sup>7</sup>ANSES (French Agency for Health Safety in Food, Environment and Work)/RNV3P, Maisons Alfort Cedex, F-94701, France, <sup>8</sup>Idewe, External Service for Prevention and Protection at Work, 3001 Heverlee, Belgium, <sup>9</sup>CHU Grenoble (Grenoble Teaching Hospital)/Centre de Ressources de Maladies Professionnelles (Grenoble's Occupational Diseases Consultations Centre), Grenoble F-38000, France.

1.65

1.15

\*These authors contributed equally to this work.

1.70

1.20

Correspondence to: V. Bonneterre, Département de Médecine et Santé au travail, Pôle Santé publique, CHU Grenoble, CS 10217, 38043 Grenoble Cedex 9, France. Tel: +33 4 76 76 58 51; e-mail: vbonneterre@chu-grenoble.fr; L. Godderis, KU Leuven, Occupational, Environmental and Insurance Medicine, Kapucijnenvoer 35/5, 3000 Leuven, Belgium; e-mail: lode.godderis@med.kuleuven.be

1.75

1.25

**Background** Occupational health and safety (OHS) information is often complex, diverse and unstructured and suffers from a lack of integration which usually precludes any systemic insight of the situation.

1.80

1.30

**Aims** To analyse to what extent the use of geographical information systems (GISs) can help to integrate, analyse and present OHS data in a comprehensive and communicable way relevant for surveillance purposes.

1.35

**Methods** We first developed a 'macro-approach' (from national to local level), mapping data related to economic activity (denominator of active workers displayed by activity sectors), as well as work-related ill-health (numerators of workers suffering from work-related ill-health). The latter data are composed of compensated occupational diseases on the one hand and work-related diseases investigated by specialized clinics on the other hand. Then, a 'micro-approach' was worked out, integrating at a plant level, using computer-aided drawing, occupational risks data and OHS surveillance data (e.g. use of medication and sickness absence data).

1.85

1.40

**Results** At the macro-level, microelectronics companies and workers were mapped at different scales. For the first time, we were able to compare, up to the enterprise level, complementary data showing different pictures of work-related ill-health, allowing a better understanding of OH issues in this sector. At the micro-level, new information arose from the integration of risk assessment data and medical data.

1.90

1.45

**Conclusions** This work illustrates to what extent GIS is a promising tool in the OHS field, and discusses related challenges (technical, ethical, biases and interpretation) and research perspectives.

1.95

**Key words** Databases; epidemiology; exposures; geographic information systems; geostatistics; occupational diseases; occupational health; occupational hygiene.

1.100

1.50

### Introduction

1.53

Occupational health and safety (OHS) data are available at different scales, from very local (enterprise), here

referred to as micro-level, to regional, national and even international—here referred to as macro-level. These data are often complex, diverse, unstructured or structured in different ways, as they are built for different

1.105

1.106

- purposes without any prior intention of matching them. Furthermore, they often belong to different stakeholders: companies, occupational health services, insurance companies, local institutions, health surveillance agencies, states, research groups, etc. Combining these data from the macro as well as the micro-level could theoretically offer a more comprehensive insight into OHS and its determinants, as well as the relative specificities of the different data sources. Consolidating data into one standardized database could potentially help the management of OHS locally, nationally and perhaps internationally. Nevertheless in practice the splitting up of these data as well as their disparity (various formats) constitute an obstacle to the monitoring of known work-related adverse events (surveillance purposes) as well as for alerting to the possibility of previously unrecognized hazards (vigilance purposes). Even at company level, data about workers' health [e.g. absenteeism, occupational diseases (ODs) and work-related diseases (WRDs), risk assessments, sampling results, company policies and strategic plans] are found in various formats [1,2] and need to be consolidated and integrated for descriptive analyses and predictions.
- Another issue of importance in making these different data useful for occupational health decision-makers, as well as for prevention and surveillance stakeholders, is to process the results in order to communicate information in a quickly understandable way. Some suggest that bulky or technical information should be conveyed by visual means, e.g. tables, graphs, diagrams, pictograms, maps, flow charts, cartoons [3] or 'dashboards'. Therefore, the data have to be processed before it can be communicated during meetings and reported as information.
- Geographical information systems (GISs) are now used in many disciplines [4]. Although their promise in OHS research and practice was first suggested 37 years ago [5,6], very few papers have followed. Ecological studies have found links between the spatial distribution of asbestos-related diseases at national level and some occupational activity sectors associated with high asbestos use [7,8]. The few studies relating to GIS and OHS addressed very specific situations [9–12]. Recently, one publication from the USA [13] began to explore a more systematic use of GIS for improving OH surveillance, the county being the smallest geographic area considered. This work mapped work-related absenteeism without any additional information regarding illnesses thus precluding application for preventive purposes. Recent research using GIS addressed the geographical variation of work-related heat illnesses [14] or occupational heat stress risk [15], with surveillance (identification of hot-spots) and predictive purposes, respectively.
- At the EU level, the COST-funded Modernet network (Monitoring Occupational Diseases and New Emerging Risks Network) has a strong interest in the identification of existing relevant data and the development, test and assessment of new methods. One specific goal was to study the potential of integrating sparse information related to occupational health. The use of GIS was considered in order to combine these data, consider their spatial dimension and facilitate their visualization and 'communicability' with occupational health and prevention stakeholders. The relevance of this approach was addressed at two levels: macro (regions, country) for surveillance purpose, as well as micro (within companies).
- The aim of this work was to analyse whether combining relevant spatial and primarily non-spatial information from different data sources through GIS could help in building and sharing occupational health knowledge and whether it would be of interest for surveillance, vigilance, preventive and research purposes.
- ## Methods
- We explored two approaches at different scales. The 'macro-approach' illustrates from national to local level how data related to economic activity, occupational health service coverage, compensated ODs as well as WRDs investigated by specialized clinics can be integrated. The 'micro-approach' integrates, at site level, information regarding hazards as well as workers' health (e.g. use of medication and sickness absence data).
- The following steps were successively followed and are explained in detail below: (i) identification of relevant databases, (ii) GIS use (creating a geodatabase), (iii) displaying maps and analyses and (iv) interpretation.
- To illustrate the macro-approach, we chose the example of the French microelectronics industry, with a special focus on semiconductor production. This is a relatively new industry, with fast evolving processes and chemical risks, for which vigilance is required [16,17]. The subset of *potentially* relevant companies was first broadly identified through a national activity code (code NAF 2008 taking the value '2611Z', meaning 'production of electronic components'). The corresponding file was transmitted by the National Health Insurance System for Salaried Workers (CNAM-TS). It encompasses the companies of this sector, active in 2011, with their addresses and numbers of salaried and office workers. This information is recorded by the insurer as the insurance premium is lower for office workers compared to production workers. We were able to identify companies producing semiconductors more precisely thanks to a more specific 'hazard code' used by the CNAM ('production of active electronic components', value '321BA'). In the present work, we considered only people working in the production area so as to study risks specific to this activity. This selected population corresponded to the 'denominator' of workers in this field. At a local level, the subcontractors of these companies (sharing the risks, but belonging to other activity codes from an administrative point of view) were further highlighted through a

3.5 register of companies active in the microelectronics field and from partnership with occupational physicians. Data concerning exposures in these companies arose mainly from information available at a local level (OD clinic and partnership with occupational physicians). The information about occupational health coverage used here came from occupational health services themselves. Data about compensated diseases were obtained from dedicated regional and national registries after a convention was signed for this project (CNAM-TS; years: 2007–11).

3.10 Data about other WRD were obtained from the French occupational diseases surveillance and prevention network RNV3P, composed of 31 OD clinics (years: 2001–12) [18]. In view of confidentiality issues (to avoid the identification of cases), the diagnoses displayed in this article were summarized in large unidentified groups, which correspond to the following broad categories: musculoskeletal disorders (MSD), chemically related diseases, psychosocial related health issues and ‘others’.

3.15 At the micro-level, we assessed the applicability and relevance of GIS in a secondary aluminium plant. The company annually generates and collects large amounts of OHS data. Every worker exposed to occupational hazards is subject to annual health surveillance and risk assessments are regularly carried out at workplaces in accordance with Belgian legislation [19]. Most of these data are collected through several applications, e.g. electronic medical files and workplace assessment applications, and stored in filing cabinets, servers or databases.

3.20 Data pertaining to localities of stressors (e.g. ergonomics, noise, metal fumes) and actual exposure levels within this industrial plant, as well as medical interventions, were obtained from company records after obtaining the required permission. The data covered a period of 10 years and originated from company, consultant and medical records. Care was taken not to link exposures to individual workers but to groups of workers to guarantee privacy. The project was approved by the Ethics Committee of Cape Peninsula University of Technology (ref number: 10/2014).

3.25 ArcGis software versions 9 and 10 were used. The principle is to add different information layers within a specific GIS structure called a geodatabase. These information layers (also named ‘attribute tables’) are files (such as Excel or Access files) comprising variables either allowing direct geolocation (i.e. with XY coordinates) or with a common identifier allowing a link to be made with such a file. To ensure the use of GIS, it is necessary to have information about a metric and to use the same coordinates system to allow relevant projections. Background information about the maps is first collected. At the macro-level, this concerns information about the perimeters of countries and regions and the names of streets. Addresses of companies are used and an address locator (created with the GIS software tools) produces their XY coordinates (projection referential to be chosen), allowing cartography (projecting data on maps). Interoperability with the other databases used (health data) needed common identifiers of enterprises in order to ensure automatic projection of health data on the companies information layer. For that purpose, the French unique identifier for each workplace of each enterprise (SIRET number) was used to relate the different databases.

3.60 The same principles and techniques were applied to the micro-approach, the main difference being that a computer-aided drawing (CAD) instead of a geographic map was used as a base layer onto which other layers of data were superimposed. Electronic copies of the CAD layout plan of the plant were obtained and drawn into GIS. This layer was set as a base layer (foundation) for future data layers. Categories of layers were then created for different data sets that were to be added by creating polygons (outlines) of working areas or points on the floor plan for sampling; e.g. layers were created for risk assessments, management plans, clinical data and occupational hygiene. Within the sampling layer, subcategories were created for different sampling and monitoring types, e.g. chemical sampling and noise monitoring, and within the agent layer the various agents that workers could be exposed to. Anonymized OH data sets containing clinical and sampling data were arranged into Excel sheets providing the respective information layers through the GIS software.

3.65 Displaying maps with current software is relatively easy when compared with previous work involving suitable database identification, data acquisition, choice of relevant variables and search for common identifiers. Practically, each column of the attribute tables describing a qualitative or quantitative variable might be used as an information layer which can be displayed on maps interactively. Each individual characteristic (e.g. enterprise, etc. in lines in the attribute tables) can be identified from the tables to the map or from the map to the table. Maps might be displayed interactively at several scales in order to allow a comprehensive insight into available information on OH issues and some of its possible determinants.

3.70 Whether geostatistical analyses are justified depends on the type of data used and the objectives followed. For instance, in order to identify the OD clinics most likely to obtain an indication of work-related health risks in semiconductor production, we highlighted the preferential recruitment area of each of them using an ArcGIS method named ‘standard deviational ellipses’. The ellipses include for each OD clinic 68% of the occupational health problems investigated there, located at the related enterprise.

3.75 Interpretation of the maps and results is the final step. The challenge is to identify real signals of concern within the information displayed and to distinguish them from false signals due to biased data (i.e. limitations in terms of data capture and collection, coding, etc that will be

3.80

3.85

3.90

3.95

3.100

3.105

3.110

3.112

different for each database), or confounded by other factors (e.g. legislation for compensation issues, awareness campaigns for some ODs that will increase reporting, etc). A strong collaboration with all stakeholders involved in data collection is mandatory to rule out obvious false signals and to investigate further the resulting hypotheses.

## 4.10 Results

The microelectronics activity sector (55 948 production workers) and the production of active electronic components, including semiconductor production (31 262 production workers), are displayed at French national level in Figure 1. It highlights the three main regions concerned with semiconductors: Rhône-Alpes (38% of workers,  $n = 11\,981$ , most (9889) of them in the Isère area), followed by Provence-Alpes-Cote d'Azur (7265 workers, all located in the Marseille area 'Bouches-du-Rhone') and Ile de France (3283, of which 2040 are in the Yvelines area). This figure also highlights that most of the semiconductor workers are in the preferential recruitment area of French OD clinics (70%), making it more likely for them to highlight a health signal of concern. There are five OD clinics whose recruitment area overlaps in Ile de France. Figure 2 focuses on the Rhône-Alpes region and depicts the spatial distribution of occupational health services ensuring medical surveillance of companies. Figure 3A displays, at the Grenoble area level, a more precise typology of enterprises according to their main activity and adds subcontractors who are involved in high-level risk activities such as maintenance of equipment [20]. Figure 3B represents present or past exposure to two known hazards (refractory ceramic fibres and arsenic) in this activity sector. Finally, Figure 3C represents the distribution of compensated OD as well as WRD investigated in the local OD clinic. This demonstrates that MSD is almost the only compensated OD and raises the possibility that other work-related effects may be a 'blind spot' for the national health insurance company. It shows the different points of view of different stakeholders and the potential benefit for all of them to share and cross-compare their data. New perspectives were detected from the maps: for the first time, we were able not only to take into account the spatial and sectorial distribution of the economic activity, but also to highlight and compare geographical shading zones (i.e zones with lower recruitment for RNV3P) with thematic shading zones (i.e. for the national insurance company for salaried workers). At the macro-level, physicians in OD centres, prevention stakeholders and surveillance stakeholders are now aware of the potential of a tool producing simultaneous pictures of industry, OD and WRD in their area of concern.

To illustrate the micro-approach, Figure 4 displays the map of the secondary aluminium plant studied, enriched

in Figure 5 by layers containing agents to which workers may potentially be exposed (layers were activated which resulted in a view of the hazards per work area). As a result, the number and nature of exposures may be detected at a glance. This illustrates the ability of GIS to accommodate various types of occupational hygiene data within its database and to represent it in the format that the user requests. Due to an interactive link between the data table and the visual display [graphic user interface (GUI)], it is possible to conduct queries on data. As the OH field encompasses, amongst others, occupational hygiene and occupational medicine data, we linked data from ergonomic risk assessments (occupational hygiene) with data on medication use for locomotor problems (medical) in Figure 6. The purpose was to ascertain whether new perspectives could actually be obtained by simultaneously viewing data from the two fields. The use of medication for locomotor problems was expressed as percentages in order to prevent individuals from being identified. This enables the user to form a comprehensive informative picture of an OH-related situation. New information became available in that it was possible to detect at a glance where the high-risk areas were and how they correlated with the medical data. Discrepancies and gaps in data were visible that would normally not be detected in the traditional formats. Stakeholders concerned with prevention better identified which workers were exposed to specific risks. Further investigation into the causes of these phenomena could serve either to improve management of systems and stressors or by further research, identify indicators that could serve as early warning of OD.

## 4.90 Discussion

We were able to demonstrate that GIS software could be used to integrate and map existing occupational health-related data. This approach proved to be useful in providing new insights on OH issues at both a macro-level (national to local level) and a micro-level (within companies).

In terms of strengths, the macro-approach could rely on the most accurate data available on the subject at French national level, namely the CNAM and RNV3P databases, enriched by information collected at local level. For the first time, these databases were cross-compared at different scales. The micro-approach also relied on the most accurate data available at the company level.

In terms of weaknesses in identifying outcomes, whereas the probability of being compensated for an OD is thought to be homogenous at a French national level (CNAM data), there is undeniably a spatial component in patients referred to RNV3P, as this is based on a network of OD centres throughout France. Another bias was identified, namely that the RNV3P information system had not allowed the recording of companies presumed to be responsible for past

4.60

4.65

4.70

4.75

4.80

4.85

4.90

4.95

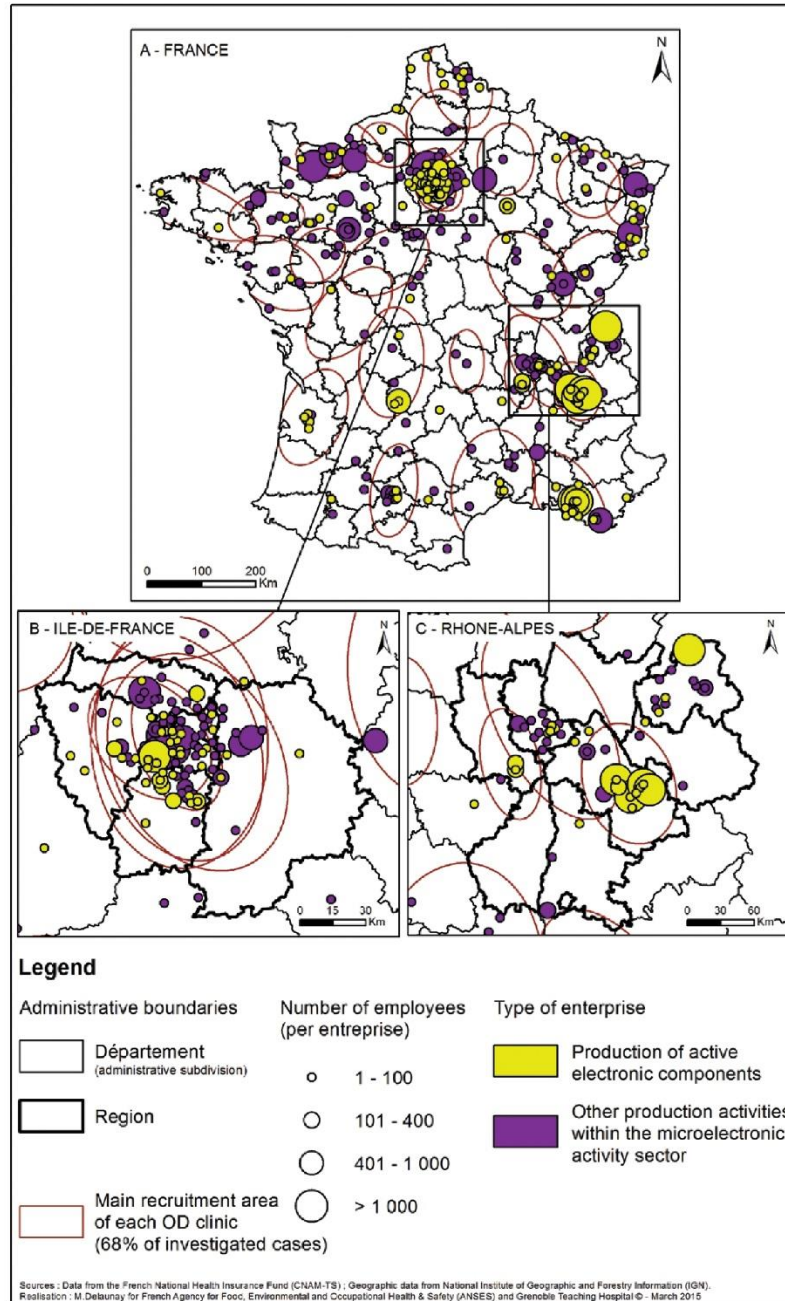
4.100

4.105

4.110

4.112

5.5  
5.10  
5.15  
5.20  
5.25  
5.30  
5.35  
5.40  
5.45  
5.50



5.60  
5.65  
5.70  
5.75  
5.80  
5.85  
5.90  
5.95  
5.100  
5.105

**Figure 1.** The microelectronics activity sector in France.

5.55  
5.56

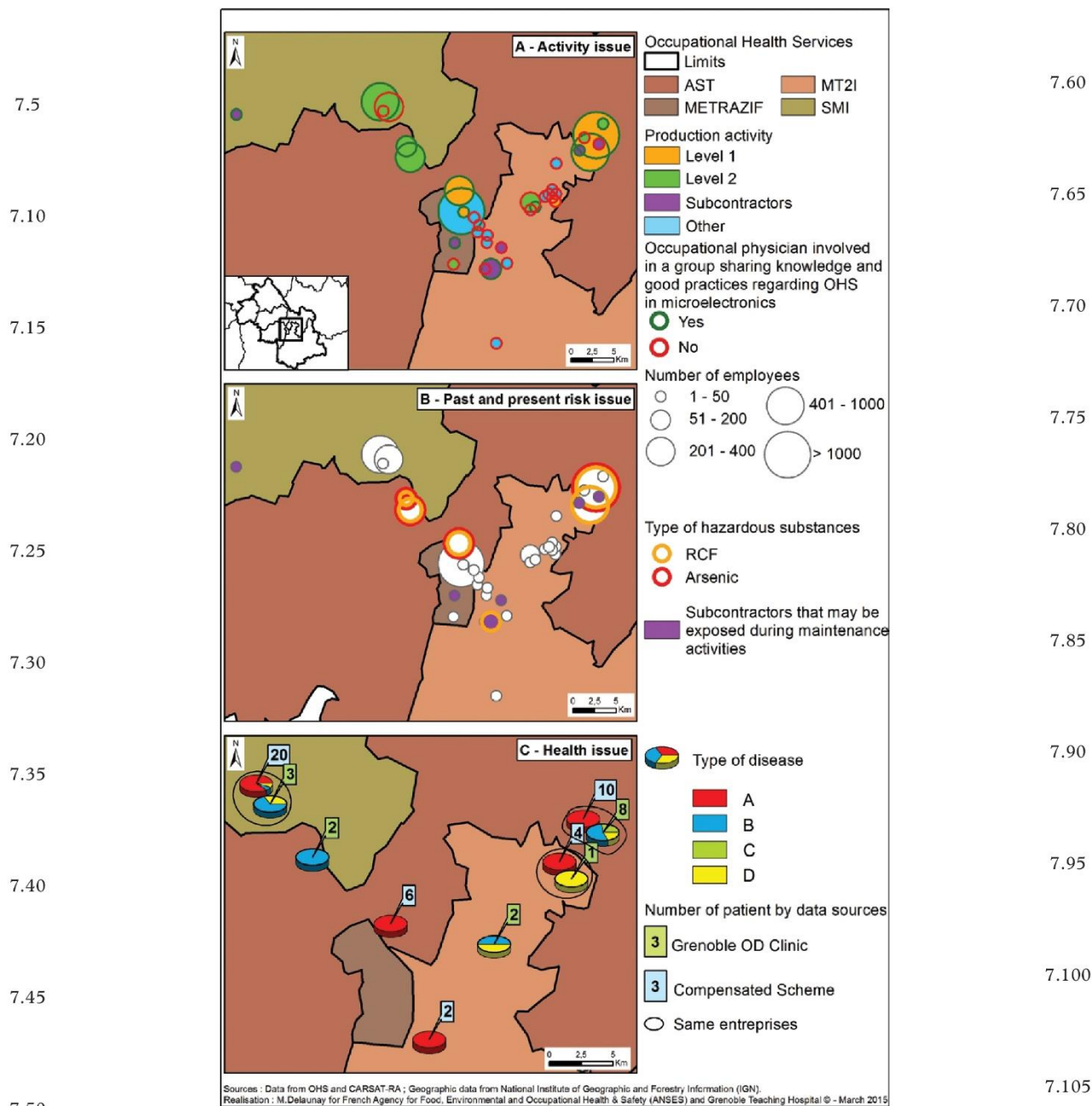
exposures when diseases were related to previous occupations. Similarly, for CNAM, many cancers (such as asbestos-related ones) were not attributed to one specific company

when the worker was thought to have been exposed in several enterprises. Thus, a large portion of observed occupational cancers or other chronic potentially WRD cannot be

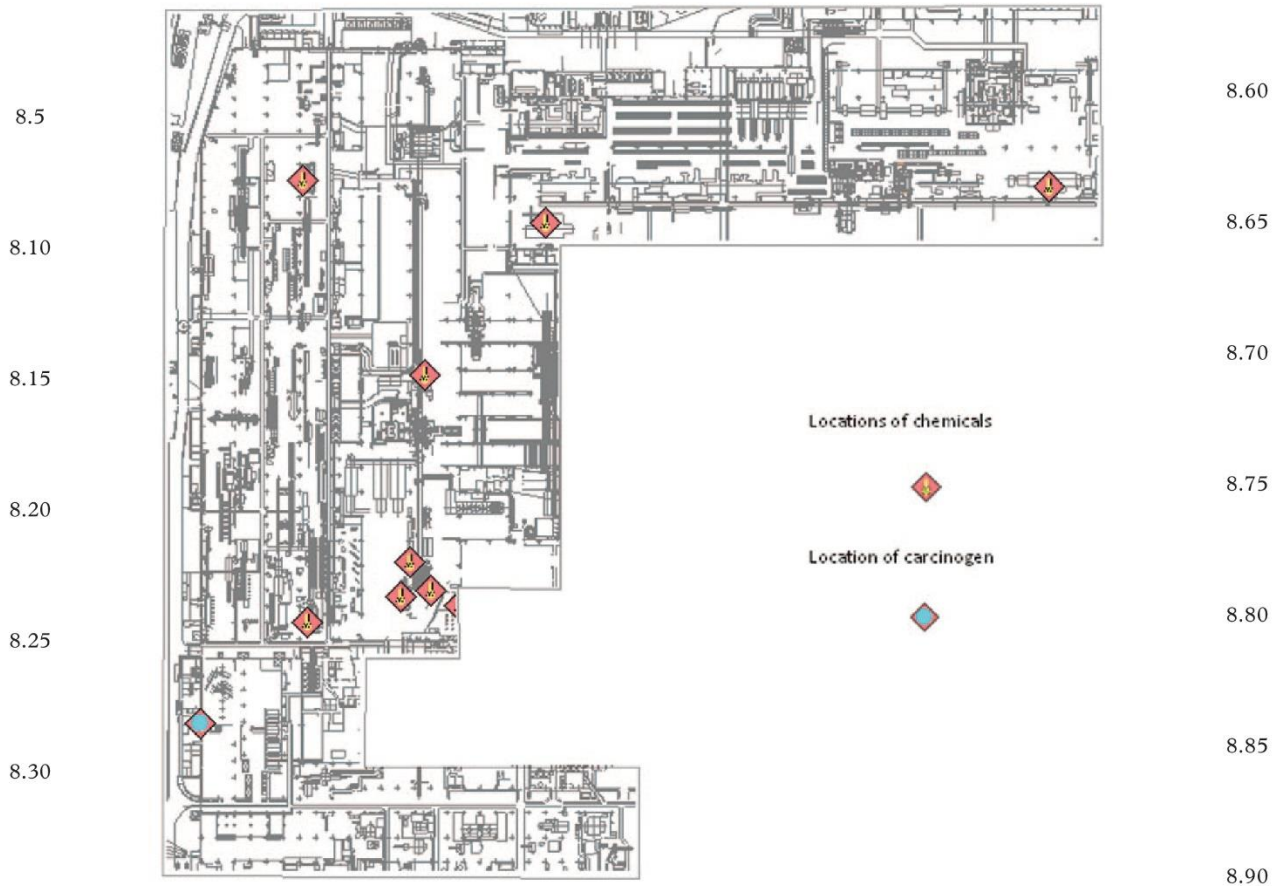
5.110  
5.112







**Figure 3.** The microelectronics activity sector in Grenoble area. (Production Activity: Level 1 refers to production sites of wafers and semiconductors; Level 2 refers to high-tech products partly designed from chips; Subcontractors undertake cleaning and maintenance tasks of machinery and components for production level 1; 'Other' include microelectronics machinery, design for microarchitecture of the chips, research activities, etc. RCF, refractory ceramic fibres. Type of diseases: A, musculoskeletal disorders; B, chemically related; C, psychosocial; D, others.)

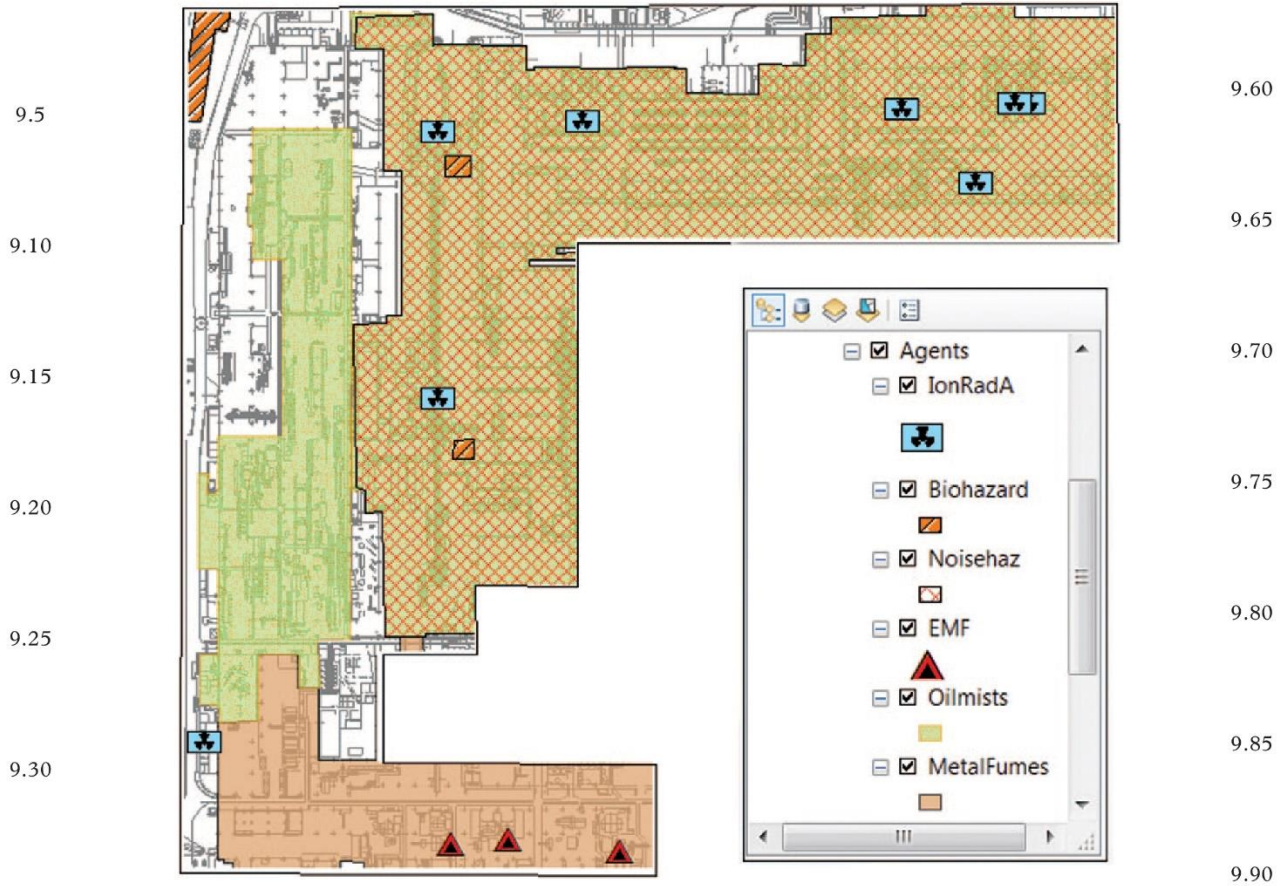


8.35 **Figure 4.** CAD map of the secondary aluminium plant, displayed with one supplementary information layer (here chemical hazards: red diamonds specify locations of all chemicals, superimposed blue dots specify location of carcinogens).

8.40 Compared with previous studies assessing the use of GIS for OH surveillance purposes [13–15], this study goes one step further by integrating information on occupational exposures and diverse ODs and WRDs. For instance, previous work sponsored by US-NIOSH [13] identified at US level some counties with an apparently increased risk of absenteeism due to OD and accidents. However, this study could neither provide information on causal diseases nor on exposures that could be related to the diseases. Consequently, the application of this technique to a global understanding of the determinants of OD and applying this information to prevention may be limited.

8.50 The implications for clinicians, surveillance stakeholders and researchers are as follows: clinicians with a specific interest in WRD could learn from the macro-approach which displays an entire industry and associated WRD/OD in their referral area. Stakeholders concerned with prevention at both micro- and macro-level usually need more accurate information to identify and prioritize workplaces to be assessed and therefore

could also take advantage of this approach to target intervention. Epidemiologists (e.g. for OD surveillance schemes) might use GIS to better understand the links between the figures and trends they identify and the geographical distribution of activity sectors, occupations and exposures. They might also identify ‘shadow’ zones with no apparent capture of cases by surveillance networks or analyse referrals according to many geographical parameters (e.g. isochrones). When numerators and denominators are available, incidence rates might be calculated and mapped, in order to identify disparities and highlight zones (or even companies) with the highest incidence rates. Stakeholders involved in surveillance and vigilance could benefit from such tools highlighting clusters of cases associated with some specific workplaces. This kind of signal could be strengthened by searching for new cases. This can be exemplified by a signal of a lung disease highlighted in specific workplaces of activity sector ‘A’. It is conceivable that all chest physicians in a defined buffer zone around each company in this activity sector could be



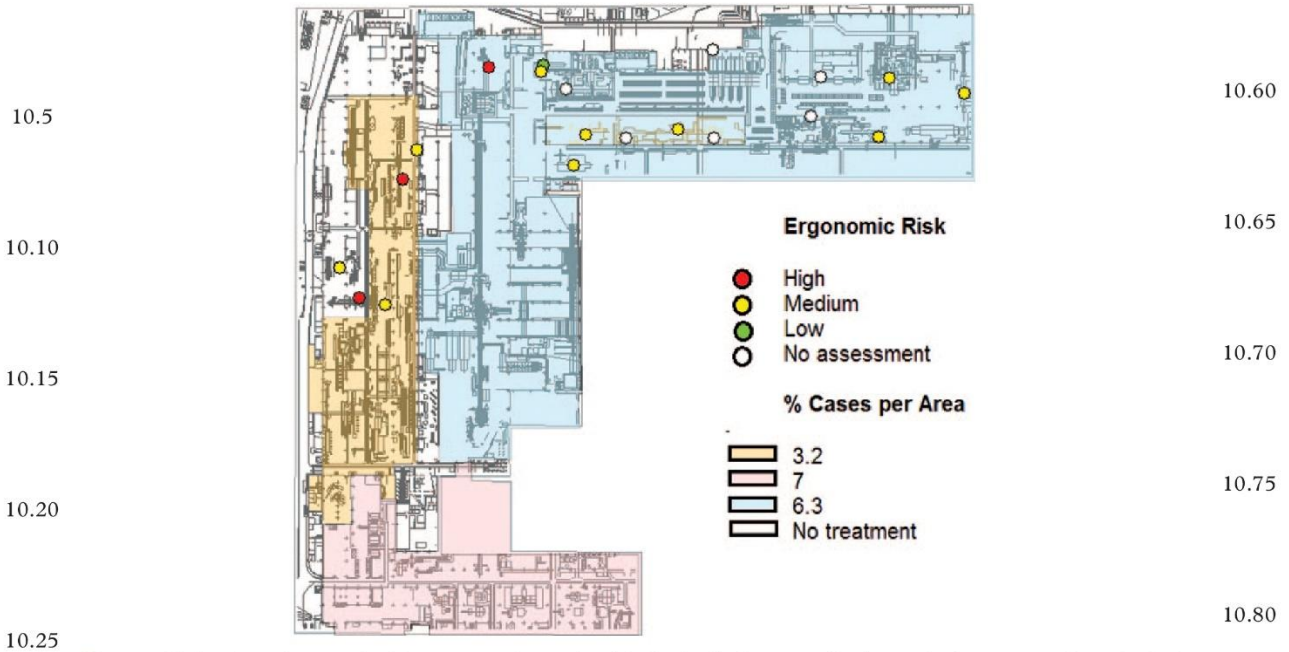
9.35 **Figure 5.** Integrated insight of all identified hazards per work area within the aluminium plant studied. (IonRadA, Ionizing Radiations Hazard, 9.35  
Noisehaz, Noise Hazard; EMF, ElectroMagnetic Fields Hazard.)

9.40 asked to search for similar cases. The micro-approach is not only limited to hazard and risk mapping but may also be utilized for assessing the effectiveness of implemented measures, through ensuing changes in trends in occupational stressors and diseases.

9.45 Further research is needed to test and develop these approaches in different contexts and at different levels. The main challenges of such studies are not related to the use of GIS software itself but rather to the underlying steps: (i) identification of suitable data to address the specific aims; (ii) the collection of existing data and/or their acquisition when not previously collected; (iii) their quality control; (iv) the optimization of their interoperability (i.e. to have common identifiers to describe and link the same entities); and (v) dealing with specific concerns related to confidentiality (medical ethics, sometimes commercial secrecy). Indeed if medical data are to be communicated outside the medical community protection of

9.95 the privacy of workers requires grouping (aggregation) into geographical units with sufficient number of workers and broad categorization. Thereafter, the interpretation of these combined data mapped together will have to highlight real issues of concern from an occupational health point of view and differentiate them from bias related to limitations of data sources. One more challenge for surveillance purposes is the question of timeliness (to keep a dynamic insight), as the macro-level is constantly evolving (due to enterprises closing and opening, downsizing, etc.), as well as the micro-level, due to changing management, equipment and processes, etc. Therefore, it would be necessary to accumulate historical data and build a dynamic system automatically updated with new data.

9.105 Starting to build an EU-wide vigilance system for ODS is one of the long-term aims of the Modernet network. To be able to study the distribution of disease by activity sectors and by geographical and temporal dimensions



**Figure 6.** Linking data of ergonomic risk assessments (occupational hygiene) with data on medication use for locomotor problems (medical) provide insight into causes and consequences. (Coloured dots indicate where risk assessments for ergonomic exposures were done and indicate the degree of risk at each specific point at the time that the risk assessment was done. By comparing the two layers, it can be seen that no risk assessment was done in the blue area where there is a relative high percentage use of medication for locomotor problems. On the other hand, it may be seen in the white area that there are work stations with high and medium ergonomic risks but no percentage medication use is recorded. Both cases illustrate a new perspective on the existing data, which prompts investigation. Finding the causes for the suspected anomalies could result in improved management of OH.)

throughout Europe would be of great interest in the future. GIS tools could help achieve that objective.

**Key points**

- Geographical information systems have the ability to integrate data by superimposing layers of different sets of data; this enables the user to view related data from different levels, sources or disciplines in new contexts.
- This approach might be helpful for surveillance and preventive purposes but also to open avenues for research including the geographical patterns of referrals or of reporting and the differential capture of various systems.
- The analysis and interpretation of maps have to take account of potential biases that arise from non-random inaccuracies in the geocoding process.

**Funding**  
 This work was supported by EU cooperation in sciences and technology COST (which funded the Modernet Network,

Action IS1002, November 2011 to November 2014); ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) that funded a PhD (2012-CRD-06 N°596A) (2012-CRD-06 N°596A); and an Erasmus Mundus grant for collaboration between the Catholic University of Leuven and the Cape Peninsula University of Technology (September 2011 until January 2013).

**Acknowledgements**  
 RNV3P (French national network for occupational diseases surveillance and prevention network); ANSES: Gerard Lasfargues; CNAM-TS (French national health insurance for salaried workers): Pascal Jacquetin, and its Rhone-Alpes delegation (CARSAT-RA): Laurence Engrand, Andrée Good; Grenoble's working group of physicians in the micro-electronics industry; Régis de Gaudemaris, Dominique Bicout, Serge Faye, Jeanne Marie Amat-Rose involved in Marie Delaunay's PhD thesis scientific committee; IDEWE, external service for prevention and protection at work and especially Dr. Corneel Ramselaar; Professor Dr. De Wet Schutte as the South African promotor of Hennie vd Westhuizen. Sincere appreciation is expressed to the employees and staff of the aluminium production plant for their contribution towards enabling the research.

## Conflicts of interest

None declared.

## References

- 11.5 1. Van der Westhuizen H. The representation of hearing conservation data by way of a geographical information system. *Occ Health South Africa* 2005; **11**:28–32.
- 11.10 2. Kamardeen I. E-OHS planning system for builders. *Archit Sci Rev* 2011; **54**:50–64.
3. Fielding M. *Effective Communication in Organizations*. 1st edn. Kenwyn (Cape), South Africa: Juta and Co, Ltd, 1995.
- 11.15 4. Foresman TW (ed.). *The History of Geographic Information Systems. Perspectives from Pioneers*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998; 397p.
5. Stone BJ, Blot WJ, Fraumeni JF, Jr. Geographic patterns of industry in the United States. An aid to the study of occupational disease. *J Occup Med* 1978; **20**:472–477.
- 11.20 6. Goldsmith JR. Geographical pathology as a method for detecting occupational cancer. *J Occup Med* 1977; **19**:533–539.
7. Fazzo L, Minelli G, De Santis M *et al.* Mesothelioma mortality surveillance and asbestos exposure tracking in Italy. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*. 2012; **48**:300–310.
- 11.25 8. Hansell AL, Best NG, Rushton L. Lessons from ecological and spatial studies in relation to occupational lung disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2009; **9**:87–92.
9. Falcone U, Gilardi L, Pasqualini O *et al.* Uso integrato di banche dati per la mappatura di lavorazioni con esposizione a cancerogeni nella Regione Piemonte: l'esempio della formaldeide / Integrated use of data bases to map manufacturing processes involving exposure to carcinogens in the Piedmont Region: the example of formaldehyde. *Med Lav* 2010; **101**:83–90.
- 11.30 10. de Silva SR, Bundy ED, Smith PD, Gaydos JC. A geographical information system technique for record-matching in a study of cancer deaths in welders. *J Occup Environ Med* 1999; **41**:464–468.
- 11.35 11. Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. *Occup Environ Med* 2004; **61**:757–763.
- 11.40 12. Vela Acosta MS, Reding DJ, Cooper SP, Gunderson P. Lessons learned: geographic information systems and farmworkers in the Lake States. *J Agric Saf Health* 2005; **11**:85–97.
- 11.45 13. Neff RA, Curriero FC, Burke TA. Just in the wrong place...?: geographic tools for occupational injury/illness surveillance. *Am J Ind Med* 2008; **51**:680–90.
- 11.50 14. Crider KG, Maples EH, Gohlke JM. Incorporating occupational risk in heat stress vulnerability mapping. *J Environ Health* 2014; **77**:16–22.
- 11.55 15. Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Rahimi Forushani A, Gaeini A. Outdoor occupational environments and heat stress in IRAN. *J Environ Health Sci Eng* 2015; **13**:48.
- 11.56 16. Kim MH, Kim H, Paek D. The health impacts of semiconductor production: an epidemiologic review. *Int J Occup Environ Health* 2014; **20**:95–114.
17. Nguyen AT. Risques professionnels dans la fabrication des semi-conducteurs. Thesis. Université Joseph Fourier, 2014.
18. Bonnetterre V, Faisandier L, Bicout D *et al.*, RNV3P. Programmed health surveillance and detection of emerging diseases in occupational health: contribution of the French national occupational disease surveillance and prevention network (RNV3P). *Occup Environ Med*. 2010; **67**:178–186.
19. Godderis L, Johannik K, Mylle G, Bulterys S, Moens G. Epidemiological and performance indicators for occupational health services: a feasibility study in Belgium. *BMC Health Serv Res* 2014; **14**:410.
20. Park J. We should have concerns about risk transfer. *Safety and Health at Work* 2013; **4**:75–76.
21. Goldberg DW, Jacquez GM. Advances in geocoding for the health sciences (Editorial). *Spat Spatiotemporal Epidemiol* 2012; **3**:1–5.
22. Koehler KA, Volckens J. Prospects and pitfalls of occupational hazard mapping: 'between these lines there be dragons'. *Ann Occup Hyg* 2011; **55**:829–840.

### Messages clés (14)

Ce premier travail, sur la comparaison de données rnv3p et données externes relatives aux maladies professionnelles indemnissables (source CNAM), a été intégré dans un article preuve de concept, écrit dans le cadre d'une collaboration internationale au sein du réseau *Modernet*.

Pour la première fois au sein du rnv3p, une problématique de vigilance des risques professionnels a été envisagée au niveau d'un secteur d'activité particulier, en estimant la proportion des entreprises présentes dans les zones de recrutement préférentiel des CCPPs, et en démontrant la complémentarité des données rnv3p et CNAM.

Ce travail démontre aussi l'importance fondamentale des données locales et de terrain qu'il convient de recueillir directement auprès des acteurs de terrain : SST (ici : identification des sous-traitants répondant à des NAF différents, informations sur les expositions, mais informations sur les pathologies envisageables également), pôles de compétitivités le cas échéant pour mieux qualifier le dénominateur lorsqu'il est complexe, etc.

Cet article, qui se veut pédagogique, présente par ailleurs les différentes étapes nécessaires pour conduire ce type d'étude ainsi que les challenges sous-jacents. Parmi ces derniers, une attention particulière doit être portée aux biais pouvant être induits par le processus de géolocalisation. En effet, les cartes ne donnant accès qu'à l'échantillon des observations correctement géolocalisées, la représentativité de ces dernières doit être analysée. Ainsi, les données manquantes (ou altérées) empêchant le processus de géolocalisation ont le plus souvent une distribution qui n'est pas homogène à travers les principales variables d'intérêt (temps, espace, nature de la pathologie, type d'activité). Ceci avait déjà été montré Partie 2 (pourcentage de géolocalisation réussie différente selon les CCPPs, aire de recrutement préférentielle variable selon les pathologies, etc). Ceci est également discuté dans l'article pour les maladies chroniques (moindre proportion géolocalisée). L'attention des lecteurs est attirée sur le fait que ceci peut ajouter du « bruit de fond », voire, à l'extrême, induire des signaux factices, par rapport aux « vrais signaux ». Il est crucial que ces limites soient correctement caractérisées au préalable.

## 4.3. Métallurgie et travail des métaux

Suite à l'étude « preuve de concept » menée sur la microélectronique, il est apparu intéressant de poursuivre la démarche dans un secteur d'activité plus étoffé en termes de nombre d'entreprises et de salariés. Le choix a été fait de sélectionner les secteurs de la métallurgie et du travail des métaux.

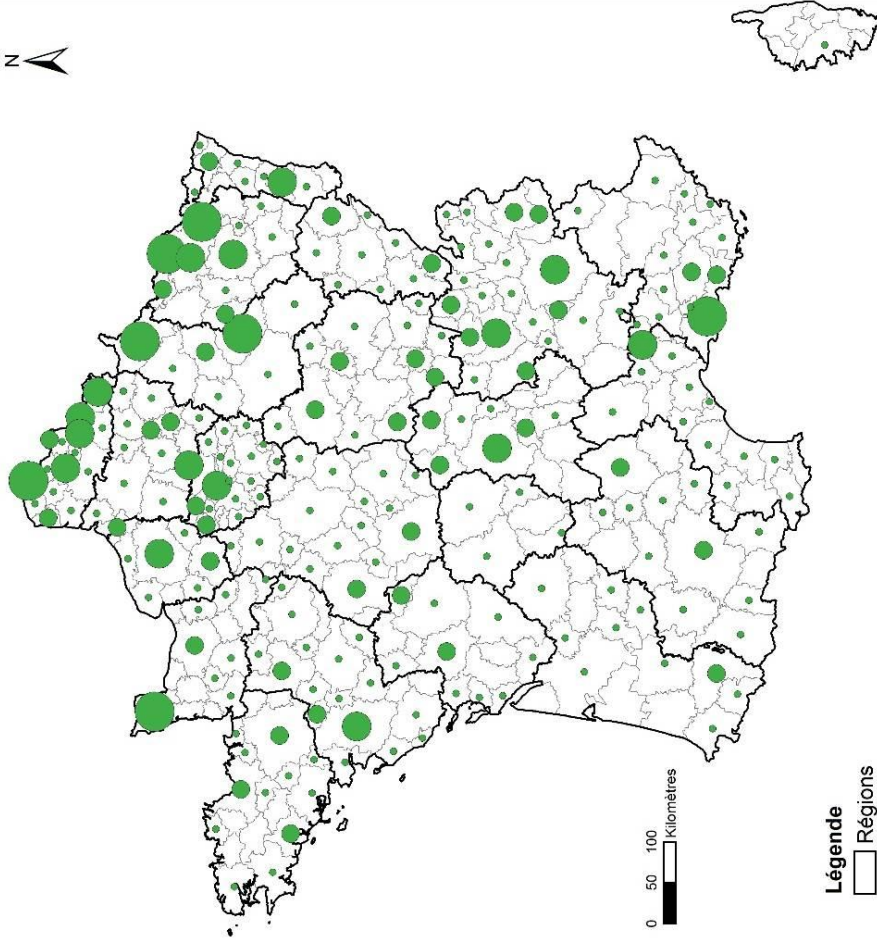
### 4.3.1. Localisation des entreprises concernées

#### 4.3.1.1. Échelle nationale

À l'échelle nationale, ces deux secteurs d'activité représentent en moyenne sur la période 2008-2012, plus de 58,000 entreprises et presque 700,000 salariés. La métallurgie et le travail des métaux sont présentés tour à tour à l'échelle des ZE sur les cartes suivantes (Carte 24 et Carte 25). À gauche, le secteur est représenté en effectif absolu ; à droite, c'est le taux que l'activité métallurgie représente dans l'activité Industrie enregistrée par l'Insee. Volontairement, les cartographies présentées ne tiennent pas compte des effectifs salariés travaillant dans des bureaux (sièges sociaux, recherche et développement, secrétariat, etc...), mais uniquement des sites de production.

À l'échelle de la France, la production du secteur **métallurgie** représente plus de 117,000 salariés (moyenne sur 2008-2012). Si l'on regarde la localisation du nombre brut de salariés (Carte 24), on se rend compte que ce secteur d'activité est fortement localisé dans le Nord-Est de la France, surtout dans les ZE frontalières avec la Belgique, Le Luxembourg et l'Allemagne. On peut citer également les régions de Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte-D'azur et Champagne-Ardenne. Quelques villes ressortent aussi : Dunkerque, Thionville, Cherbourg, Charleville-Mezière, Nantes ou encore Clermont-Ferrand. Ce constat est renforcé par le pourcentage que représente ce secteur sur l'ensemble de l'industrie sur la carte de droite. Cette dernière permet également de faire ressortir des ZE spécifiques dans lesquelles la métallurgie représente entre 20 et 46% de l'activité industrielle comme par exemple Bagnols-sur-Cèz (Languedoc-Roussillon), les vallées de la Maurienne et de la Tarentaise (Rhône-Alpes), Issoire (Auvergne) ou encore Montbard (Bourgogne). **D'une manière générale, la métallurgie apparaît comme une activité spécifique de certains territoires.**

### Salariés de la métallurgie (2008-2012)



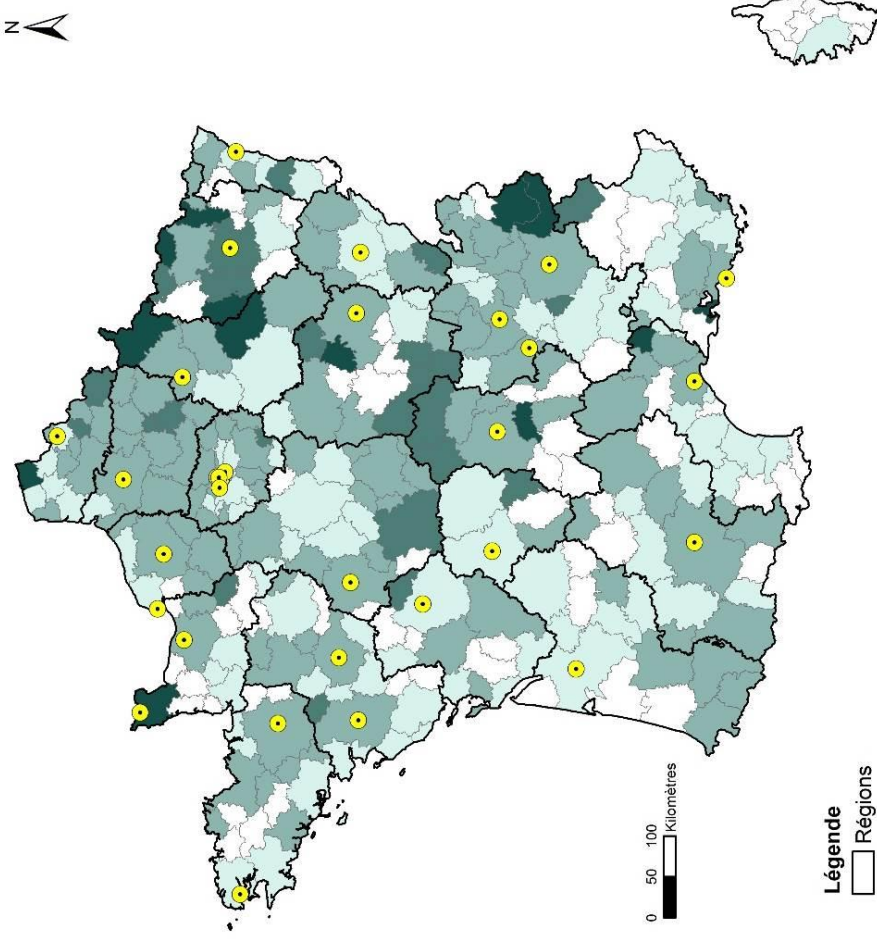
**Légende**  
 ☐ Régions  
 ☐ Zones d'Emploi

**Nombre de salariés**

- 1 - 450
- 451 - 1,500
- 1,501 - 3,000
- 3,001 - 6,706

Source : Données CNAM-TS ; Données géographiques GEOFLA® (IGN)  
 Réalisation : M. Delaunay pour l'ANSES et le CHU de Grenoble © - Juin 2015

### Taux des salariés de la métallurgie dans l'Industrie (2008-2012)



**Légende**  
 ☐ Régions  
 ☐ Zones d'Emploi  
 ● Centre de Consultation de Pathologies Professionnelles

**Taux de salarié de la métallurgie dans le secteur de l'Industrie (pourcentage)**

- 0,3- 1
- 1,1 - 10
- 10,1 - 20
- 20,1 - 46,08

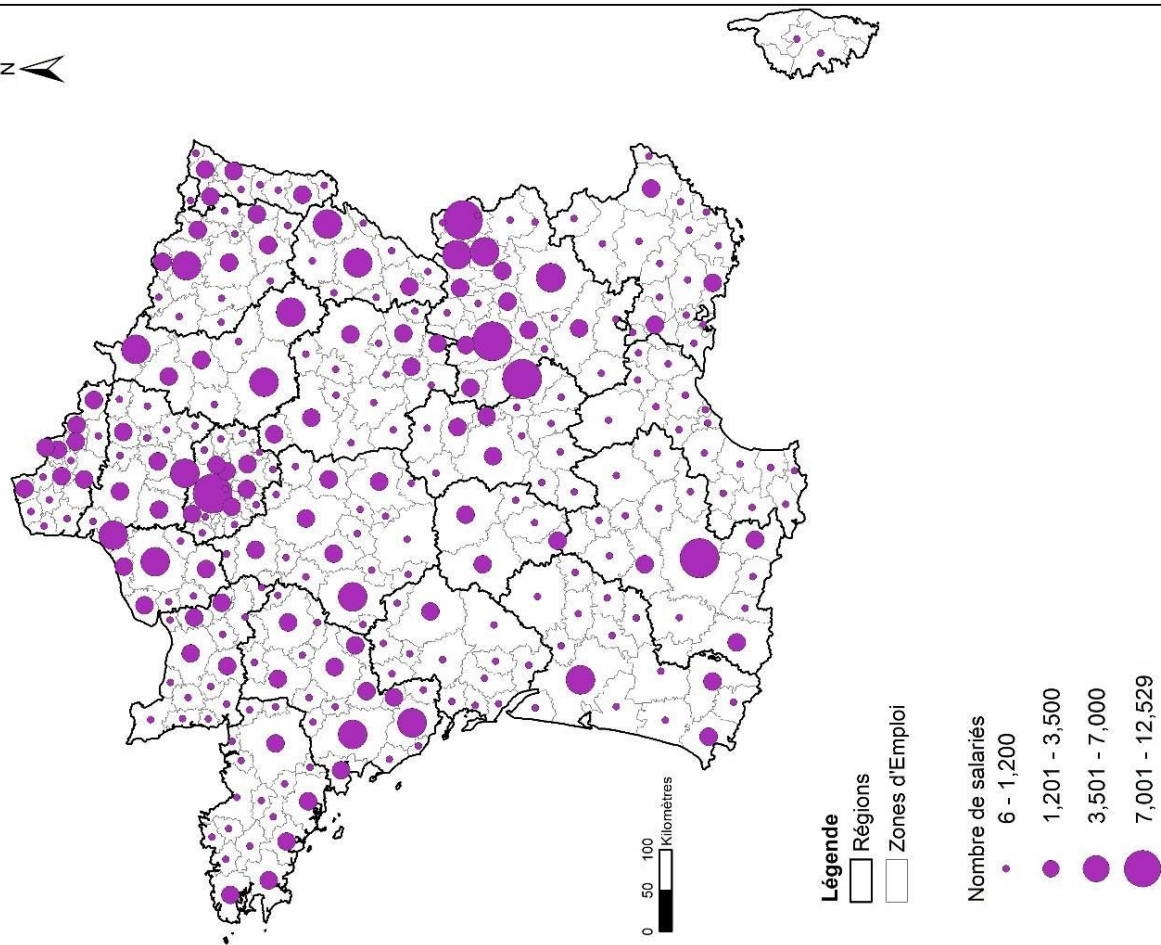
Source : Données CNAM-TS et données Insee ; Données géographiques GEOFLA® (IGN)  
 Réalisation : M. Delaunay pour l'ANSES et le CHU de Grenoble © - Juin 2015



La répartition de l'activité du **travail des métaux** (Carte 25), quant à elle, paraît plus homogène sur l'ensemble du territoire français. Le nombre total moyen de salariés (production) pour 2008-2012 est de plus de 380,000.

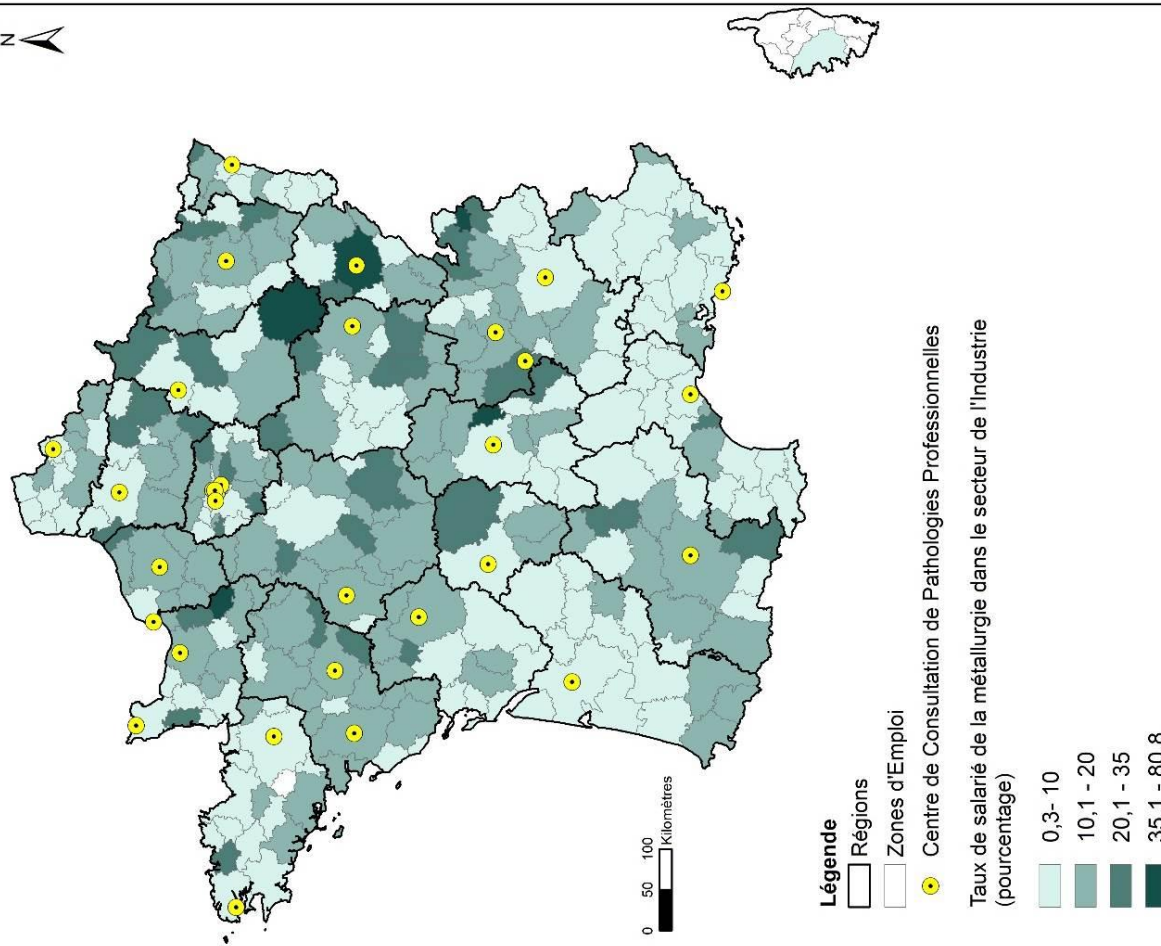
De la même manière que pour la métallurgie, on remarque une forte répartition sur les régions Rhône-Alpes, Franche-Comté et Champagne-Ardenne. Certaines ZE ou régions ont tendance à s'effacer lorsque le nombre de salariés est rapporté à l'ensemble de l'industrie, comme c'est le cas pour Toulouse, Nantes, La Roche-sur-Yon ou encore le Sud de la région Bretagne (ZE de Brest, Quimper, Lorient, Vannes). 3 ZE quant à elles ont des taux de salarié du travail des métaux compris entre 44% et 62% de leurs actifs dans l'industrie : L'Aigle (Basse-Normandie), Chaumont-Langres (Champagne-Ardenne) et Thiers (Auvergne). Enfin, la ZE qui possède le plus d'actif du travail des métaux est la vallée de l'Arve (Rhône-Alpes) avec plus de 80% de salariés de l'industrie qui travaillent dans ce secteur.

### Salariés du travail des métaux (2008-2012)



Source : Données CNAIM-TS ; Données géographiques GEOFLA® (IGN)  
 Réalisation : M. Delaunay pour l'ANSES et le CHU de Grenoble © - Juin 2015

### Taux des salariés du travail des métaux dans l'Industrie (2008-2012)



Source : Données CNAIM-TS et données Insee ; Données géographiques GEOFLA® (IGN)  
 Réalisation : M. Delaunay pour l'ANSES et le CHU de Grenoble © - Juin 2015

Carte 25 : Le travail des métaux - Localisation des salariés et taux d'emploi de cette activité au sein du secteur de l'industrie

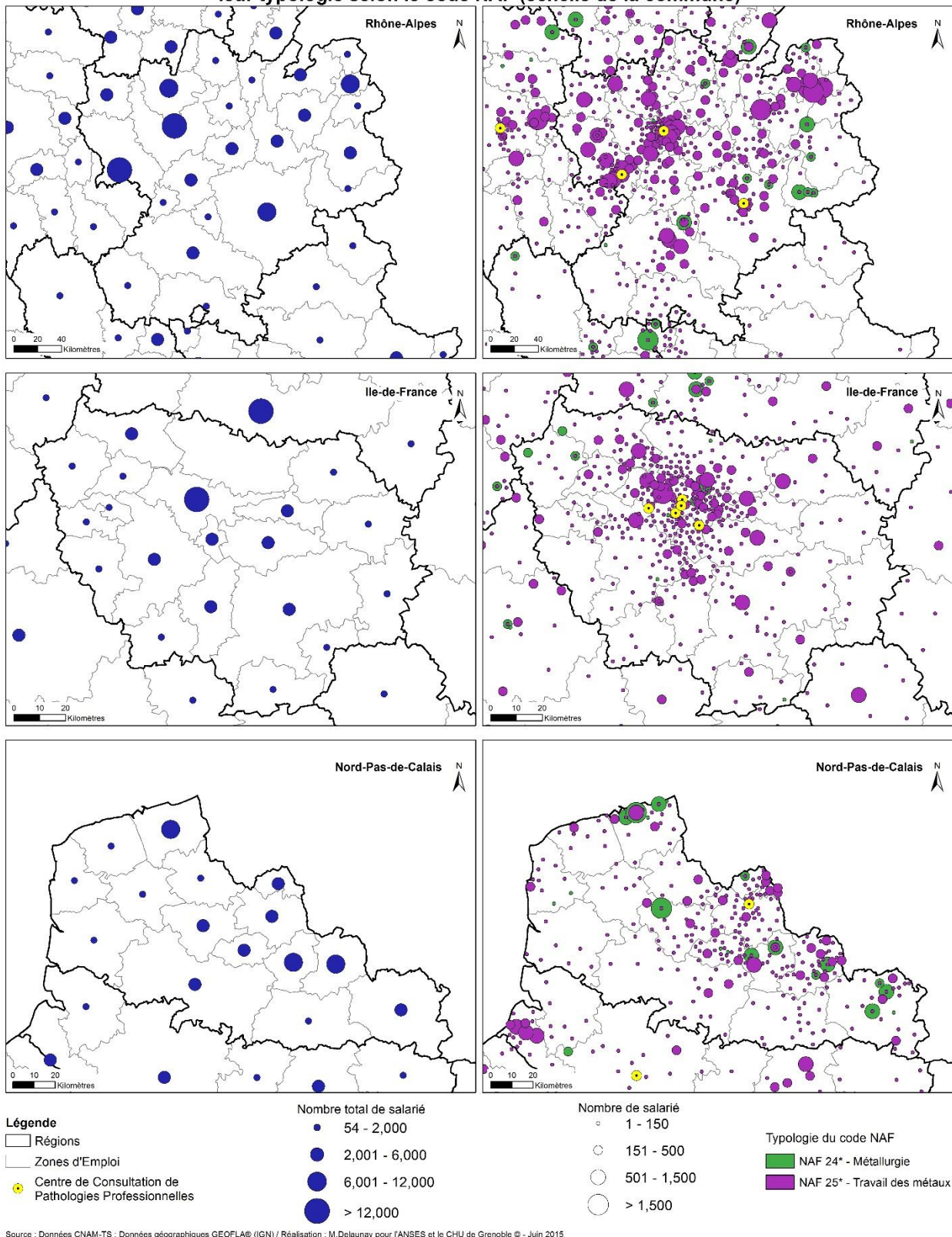
#### **4.3.1.2. Échelle régionale : les exemples de Rhône-Alpes, Ile-de-France et Nord-Pas-de-Calais**

Les trois régions ayant le plus grand nombre de salariés dans ces deux secteurs de la métallurgie et du travail des métaux sont : Rhône-Alpes (>100,000 salariés, un secteur historiquement ancré dans la région, du fait de la production d'hydroélectricité), l'Ile-de-France (environ 69,000 salariés) et le Nord-Pas-de-Calais (environ 55,000 salariés).

La carte suivante (Carte 26) montre l'effectif total des deux secteurs à l'échelle de la ZE pour les trois régions précédemment citées ainsi que la typologie par code NAF à l'échelle de la commune de ces mêmes données. Si les entreprises de la métallurgie sont peu nombreuses mais possèdent beaucoup de salariés, on remarque que le secteur du travail des métaux est fait de nombreuses entreprises dont la distribution du nombre de salariés est très variable.

La cartographie à l'échelle régionale permet également d'ajouter de l'information concernant les SST comme le montre la carte d'exemple sur la région Rhône-Alpes (voir Annexe 2). Cette superposition d'informations permet notamment de voir apparaître la couverture sanitaire associée aux entreprises lorsque celles-ci ne disposent pas de leur propre service de santé. Cette représentation peut être utile, notamment lorsque qu'une même entreprise possède plusieurs établissements géographiquement indépendants et donc liés à des SST différents. Ce cas de figure a notamment été rencontré lors de notre étude sur la microélectronique (une même entreprise avec trois sites de production et trois SST concernés).

Localisation de l'ensemble des salariés (échelle de la ZE) et leur typologie selon le code NAF (échelle de la commune)



Carte 26 : Focus sur les trois régions ayant le plus grand nombre de salariés pour la métallurgie et le travail des métaux (Rhône-Alpes, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais)

## 4.3.2. Localisation des pathologies enregistrées

### 4.3.2.1. Source : CNAM-TS

On apprend des **données CNAM agrégées** que 81% des MPI (soit 15,340 des 18,965 MPI sur la période 2007-2012) sont des troubles musculo-squelettiques (moyenne d'environ 2,250 TMS/an dans ce secteur), une proportion relativement semblable à ce qui est observé pour l'ensemble des secteurs d'activité.

En termes quantitatifs, l'analyse de sinistralité faite par la CNAM nous apprend que l'indice de fréquence (IF) des MPI de type TMS est un peu plus élevé dans le CTN (Comité Technique National) métallurgie que dans l'ensemble des autres CTN (IF compris entre 3 et 3.7 TMS / 1000 salariés entre 2008 et 2012, contre 1.9 à 2.3 pour les 9 CTN hors bureaux) (Caisse Nationale d'Assurance Maladie, 2012). Néanmoins, quatre CTN présentent des IF plus élevés que celui de la métallurgie, à savoir, par ordre décroissant, les secteurs du bois, de l'ameublement, papier-carton, textile, vêtement (CTN F, IF entre 5 et 6.1), des services, commerces industries de l'alimentation (CTN D), de la chimie, du caoutchouc et de la plasturgie (CTN E) et du BTP (CTN B). Si la CNAM est très sensible à la variable temporelle (analyse de l'évolution de la sinistralité d'une année à l'autre), la dimension spatiale est, à notre connaissance, habituellement ignorée.

**L'analyse spatiale des données MPI de la CNAM concernant les TMS du CTN métallurgie** fait apparaître certaines différences régionales qui ne sont pas aléatoires (Tableau 16). La première information est que les régions Rhône-Alpes et Pays-de-la-Loire représentent un quart de toutes les MPI avec respectivement 16% et 10% des MPI enregistrées.

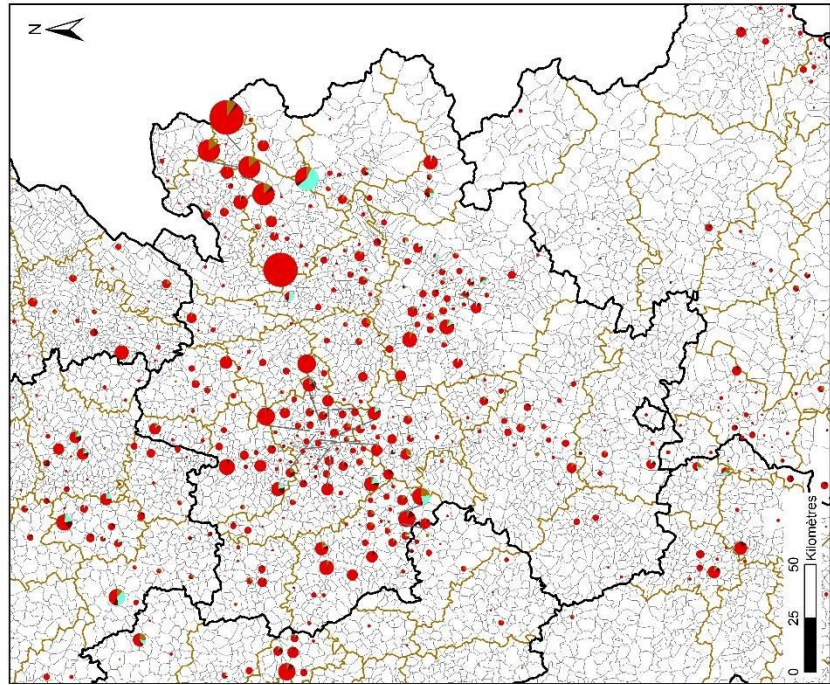
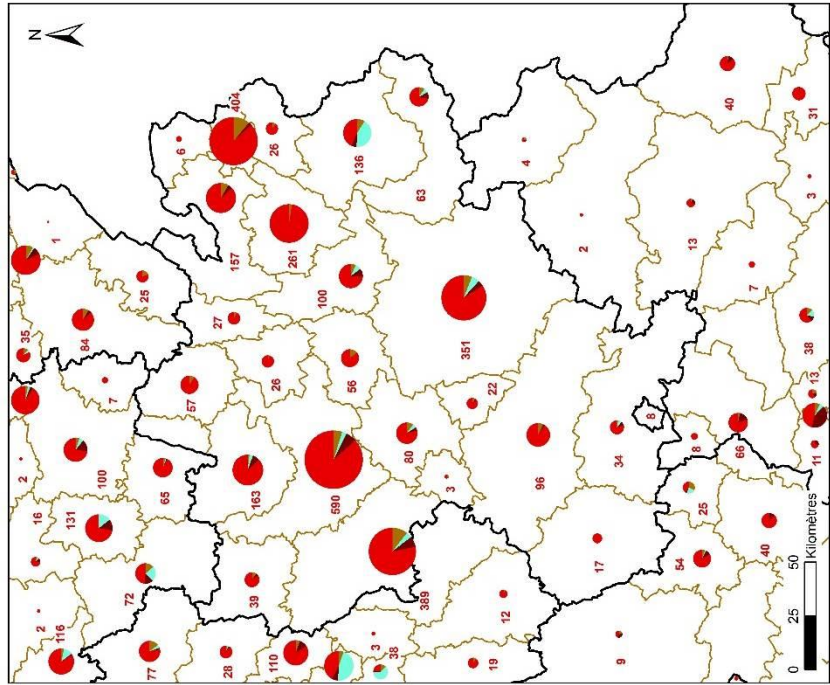
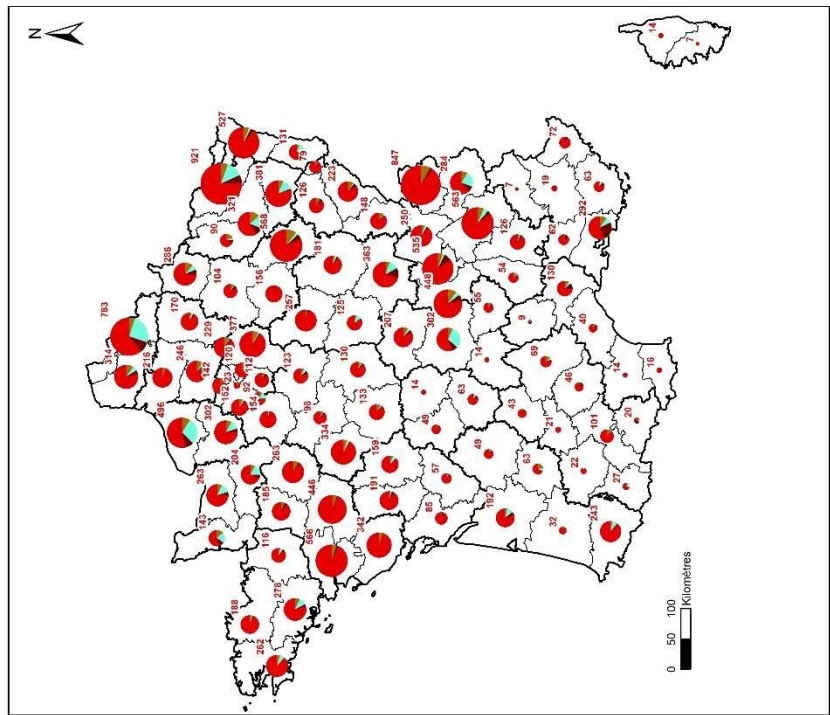
Ces différences régionales se lisent également dans la typologie des MPI. Ainsi, les Pays de Loire ont-ils une proportion de TMS au sein de leurs MPI égale à 92% et une absence notable de pathologies liées à l'amiante. Il s'agit justement de la région ayant investi dans un système de surveillance des TMS dans le cadre d'une coopération entre le CCPP d'Angers et l'InVS. À l'inverse, des régions comme la Haute Normandie et la Basse Normandie font apparaître une plus faible proportion de TMS, mais près de 20% de pathologies liées à l'amiante dans ces mêmes secteurs d'activité. Citons enfin la distribution atypique de la Corse et de Languedoc Roussillon, seules régions faisant apparaître plus de 10% de surdités dans leur MPI (moyenne à 5%). **Ceci suggère un effet région au sein des données de la CNAM, même si moindre que l'effet centre rnv3p.** Cet effet n'est sans doute pas indépendant de l'effet centre du rnv3p, dans la mesure où les experts des CCPP réalisent des déclarations de maladies professionnelles. Le CCPP d'Angers est notamment

spécialisé dans les TMS, et ceux de Normandie (Caen en particulier) étaient des centres d'expertise pour les problématiques liées à l'amiante, tandis que la Corse n'a pas de CCPP.

Tableau 16 : Typologie des MPI (pourcentage) par régions

Région	Total MPI	Pourcentage de MPI	TMS (%)	ORL (%)	Pathologie liée à l'amiante (%)	Autres pathologies (%)
Alsace	658	3%	86%	4%	4%	5%
Aquitaine	579	3%	83%	3%	8%	6%
Auvergne	578	3%	69%	6%	<b>17%</b>	8%
Basse-Normandie	610	3%	68%	7%	<b>17%</b>	9%
Bourgogne	926	5%	83%	6%	7%	4%
Bretagne	844	4%	86%	2%	7%	5%
Centre	972	5%	89%	3%	3%	6%
Champagne-Ardenne	1,114	6%	82%	5%	4%	9%
Corse	21	0%	86%	<b>10%</b>	0%	5%
Franche-Comté	576	3%	86%	4%	1%	9%
Haute-Normandie	798	4%	62%	8%	<b>22%</b>	8%
Ile-de-France	1,247	7%	87%	2%	3%	8%
Languedoc-Roussillon	209	1%	77%	<b>12%</b>	4%	8%
Limousin	126	1%	85%	6%	2%	6%
Lorraine	1,713	9%	73%	6%	<b>13%</b>	8%
Midi-Pyrénées	349	2%	80%	7%	4%	9%
Nord-Pas-de-Calais	1,097	6%	66%	8%	<b>20%</b>	6%
Pays de la Loire	1,802	<b>10%</b>	<b>92%</b>	2%	0%	6%
Picardie	632	3%	89%	2%	3%	6%
Poitou-Charentes	492	3%	89%	3%	3%	4%
Provence-Alpes-Côte-D'azur	515	3%	68%	<b>19%</b>	6%	7%
Rhône-Alpes	3,107	<b>16%</b>	84%	5%	4%	7%
Total	18,965	100%	81%	5%	7%	7%

Maladies Professionnelles Indemnisées (MPI) enregistrées par la CNAM-TS pour la métallurgie et le travail des métaux entre 2007 et 2012



- Légende**
- Régions
  - Département
  - Zone d'Emploi
  - Commune
  - TMS
  - ORL / Ophthalmologie
  - Pathologies liées à l'amiante
  - Autres pathologies

- Type de pathologies**
- TMS
  - ORL / Ophthalmologie
  - Pathologies liées à l'amiante
  - Autres pathologies

- Nombre de Maladies Professionnelles Indemnisées (MPI) enregistrées par la CNAM-TS entre 2008 et 2012**
- 800

Sources : Données fournies par la CNAM-TS ; Données géographiques GEOFLA® (IGN) / Réalisation : M. Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Mars 2015

Carte 27 : Typologie des MPI enregistrées par la CNAM entre 2007 et 2012 à différentes échelles (départements, ZE, communes)

La cartographie de ces données (Carte 27) avec zooms à l'échelle régionale, avec un niveau de précision de type ZE et communes permettent :

- de visualiser l'information déjà connue que les MPI offrent une vision centrée de façon quasi-exclusive sur les TMS ;
- de faire apparaître, au sein de cette grande homogénéité, les régions où d'autres types de pathologies sont indemnisés, en particulier le Nord, la Normandie, l'Alsace, et l'Auvergne ;
- **de visualiser les ZE remarquables du fait d'une proportion de TMS inférieure à 50%. Ces zones méritent un retour aux échelles locales. C'est, par exemple, le cas d'Ugine en Haute Savoie, site des aciéries d'Ugine notamment, avec un fort contingent de pathologies liées à l'amiante notamment (n=55 sur un total de 97 MPI).**

#### 4.3.2.2. Source : rnv3p

La distribution selon les sept grands types de pathologies enregistrées par le rnv3p, pour les mêmes secteurs de la métallurgie et du travail des métaux est présentée par région dans le Tableau 17. **Si la vision offerte par le rnv3p est plus variée en termes de pathologies que celle des MPI, les variations régionales de la distribution des pathologies sont encore plus marquées que pour les données CNAM.**

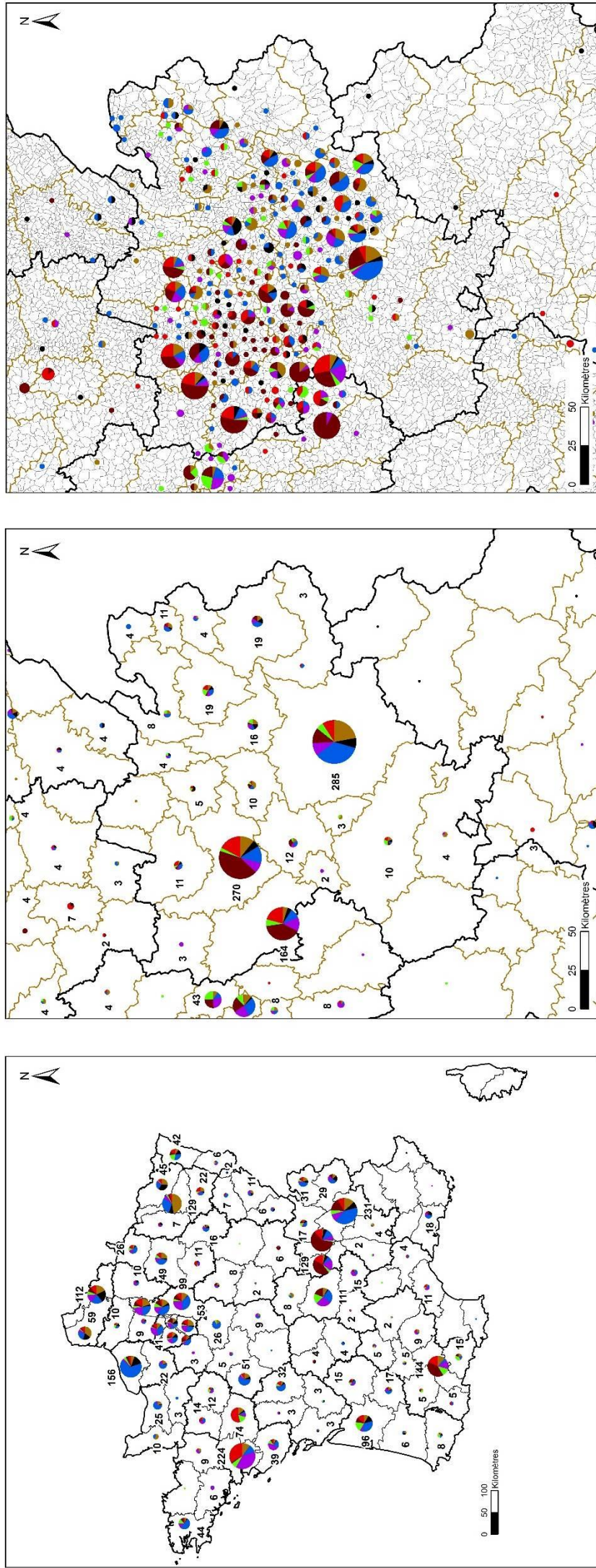
Tableau 17 : Typologie des pathologies professionnelles investiguées (pourcentage) par régions

Région	Total PST	Pourcentage PST	Cancer	Dermato	Ophtalmo / ORL	Pneumo	Psy	TMS	Autres
Alsace	48	2%	13%	4%	8%	29%	<b>21%</b>	17%	8%
Aquitaine	142	5%	12%	8%	9%	32%	16%	11%	11%
Auvergne	136	5%	1%	<b>29%</b>	16%	25%	15%	1%	11%
Basse-Normandie	38	1%	3%	5%	0%	<b>63%</b>	0%	0%	29%
Bourgogne	17	1%	6%	12%	<b>35%</b>	18%	6%	6%	18%
Bretagne	60	2%	2%	<b>25%</b>	7%	42%	12%	3%	10%
Centre	95	3%	4%	12%	0%	<b>58%</b>	3%	6%	17%
Champagne-Ardenne	102	3%	6%	16%	4%	36%	9%	14%	16%
Franche-Comté	26	1%	19%	15%	0%	42%	0%	8%	15%
Haute-Normandie	178	6%	13%	4%	4%	<b>65%</b>	3%	3%	7%
Ile-de-France	488	16%	5%	22%	10%	32%	5%	11%	16%
Languedoc-Roussillon	17	1%	0%	<b>24%</b>	0%	29%	12%	<b>29%</b>	6%
Limousin	8	0%	<b>37%</b>	0%	13%	37%	0%	12%	0%
Lorraine	203	7%	14%	7%	2%	27%	3%	8%	<b>39%</b>
Midi-Pyrénées	190	6%	1%	14%	<b>33%</b>	7%	15%	17%	13%
Nord-Pas-de-Calais	171	6%	<b>20%</b>	12%	6%	21%	5%	11%	24%
Pays de la Loire	363	12%	2%	<b>33%</b>	2%	11%	9%	<b>33%</b>	10%
Picardie	29	1%	17%	<b>24%</b>	0%	31%	7%	14%	7%
Poitou-Charentes	41	1%	12%	7%	0%	49%	10%	12%	10%
Provence-Alpes-Côte-D'Azur	20	1%	<b>30%</b>	<b>25%</b>	5%	35%	0%	5%	0%
Rhône-Alpes	613	21%	8%	12%	<b>33%</b>	24%	5%	11%	8%
Total	2,984	100%	8%	16%	13%	29%	7%	13%	14%



La cartographie aux différentes échelles (Carte 28) permet de mieux visualiser les caractéristiques de cet effet centre marqué. En particulier, les distributions des pathologies sont différentes selon les zones de recrutement des CCPPs (surtout lorsque la projection est faite à la ZE). **Cette carte permet de visualiser d'emblée l'importance à la fois quantitative, et relative, des PST selon les champs disciplinaires.** À titre d'exemples, l'importance numérique et relative des PST de pneumologie en Normandie est immédiatement perceptible. Il en va ainsi de l'importance numérique et relative des PST de dermatologie à Nantes, de l'ORL et de l'ophtalmologie à Lyon et Saint-Etienne.

### Pathologies professionnelles enregistrées par le rnv3p pour la métallurgie et le travail des métaux entre 2001 et 2012



Carte 28 : Typologie des pathologies professionnelles enregistrées par le rnv3p entre 2001 et 2012 à différentes échelles (départements, ZE, communes)

### 4.3.3. Comparaison des données de la CNAM-TS et du rnv3p

En termes de compréhension fine des données, de retour à la prévention sur le terrain, voire de vigilance, la comparaison à l'échelle de l'entreprise est une étape décisive. Pour descendre à cette échelle, la seule solution est d'avoir une clé unique et commune, ici, le numéro SIRET.

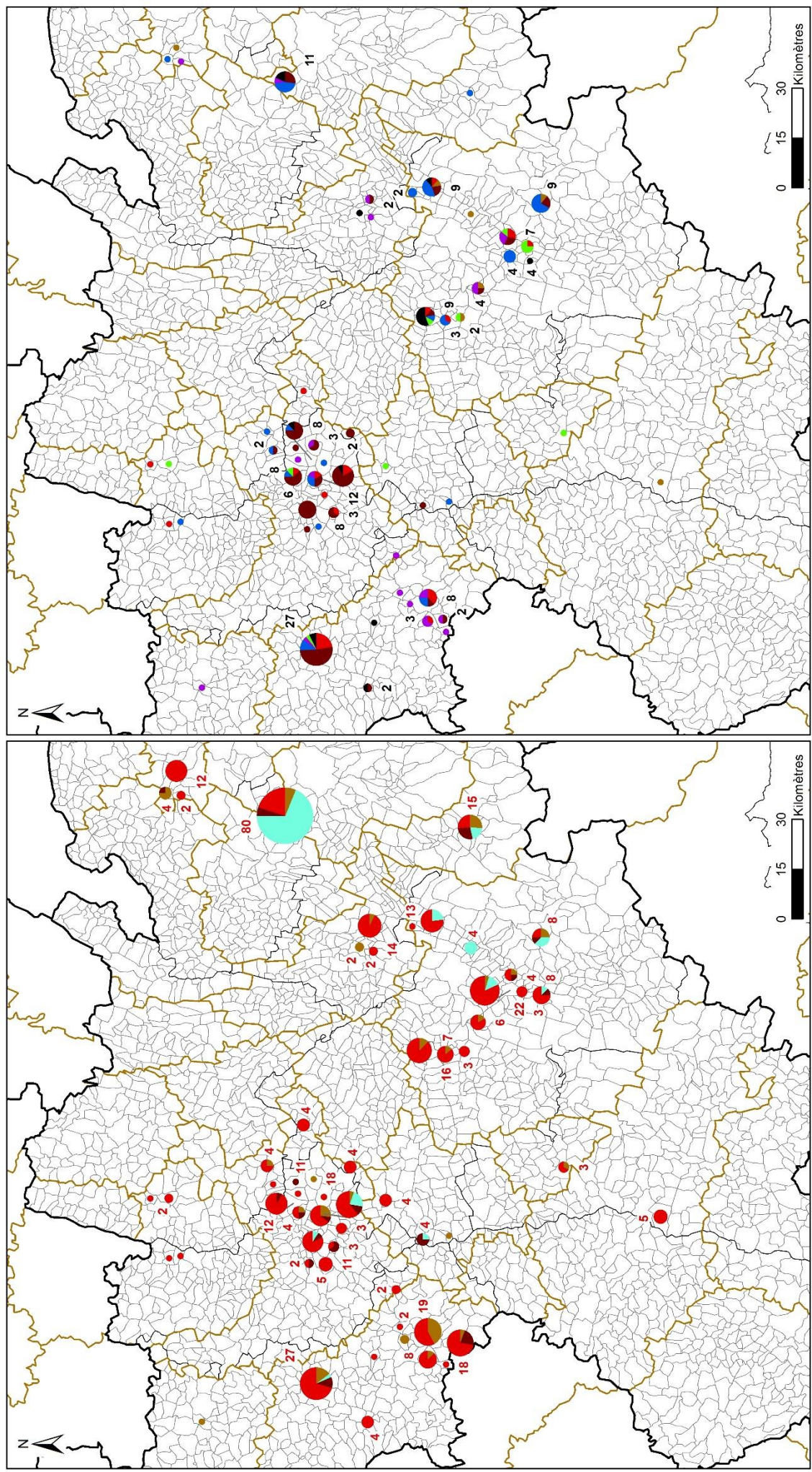
La Carte 29 présente le résultat obtenu, pour la métallurgie et le travail des métaux, du croisement des données CNAM et rnv3p à l'échelle de la région Rhône-Alpes, seule région pour laquelle nous avons *a posteriori* récupéré les numéros SIRET. Il y a 82 numéros SIRET correspondants entre les données CNAM et les données enregistrées pour les CCPPs rhône-alpins. Le nombre de pathologie correspondant est de 418 MPI (2007-2012) et de 191 PST ayant une imputabilité supérieure ou égale à 2 (2001-2012). L'Annexe 3 présente les données détaillées par commune.

La cartographie montre les données agrégées à l'échelle de la commune (57 communes concernées): il peut y avoir une ou plusieurs entreprises correspondantes. Les visions présentées pour les mêmes entreprises confirment l'effet thématique des deux sources de données.

La CNAM enregistre toujours une majorité de TMS (62% des n=418 MPI) mais ce chiffre est en deçà du pourcentage national, ce qui renforce l'effet région précédemment évoqué. Les pathologies liées à l'amiante sont majoritairement localisées en Isère et en Savoie : 8 communes concernées sur 11. Les effectifs les plus remarquables étant ceux de Crolles (100% de MPI sur n=4) et d'Ugine (69% de MPI sur n=80).

Les données du rnv3p confortent l'importance de la pneumologie sur l'aire de recrutement de Grenoble, celle de l'ORL plus élevée sur toute l'aire de recrutement des CCPPs de Lyon et de Saint-Etienne. Au sein de cette homogénéité, il existe quelques exceptions, qui mériteraient un retour aux données, comme, par exemple, la commune d'Apprieu (Nord Isère) pour laquelle plus de la moitié des pathologies investiguées sont des cancers (n=5 PST sur les 9 du total).

**Type de MPI enregistrées par la Cnam (n=418) et de pathologies professionnelles investiguées par le rnv3p (n=191) pour les mêmes entreprises de la métallurgie et du travail des métaux en Rhône-Alpes**



- Légende**
- Régions
  - Département
  - Zone d'Emploi
  - Commune
- Type de pathologies**
- TMS
  - Cancer
  - Dermatologie
  - Autres pathologies
  - ORL / Ophtalmologie
  - Pneumologie
  - Psychiatrie
  - Pathologies liées à l'amiante
- 800** Nombre de Maladies Professionnelles Indemnisées (MPI) enregistrées par la CNAM-TS entre 2008 et 2012
- 110** Nombre de pathologies professionnelles enregistrées par le rnv3p entre 2001 et 2012

Sources : Données fournies par la CNAM-TS et le rnv3p ; Données géographiques GEOFLA® (IGN) / Réalisation : M. Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Mars 2015

Carte 29 : Typologie des MPI (CNAM, 2007-2012) et des pathologies professionnelles (rnv3p, 2001-2012) enregistrées pour les mêmes entreprises et agrégées à l'échelle de la commune

#### **4.3.4. Mise en évidence de zones de sur-capture de cas**

##### **4.3.4.1. Secteur de la métallurgie**

Comme expliqué dans la partie méthode, il a semblé intéressant de comparer les zones de capture préférentielle du rnv3p (principalement autour des CCPPs comme démontré Partie 2), avec les zones associées à un excès de cas de MPI jugé significatif.

La Carte 30 illustre les 2.5% de ZE ayant un excès de cas significatifs de MPI indemnisées pour la CNAM (IC 95%) (hachures orange), ainsi que les ZE de recrutement préférentiel pour le rnv3p (aplat bleu, IC 95%). Sur cette même carte, les ZE ayant au moins un quart de leurs actifs industriels travaillant dans la métallurgie sont identifiées (périmètre de la ZE en vert), afin d'observer si elles sont ou non concernées par des excès de MPI ou un recrutement préférentiel des cas par le rnv3p.

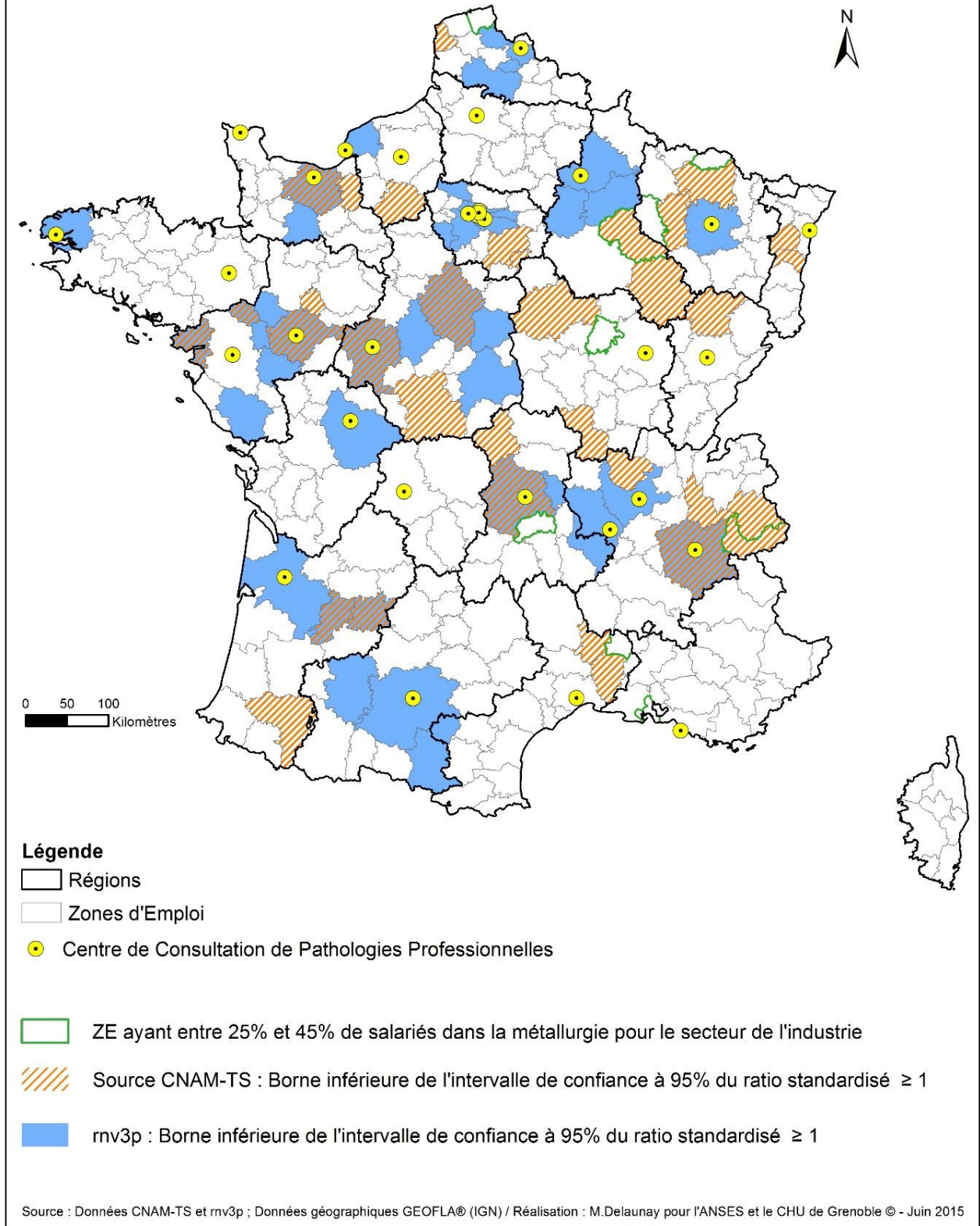
Les ZE associées à davantage de MPI par la CNAM ne présentent pas de disposition régionale particulière. Il ne semble pas exister de spécificités liées aux CARSAT, ce qui aurait pu s'expliquer par des campagnes de prévention sur un thème particulier (ex : la CARSAT de Normandie ayant initié un travail de repérage des cancers de vessie, ce type de pathologie est susceptible de se dégager de façon plus prononcée pour la région).

**Il apparaît, à quelques exceptions près, que les ZE qui ressortent comme ayant un excès de MPI ou davantage de pathologies investiguées dans les CCPPs ne sont pas celles qui ont la plus grande proportion de travailleurs de la métallurgie.** Les deux seules ZE qui ressortent comme ayant plus d'un quart de salarié dans la métallurgie et qui sont des zones de sur-capture sont : Vitry-le-François – Saint-Dizier (Champagne-Ardenne) et la vallée de l'Arve (Rhône-Alpes), pour les données MPI uniquement (traduisant donc très probablement un vrai excès de cas).

**Il apparaît ensuite que les ZE les plus associées à des MPI par la CNAM (donc principalement pour des TMS), ne sont pas du tout superposables aux ZE mises en évidence par les CCPPs (principalement pour d'autres pathologies).**

Des analyses complémentaires pourront étudier s'il existe un effet lié à la taille des entreprises. On pourrait, par exemple, suggérer que le risque de TMS soit plus élevé dans de petites entreprises ayant moins de ressources HSE (Hygiène, Sécurité et Environnement) et que le risque amiante soit plus fort dans les aciéries, infrastructures associées à un nombre de salariés plus important.

## Métallurgie : sur-capture de cas de la CNAM-TS et du rnv3p



Carte 30 : Métallurgie – Localisation des zones de capture préférentielle de la CNAM et du rnv3p

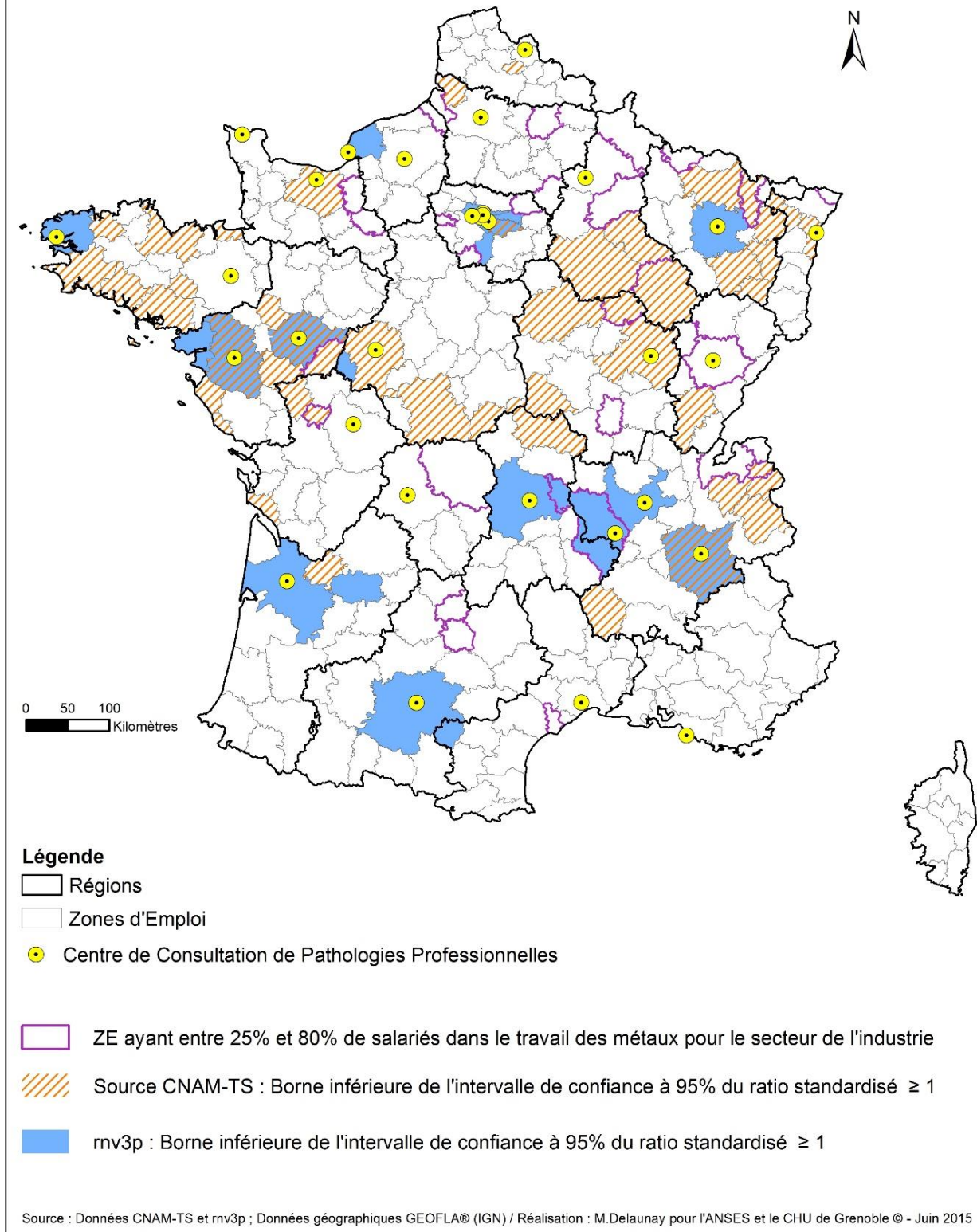
#### 4.3.4.2. Secteur du travail des métaux

La carte suivante (Carte 31) illustre les ZE ayant au moins un quart de leurs actifs industriels travaillant dans la métallurgie (périmètre violet), les ZE de capture préférentielle pour le rnv3p (aplats bleu), et les zones associées à un excès de cas de MPI jugé significatif (hachures orange).

**Pour le travail des métaux, les zones de « sur-capture » de cas sont encore plus différentes entre la CNAM et le rnv3p.** En effet, seulement 4 ZE de capture préférentielle sont communes: Créteil, Nantes, Angers et Grenoble. Aucune de ces dernières ne possède pourtant un taux de salariés important dans ce secteur.

**Néanmoins, apparaissent parmi les ZE les plus associées à des MPI dans le secteur du travail des métaux des situations de continuité géographique qui ne semblent pas aléatoires.** Ces répartitions n'apparaissent pas de la même façon dans le cadre de la métallurgie. C'est le cas en particulier de la Bretagne et des Pays de Loire ou du sud de la Champagne-Ardenne et le Nord de la Bourgogne. Ceci mérite des analyses complémentaires, introduisant dans l'interprétation les éventuelles actions prises par les CARSAT et leur temporalité. Ainsi, la région Loire-Atlantique a réalisé des guides d'évaluation des risques sur les métalliers et l'usinage de métaux. De la même façon, les régions Franche-Comté-Bourgogne bénéficient aujourd'hui d'un plan d'action régional (2014-2017) pour ce secteur (n'ayant pu impacter les données analysées antérieures à 2012).

## Travail des métaux : sur-capture de cas de la CNAM-TS et du rnv3p



Carte 31 : Travail des métaux - Localisation des zones de capture préférentielle de la CNAM et du rnv3p



### Messages clés (15)

**Ce travail compare les données de MPI de la CNAM et de pathologies investiguées par le rnv3p pour un secteur d'activité donné, plus étoffé que celui de la microélectronique utilisé comme illustration dans l'article princeps. Cette comparaison est conduite à différentes échelles : nationale, régionale, ZE et communes.**

**Précédemment (Partie 2), des indicateurs, rapportant à un dénominateur d'exposés les nombres de pathologies observées au sein du rnv3p, ont été utilisés pour mieux analyser le recrutement du réseau. Un nouvel indicateur a ici été proposé rapportant un nombre de cas observé à un nombre de cas attendu (dépendant du dénominateur, et du nombre de pathologies total au sein de la base considérée). Ce ratio permet une comparaison entre plusieurs sources de données. Un focus a été porté sur les zones associées à la plus forte « capture » de cas.**

**Ces cartographies et analyses mettent en évidence des logiques thématiques et géographiques propres à chacune des sources des données. Les deux sources n'étant pas totalement indépendantes, il existe parfois des signaux communs (cf TMS en Pays de Loire, les pathologies pneumologiques notamment liées à l'amiante en Normandie).**

**L'interprétation de l'effet centre rnv3p est relativement immédiate au vu des cartes précisant la typologie des pathologies.**

**L'interprétation des distributions des données CNAM nécessite un échange avec les CARSAT qui alimentent cette base et agissent sur le terrain en fonction des priorités identifiées.**

## 5. Discussion et perspectives

Pour chacune des deux études par secteur d'activité, c'est la démonstration de la faisabilité du recueil de données complémentaires, de leur interopérabilité et une production d'informations cartographiques dont la nature est inédite dans le champ santé-travail qui a été faite.

Les enseignements peuvent être résumés comme suit :

- Si le renseignement correct du code postal et du nom de communes permet de créer des indicateurs au niveau de la ZE, seul le renseignement prospectif du numéro SIRET permettra d'automatiser une jointure avec la base CNAM des MPI, permettant ainsi aux préventeurs et médecins spécialistes des CCPP d'étudier les données au niveau de l'entreprise. Ceci est intéressant également en termes de vigilance, car il faut pouvoir exploiter l'information en expliquant au maximum la source et la cause du signal.
- La visualisation cartographique facilite, au-delà des tableaux, une localisation précise, permettant de « jouer » sur différentes échelles et sur les différentes données représentées : couverture par les SST, pathologies indemnisées d'une part et investiguées par les CCPPs d'autre part. Ce support facilite la communication des données et permet de construire, petit à petit, une connaissance propre à chaque source de données, mais surtout une connaissance collective et partagée par ceux qui participent à l'alimentation des différentes sources de données complémentaires (aujourd'hui les CCPPs, CARSAT, CNAM).
- Ces données devraient idéalement pouvoir être enrichies de données sur l'exposition (les nuisances qualitativement, voire des niveaux d'exposition) qui sont encore aujourd'hui les propriétés des industries, SST, INRS et CARSAT (base Colchic) et laboratoires de toxicologie (dont celui du CHU de Grenoble). En effet, la variable exposition est celle qui permet d'expliquer le passage du dénominateur (les actifs) au numérateur (les malades). Des réflexions sont en cours au niveau national (InVS, INRS, CHU de Grenoble) pour créer une base des expositions.

Les limites de cette étude sont d'abord relatives aux biais issus des sources de données. En effet, chacune de ces sources traduit une vision partielle de la réalité des pathologies liées au travail et la méthode qui cherche à juxtaposer ces points de vue met en évidence certaines dissemblances. Parmi celles-ci, on peut noter :

- La base de données Entreprise du rnv3p, valable à un instant t et qui ne renseigne pas les entreprises anciennes pertinentes pour des pathologies chroniques.
- Les pathologies chroniques (exemple des cancers ou des pneumoconioses), lorsqu'elles surviennent chez des retraités ou des personnes ayant connu de nombreux employeurs, sont souvent affectées par la CNAM à un « compte commun » et ne sont plus attribuables à des entreprises déterminées. Il faudrait alors les mentionner en légende de la carte pour qu'elles conservent une visibilité.
- Le croisement des données grâce au numéro SIRET n'a pas pu être réalisé avec d'autres CCPPs que ceux de la région Rhône-Alpes. La limite est liée au droit des CCPPs sur leurs données propres (notamment le fichier Entreprise), et au caractère volontaire de la saisie de cette information. Cependant, la création du champ SIRET, disponible dans le nouveau Système d'Information du réseau, incite aujourd'hui fortement les CCPPs à remplir cette donnée.
- La temporalité différente selon les sources : impossible pour la CARSAT ou la CNAM de remonter au-delà de cinq ans à la date d'extraction.

Dans un second temps, la limite de nos études est l'absence de prise en compte de certaines variables pouvant être éclairantes dans les explications de certaines répartitions. On peut citer la taille des entreprises, la temporalité, les nuisances ou métiers enregistrés. Il manque également une analyse approfondie de situations particulières. Par exemple, pour la métallurgie, les CCPPs rhône-alpins avaient tous donné leur accord pour coopérer sur le sujet afin de repérer des situations atypiques qui auraient mérité un retour aux dossiers.

Nos approches par pathologie et secteur d'activité présentent à la fois des avancées et des limites. L'objet de la partie 4 est donc de souligner ces éléments afin de proposer des spécificités d'un outil SIG performant pour la vigilance et la prévention des pathologies professionnelles.

# **Partie 4 –Préconisations pour l'utilisation d'un module SIG adossé au RNV3P à des fins de vigilance en santé au travail**



# 1. Objectif

Les objectifs de cette partie sont les suivants :

- Identifier, à la lumière des travaux précédents, les bases de données, leurs variables d'intérêt, et les conditions de mise en œuvre permettant de construire un outil SIG à même de répondre aux besoins des cliniciens du réseau, de l'ANSES, et des partenaires du rnv3p (préventeurs : CARSAT, SST) ;
- Proposer des sorties cartographiques prédéfinies et utilisables par les partenaires du réseau ;
- Enrichir la discussion avec les approches complémentaires initiées par une cartographie des pathologies, métiers et nuisances ;
- Proposer une stratégie progressive et évolutive, avec des modules hiérarchisés en fonction des priorités identifiées ce jour.

## 2. Quel outil SIG pour la santé-travail et le suivi des pathologies liées au travail ?

**L'utilisation de modules cartographiques est aujourd'hui répandue dans le domaine de la santé, notamment pour la cartographie de pathologies.**

À l'échelle internationale, on peut citer l'Atlas Global des Maladies<sup>38</sup> mis en place par l'OMS, accessible en ligne et qui permet de réaliser des cartes de comparaison des maladies infectieuses à différentes échelles géographiques. Pour l'Europe, on peut mentionner le module cartographique de la plateforme Eurostat qui s'appuie sur des statistiques européennes, avec possibilité, concernant le domaine de la santé, de cartographier à l'échelle des régions des données sanitaires<sup>39</sup> comme le nombre de décès (mais aussi le nombre de lits d'hôpital ou encore le nombre de professionnels de santé).

Au plan français, l'analyse des maladies à déclaration obligatoire (principalement des maladies infectieuses) se fait sur des échelles spatiales et temporelles (cf. dossiers thématiques produits pour chacune d'entre elles par l'InVS<sup>40</sup>).

**De façon connexe à la Santé au Travail, un projet et outil SIG a été proposé par le réseau ANACT (Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail), en**

---

<sup>38</sup> <http://apps.who.int/globalatlas/>

<sup>39</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Health\\_statistics\\_at\\_regional\\_level/fr](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Health_statistics_at_regional_level/fr)

<sup>40</sup> <http://www.invs.sante.fr/Espace-professionnels/Maladies-a-declaration-obligatoire/31-maladies-a-declaration-obligatoire>

co-traitance avec un bureau d'études et de recherches en sciences sociales (Cité Publique), et avec un soutien financier du Fonds Social Européen. Il s'agit du **projet ATTLAS**<sup>41</sup>, acronyme de « **Age, Travail, Territoire : Lecture des Agencements Significatifs** ». Ce projet, initié en 2006, avait comme objectif le rapprochement cartographique des données statistiques sur les « **territoires du travail** ». Il s'appuie aujourd'hui sur de nouvelles données issues de la politique d'ouverture et de partage des données publiques ou « Open data »<sup>42</sup>.

Les sources principales des données réutilisées sont le Recensement de la Population (1999 et 2008), permettant de cartographier les actifs et leur évolution dans le temps, et le **fichier Connaissance Locale de l'Appareil Productif (CLAP, version 2009) de l'Insee**<sup>43</sup>. Le dispositif Clap fournit des statistiques localisées au lieu de travail (communal, voire infracommunal) sur l'emploi salarié et les rémunérations pour les différentes activités des secteurs marchand et non marchand. Il est composé de trois fichiers : un fichier Entreprises, un fichier Etablissements et un fichier Postes. Les deux premiers fichiers caractérisent les unités concernées et renseignent aussi sur les effectifs et les rémunérations. Le fichier Postes de la base CLAP fournit une répartition des postes de travail au sein de chaque établissement, uniquement par grandes catégories socioprofessionnelles, par type d'emploi et par sexe. Comme la base SIRENE, les demandes d'extraction font l'objet de devis.

Dans le cadre d'ATTLAS, un outil open source permet la réalisation de cartes interactives permettant de visualiser des croisements de données à partir de ces fichiers. Une collection de cartes statistiques des contextes territoriaux du travail contenant un premier jeu de données de 212 indicateurs cartographiés et 132 graphiques associés sont en libre téléchargement sur le site de l'ANACT (collection intitulée PageCarto<sup>44</sup>, mise à jour en 2012)<sup>45</sup>. Compte tenu de l'échelle du fichier CLACT, l'outil permet « *une lecture cantonale et communale des territoires du travail dans chaque région ainsi qu'une cartographie de synthèse au niveau national (par cantons, départements et zones d'emploi)* ». Les informations cartographiées concernent l'emploi, les secteurs d'activité, la taille des établissements, la démographie des actifs, les conditions d'emploi (CDD, CDI, proportion

---

<sup>41</sup> <http://www.anact.fr/web/services/atlas>. Chef de projet ATTLAS, chargé de mission "Territoire et attractivité des entreprises" : Mr Vincent Mandinaud.

<sup>42</sup> Politique pilotée, sous l'autorité du Premier ministre, par la mission ETALAB. Etalab « *administre le portail unique interministériel [data.gouv.fr](http://data.gouv.fr) destiné à rassembler et à mettre à disposition librement l'ensemble des informations publiques de l'Etat, de ses établissements publics et, si elles le souhaitent, des collectivités territoriales et des personnes de droit public ou de droit privé chargées d'une mission de service public* » <https://www.etalab.gouv.fr/>

<sup>43</sup> <http://www.insee.fr/fr/service/default.asp?page=commander-prestation/travail-emploi-salaires-clap.htm>

<sup>44</sup> <http://www.anact.fr/web/services/atlas>

<sup>45</sup> Pour mémoire, les fichiers « bruts » associés aux cartes sont accessibles via les modules PageCarto du Réseau-Anact téléchargeables.

d'intérimaires) et indications sur les salaires. Nous n'avons trouvé aucune information résumant des pathologies liées au travail (en particulier la sinistralité AT/MP).

Nous pouvons également citer le **programme de recherche pluridisciplinaire GISCOP93**, pour **Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Cancers d'Origine Professionnelle**, qui a été créé en Seine-Saint-Denis au début des années 2000. En effet, au travers de ces objectifs (« *la connaissance, la reconnaissance et la prévention des cancers d'origine professionnelle*<sup>46</sup> »), ce programme de recherches utilise des outils méthodologiques originaux, notamment les SIG. D'après les derniers travaux publiés [Lysaniuk,2015], ce programme souhaite aujourd'hui utiliser la cartographie afin de rendre visible les risques d'expositions professionnelles à des cancérogènes sur le territoire dionysien. Dans ce sens, le GISCOP a effectué un recensement des sources de données disponibles afin de permettre la réalisation d'un inventaire cartographique de ces lieux d'expositions. Aujourd'hui, la base de données du GISCOP93, enrichie d'inventaires existants, permet « *la géolocalisation de 133 sites d'exposition professionnelle potentielle à l'amiante* » [Lysaniuk,2015]. Pour le moment, cette localisation se heurte à deux problèmes majeurs. Le premier, relatif à la question de la temporalité, est de définir précisément les périodes d'exposition dans ces différents sites. Le deuxième est lié à la mesure de l'exposition au risque de chaque site c'est-à-dire la pondération de celui-ci en fonction des activités pratiquées (exemple d'une usine de broyage d'amiante vs un garage dans lequel était changé des plaquettes de frein). Ce travail se veut néanmoins une mise en visibilité de ces sites, ce qui permettrait de questionner le lien entre une activité passée et pathologies mais ne comporte aucune information sur ces dernières.

**À notre connaissance, aucune application géomatique ne permet aujourd'hui de cartographier des problématiques relatives aux pathologies en lien avec le travail.**

**Pourtant, à l'échelle française, de nombreux acteurs (institutionnels ou non) auraient un intérêt à la mise en place d'un outil SIG permettant de mieux visualiser les problématiques de santé au travail :**

- les CCPPs (le réseau rnv3p) : afin que les centres puissent se rendre compte de leur recrutement, de leurs zones d'ombre mais également afin de prendre connaissance de leurs territoires préférentiels en termes d'activité ;

---

<sup>46</sup> <http://www.univ-paris13.fr/giscop/>



- l'Anses et l'InVS : dans le cadre de leurs missions de vigilance, production de connaissances et surveillance, la combinaison de plusieurs sources de données, sur l'activité, les pathologies attribuables au travail, ou encore les risques d'expositions, permet d'avoir une vision globale de ces différentes problématiques et de territorialiser ces phénomènes (pathologies professionnelles, réseau, typologie des activités, nombre de personnes potentiellement exposées, etc) ;
- on peut également citer la Direction Générale du Travail (DGT) au sein du ministère du travail, et les antennes régionales des DIRECCTE qui sont en particulier motrices pour l'écriture des plans régionaux de santé au travail ;
- les préventeurs. Les conventions signées avec la CARSAT-RA et la CNAM-TS le démontrent : l'intérêt de partager de la connaissance est prioritaire et l'outil cartographique permet de faire des focus sur des approches particulières (secteur d'activité, métier, risques) tout en permettant de redescendre à des échelles intéressantes pour du travail de prévention de terrain. Surtout, les CARSAT doivent désormais signer avec chaque SST des Contrats Pluriannuels d'Objectifs et de Moyens (CPOM). Ceux-ci doivent annoncer des objectifs se fondant sur la réalisation d'un diagnostic territorial ;
- cette réflexion s'étend aux autres régimes de protection sociale, dont celui de la MSA dont la dimension territoriale est encore plus marquée (cf. les types de cultures précisés par le registre parcellaire graphique RPG) ;
- les SST, pour les raisons citées ci-dessus, et, d'une façon générale, pour être mieux à même d'analyser ce qui se joue sur leur territoire en termes de santé au travail ;
- les épidémiologistes en santé au travail. La description de la « population source » est une étape majeure dans la construction d'indicateur plus affûtés pour décrire le phénomène des pathologies professionnelles ;
- on peut envisager un intérêt des gros pôles de compétitivité localement, si tant est que le management à ce niveau (davantage porté sur la stratégie économique) exprime une préoccupation sur la santé des salariés, qui relève davantage de l'échelle de l'entreprise.

## **2.1. Bases de données et variables pertinentes**

Les bases de données auxquelles nous avons eu accès au cours de ce travail sont celles de l'Insee, du rnv3p, de la CNAM (ou, à un échelon régional, des CARSAT, en l'occurrence CRSAT-RA), du PNSM, et de la DO mésothéliome.

Dans un premier temps, il importe d'identifier les variables d'intérêt de chacune des bases. Pour le rnv3p, on peut citer : le motif de consultation, la nature (conclusion de la consultation en termes, notamment, de pathologie professionnelle ou non), la variable secteur d'activité (code NAF), la variable métiers (code BIT), les codes nuisances (thésaurus expositions professionnelles), l'imputabilité attribuée à chaque nuisance, la pathologie enregistrée (CIM-10), le type de médecin adressant, et les différents éléments de géolocalisation (adresse entreprise en premier lieu, mais aussi adresse médecin utile pour caractériser le recrutement, et adresse patient utile pour les pathologies différées survenant majoritairement chez des patients retraités). Les identifiants (patient, entreprise avec en particulier le numéro SIRET de façon prospective) sont également utiles de manière à pouvoir retourner aux données initiales en tant que besoin, et pour croiser les fichiers de données. De même, le code commune Insee, nouvelle donnée mise à jour automatiquement dans le nouveau SI de la base rnv3p doit être récupéré ou, lorsqu'il n'est pas disponible, le code postal et le code commune.

Pour les données externes sur le dénominateur : les codes NAF, les codes métiers, les codes risques (disponible pour la CNAM), le numéro SIRET, la différenciation des bureaux vs sites de production, le nombre de salarié des entreprises, le code postal et le nom de la commune.

Pour les données externes sur le numérateur : les données permettant d'identifier l'entreprise (numéro SIRET, code NAF, nombre de salariés), le lieu (code postal, nom de la commune, département) et la pathologie (CIM-10).

Pour toutes les sources de données, la temporalité (même plage temporelle couverte) est une variable essentielle à prendre en compte.

Parmi les bases de données sur lesquelles nous n'avons pas travaillé, mais dont l'intérêt est important, on peut mentionner :

- pour le dénominateur : les données de la base SIRENE de l'Insee, ou les bases des DIRECCTE qui doivent remonter à la DGT ;
- le fichier de l'Insee mentionné ci-dessus permettant de caractériser le type d'emploi, la taille des établissements, et la structure d'âge des populations. Ainsi, on s'attend à trouver davantage de cancers professionnels là où la structure d'âge des travailleurs de l'industrie est beaucoup plus avancée, etc.
- pour le numérateur : les données de régime spécifique, tel que la MSA ou encore la CNRACL qui gère les AT/MP pour les fonctionnaires ;

- concernant les données des SST, si elles ne sont pas à ce jour harmonisées, l'enjeu d'intégration de ces données est primordial tant pour le dénominateur, pour le numérateur que pour les expositions.

## **2.2. Conditions de mise en œuvre et sorties proposées à partir du travail présenté dans les parties 2 et 3**

### **2.2.1. Rnv3p**

**Ce travail a mis en avant l'intérêt primordial d'une représentation à l'échelle de l'entreprise, dans la mesure où cette information est la plus pertinente pour la prévention, la surveillance des unités géographiques associées à des risques particuliers, et dans la mesure où c'est elle qui permet une comparaison avec les données externes les plus pertinentes (données Insee concernant les zones d'emploi pour le dénominateur, ou données CNAM sur les MPI pour le numérateur). La jointure du PST à l'entreprise constitue donc un point essentiel de la démarche.** Ceci n'est pas exclusif, et des démarches complémentaires ayant comme point de départ l'adresse « patient » et l'adresse du « médecin adressant », peuvent apporter des connaissances complémentaires.

Une fois l'automatisation de cette jointure entre les tables internes du rnv3p mise en place, on peut ensuite réfléchir aux **représentations possibles**.

La première représentation d'intérêt montrée dans ce travail (Partie 2) est celle des **aires de « recrutement brut » des centres**. Avec un outil SIG adossé au rnv3p, les CCPPs pourraient afficher l'ensemble des PST qui les concernent en semis de points ou en données agrégées, à l'échelle de zones d'emploi ou communale. Dans un second temps et à partir de cet affichage, il serait possible de faire des **requêtes simples sur la nature des PST (exemple : professionnels, environnementaux, aptitude), les secteurs d'activité (NAF), le métier ou encore le type de pathologie**. L'imputabilité peut également être un filtre de visualisation, pour n'extraire, par exemple, que les cas dont le lien avec le travail est considéré comme direct. Cela leur permettrait d'observer leur recrutement, d'identifier les zones d'ombres, et de mieux comprendre les zones de chevauchement éventuel avec les CCPPs voisins.

Ensuite, à partir des choix effectués dans les premiers affichages, il serait possible de faire des **exports statistiques** de manière à avoir, par exemple, des **fréquences de pathologie à une échelle voulue ou un résumé de la distribution (par NAF, par pathologie, par métier, etc) en prenant le découpage administratif voulu (commune, ZE, département, région).**

### **2.2.2. Rnv3p et autres sources de données**

La prise en considération **d'autres sources de données** constitue la deuxième étape de la mise en place d'un outil de cartographie au service de la veille en santé-travail.

#### **2.2.2.1. Dénominateur**

Si l'on s'intéresse tout d'abord aux données dénominateur, **l'accessibilité aux données de l'Insee** a été soulignée tout au long de ce travail. L'intégration de ces données permettrait d'avoir une première vision du nombre d'actifs sous-jacents (en les sélectionnant au besoin par sexe, ou par catégories d'âge). Comme nous l'avons vu dans la partie 2, ces données permettent une première prise en considération du nombre d'actif et constituent un premier échelon de croisement de données. Cependant, la précision des données en termes d'activité (cinq grands secteurs seulement à l'échelle de la ZE) peut assez vite être limitante. L'usage du fichier INSEE CLAP discuté ci-dessus est une perspective intéressante.

La **base de données SIRENE** apparaît donc comme la meilleure alternative sur les données Dénominateur. La possibilité d'un accès à la base SIRENE, par un accord impliquant les ministères de tutelle, peut également être étudiée par l'ANSES.

Si cela n'est pas possible, du fait de la contrainte liée aux coûts d'accès à la base SIRENE, **l'accessibilité aux données des DIRECCTEs doit être envisagée** car ces dernières possèdent la totalité du recensement des activités.

Une évaluation des fichiers éventuellement utiles pour enrichir les analyses, fichiers aujourd'hui mis à disposition via le programme Open Source du gouvernement, est à prévoir.

Une question importante est celle du maintien d'un système actualisé et dynamique (cf. discussion de l'article publié joint à la thèse), dans la mesure où les données du dénominateur (population active, celle ayant réellement un emploi, nature de l'appareil de production, taille

des entreprises) sont autant de paramètres qui fluctuent dans le temps. À ce jour, nous n'avons travaillé que sur des extractions figées. C'est également le cas pour l'outil ATTLAS.

**En termes de sorties, ces données dénominateur permettent de resituer les pathologies observées relativement à la population exposée sous-jacente, dans les secteurs d'activité concernés (cf. illustrations de la Partie 3). Ce type de sortie est indispensable.**

#### **2.2.2.2. Numérateur**

Les **données numérateur traitent par essence de pathologies attribuées au travail**. L'exemple du mésothéliome a été traité à partir d'un réseau de surveillance qui fournit un « gold standard » ; pour les autres pathologies, il s'agit de données assurantielles (qui, bien que très intéressantes, ont leurs propres limites en termes d'exhaustivité).

En considérant **la comparaison de données numérateur**, et en nous appuyant sur les travaux effectués, les sorties cartographiques impliquant ces sources peuvent montrer :

- **Des nombres bruts de pathologies** (PST, MPI), en semis de points ou noyaux (classification proportionnelle) ; ces cartes peuvent être affinées en fonction des secteurs d'activité, postes, nuisances ;
- **Des distributions en camembert pour un affichage des typologies de pathologies ;**
- **Des indicateurs comparant des observés et des attendus**, selon le système CNAM et rnv3p. Ceci pourrait également être applicable aux données d'autres régimes (MSA, CNRACL, etc). Cela permet de voir l'effet de plans régionaux (ex : dépistage des cancers de vessie en Normandie, etc)

Comme pour les données dénominateur, les données numérateur devraient idéalement être considérées de façon dynamique sur un outil SIG interactif (ou, du moins, actualisées de façon annuelle). Les données numérateur CNAM ne permettaient pas d'extraction antérieure à cinq ans.

**L'ensemble de ces étapes dans les comparaisons de données n'est possible que si un identifiant unique et commun à toutes ces bases est disponible.** Dans la mesure où l'on travaille à l'entreprise, cette clé est **le SIRET**. En effet, cette variable est indispensable pour la mise en relation des bases. Elle est déjà présente dans toutes les bases dénominateurs et doit être utilisée dans toutes les bases numérateurs autant que faire se peut.

La base sur les MPI (CNAM, CARSAT) renseigne déjà cette information, qu'il faudrait pouvoir généraliser au rnv3p et aux SST.

Concernant les bases MSA qui couvrent le régime agricole, la base cotisant renseigne également le SIRET, en plus des variables clés comme l'activité principale, le nombre d'hectares, etc.

**Concernant le numérateur rnv3p, il serait extrêmement pertinent que son SI (Système d'Information) puisse avoir un accès dynamique à une base actualisée des entreprises, ce qui permettrait de sélectionner l'entreprise du consultant et d'importer ainsi le SIRET, le NAF, le nombre de salariés. Par défaut, ou par nécessité afin de garder un système simple, il est nécessaire de coder le SIRET en le reprenant à partir de la fiche de paye du consultant.**

#### **2.2.2.3. Exposition**

La dernière étape est la **prise en considération du volet exposition** au sein de l'outil SIG. En effet, l'intégration de ces données permettrait de faire le lien entre le dénominateur et le numérateur. Parmi les sources envisagées, les SST sont en première ligne, mais leurs données manquent souvent à ce jour de structuration, d'homogénéité et d'exhaustivité.

Des données d'exposition sont ensuite disponibles dans certaines **bases spécifiques (Colchic, Exporisq)** et des conventions d'accès aux données peuvent être envisagées. Les données de COLCHIC sont nombreuses, mais témoigneraient moins de situations courantes, que de la caractérisation de situations d'expositions problématiques identifiées. Il ne s'agit pas d'un échantillon représentatif.

#### **2.2.2.4. Etudes spatio-temporelles**

La dynamique du système a été discutée successivement concernant les données dénominateur et numérateur. **La mise en place d'un système dynamique doit être testée avec le rnv3p seul. Concernant les données externes, une mise à jour annuelle des fichiers serait nécessaire.**

## **2.3. Approches complémentaires initiées par une cartographie des pathologies, métiers et nuisances**

Lors de notre travail, nous avons montré les résultats obtenus sur une approche par pathologie et par secteurs d'activité. Compte tenu de la nature des données enregistrées au sein du réseau, il est possible d'envisager d'autres approches comme, par exemple, par poste de travail ou sur des pathologies professionnelles plus complexes car associées possiblement à une multitude de nuisances possibles. Ainsi, des travaux exploratoires ont débuté à différentes échelles sur la population des soudeurs et de l'asthme professionnel.

### **2.3.1. Approche par profession : l'exemple développé en région Rhône-Alpes sur les soudeurs**

#### **2.3.1.1. Contexte**

Les actions de prévention de la CARSAT-RA (COG<sup>47</sup> 2014-2017) ont notamment ciblé la population des soudeurs (et métiers associés à une exposition aux fumées de soudage) comme profession prioritaire.

Une majorité de soudeurs est incluse dans le secteur du travail des métaux. Cependant, il n'existe pas de *dénominateur* permettant de caractériser cette population source. En effet, il n'est pas possible d'identifier l'ensemble des soudeurs (ou personnes ayant des activités de soudage : charpentiers métalliers, tôliers chaudronniers). **Aucune base de données ne permet, à notre connaissance, de travailler sur un dénominateur métier.** Les seuls soudeurs identifiés sont donc ceux « capturés » par les différentes bases du fait de pathologies professionnelles reconnues ou investiguées.

#### **2.3.1.2. Données**

La CARSAT-RA nous a fourni les données par métiers : soudeurs, charpentiers métalliers et tôliers chaudronniers dont les codes BIT (Bureau International des Travailleurs) sont respectivement 7212, 7213 et 7214. Ces codes métiers de la CITP (Classification

---

<sup>47</sup> Convention d'Objectifs et de Gestion.

Internationale Type de Professions) sont issus du grand groupe 7 (Artisans et ouvriers des métiers de type artisanal), du sous grand groupe 72 (Ouvriers et métiers de la métallurgie, de la construction mécanique et assimilés) et du sous-groupe 721 (Mouleurs de fonderie, les soudeurs, les tôliers chaudronniers, les monteurs de charpentes métalliques et assimilés). En termes de précision au 4<sup>ème</sup> digit, ils correspondent à :

- 7212 : Soudeurs et oxycoupeurs : assemblent et découpent des pièces métalliques au chalumeau, à l'arc électrique ou au moyen d'autres sources de chaleur afin de couper le métal par fusion ou d'assembler des pièces métalliques par fusion ;
- 7213 : Tôliers chaudronniers : fabriquent, montent et réparent des articles et des pièces en tôle de différents métaux tels que l'acier, le cuivre, l'étain, le laiton, l'aluminium et le zinc, ou la tôle galvanisée ;
- 7214 : Charpentiers métalliers et monteurs de charpentes métalliques : façonnent, assemblent et montent des poutrelles et tôles lourdes pour constituer des ouvrages et charpentes métalliques.

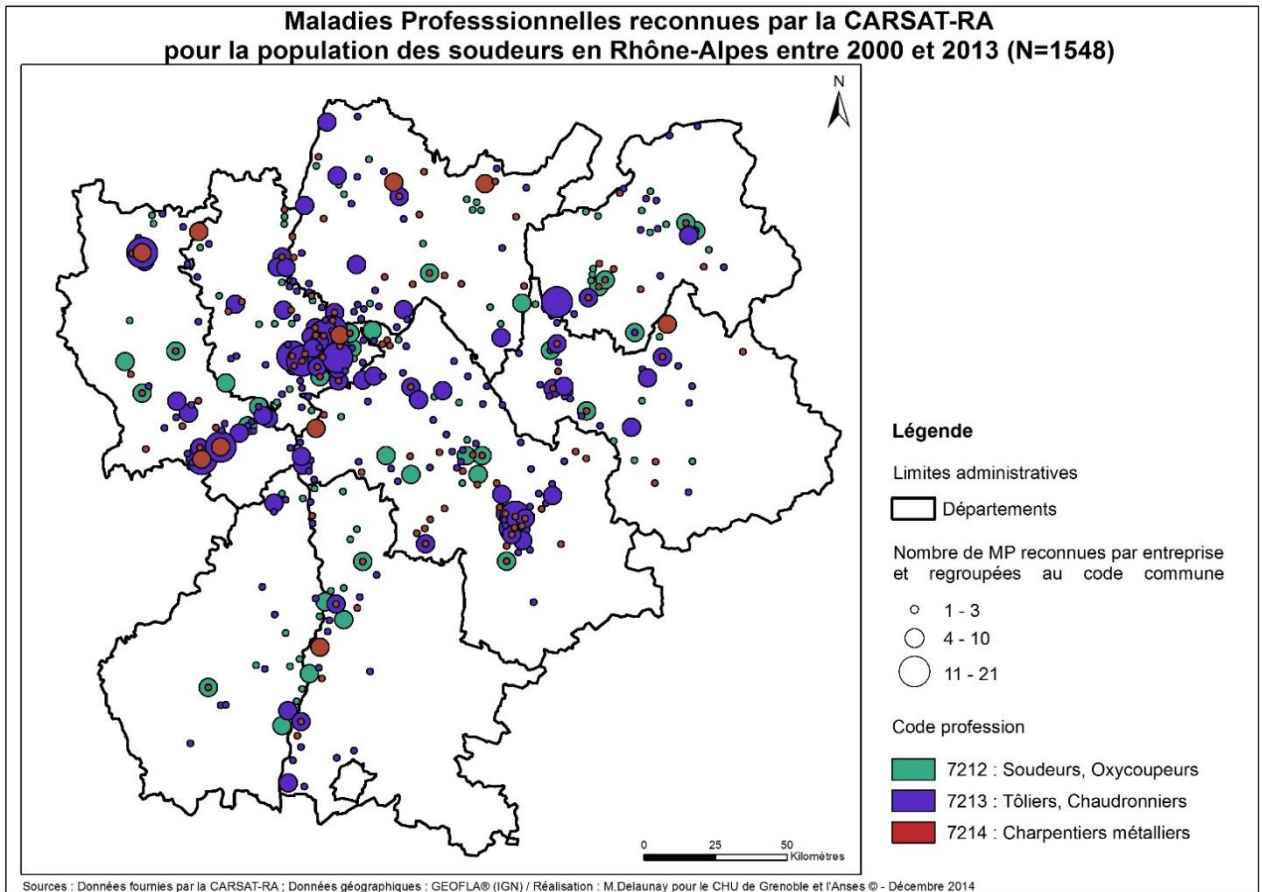
Le rnv3p utilise également les codes métiers pour définir le poste responsable de la pathologie. Comme pour la CARSAT-RA, ce sont donc ces trois codes métiers 7212, 7213 et 7214 qui ont été sélectionnés. Les données ont été extraites sur les mêmes critères que pour le dénominateur. Cependant, pour plus de précisions sur certaines cartographies et afin d'affiner la population des soudeurs exposée à des fumées de soudage, les codes « nuisances » suivants correspondant aux « Fumées de soudage » (34\*) ont été retenus : (à savoir 34100, 34110, 34120, 34120, 34130, 34140, 34150, 34160, 341Z0 ; sauf 34Z00).

### **2.3.1.3. Résultats**

Le fichier fourni par la CARSAT-RA contient 1548 entrées. Celles-ci sont détaillées par date (2007-2011), par entreprise (nom, SIRET, adresse, code NAF) et par type de pathologie (1<sup>er</sup> digit de la CIM 10).

La Carte 32 présente la géolocalisation des MP reconnues par la CARSAT-RA pour les soudeurs, tôliers chaudronniers et charpentiers métalliques en Rhône-Alpes.





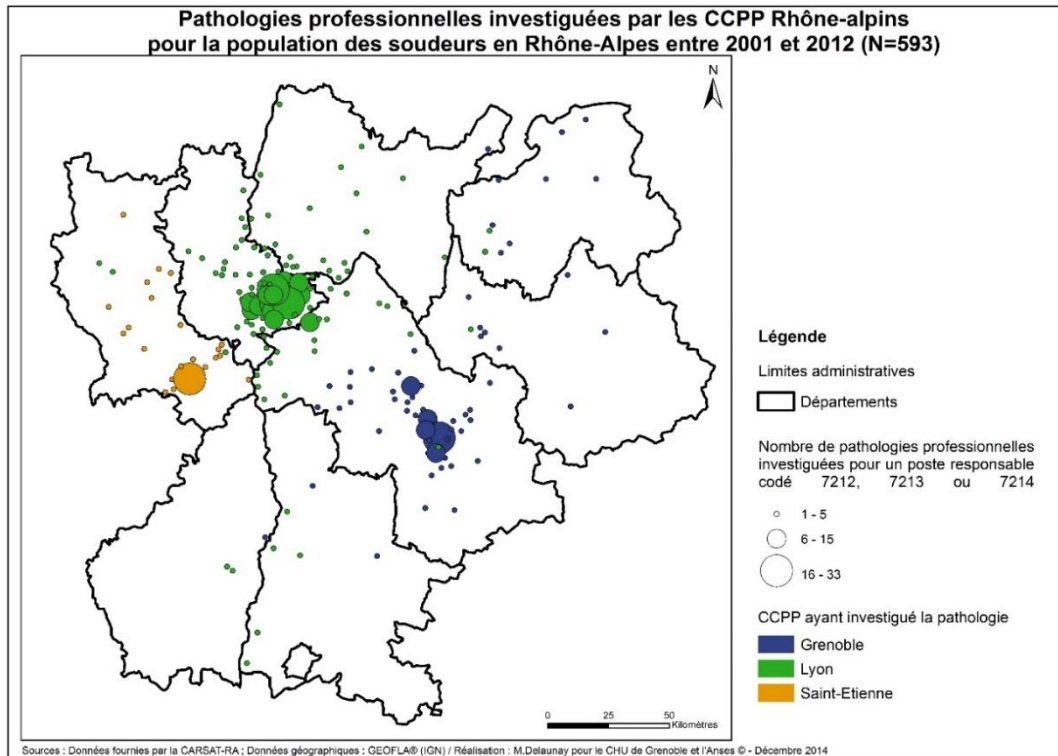
Carte 32 : Localisation du nombre de MP reconnues par la CARSAT-RA pour la population des soudeurs dans la région Rhône-Alpes (2000-2013)

On remarque une répartition des tôliers chaudronniers principalement dans et autour des grandes agglomérations (Grenoble, Lyon, Saint-Étienne, Chambéry), le long des voies de communication (axe autoroutier Saint-Étienne/Lyon) et de la vallée du Rhône (frontière Drôme-Ardèche). En revanche les soudeurs-oxycoupeurs semblent plus dispersés.

Sur les 1057 PST enregistrés par un CCPP rhône-alpin pour un poste de soudeur (code profession ; 7212, 7213, 7214) dans la base rnv3p il y a :

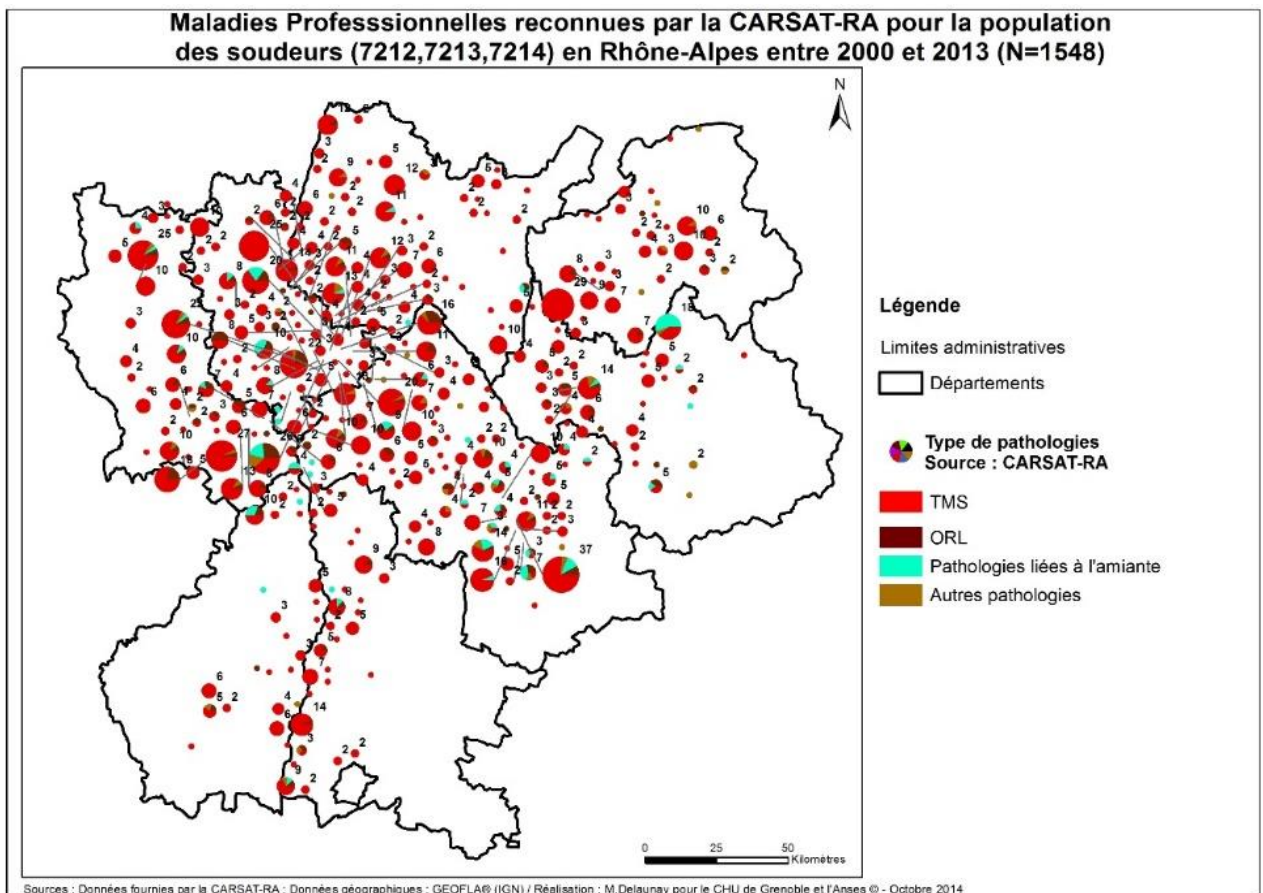
- 1050 PST pour la période 2001-2012 (Lyon n=620, Grenoble n=367, Saint-Étienne n=63) ;
- 607 sont géolocalisés à la commune;
- 593 se trouvent en région Rhône-Alpes.

La Carte 33 permet à la fois d'observer la localisation des PST investigués, de souligner à nouveau clairement les zones de recrutement des CCPPs, majoritairement autour de leur site d'implantation, et les effectifs concernés (Lyon : n=369 ; Grenoble : n=175 ; Saint-Étienne : n=49).

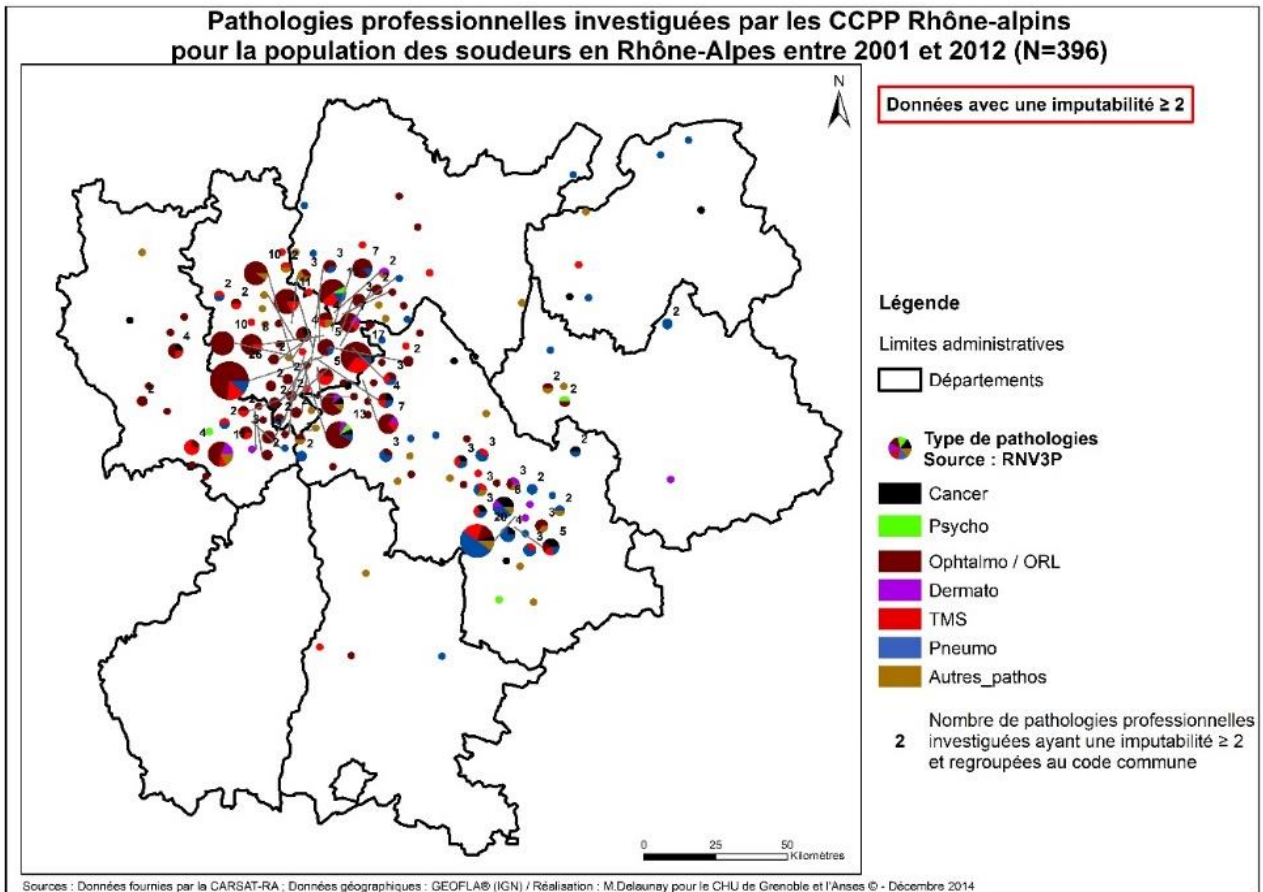


Carte 33 : Localisation des PST investigués par le mv3p pour la population des soudeurs dans la région Rhône-Alpes (2001-2012)

Dans un deuxième temps, il est également possible de regarder les types de pathologies selon les deux sources de données. Comme pour les analyses présentées dans la Partie 3, l'analyse de la typologie des MPI montre ici encore le caractère très prépondérant des TMS (n=1289 soit 83,26%) pour la CARSAT-RA, en comparaison aux autres types de pathologies (Carte 34). Certaines zones apparaissent nettement, où prédominent les pathologies liées à l'amiante. La cartographie de ces données au niveau régional rend toutefois difficile la lecture de certaines zones avec une forte prévalence de MPI (pourtour lyonnais en particulier), d'où la nécessité de réaliser des zooms sur ces zones, ainsi que d'autres présentant certaines spécificités (hors objectif prioritaire de la thèse). Pour le rnv3p, on retrouve à nouveau des types de pathologies plus variées mais ayant toujours un lien avec la spécificité du CCPP : dominante pneumologie pour Grenoble et sa zone de recrutement et ORL (surdités professionnelles pour l'essentiel) pour Lyon et Saint-Étienne.



Carte 34 : Typologie des MP reconnues par la CARSAT-RA pour la population de soudeur en Rhône-Alpes (2000-2013)



Carte 35 : Typologie des pathologies professionnelles investiguées par le rnv3p pour la population de soudeurs en Rhône-Alpes (2001-2012)

### 2.3.2. Autre approche par pathologie : l'asthme professionnel

Selon les études, l'asthme en lien avec le travail correspondrait à entre 15 et 25% de l'ensemble des asthmes de l'adulte. Parmi ces asthmes, on distingue les asthmes préexistants aggravés par le travail, et les asthmes induits par le travail (asthmes professionnels proprement dits). Ces asthmes professionnels peuvent être liés à un phénomène de sensibilisation (allergie) ou être consécutifs à l'inhalation aiguë ou chronique de substances irritantes. Il existe plusieurs centaines d'étiologies d'asthme professionnel. Si les différentes publications nationales et internationales vont dans le sens d'une diminution globale du tribut de ces asthmes professionnels secondaires aux efforts de prévention, divers travaux cohérents montrent en revanche une augmentation propre à certains secteurs et métiers, en particulier les professions de l'entretien. Enfin, l'évolution des métiers et des pratiques révèle toujours de nouvelles niches où l'on retrouve des asthmogènes connus dans de nouvelles utilisations, et où l'on voit apparaître également de nouvelles nuisances en mesure de donner un asthme.

**L'asthme professionnel est donc une pathologie professionnelle fréquente, pour laquelle les différents CCPPs sont tous sollicités**, ce d'autant que les professions numériquement les plus pourvoyeuses d'asthme sont largement représentées : coiffeurs, boulangers, carrossiers-peintres anciennement, personnels de ménage aujourd'hui. C'est donc l'une des pathologies pulmonaires non cancéreuses les plus fréquemment investiguées par les différents CCPPs (voir Tableau 18). **Les cas d'asthme sont globalement bien géolocalisés (72%) car ils sont habituellement reliés à l'entreprise actuelle** (celle pour laquelle les données de localisation sont disponibles). Pour les autres pathologies pulmonaires souvent liées à des expos anciennes (exemple des plaques pleurales, pneumoconiose et fibrose pulmonaires), le pourcentage de PST géolocalisables à une entreprise est moindre. **Ce taux de géolocalisation est cependant très différent selon les centres, allant de 17 à 97 %**, exception faite du CCPP d'Hôtel Dieu ne voyant que les cas de pathologies du sommeil, et donc non concerné par l'asthme (cf. tableau ci-dessous). **Ceci doit nécessairement être pris en compte dans l'interprétation des cartes : en effet, des zones avec moins d'asthmes rapportés peuvent être des zones avec moins de PST géolocalisables.**

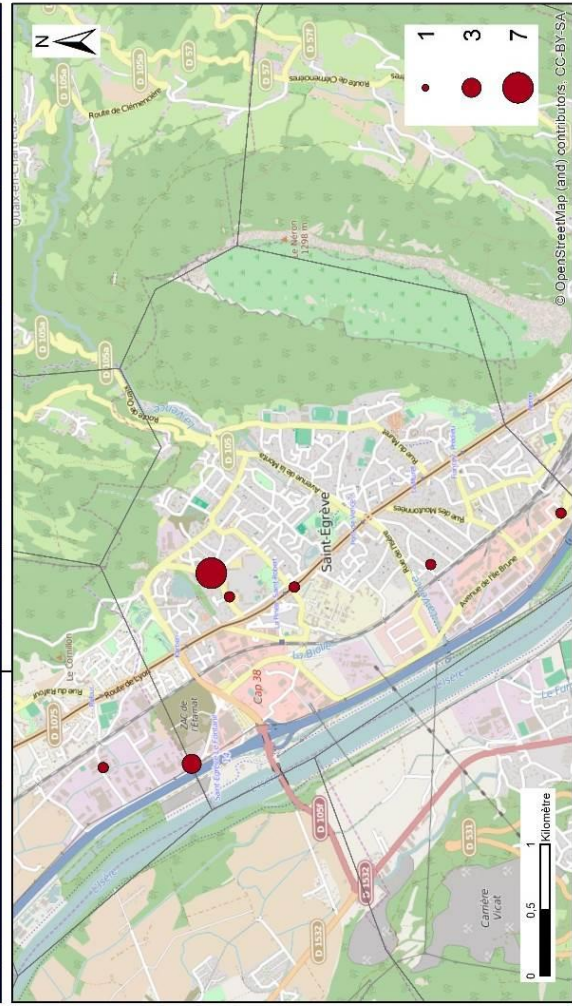
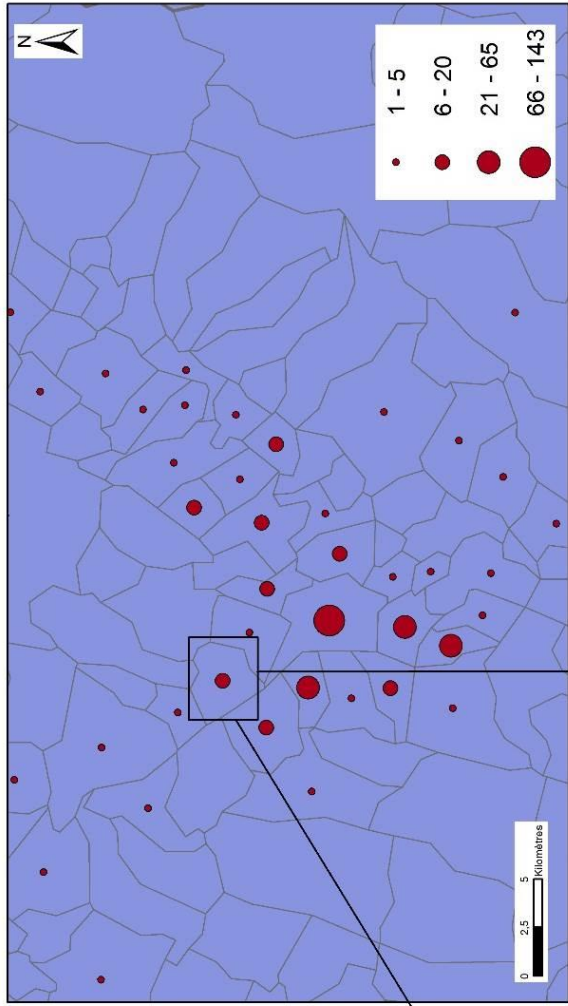
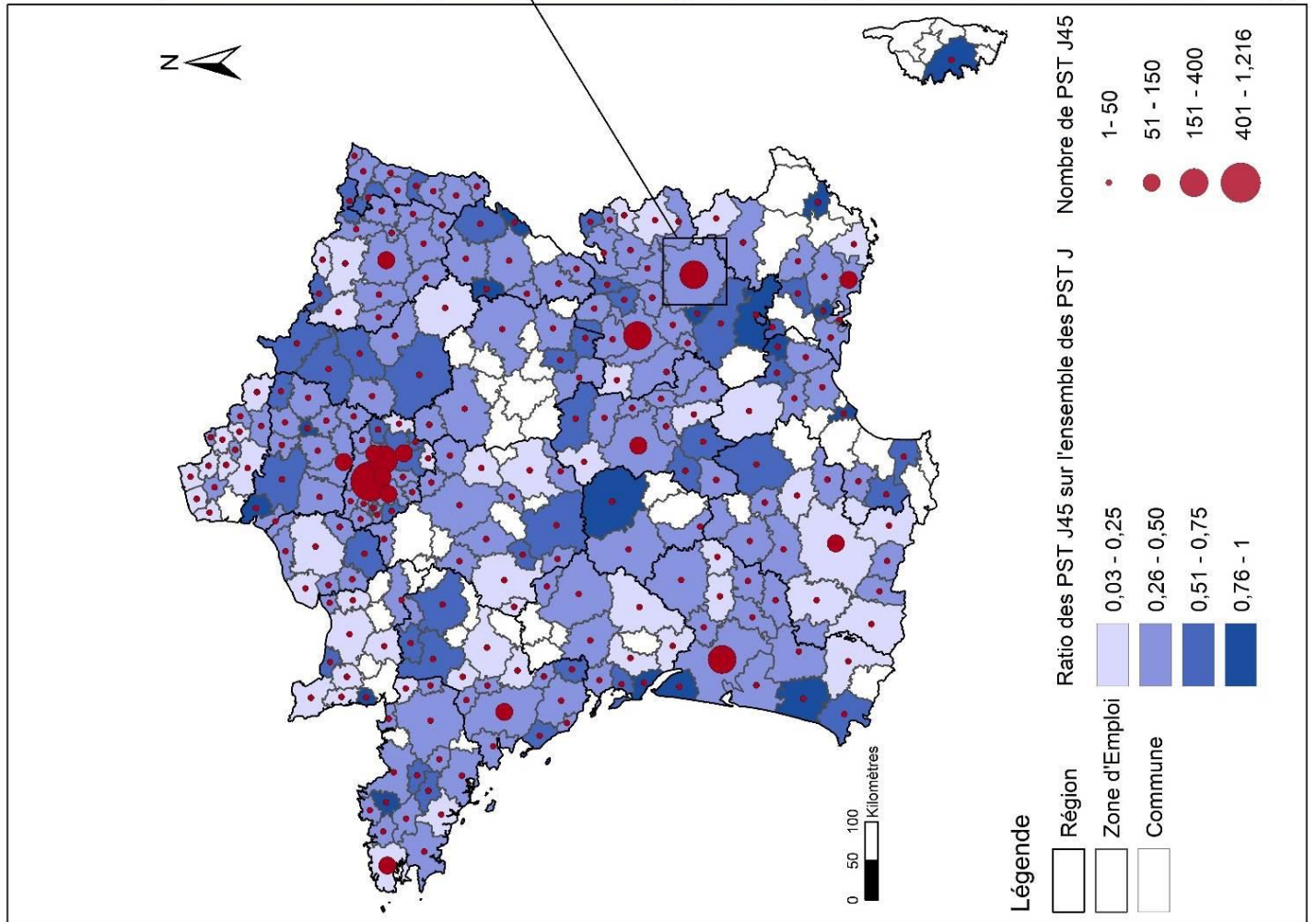
Enfin, dans nos représentations, les cancers de sites respiratoires ne sont pas considérés dans ces pathologies pneumologiques, dans la mesure où, au sein de la hiérarchie CIM-10, ils sont classés parmi les cancers (1<sup>er</sup> digit : C).

Tableau 18 : Répartition du nombre de PST pneumologiques (J) enregistrés et de l'asthme

Centre	PST		PST géolocalisés		% PST géolocalisés	
	J	J45	J	J45	J	J45
Amiens	124	30	27	14	22%	47%
Angers	104	12	87	11	84%	92%
Besançon	88	31	45	22	51%	71%
Bordeaux	1910	448	883	311	46%	69%
Brest	2552	201	922	164	36%	82%
Caen	1877	253	201	42	11%	17%
Cherbourg	407	13	83	6	20%	46%
Clermont-Ferrand	658	119	362	113	55%	95%
Cochin	1958	807	1643	728	84%	90%
Créteil	3002	1019	1699	843	57%	83%
Dijon	53	20	46	19	87%	95%
Fernand-Widal	1529	476	1396	436	91%	92%
Garches	1692	692	358	186	21%	27%
Grenoble	2031	635	1133	524	56%	83%
Hôtel-Dieu	2	0	1	0	50%	0%
Le Havre	1658	58	858	33	52%	57%
Lille	1860	160	410	98	22%	61%
Limoges	25	8	16	7	64%	88%
Lyon	1408	410	736	287	52%	70%
Marseille	506	103	336	88	66%	85%
Montpellier	121	30	68	25	56%	83%
Nancy	666	179	428	146	64%	82%
Nantes	1110	319	513	172	46%	54%
Poitiers	90	24	80	23	89%	96%
Reims	353	149	199	104	56%	70%
Rennes	112	37	100	32	89%	86%
Rouen	974	110	291	77	30%	70%
Saint-Etienne	107	32	91	31	85%	97%
Strasbourg	323	107	210	83	65%	78%
Toulouse	759	163	668	157	88%	96%
Tours	517	104	316	78	61%	75%
<b>TOTAL</b>	<b>28576</b>	<b>6749</b>	<b>14206</b>	<b>4860</b>	<b>50%</b>	<b>72%</b>

En termes de vigilance et surveillance, une approche cartographique peut permettre de renseigner les spécificités de chaque centre, notamment en termes d'asthmes liés à des situations industrielles particulières (niches, nuisances particulières). À une échelle affichant les communes, voire les entreprises, ce type de carte peut permettre de mettre en évidence des cas groupés ou clusters. C'est ce que montre la carte ci-après, avec des groupés tous rapportés à une même entreprise de la commune de Saint-Égrève (n=7 géolocalisés). Des analyses plus poussées doivent être réalisées, intégrant les nuisances responsables comme variables descriptives.

**Localisation de l'asthme professionnel  
à différentes échelles  
(données du rnv3p - toutes imputabilités - 2001-2012)**



Sources : Données fournies par le rnv3p ; Données géographiques GEOFLA® (IGN) et OpenStreetMap (OSM)  
Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Septembre 2015

Carte 36 : Localisation à différentes échelles des PST enregistrés en asthme professionnel (J45) et ratio de ceux-ci sur les pathologies pneumologiques (J)

### **2.3.3.Approche par nuisance / exposition**

**Il n'existe pas de base d'exposition de type « dénominateur » recensant les entreprises exposant à tel ou tel agent. Les expositions du rnv3p sont habituellement celles qui ont déjà engendré des pathologies.**

Précédemment, la variable « nuisance » du rnv3p a été prise en compte dans l'analyse par profession (cf. fumées de soudage), et son intérêt en tant que variable descriptive dans des approches par pathologie a été suggéré

Une approche d'abord centrée sur les nuisances permettrait, par exemple, de cartographier les PST rapportant une exposition au béryllium (une nuisance parfois difficile à identifier), et de comparer avec les cas de beryllose chronique, reconnus en maladie professionnelle. Cela pourrait aider des institutions (type ANSES, INRS) à réaliser des études de filières.

Autre exemple : de multiples travailleurs, non qualifiés de soudeurs, sont toutefois exposés à des fumées de soudage. Ce serait une façon de maximiser la mise en évidence des problèmes de santé au travail associés à ce type de tâches.

La prise en compte de l'imputabilité permet de sélectionner les nuisances selon la force de la relation avec la pathologie.



## Messages clés (16)

**Le pré-requis de ce travail est que le rnv3p renseigne les données permettant de géolocaliser les PST (différentes adresses dont entreprises), et, pour les analyses les plus précises et les pertinentes, le numéro SIRET de l'entreprise dite responsable de la pathologie.**

**En dehors des données en open source (niveau d'agrégation important), l'accès aux différentes bases de données d'intérêt pour notre problématique est encadré (nécessité de conventions et accords), voire n'est envisageable qu'au travers d'un financement (exemple de la base SIRENE), sauf si l'on imagine un accord au niveau des tutelles (très certainement à envisager au niveau de l'ANSES).**

**Les approches développées sur une pathologie (pour laquelle il existe un « gold standard ») et sur des secteurs d'activité peuvent être enrichies d'approches par métier ou par nuisance.**

**Les sorties cartographiques d'un module SIG adossé au rnv3p pourront concerner :**

- un premier aperçu du recrutement brut des CCPPs, si l'on se limite aux seules données rnv3p ;**
- l'affichage beaucoup plus instructif des zones de capture préférentielle et de moindre recrutement en fonction du nombre d'actifs sous-jacents. Ceci peut se faire simplement au niveau des ZE et des 5 grands types d'industrie, à partir des données INSEE téléchargeables gratuitement ;**
- ce recrutement peut être précisé au niveau de chaque NAF en utilisant les données entreprises de la CNAM notamment (et peut être, à terme, les données des DIRECCTE ou de la base SIRENE). Ceci peut être conduit avec des identifications communes, mais se fera au mieux à partir du code SIRET ;**
- les sorties par pathologies (données rnv3p seul) sont également pertinentes, dans la mesure où l'affichage des autres variables descriptives (métier, secteurs d'activité, nuisances, imputabilité, années) permet de les caractériser et les décrire ;**
- la comparaison de numérateurs différents (informations sur des pathologies issues de sources différentes) est extrêmement éclairante, à la fois pour comprendre ce que le rnv3p capte au travers de ses différents centres (et**

**en négatif ce qu'il ne capte pas), mais aussi pour avoir une vision plus large du problème des pathologies attribuables au travail ;**

**- ces analyses pourront être enrichies par l'utilisation d'autres bases de données dénominateur (cf la base CLAP de l'Insee et en particulier son fichier « Postes »), mais aussi d'autres données numérateur.**

**La mise en œuvre des croisements de bases de données nécessite que les bases puissent « se parler », c'est à dire qu'elles aient un identifiant commun et unique. Celui-ci peut être un découpage administratif (communes, ZE, département, région) ; mais, pour une mission de vigilance et de retour à la prévention nécessitant d'aller au plus fin possible dans l'explication du signal, celui-ci doit être plus précis. L'enregistrement du numéro SIRET dans les bases de données travaillant sur des entreprises et des pathologies liées nous semble incontournable pour la suite.**

**Un enjeu majeur pour ce type de système, si l'on s'intéresse à ces fonctions de vigilance et de surveillance, est la capacité d'intégrer des données issues des services de santé au travail de terrain. Cela peut s'envisager sous la forme de partenariats locaux, mais idéalement d'un projet national concerté (intérêt des MIRT et de la DGT ?).**

**Enfin, la question de la dynamique des données se pose. Jusqu'à présent, nos travaux ont porté sur des extractions.**



# Conclusion



Le domaine de la santé au travail est complexe. Une bonne compréhension de ce dernier, aux différentes échelles, depuis le niveau national jusqu'au niveau local, nécessite de se rapporter à la fois à des données de population exposée par types de secteurs d'activité, de métiers et idéalement d'expositions (« dénominateur »), et à des informations relatives aux pathologies attribuées au travail (« numérateurs »). Ces dernières concernent des données dites de sinistralité (AT/MP) enregistrées par les systèmes de sécurité sociale (qui indemnisent ces pathologies), des données issues de réseaux de surveillance visant à créer de la connaissance (PNSM pour le mésothéliome en France), voire de déclaration obligatoire (mésothéliome uniquement), et des données de recours aux soins, comme celles, inédites, du réseau des Centres de Consultations de Pathologies Professionnelles réunies au sein du rnv3p.

Ces données appartiennent à différents partenaires dont les objectifs sont différents. Elles sont analysées de façon séparée, et, par ailleurs, ne proposent pas, le plus souvent, de vision géographique du phénomène des pathologies professionnelles, alors que ces dernières sont elles-mêmes dépendantes de la localisation d'activités sur le territoire.

**L'originalité de ce travail est d'avoir attaqué de front ces deux problématiques : l'analyse simultanée de différentes sources de données éclairantes pour comprendre les problématiques de pathologies liées au travail, et la perspective géographique.**

Plus précisément, les axes principaux de ce travail étaient, en s'appuyant sur certaines des méthodes géographiques précédemment décrites (Partie 1) : de décrire et mieux comprendre la territorialité des données du réseau rnv3p (Partie 2) ; puis de montrer les avantages et limites de l'utilisation d'un outil SIG lors de la comparaison de données, en initiant, ce faisant, une réflexion sur la mise en place d'indicateurs résumant des situations atypiques (Partie 3). Ces parties ont déjà discuté les résultats afférents et identifié les messages principaux. La Partie 4 s'est ensuite appuyée sur les travaux conduits précédemment, ainsi que sur des approches complémentaires, pour proposer des formats de sorties cartographiques qui pourraient résulter d'un outil SIG adossé au rnv3p.

**Notre travail a permis de montrer que l'utilisation d'un outil SIG et ses sorties cartographiques permettent une meilleure visualisation des éléments géographiques du réseau, mais que cette simplification de la réalité ne doit pas avoir un effet contreproductif : on ne peut pas faire confiance à la carte uniquement.** Les questionnements soulevés par les représentations cartographiques doivent être investigués de manière plus poussée (incluant les biais liés au géocodage partiel des données) ; ils induisent souvent la nécessité d'un retour à la donnée, voire aux intervenants de

terrain, pour expliquer au mieux les situations mises en évidence par les cartes. **Ces sorties sont donc un support de travail et de réflexion entre les différents acteurs du diagnostic, de la vigilance et de la prévention.**

L'intégration d'un outil SIG, adossé au rnv3p, permettrait à la fois aux centres de connaître leur territoire (recrutement, population salariée) et de réaliser des résumés cartographiques selon plusieurs paramètres (pathologie, nuisance, code NAF).

L'intérêt principal de l'outil SIG est de pouvoir travailler facilement à différentes échelles. Cet élément a son importance dans la mesure où les différentes bases de données sont issues de différentes sources ayant différentes prérogatives territoriales. La combinaison de données en santé-travail a besoin d'outils permettant différents focus et zooms, selon les situations.

Plusieurs échelles et bases de données sont à considérer pour des travaux futurs. L'ajout de données provenant des SST est à considérer, du fait de leur proximité avec le terrain (entreprises et salariés, données d'exposition et données médicales), et c'est le plus grand challenge. S'il s'agit potentiellement des données les plus intéressantes, tout reste encore à construire si l'on souhaite analyser des données à un niveau autre que purement local (déjà intéressant en soi pour répondre à la question des diagnostics territoriaux dans le cadre des CPOM CARSAT-SST-DIRRECTE). La réforme de la santé au travail a désormais inscrit dans la loi le fait que la participation à la vigilance sanitaire est mentionnée dans les missions du médecin du travail.

Côté dénominateur, les données issues de la base SIRENE seraient particulièrement intéressantes, mais leur accessibilité est actuellement restreinte (contrainte financière), sauf à envisager un accord entre les tutelles de l'ANSES et de l'INSEE.

Côté numérateur, nous avons montré la possibilité de mettre en place des conventions avec les CARSAT à l'échelle régionale, afin de travailler sur des sujets d'intérêt communs. Cela est sans doute reproductible entre d'autres CCPPs et CARSATs. La mise en place de conventions avec la CNAM est un élément à consolider, afin de pouvoir travailler directement à l'échelle nationale (les conventions signées pour ce travail ne concernaient que la fourniture de données sur les secteurs présentés).

Un élément central pour une base de données comme le rnv3p est sa capacité à se comparer ou à fonctionner en lien avec d'autres bases ou systèmes d'information (au niveau national et international). Cette compatibilité doit être étudiée au regard des différents codes utilisés pour les variables d'intérêt (pathologie, risque, secteur d'activité, métier, expositions/nuisances) mais également en termes d'identifiants communs permettant de réunir des observations. Pour cela, l'utilisation du numéro SIRET (qui représente une

entreprise donc les pathologies qui y sont potentiellement liées) nous paraît être le seul identifiant fiable et pertinent pour répondre aux différentes missions de l'outil.

La localisation géographique des activités économiques détermine spatialement la santé au travail. À des fins de vigilance et pour la première fois, notre travail a cartographié et analysé simultanément les activités économiques d'un territoire et des données sanitaires sur les pathologies professionnelles y étant associées. La territorialisation de ces informations a permis de faire émerger les différentes visions des acteurs et d'envisager un outil SIG intégrant tous les aspects (dénominateur, numérateur, exposition) nécessaires à la veille en santé au travail.

Enfin, en termes de veille, il conviendrait d'aller au-delà des données de maladies professionnelles indemnisables. On a vu que l'immense majorité de ces pathologies concerne les TMS pour le régime général. La même chose est vraie pour le régime agricole (3,500 MP par an dont 90% de TMS et pathologies rachidiennes dégénératives, tant chez salariés agricoles que chez les exploitants). Aussi l'analyse de ces bases de données, de par leur nature et leur usage, ne permettra pas de mettre en évidence des relations entre pathologies et travail non encore connues ou d'être réactif par rapport à des problématiques nouvelles.

En ce sens, l'enjeu du croisement de données en termes de santé au travail sera de croiser des bases permettant de préciser l'activité professionnelle des salariés, avec des données de santé globale (par exemple, les bases Affections de Longue Durée ALD, et autres bases de remboursements de médicaments et de soins, déjà remplies en routine en temps réel). Ceci est envisageable, par exemple sur la population agricole, en croisant les bases cotisants et ALD, et en prenant en compte la dimension géographique sous-tendue par l'activité agricole (disponible notamment avec le registre parcellaire agricole) qui conditionne le type d'exposition. Un projet en ce sens est proposé par l'équipe EPSP, capitalisant sur ce travail et d'autres travaux conduits précédemment sur la fouille de données.

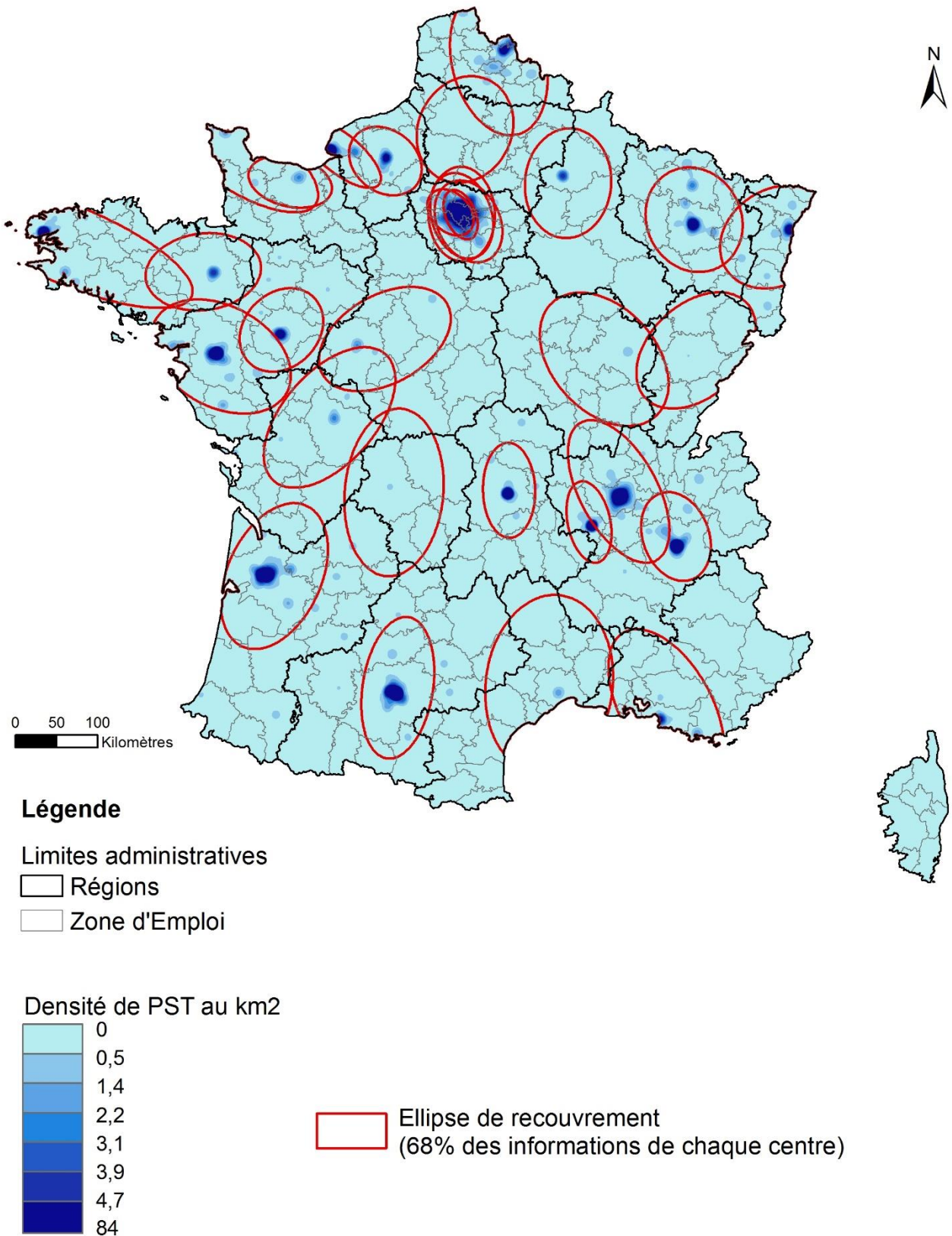




# **Annexes**

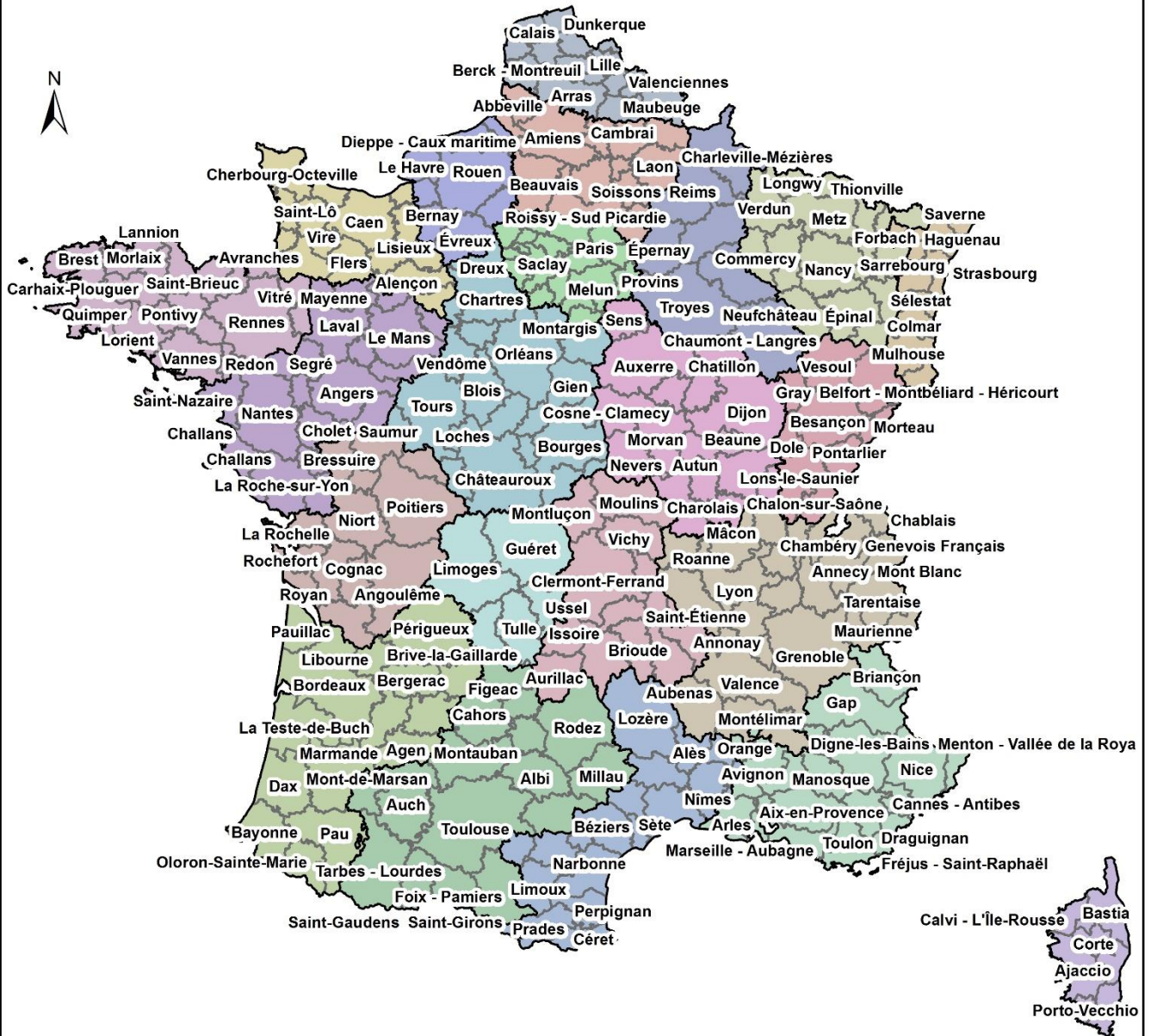


## Densité des PST de la base rnv3p (n=102,536) pour 2001-2012



Source : Données fournies par le RNV3P ; Données géographiques GEOFLA® (IGN)  
Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Juin 2015

## Localisation des Zones d'Emploi (ZE) définies par l'Insee en France métropolitaine (n=304)

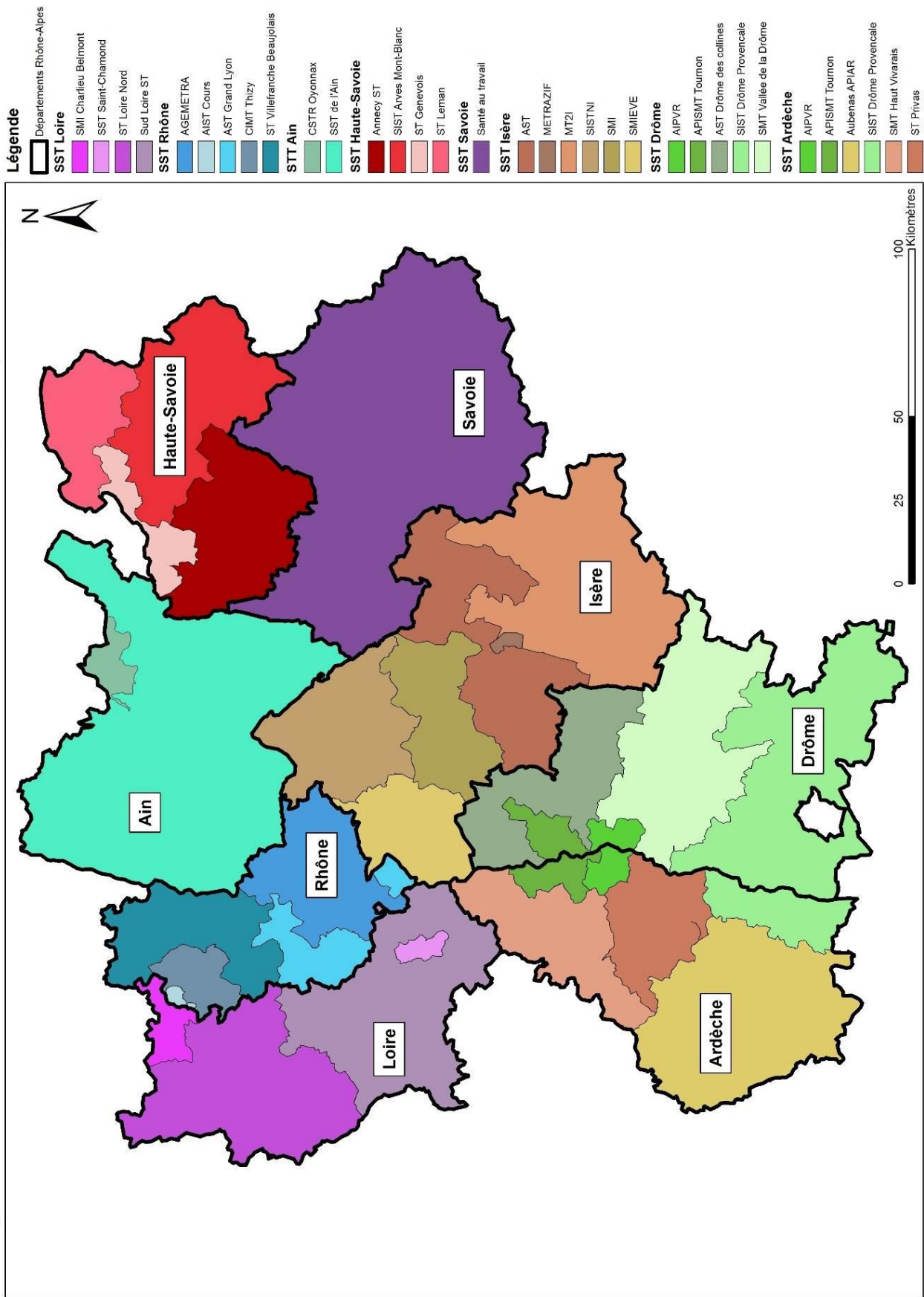


0 50 100  
Kilomètres

- Limites régionales
- Limites des Zones d'Emploi (ZE)

Sources : Données Insee ; Données géographiques GEOFLA® (IGN) / Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble et l'Anses © - Février 2015

# Répartition des Services de Santé au Travail (SST) en région Rhône-Alpes



Sources : Données communiquées par les SST ; Données géographiques : IGN / Réalisation : M.Delaunay pour le CHU de Grenoble © - Décembre 2012

Annexe 3 : Localisation des Services de Santé au Travail (SST) de la région Rhône-Alpes

Annexe 4 : Métallurgie et travail des métaux - Répartition par commune des données des entreprises correspondantes de la CNAM (MPI) et du rnv3p (PST)

Département	Communes		Données CNAM - % MPI					Données rnv3p - % PST							
	Code	Nom	MPI	TMS	ORL	Pathologie liée à l'amiante	Autres pathos	PST	Cancer	Dermato	Ophtalmo / ORL	Pneumo	Psy	TMS	Autres pathos
01	01043	BEYNOST	1	100%	0%	0%	0%	2	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%
	01093	CHATILLON-SUR-CHALARONNE	2	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
	01142	DAGNEUX	4	75%	0%	0%	25%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	01412	SULIGNAT	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
26	26165	LIVRON-SUR-DROME	5	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	26281	ROMANS-SUR-ISERE	3	67%	0%	0%	33%	1	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
38	38013	APPRIEU	16	88%	0%	0%	13%	9	56%	0%	11%	11%	11%	11%	0%
	38027	BARRAUX	1	100%	0%	0%	0%	2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	38100	LE CHEYLAS	13	77%	0%	23%	0%	9	11%	0%	22%	44%	0%	11%	11%
	38140	CROLLES	4	0%	0%	100%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	38151	ECHIROLLES	3	100%	0%	0%	0%	4	0%	0%	0%	0%	75%	25%	0%
	38185	GRENOBLE	22	82%	0%	14%	5%	3	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	38189	HEYRIEUX	4	100%	0%	0%	0%	2	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	38212	LIVET-ET-GAVET	8	25%	13%	38%	25%	9	0%	0%	22%	67%	0%	0%	11%
	38298	LE PEAGE-DE-ROUSSILLON	1	0%	0%	0%	100%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	38317	LE PONT-DE-CLAIX	8	75%	13%	13%	0%	1	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	38318	PONT-EVEQUE	4	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
	38332	RENAGE	3	100%	0%	0%	0%	2	0%	0%	0%	0%	50%	0%	50%
	38337	RIVES	7	86%	0%	0%	14%	3	0%	0%	0%	67%	0%	33%	0%
	38378	SAINT-CLAIR-DU-RHONE	4	0%	75%	25%	0%	1	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	38421	SAINT-MARTIN-D'HERES	4	50%	25%	0%	25%	7	0%	29%	29%	0%	14%	29%	0%
	38451	SAINT-ROMAIN-DE-JALIONAS	4	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
38540	VEUREY-VOROIZE	6	83%	0%	0%	17%	4	0%	50%	25%	0%	0%	0%	25%	
42	42043	CHAMBOEUF	1	100%	0%	0%	0%	1	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	42044	LE CHAMBON-FEUGEROLLES	18	72%	22%	0%	6%	2	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%
	42094	FEURS	27	70%	11%	4%	15%	27	7%	4%	52%	11%	4%	22%	0%
	42095	FIRMINY	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	42123	LORETTE	2	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	42147	MONTBRISON	4	100%	0%	0%	0%	2	50%	0%	50%	0%	0%	0%	0%
	42187	ROANNE	1	0%	0%	0%	100%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	42189	ROCHE-LA-MOLIERE	8	88%	0%	0%	13%	3	0%	67%	0%	0%	0%	33%	0%

	42218	SAINT-ETIENNE	19	58%	0%	0%	42%	8	0%	25%	13%	25%	0%	38%	0%
	42302	SORBIERS	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	42305	LA TALAUDIÈRE	2	0%	0%	0%	100%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
69	69019	BELLEVILLE	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	69027	BRIGNAIS	3	33%	67%	0%	0%	3	0%	0%	67%	0%	0%	33%	0%
	69028	BRINDAS	5	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	69043	CHAPONOST	11	82%	9%	9%	0%	8	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	69094	GREZIEU-LA-VARENNE	2	50%	50%	0%	0%	1	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	69152	PIERRE-BENITE	3	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
	69211	SAINT-JEAN-D'ARDIERES	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
	69256	VAULX-EN-VELIN	12	92%	8%	0%	0%	8	0%	0%	63%	13%	13%	13%	0%
	69259	VENISSIEUX	18	61%	11%	22%	6%	12	8%	0%	75%	0%	0%	17%	0%
	69266	VILLEURBANNE	4	50%	25%	0%	25%	6	0%	17%	33%	33%	0%	17%	0%
	69271	CHASSIEU	11	64%	9%	0%	27%	8	13%	0%	75%	13%	0%	0%	0%
	69275	DECINES-CHARPIEU	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	69277	GENAS	1	0%	0%	0%	100%	3	0%	33%	67%	0%	0%	0%	0%
	69282	MEYZIEU	1	0%	100%	0%	0%	1	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	69290	SAINT-PRIEST	1	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
73	73065	CHAMBERY	2	0%	0%	0%	100%	1	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	73087	COGNIN	2	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	73213	LA RAVOIRE	14	93%	0%	0%	7%	2	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%
	73248	SAINT-JEAN-DE-MAURIENNE	15	27%	27%	20%	27%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	73303	UGINE	80	20%	5%	69%	6%	11	18%	9%	27%	45%	0%	0%	0%
74	74081	CLUSES	12	100%	0%	0%	0%	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	74169	MARNAZ	2	100%	0%	0%	0%	1	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	74278	THYEZ	4	0%	25%	0%	75%	1	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
<b>TOTAL</b>			<b>418</b>	<b>62%</b>	<b>8%</b>	<b>19%</b>	<b>12%</b>	<b>190</b>	<b>8%</b>	<b>12%</b>	<b>36%</b>	<b>21%</b>	<b>6%</b>	<b>13%</b>	<b>4%</b>





# **Bibliographie**



Amat-Roze J-M, 2011,

La territorialisation de la santé : quand le territoire fait débat,  
Hérodote, N°143, pp 13-50.

ANSES, 2011,

Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles, Rapport scientifique,  
Maisons-Alfort, ANSES, 282 p.

ARS Auvergne, 2009,

Guide des vigilances sanitaires et de la gestion des risques sanitaires hospitaliers,  
Clermont-Ferrand, ARS Auvergne, 64 p.

Barbier B, 2005,

Minatoc, fruit du remariage entre Grenoble et le CEA,  
Le journal de l'école de Paris du management, N°52, pp 25-30.

Béguin M, Pumain D, 2000,

La représentation des données géographiques,  
Paris, Colin, coll. Cursus, 192 p.

Bell B, Hoskins R, Pickle L, Wartenberg D, 2006

Current practices in spatial analysis of cancer data: mapping health statistics to inform policymakers and the public,  
International Journal of Health Geographics, 5:49, 14 p.

Benko G, 2008,

La géographie économique : un siècle d'histoire,  
Annales de géographie, N° 664, pp 23-49.

Blot W, Fraumeni J, 1976,

Geographic patterns of lung cancer : industrial correlations,  
American Journal of Epidemiology, 103:539-550.

Bonneterre V, Faisandier L, Bicout D, Bernardet C, Piollat J, Ameille J, et al, RNV3P, 2009,

Programmed health surveillance and detection of emerging diseases in occupational health: contribution of the French national occupational disease surveillance and prevention network (RNV3P),

Occupational and Environmental Medicine, 67(3):178-86.

Bonneterre Vincent, 2011,

Détection et investigation de maladies professionnelles potentiellement émergentes à partir du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P),  
Thèse de Sciences, Modèles, Méthodes et Algorithmes pour la Biologie, la Santé et l'Environnement, Université de Grenoble, 312p.

Boulos M, Roudsari A, Carson E, 2001,  
Health Geomatics: An Enabling Suite of Technologies in Health and Healthcare,  
Journal of Biomedical Informatics, Vol 34, pp 195–219.

Boulos M, 2004,  
Towards evidence-based, GIS-driven national spatial health information infrastructure and  
surveillance services in the United Kingdom,  
International Journal of Health Geographics, 3:1, 50 p.

Bouyer J, Hémon S, Cordier S, Derriennic F, Stücker I, Stengel B, Clavel J, 1993,  
Epidémiologie, Principes et methods quantitatives,  
Paris, Inserm, 497 p.

Caisse nationale de l'Assurance maladie des travailleurs salariés, 2012,  
Rapport de gestion,  
Paris, CNAM-TS, 93 p.

Caisse nationale de l'Assurance maladie des travailleurs salariés, 2013,  
Rapport de gestion,  
Paris, CNAM-TS, 117 p.

Chrisman N, 2006,  
Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS,  
California, Esri Press, 232 p.

Comber E, Charreire H, Le Vaillant M, Michaut F, Ferdynus C, Amat-Roze J-M, et al., 2013,  
Perinatal health inequalities and accessibility of maternity services in a rural French region:  
Closing maternity units in Burgundy,  
Health & Place, 24:225–233.

Crider K, Maples E, Gohlke J, 2014,  
Incorporating occupational risk in heat stress vulnerability mapping,  
Journal of Environmental Health, 77(1):16-22.

Daviet S, 2005,  
Trente ans de géographie industrielle dans les Annales de géographie (1970-1999),  
Annales de géographie, N° 641, pp 73-92.

Deneux Jean-François, 2006  
Histoire de la pensée géographique,  
Paris, Belin, 255 p.

De Silva SR, Bundy ED, Smith PD, Gaydos JC, 1999,  
A geographical information system technique for record-matching in a study of cancer deaths  
in welders,  
Journal of Occupational and Environmental Medicine, 41(6):464-8.

- Dutheil-Pessin C, 2009,  
50 ans de mémoire – Les gens qui ont fait la microélectronique à Grenoble,  
Condé-sur-Noireau, 203 p.
- Enderlin P, Imbert F, 2008,  
Lissage géographique : une méthode pour représenter de façon plus satisfaisante l'offre de soins,  
In : Congrès national des Observatoires régionaux de la santé 2008 - Les inégalités de santé  
Marseille, 16-17 octobre 2008,  
ORS Alsace, Strasbourg, France, 5 p.
- Fabriès-Verfaillie M, Stragiotti P et Jouve A, 2000,  
La France des villes: le temps des métropoles ?,  
Bréal, 336 p.
- Faisandier L, 2012,  
De la surveillance à la détection des Problèmes de Santé au Travail potentiellement émergents  
dans un contexte de multi-exposition : Développement de méthodes appliquées au Réseau  
National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles.  
Thèse de Sciences, Modèles, Méthodes et Algorithmes pour la Biologie, la Santé et  
l'Environnement, Université de Grenoble, 268p.
- Falcone U, Gilardi L, Pasqualini O et al., 2010,  
Uso integrato di banche dati per la mappatura di lavorazioni con esposizione a cancerogeni  
nella Regione Piemonte: l'esempio della formaldeide,  
La Medicina del Lavoro, 101(2): 83-90.
- Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA, 2004,  
Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy,  
Occupational and Environmental Medicine, 61(9):757-63.
- Fazzo L, Minelli G, De Santis M, Bruno C, Zona A, Marinaccio A, Conti S, Pirastu R, Comba P,  
2012,  
Mesothelioma mortality surveillance and asbestos exposure tracking in Italy,  
Annali dell'Istituto Superiore di Sanità, 48(3): 300-310.
- Fleuret S, Thorez J-P, 2007  
Géographie de la santé – Un panorama,  
Economica, Collection Anthropos, 302 p.
- Fleuret S, Hoyez A-C, 2011,  
Santé et géographie – Nouveaux regards,  
Economica, Collection Anthropos, 302 p.
- Fournet F, Meunier-Nikiema A, Salem G, 2008,  
Ouagadougou (1850-2004) – Une urbanisation différenciée,  
IRD Editions, Petit Atlas Urbain, 143 p.

- Frados E, Papathanasiou I, Mitsi D, Tsaras K, Kleisiaris C, Kourkouta L, 2014,  
Health based geographic information systems (SIG) and their applications  
*Acta Informatica Medica*, 22(6):402-405.
- Gallot C, Bonnet N, Chérié-Challine L, 2015,  
Déclaration obligatoire des mésothéliomes en France : principaux résultats, 2012-2013.  
*Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, (3-4):47-54.
- Gasquet Clélia, 2010,  
Une géographie de la fièvre hémorragique à virus Ebola : représentations et réalités d'une  
maladie émergente au Gabon et en République du Congo,  
Thèse de doctorat, Géographie humaine, Université de Nanterre, 492 p.
- Genevois S, 2008,  
*Quand la géomatique rentre en classe. Usages cartographiques et nouvelle éducation  
géographique dans l'enseignement secondaire*,  
Thèse de doctorat, Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Université de Saint-  
Etienne, 358 p.
- George P, 1988,  
Réflexions sur la géographie du travail – Rétrospective et prospective,  
*Espace, Populations, Sociétés*, 6(3):399-403.
- Gilg Soit Ilg A, Ducamp S, Gramond C, Audignon S, Chamming's S, de Quillacq A, et al., 2015,  
Programme national de surveillance du mésothéliome (PNSM). Actualisation des principaux  
résultats,  
*Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, (3-4):28-37.
- Godderis L, Johannik K, Mylle G, Bulterys S, Moens G, 2014,  
Epidemiological and performance indicators for occupational health services: a feasibility  
study in Belgium,  
*BMC Health Services Research*, 19;14:410.
- Goldberg D, Jacquez G, 2012,  
Advances in geocoding for the health sciences,  
*Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 3:1-5.
- Goldsmith J, 1977,  
Geographical pathology as a method for detecting occupational cancer,  
*Journal of Occupational Medicine*, 19(8):533-539.
- Guglielmo R, 2008,  
Pierre George, promoteur de la géographie industrielle,  
*Cahiers de géographie du Québec*, Vol 52, N°146, pp 255-259.
- Hansell A, Best N, Rushton L, 2009,  
Lessons from ecological and spatial studies in relation to occupational lung disease,  
*Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 9(2):87-92.

Haut Conseil de la Santé Publique, 2014,  
Repérage de l'amiante, mesures d'empoussièremment et révision du seuil de déclenchement des  
travaux de retrait ou de confinement de matériaux contenant de l'amiante – Analyse et  
recommandations [Validé par la Commission spécialisée « Risques liés à l'environnement » le  
23 mai 2014],  
Paris, Haut Conseil de la Santé Publique, 109 p.

Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Rahimi Forushani A, Gaeini A, 2015,  
Outdoor occupational environments and heat stress in Iran,  
Journal of Environmental Health Science and Engineering, 28;13:48.

Henrard J-C, 1995,  
Plans et planification – Définition et histoire,  
Actualité et Dossier en Santé Publique, N°11, pp 2-4.

Houdebine Michel, 1999,  
Concentration géographique des activités et spécialisation des départements français,  
Economie et statistique, N° 326-327, pp 189-204.

INRS, 2012,  
Les maladies professionnelles – Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime  
agricole de la Sécurité Sociale, ED 835, Mise à jour mai 2012,  
Paris, INRS, 360 p.

Insee, 2010,  
Atlas des zones d'emploi 2010,  
Paris, Insee, 84 p.

Institut national de Veille Sanitaire, 2005,  
L'alerte sanitaire en France - Principes et organisation,  
Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 77 p.

Institut national de Veille Sanitaire, 2011,  
La veille et l'alerte sanitaires en France,  
Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 63 p.

Institut national de Veille Sanitaire, 2011  
Introduction aux statistiques spatiales et aux systèmes d'information géographique en santé  
environnement – Application aux études écologiques  
Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 68 p.

International Labour Office, International Labour Standards Department, Employment Policy  
Department, 2013,  
Guide on employment policy and International Labour Standards,  
Geneva: ILO, 65 p.



IRDES, 2013,

La géographie de la santé – Synthèse thématique,  
Paris, 139 p.

IRDES, 2015,

Historique des réformes hospitalières en France – Synthèse thématique,  
Paris, 36 p.

Jourdain A, de Turenne I, 1997,

Mots-clés de la planification sanitaire,  
Rennes, ENSP, 144 p.

Kamardeen I, 2011,

E-OHS planning system for builders.  
Architectural Science Review, 54(1), pp 50–64.

Khireddine I, Lemaître A, Homère J, Plaine J, Garras L, Riol MC, et al., 2012,

La souffrance psychique en lien avec le travail chez les salariés actifs en France entre 2007 et 2012, à partir du programme MCP,  
Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, (23):431-8.

Kim M, Kim H, Paek D, 2014,

The health impacts of semiconductor production: an epidemiologic review,  
International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 20(2):95-114.

Koehler KA, Volckens J, 2011,

Prospects and pitfalls of occupational hazard mapping: 'between these lines there be dragons',  
The Annals of Occupational Hygiene, 55(8):829-40.

Leclerc A, Kaminski M, Lang T, 2008

Inégaux face à la santé, chapitre 11 : Travail, emploi,  
Paris, La Découverte, pp 164-176.

Leducq D, Lusso B, 2011,

Le cluster innovant : conceptualisation et application territoriale,  
Cybergeog : Revue européenne de géographie, N° 521, 25 p.

Lhomme S,

*Introduction à l'analyse spatiale*,  
Polycopié de cours, Université Paris Est-Créteil, 80p.

Lysaniuk B, Croisé A, Tabeaud M, Counil E, 2015,

La difficile compilation d'information(s) géographique(s) relative(s) à un cancérigène : étude pilote sur les expositions professionnelles à l'amiante en SeineSaintDenis,  
Pollution atmosphérique, N° 225, Avril-Juin 2015, 11 p.

Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions (Certu), 2005,  
L'estimation de la densité par la méthode du noyau – Méthodes et outils,  
Lyon, Certu, 32 p.

Ministère de l'emploi, du travail et de la cohésion sociale, 2005,  
Plan Santé au Travail 2005-2009,  
Paris, Ministère de l'emploi, du travail et de la cohésion sociale, 80 p.

Ministère du travail, de la solidarité et de la fonction publique, 2010,  
Plan Santé au Travail 2010-2014,  
Paris, Ministère du travail, de la solidarité et de la fonction publique, 2010, 53 p.

Moreau J-P, 2009,  
50 ans d'une industrie – Aventure industrielle et technologique de la microélectronique à Grenoble,  
Condé-sur-Noireau, 129 p.

Neff R, 2006,  
In the wrong place ? : Geographic variation in the U.S – Occupational injury / Illness rates,  
Thesis, Baltimore : Johns Hopkins University, 256 p.

Neff R, Curriero F, Burke T, 2008,  
Just in the wrong place...?: geographic tools for occupational injury/illness surveillance,  
American Journal of Industrial Medicine, 51(9):680-90.

Nguyen A, 2014,  
Risques professionnels dans la fabrication des semi-conducteurs  
Thèse, Médecine humaine et pathologie, Grenoble: Université Joseph Fourier, 134 p.

Nikiéma, 2008,  
Prise en charge thérapeutique des personnes vivant avec le VIH et territorialités : exemple du Burkina Faso,  
Thèse, Economie, Gestion Et Espace, Université Paris Est, 272 p.

Organisation Mondiale de la Santé [Approuvé par l'Assemblée mondiale de la Santé en mai 2007], 2007,  
Plan d'action mondial pour la santé des travailleurs 2008-2017,  
Genève, OMS, 12 p.

Park J, 2013,  
We Should Have Concerns about Risk Transfer,  
Safe Health Work, 4(2):75-6.

Parrochia D, 2006,  
*Pour une théorie de la relativité géographique - Vers une généralisation du modèle gravitaire*,  
Cybergeo : Revue européenne de géographie, N° 337, 18 p.

Picheral Henri, 2001,  
Dictionnaire raisonné de la géographie de la santé,  
Montpellier, Presses Universitaires de la Méditerranée, 308 p.

Pickle L, Szczur M, Lewis D, Stinchcomb D, 2006,  
The crossroads of GIS and health information: a workshop on developing a research agenda to improve cancer control  
International Journal of Health Geographics, 5:51, 13 p.

Pickle L, Carr D, 2010  
Visualizing health data with micromaps,  
Spatial and Spatio-temporal Epidemiology 1(2-3):143–150.

Pilkington H, Blondel B, Drewniak N, Zeitlin J, 2014,  
Where does distance matter? Distance to the closest maternity unit and risk of foetal and neonatal mortality in France,  
European Journal of Public Health, Vol 24, N° 6, pp 904–909.

Pumain D, 2014,  
Analyse spatiale – Généralités,  
In : Encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la géographie en accès libre (à comité de lecture) : [www.hypergeo.eu](http://www.hypergeo.eu)

Pumain Denise, 2014,  
Lieux centraux,  
In : Encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la géographie en accès libre (à comité de lecture) : [www.hypergeo.eu](http://www.hypergeo.eu)

Ribac F, 2011,  
Catherine Dutheil-Pessin. 50 ans de mémoire. Les gens qui ont fait la microélectronique à Grenoble,  
Revue d'anthropologie des connaissances, Vol 5, N° 1, pp 161-171.

Salem G, 1995,  
Géographie de la santé, santé de la géographie,  
Espace, Populations, Sociétés, 13(1)25 :30.

Stone B, Blot W, Fraumeni, 1978  
Geographic patterns of industry in the United States. An aid to the study of occupational disease.  
Journal of Occupational Medicine, 20(7):472-7.

Texier G, Gaudart J, Queyriaux B,  
Techniques d'analyse spatiale,  
In: Astagneau P, Ancelle T, Surveillance épidémiologique – Principes, méthodes et applications  
en santé publique,  
Paris, Médecine Sciences Publications, Lavoisier, pp 57-67.

Thouez J-P, Godon D, 1984,  
Géographie du travail et de la santé : le cas de la mortalité par cancers par secteurs d'activité  
selon les bassins d'emploi au Québec,  
Espace, Populations, Sociétés, 2(3)47 :58.

Tomlinson R, 1998,  
The Canada Geographic Information System  
In : Foresman T, editor, The History of Geographic Information Systems: Perspectives from  
the Pioneers,  
Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ (USA), 397 p.

Valenty M, Homère J, Mevel M, Le Naour C, Garras L, Chevalier A, 2012,  
Programme de surveillance des maladies à caractère professionnel (MCP) en France. Résultats  
des Quinzaines MCP 2006 - 2007 – 2008,  
Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 103 p.

Valenty M, Homère J, Lemaitre A, Plaine J, Ruhlman M, Cohidon C, Imbernon E, 2015,  
Surveillance programme for uncompensated work-related diseases in France,  
Occupational Medicine, London, First published online: July 14, 2015.

Van der Westhuizen Hennie, 2005,  
The representation of hearing conservation data by way of a geographical information system,  
Occupational Health Southern Africa, pp 28–32.

Vela Acosta M, Reding D, Cooper SP, Gunderson P, 2005,  
Lessons learned: geographic information systems and farmworkers in the Lake States,  
Journal of Agricultural Safety and Health, 11(1):85-97.

Vignerot E, 2002,  
Pour une approche territoriale de la santé,  
Paris, L'Aube-Datar, 285 p.

Volkoff S, Thébaud-Mony A, 2000,  
Santé au travail : l'inégalité des parcours (chapitre 22),  
In : Leclerc A, Fassin D, Grandjean H, Kaminski M, Lang T – Les inégalités sociales de santé,  
Paris, La Découverte, pp 349-361.

Watts D, Strogatz S, 1998,  
*Collective dynamics of 'small-world' networks*,  
Nature, 393, pp 440-442.

Zaninetti Jean-Marc, 2005,  
Statistique spatiale – Méthodes et applications géomatiques,  
Paris, Lavoisier, Hermes Science, 320 p.

# **Valorisation**



## Article scientifique

À venir : soumission à International Journal of Health Geographics de l'article **“Geographic dimensions of a health network dedicated to occupational and work related diseases”** ; en attente des nouvelles extractions de données du PNSM, **l'article est présenté ci-après.**

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Le Barbier M, Gilg Soit Ilg A, Maître A, Barbeau D, Bonneterre V.



1 **Geographic dimensions of a health network dedicated to occupational and work related diseases**

2

3 **Authors**

- 4 1. Delaunay, Marie <sup>(1,2,3)</sup> : delaunay\_marie@hotmail.fr  
5 2. Godard, Vincent <sup>(2,3)</sup> : vgodard@univ-paris8.fr  
6 3. De Gaudemaris, Régis <sup>(1,4)</sup> : RDeGaudemaris@chu-grenoble.fr  
7 4. Le Barbier, Mélina <sup>(5)</sup> : melina.lebarbier@anses.fr  
8 5. Gilg Soit Ilg, Annabelle <sup>(6)</sup> : a.gilg@invs.sante.fr  
9 6. Aubert Cédric <sup>(1,4)</sup> : CAubert@chu-grenoble.fr  
10 7. Maître, Anne <sup>(1,7)</sup> : anne.maitre@ujf-grenoble.fr  
11 8. Barbeau, Damien <sup>(1,7)</sup> : dbarbeau@chu-grenoble.fr  
12 9. Bonnetterre, Vincent <sup>(1,4)</sup> : VBonnetterre@chu-grenoble.fr  
13

14 **Institutional addresses**

- 15 1. Environment and prediction of population health team (EPSP), TIMC-IMAG CNRS UMR 5525, Univ.  
16 Grenoble Alpes, Grenoble, F-38041, France  
17 2. Laboratoire Dynamiques sociales et recomposition des espaces (Ladyss), CNRS UMR 7533, Paris 8  
18 University, Saint-Denis, F-93526, France  
19 3. MSH (Maison des Sciences de l'Homme) Paris Nord, Saint-Denis, F- 93210, France  
20 4. Occupational Diseases Clinic, Grenoble University Hospital (CHU de Grenoble), Grenoble cedex 9, CS  
21 10217, F- 38043, France  
22 5. RNV3P, French Agency for Health Safety in Food, Environment and Work (ANSES) Maisons-Alfort  
23 cedex, F-94701, France  
24 6. Department of Occupational Health, InVS INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE, F-94415 Saint-Maurice  
25 Cedex, France  
26 7. Occupational and Environmental Toxicology Laboratory, Biochemistry Toxicology and Pharmacology  
27 Department, Biology and Pathology Institute, Grenoble University Hospital (CHU de Grenoble),  
28 Grenoble cedex 9, CS 10217, F- 38043, France  
29  
30

31 **Abstract**

32 **Background.** Although introduced nearly 40 years ago, Geographic Information Systems (GISs) have  
33 never been used to study Occupational Health information regarding the different types, scale or  
34 sources of data. The geographic distribution of occupational diseases and underlying work activities  
35 were always analyzed independently. Our aim was to consider the French network of Occupational  
36 Disease (OD) clinics, namely the "French National OD Surveillance and Prevention Network" (rnv3p) as  
37 a spatial object in order to describe its catchment.

38 **Methods.** We mapped rnv3p observations at the workplace level. We initially analyzed rnv3p capture  
39 with reference to its own data, then to the underlying workforce (INSEE data), and finally compared  
40 its capture of one emblematic occupational disease (mesothelioma) to an external dataset provided  
41 by a surveillance system thought to be exhaustive (PNSM).

1 **Results.** While the whole country is covered by the network (observations in 295 of the 297  
2 employment zones of the French territory, Corsica excluded), the density of observations decreases  
3 with increase in the distance from the 31 OD Clinics (located within the main French cities). Taking into  
4 account the underlying workforce, we show that the probability to capture and investigation of OD  
5 (assessed by rates of OD per 10,000 workers) also presents large discrepancies between OD clinics.  
6 This capture rate might also show differences according to the disease, as exemplified by  
7 mesothelioma.

8 **Conclusions.** The geographic approach to this network, enhanced by the possibilities provided by the  
9 GIS tool, allow a better understanding of the coverage of this network at a national level, as well as the  
10 visualization of capture rates for all OD clinics. Highlighting geographic and thematic shading zones  
11 bring new perspectives to the analysis of occupational health data, and should improve occupational  
12 health vigilance and surveillance.

13

14 **Key words**

15 Occupational health / Occupational diseases / Surveillance network / Stakeholders / Geographic  
16 Information System / Spatial analysis

## 1 Introduction

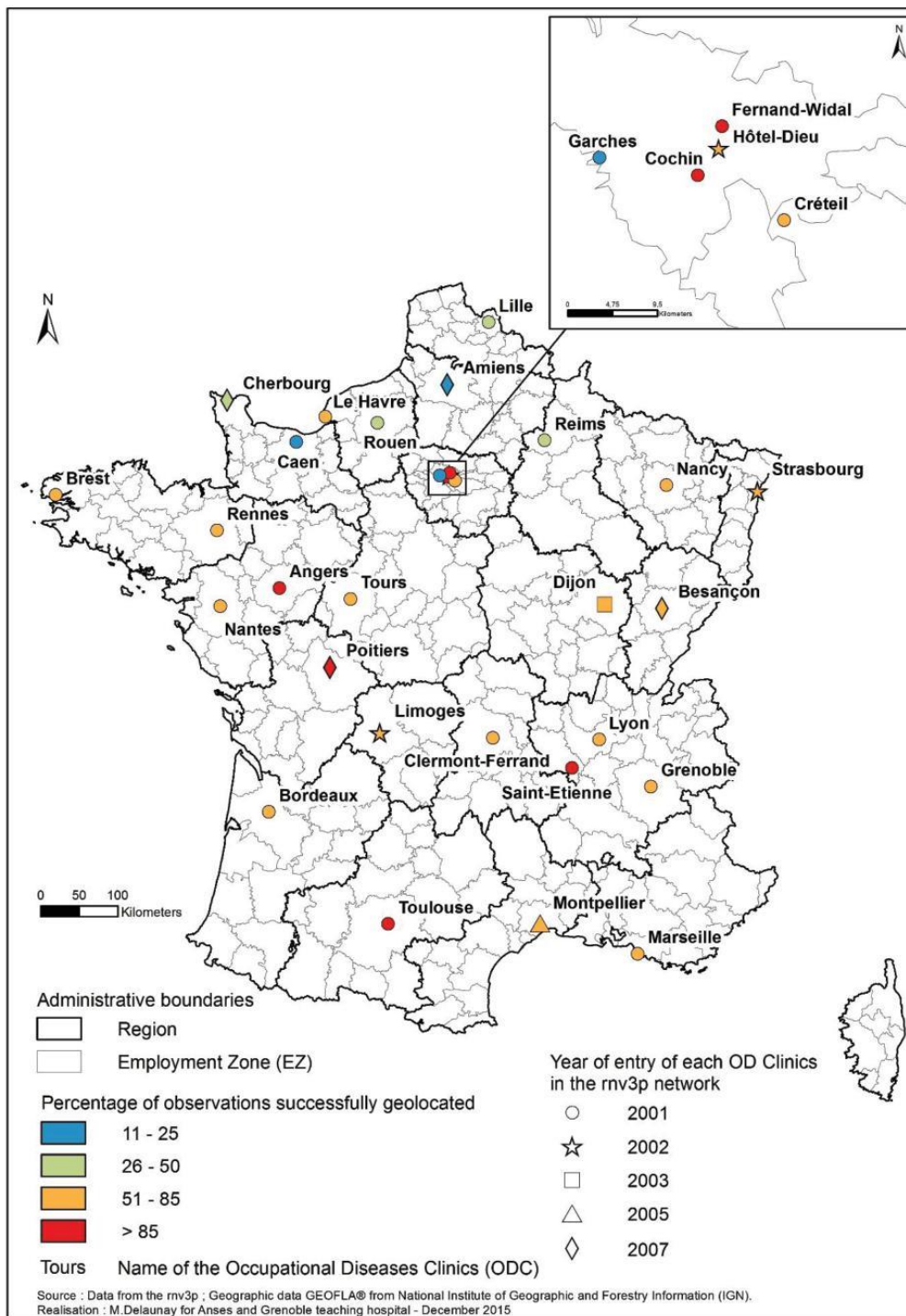
2 The Occupational Health (OH) field is complex because it combines many different types of data  
3 (activity sector, occupations, risk exposures, diseases), available at different levels (municipalities,  
4 activity territories, employment areas, regions, etc.) and from different partners (insurers,  
5 stakeholders, monitoring systems). These multiple sources of data, formalized or not, have always  
6 been analysed independently, ignoring in particular the associated geographic dimension (zones of  
7 activity).

8 Even though OH is spatially determined, linked to the location of particular sectors of activity, only a  
9 few papers have addressed it. Although the use of the Geographic Information System (GIS) was  
10 discussed in studies describing the spatial distribution of some activity sectors and work related  
11 problems [1,2,3,4], very few papers have followed [5].

12 Very recently a “proof of concept” paper [6] showed that the use of GIS was a useful way to integrate,  
13 analyse and present OH data, from a national to a local level (macro approach), but also within a single  
14 workplace (micro approach). This article discussed how these methods and the maps derived from  
15 them could be useful for clinicians, epidemiologists, prevention stakeholders, and surveillance  
16 authorities. For a better assessment of the importance of occupational diseases within a specific  
17 territory, it is necessary to take into account the underlying active worker population (“denominator”)  
18 and its distribution according to activity sectors. As an example the authors started to map the active  
19 population in one specific sector of activity of concern (workplaces and the number of salaried workers  
20 in each). To give perspective, further steps identified were to generalize this approach to the whole  
21 active population, and to use denominator figures to calculate and map complementary information  
22 such as the expected number of occupational diseases, and indicators comparing observed cases and  
23 expected number of cases. When a data source is not expected to be exhaustive in its capture  
24 (preventing the calculation of incidence rates) such indicators could still be very useful to: 1) describe  
25 the catchment area of health providers specializing in the diagnosis and care of occupational diseases,  
26 2) highlight preferential referral zones and surrounding zones, 3) compare the capture rate from  
27 several data sources. For this purpose, the denominator information needed to be refined. The units  
28 previously used were most often administrative divisions, but these were not the most accurate ones  
29 for this new purpose. In France, data regarding economic activities are given using a specific entity  
30 known as the Employment Zone (EZ). This entity was created in 1983 by the National Institute of  
31 Statistics and Economic Studies (INSEE), and last updated in 2010 [7]. This subdivision had to be  
32 considered when comparing data regarding workers (“denominator”) and their health (“numerator”  
33 of occupational diseases).

34 In France, all 31 Occupational Disease Clinics (ODC) are located in university hospitals and are part of  
35 the French National Occupational Diseases Surveillance and Prevention Network (rnv3p) [8] whose  
36 main objectives are to describe work situations at risk for specific occupational diseases, and to seek  
37 new and emerging risks [9]. Analyses of rnv3p network data have been mostly done either on  
38 cumulated studies (looking for new rare diseases) [10], or taking the time dimension into account [11].  
39 Apart from the map of the OD Clinics (Figure 1), and the recent previously cited article [6], no analysis  
40 has been done to represent and understand the spatial determination of rnv3p observations and of  
41 the related variables (patients addresses, workplace addresses, and the referring physician’s address).

42 The aim of the present study was to consider the French National Occupational Diseases Surveillance  
43 and Prevention Network as a spatial object and to describe its catchment (preferential catchment  
44 areas, surrounding zones). To achieve this, we defined three stages. The first was to describe the rnv3p  
45 network and the data it collected. The second was to analyse the rnv3p data with reference to the  
46 underlying workforce (denominator) in the employment areas. The third stage was to analyse rnv3p  
47 catchment of a well-known occupational disease (mesothelioma), in reference a data source thought  
48 to be exhaustive.



1  
2  
3

Fig. 1. Location of the Occupational Disease Clinics (ODC) in the French National Occupational Diseases Surveillance and Prevention Network (rnv3p).

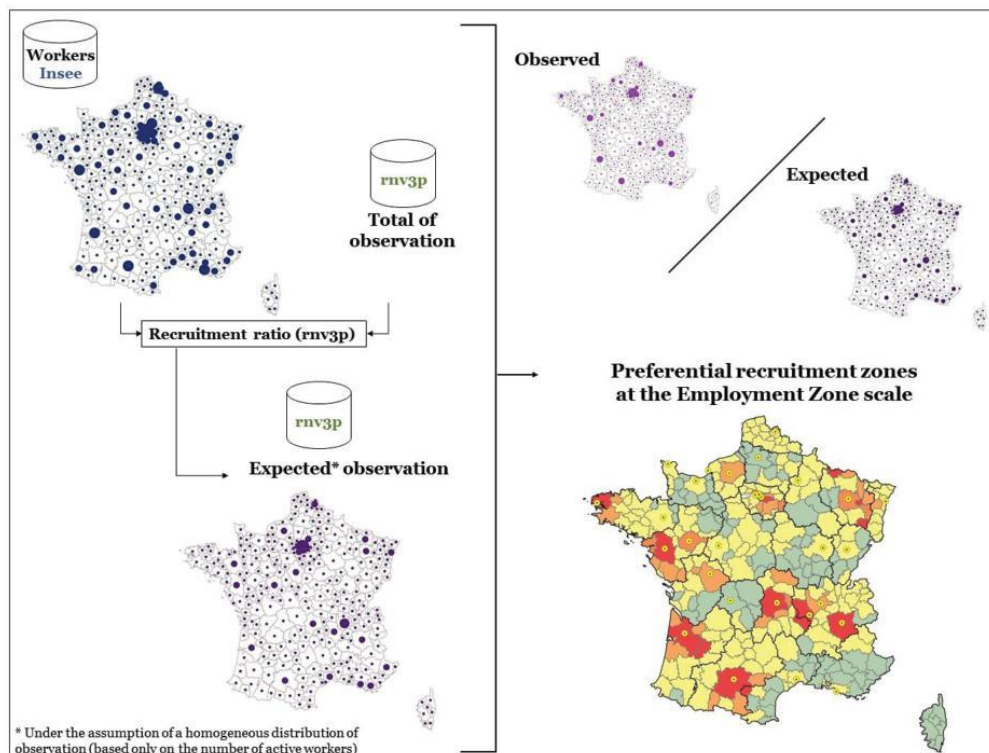
## 1 **Methods**

2 In order to meet our first objective (an approximate description of rnv3p catchment), we studied the  
3 rnv3p observations for the 2001-2012 period at the level of each workplace considered as  
4 “responsible” for at least one case of an occupational disease, and then localized it according to  
5 municipality. OD Clinics collect four main categories of data, presented in four different tables:  
6 “Patient” (anonymized identification codes, age, sex, and address), “Workplace” (anonymized  
7 identification code, activity sector, and address), “Consultation” (date of consultation, referring  
8 physician and their address, etc.) and “Problem” (disease, exposures and their degree of imputability  
9 with respect to the disease, occupation, work station, etc.). These tables are summarized in a single  
10 table of observations, available nationally, without any possibility of direct identification of the patient  
11 or their workplace. Nevertheless, this table, which is usually used for data analysis, includes patient  
12 and workplace codes. We choose to localize the observations at the address of the workplace rather  
13 than to the patient’s address, as this was of greater interest in terms of surveillance and subsequent  
14 prevention. To match the address of the workplace to the observation, we had to consecutively link  
15 the different tables. Firstly, “Observations” and “Patients” were merged in order to extract the  
16 workplace identity codes. Secondly, “Observations” and “Workplace” were merged to find the  
17 addresses of the workplaces (postal code and city). When the observation was enriched with location  
18 information, we used a corresponding table [12] that matched the postal code and city with the name  
19 of the municipality.

20 Three main tools were used to describe the rnv3p data: density, standard deviation ellipse and  
21 Thiessen polygons [13]. Rather than simply mapping cases with points, the density is a raster which  
22 depicts the concentration of cases, and allows a better visualization of their distribution. Our chosen  
23 representation corresponds to a raster with 500x500 grid size which ignores administrative  
24 boundaries. Since data were located by municipality, a core density tool was applied, the weighting  
25 being the number of superposed observations in the same location. From each observation point, the  
26 density tool applied a concentric search for other observations within a 10 kilometre radius. Standard  
27 deviation ellipses (SDE) were used to summarize the central tendency, dispersion and directional  
28 trends of observations made by each OD Clinic. They identify an area comprising 68% of their  
29 information. For this reason, ellipses only give relative information, without any information on the  
30 actual number of total observations seen by each clinic. Ellipses might have a larger radius for OD  
31 Clinics that have a low number of observations if some of these are located far away from the clinic. In  
32 order to include quantitative information useful for interpretation on some of the maps we have added  
33 circles proportional to the number of observations recorded by each OD Clinic. Thiessen polygons are  
34 a way of representing a purely theoretical preferential recruitment area around clinics. They are totally  
35 independent of the real spatial distribution of the observations. They are generated from a set of  
36 points (here all OD Clinics) so that any location inside the polygon is closer to that point than any of  
37 the other sample points [13].

38 To achieve our second objective (description of rnv3p data in terms of the underlying workforce), we  
39 used data from INSEE on the distribution of five main activity sectors (agriculture, construction,  
40 industry, commerce and non-commercial services) at the employment area level. The first step was  
41 to update the national activity codes in the rnv3p observation tables in order to be comparable to the  
42 denominator of the data source. As the INSEE data used the 2008 national activity codes (NAF code)  
43 whereas the rnv3p data used the 2003 NAF codes for the period (2001-2012), a merged table [14]  
44 between NAF 2003 and 2008 codes was used. The distribution of communes within the 304  
45 employment areas was then used [7]. The second step was to combine data belonging to the same  
46 employment areas. Finally, a rate based on the ratio between numbers of rnv3p observed OD and  
47 expected OD was calculated. The expected number of observations is an estimate taking into account  
48 the number of employees by employment area for each activity sector and the average rate of diseases  
49 attributed to this sector by the rnv3p nationally. Assuming a homogeneous distribution of disease  
50 within the same activity sector, for each of the five sectors considered this indicator gave a rate of OD

1 by employment area. To calculate a national OD rate for each sector, we took into account: the total  
 2 number of OD per sector, the average number of employees in this sector for the period concerned  
 3 (12 years, from 2001 to 2012) and a unit to express this rate (per 1,000 employees). This national OD  
 4 rate was then applied to each geographic unit. Depending on the number of employees, the rate  
 5 calculated the number of expected OD, which enabled us to identify areas with "over" and "under"  
 6 detection of OD in the rnv3p network. This method is summarized in Figure 2. To express this rate, a  
 7 classification according to standard deviation was chosen. Indeed, this allows one to show the  
 8 difference between the rate found for each employment area and the average of the rate, by  
 9 expressing this difference in terms of fractions of the standard deviation of the mean value. Class  
 10 interruptions were taken with equal ranges and proportional to one interval deviation.



11

12 Fig. 2. Summarized methodology for the preferential recruitment zones calculation, based on rnv3p  
 13 observation data and INSEE data.

14

15 Our third objective was to compare the rnv3p data with that from another data source for a given  
 16 occupational disease. As an example, we chose mesothelioma for the following reasons: the French  
 17 National Mesothelioma Surveillance Program (PNSM) is a large scale epidemiological surveillance  
 18 system based on 21 French counties ("départements") [15,16] and this disease is mostly due to  
 19 occupational exposure to asbestos [17].

20 Only periods where both systems were active have been kept. Six "départements" were excluded : three  
 21 for absence of cases (Alpes-Maritimes, Haute-Corse, Tarn) and three because periods of collection  
 22 cases did not ensure at least one year in joint data collection (Côte d'Or with PNSM collection in 2001-  
 23 2003 vs rnv3p collection beginning during 2003; Corse du Sud with PNSM collection in 2006-2012 and

1 rnv3p collection only in 2005 ; Hérault with PNSM collection in 2001-2003 vs rnv3p collection starting  
2 in 2005). About 19 residual departments, collection of common spread periods of 3 to 12 years.

3 PNSM data were only available for the patients' location and were merged by county. Two analyses  
4 were conducted successively. The first one compared the catchment of all mesothelioma (at patients'  
5 addresses) by the two sources. Secondly, only cases for which occupational asbestos exposure was  
6 clearly identified were reported (for both rnv3p and PNSM). Cases related to either para-occupational  
7 exposure or environmental exposures were excluded. While PNSM only identifies pleural  
8 mesothelioma, it was not possible to automatically differentiate pleural from peritoneal mesothelioma  
9 in the rnv3p data as they are indexed using the same ICD-10 code. For this reason, all rnv3p  
10 mesothelioma cases were considered. Nevertheless, as the proportion of peritoneal cases is very low  
11 (8%, [18]), it was assumed this would not significantly alter the comparison of capture rates between  
12 the different OD Clinics.

1 **Results**

2 Regarding the geocoding process for the Observation table, information has been lost at two  
 3 successive levels. Firstly when merging the "Observation" and "Patient" tables: only 116,687 of the  
 4 173,843 observations could be linked to a workplace. The second one was in matching the municipality  
 5 (commune, the smallest French administrative division) address: only 102,536 out of 116,687  
 6 observations could be matched. Table 1 summarizes the information lost in the three tables of interest  
 7 (Patient, Workplace and Observations) and indicates the rate of concordance for each of them.

8 Table 1 : Number of geolocated addresses for rnv3p "Observations", "Patient" and "Entreprises" tables  
 9 (rnv3p 2001-2012)

rnv3p main tables (number of entries)	<b>Observations</b> n= <b>173,843</b>	Patients n=192,281	Workplaces n=70,916
No link with the workplace (n)	<b>57,156</b>	-----	-----
Address not recorded (n)	<b>13,270</b>	24,002	4,980
Address not found (n)	<b>881</b>	16,032	2,262
Total located	<b>102,536</b>	152,247	63,674
Match rate (%)	<b>(58,9%)</b>	(79,1%)	(89,8%)

10 Legend: Match rate refers to the percentage of addresses successfully geolocated (with reference to  
 11 the primary rnv3p tables).

12 Since the geocoding process was based on matching tables in which geographic information was  
 13 already listed, 100% of our data (n=102,536) linked to a workplace and having an address were  
 14 successfully geolocated, with a score of 100 indicating a perfect match, an A match (automatically  
 15 matched) and an M status (the address is matched). To interpret the maps, one should bear in mind  
 16 that apart from the overall matching rate there are differences in matching scores between the  
 17 different OD clinics (table 2), and this influences the mapped results.



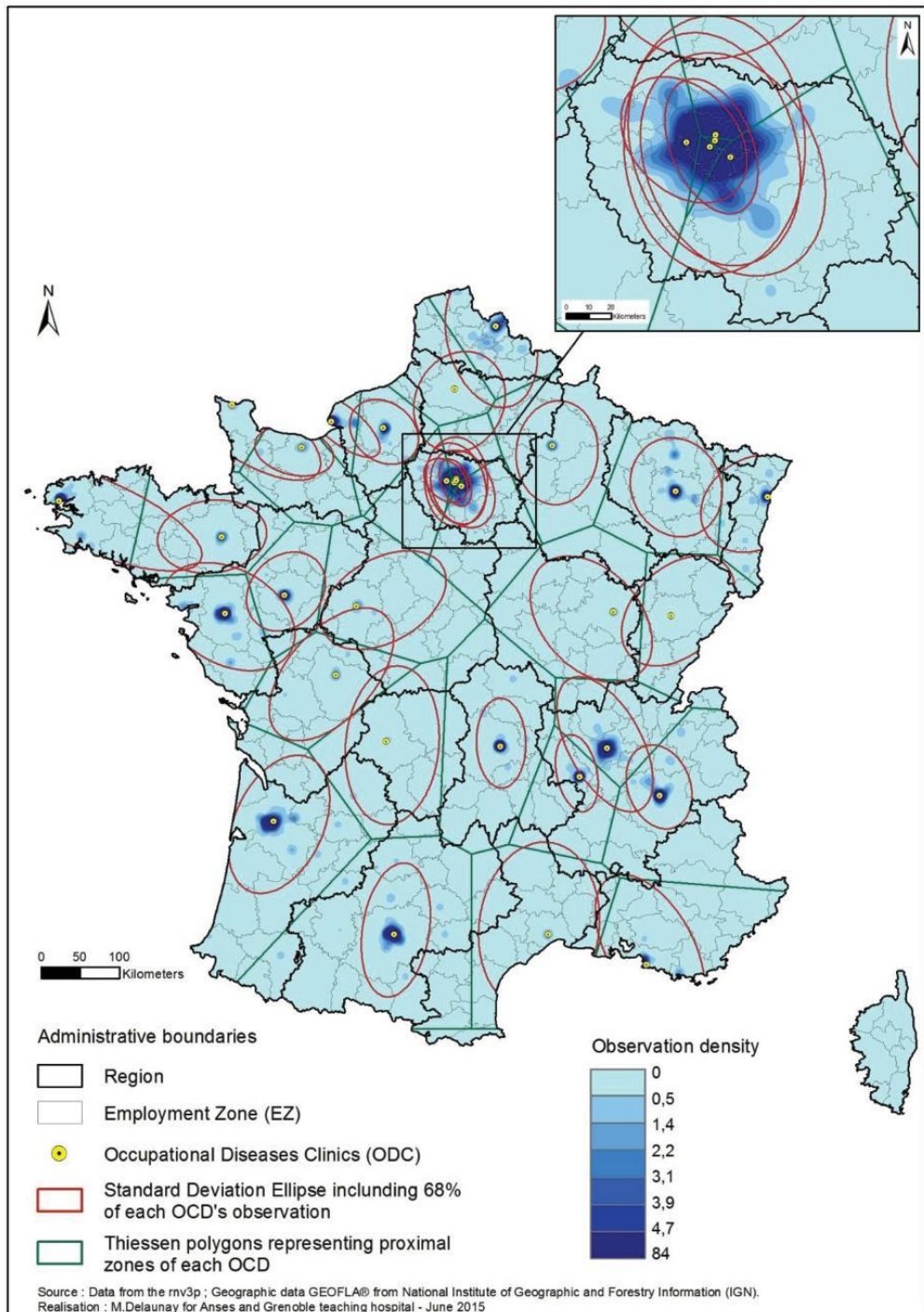
1 Table 2: Matching scores (percentage of geolocated addresses for observations) for each OD clinic  
 2 (rinv3p 2001-2012).

OD Clinics	Total of observations	Observations linked to the workplace	Observations successfully geolocated
Amiens	564	213	122 (22%)
Angers	2,652	2,456	2,386 (90%)
Besançon	487	342	277 (57%)
Bordeaux	17,744	13,174	10,378 (58%)
Brest	5,514	3,239	3,118 (57%)
Caen	6,322	956	723 (11%)
Cherbourg	2,121	754	551 (26%)
Clermont	5,014	4,497	3,161 (63%)
Cochin	13,790	12,548	12,365 (90%)
Créteil	12,194	7,759	7,519 (62%)
Dijon	564	485	459 (81%)
Fernand	5,921	5,582	5,471 (92%)
Garches	12,228	2,190	1,816 (15%)
Grenoble	10,079	5,508	5,414 (54%)
Hôtel-Dieu	752	661	544 (72%)
Le Havre	4,557	2,576	2,442 (54%)
Lille	10,212	5,306	3,844 (38%)
Limoges	291	194	179 (62%)
Lyon	12,849	7,849	7,465 (58%)
Marseille	2,121	1,765	1,573 (74%)
Montpellier	861	603	560 (65%)
Nancy	6,129	5,599	4,725 (77%)
Nantes	11,380	10,315	6,039 (53%)
Poitiers	893	834	814 (91%)
Reims	3,227	1,268	1,151 (36%)
Rennes	1,561	1,194	1,182 (76%)
Rouen	4,694	2,299	2,155 (46%)
Saint-Etienne	2,369	2,219	2,127 (90%)
Strasbourg	3,641	2,536	2,431 (67%)
Toulouse	11,176	10,487	10,392 (93%)
Tours	1,936	1,279	1,153 (60%)
TOTAL	173,843	116,687	102,536 (59%)

3

4 The 102,536 observations successfully geocoded to the workplace address, mapped by the three  
 5 following methods (density method, standard deviations ellipses, and Thiessen Polygons) are  
 6 presented together on Figure 3. At a first glance, this figure permits an almost complete coverage of  
 7 the country; with the density tool there are only a few zones without any data. Ellipses also show a  
 8 satisfying distribution of the catchment areas throughout the country. These ellipses are quite similar  
 9 to the theoretically expected catchment areas shown by the Thiessen polygons ("ideal" geometric  
 10 catchment). When two OD Clinics are close (e.g. Dijon and Besançon in eastern France), ellipses are  
 11 not centered on the clinic, but shifted away from the nearby OD clinic, which also corresponds to the  
 12 region it belongs to. Regarding Paris region, which has five OD Clinics (Paris Cochin, Hôtel-Dieu,  
 13 Fernand-Widal, Garches and Créteil), there is superposition of the catchment areas. Secondly, the map

- 1 clearly highlights that observations are mainly located in cities with OD Clinics and their surrounding
- 2 areas: ellipses are centred on the OD Clinics, with the highest density of observations at their centre.
- 3 The zones of few observations are those in between ellipses, which mostly correspond to the
- 4 peripheral zones of the Thiessen polygons.



1

2

3

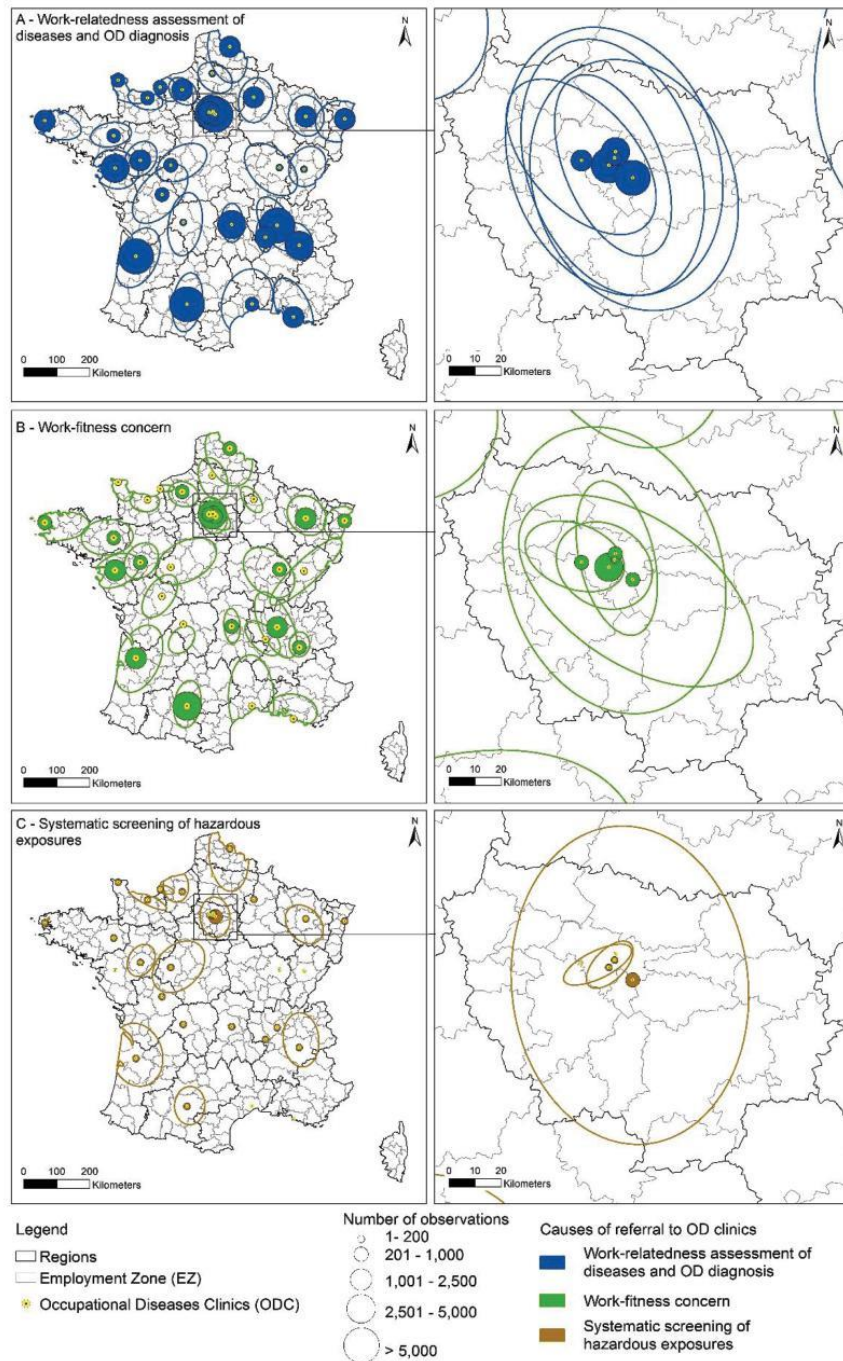
4

Fig. 3. Spatial distribution of rnv3p OD Clinics observations: density (blue scale), directional distribution appreciated by standard deviation ellipses (red), and theoretical recruitment area based on geometric calculation through Thiessen polygons (green).

1 The SDE representation was then used to distinguish spatial observation areas according to the three  
2 main causes of referral to OD Clinics (Figure 4): work-related assessment of disease and OD diagnosis,  
3 work-fitness concerns, systematic screening of exposure to hazardous substances for a limited number  
4 of diseases in hospitalized patients (usually lung cancers, but the type of disease screened might vary  
5 according to OD Clinic and time period). The assessment of a disease as being work-related or a clear  
6 OD diagnosis were the main reasons for referring patients to OD Clinics. At the single OD clinic level,  
7 we can see some highly specific situations, such as that of Limoges (west centre France), based on a  
8 relatively small number of geolocated observations ( $n=179$  /  $total=291$ ). The ellipse for work-fitness  
9 problems is shifted to the south of the city as the problems were mostly referred to the ODC by  
10 occupational physicians employed by companies located south of Limoges (Fig. 4.B). A completely  
11 different example is that of referral for work-related disease in the Rhône-Alpes region. Until 2012  
12 patients seen in Grenoble ODC for systematic hazardous substances assessment came from  
13 workplaces in a more extended area than for the other reasons of referral. As table 2 shows, for 16  
14 ODCs, the ellipse size is relatively large for the assessment of the work-relatedness of diseases and OD  
15 diagnosis. For 13 ODCs, the ellipse areas for work-fitness concerns are relatively large. For 2 OD Clinics  
16 (Creteil and Grenoble), ellipse size is greatest for systematic screening of hazardous exposures.  
17 Regarding referral to OD Clinics in Paris and its surrounding area (called the "Ile de France"), the  
18 "systematic screening of exposure to hazardous substances" issue is the only reason for referral that  
19 displays a very large differences in capture areas. This is because the Creteil ODC is a specialist centre  
20 in the systematic screening of patients presenting with lung cancer (Fig. 4.C).

- 1 Table 2: Ellipse size (in square kilometers) accounting for 68% of observations around each OD Clinic
- 2 according to the main cause of patient referral.

OD Clinics	Observations		Assessment of work-relatedness of diseases and OD diagnosis		Work-fitness concerns		Systematic screening of exposure to hazardous substances	
	Number	Ellipse size (square kilometers)	Number	Ellipse size (square kilometers)	Number	Ellipse size (square kilometers)	Number	Ellipse size (square kilometers)
Amiens	122	11818	107	7262	10	8594	0	---
Angers	2386	7848	1279	7988	314	8503	73	6192
Besançon	277	14269	200	10442	50	16475	0	---
Bordeaux	10378	16398	7361	17116	1118	20783	150	20255
Brest	3118	15051	2233	8209	213	9955	5	87
Caen	723	4385	422	4518	122	3871	9	2546
Cherbourg	551	7392	366	4801	13	2674	1	---
Clermont-Ferrand	3161	5732	2527	6230	555	4046	3	55
Cochin	12365	6083	7754	5216	3470	7267	7	208
Créteil	7519	6205	5797	5934	410	4444	233	8702
Dijon	459	18421	192	17964	262	17531	0	---
Fernand	5471	7272	4233	6610	492	1359	0	---
Garches	1816	2342	1340	2286	232	770	0	---
Grenoble	5414	6984	3526	7360	811	3656	108	14015
Hôtel-Dieu	544	1794	349	2159	105	952	6	237
Le Havre	2442	2936	928	3604	58	766	95	891
Lille	3844	11245	1908	12023	663	14232	145	13823
Limoges	179	19141	156	15367	9	4914	1	---
Lyon	7465	14024	5547	12641	1521	16573	8	---
Marseille	1573	11705	1263	10293	100	8937	0	---
Montpellier	560	19233	451	17823	92	20667	0	---
Nancy	4725	11669	2218	10424	1702	10956	37	10104
Nantes	6039	16047	4373	11973	1163	9806	0	
Poitiers	814	17965	640	20041	90	9418	2	
Reims	1151	10956	1037	11042	70	3430	3	
Rennes	1182	10260	307	7122	530	13191	1	
Rouen	2155	5590	1174	5342	662	5330	11	5073
Saint-Etienne	2127	4074	1698	3649	181	7342	9	
Strasbourg	2431	9225	1196	9685	512	5527	1	
Toulouse	10392	11621	5327	12517	3776	9094	49	8359
Tours	1153	14552	780	12609	114	18492	125	18356
TOTAL	102536	322236	66689	290251	19420	269557	1082	108903



1

2

Fig. 4. Catchment areas of OD Clinics according to the main cause of patient referral.

3

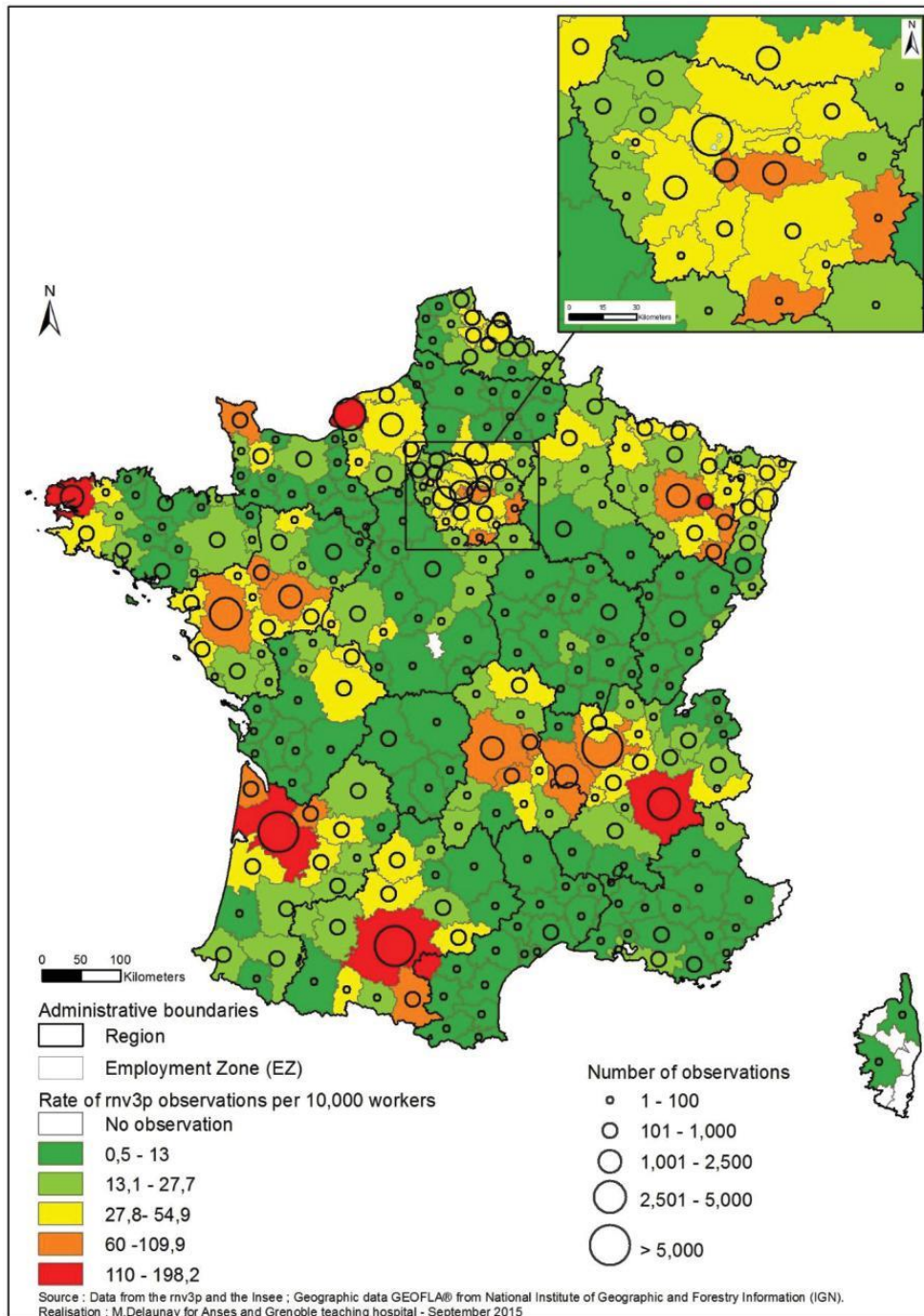
Legend. Circles are proportional to the number of observations, and standard deviation ellipses show

4

the geographical shift in catchment.

1 The main cities and suburbs are associated with the greatest density of active workers. For this reason,  
2 it is appropriate to describe the catchment areas taking into account the number of active workers in  
3 each employment area. Figure 5 shows the rate of rnv3p observations with the total number of active  
4 workers in the employment area as denominator. Data were missing for seven employment areas of  
5 which five are located in the island of Corsica that has no ODCs. The two other areas for which data  
6 were missing are "Issoudun" (central France) and "Menton - Vallée de la Roya" (south-eastern France)  
7 that had an average number of active workers in the 2001-2012 period of 9,319 and 20,221  
8 respectively. These two employment areas were already missing in the analysis using the standard  
9 deviation ellipse enclosing 68% of information, and also for the 95% and 99% ellipses (data not shown).  
10 Eight employment areas correspond to the highest quintile of the distribution, in decreasing order:  
11 Lunéville (198.2 rnv3p observations per 10,000 workers), Le Havre (rate=156.9), Bordeaux  
12 (rate=154.3), Toulouse (rate=149.5), Grenoble (rate=128.0) and Brest (rate=118.9). Most of these  
13 employment areas coalesce with neighbouring employment areas and show a decreasing rate of  
14 observations with increasing distance from the OD clinic. However, those in the highest quintile are  
15 sometimes adjacent to some areas of the lowest quintile; for example Grenoble and Bordeaux, where  
16 the administrative regional boundary (black line) seems to act like a barrier to referral from the  
17 adjacent region. Finally, where ellipses overlap (employment areas with two OD Clinics) there does not  
18 appear to be better capture of observations. In fact, these employment areas often show an  
19 observation rate which is intermediate between those of the nearby cities in which OD Clinics are  
20 located (e.g. Angers-Nantes; Lyon-Grenoble).

21



1

2

Fig. 5. Rate of rnv3p observations per 10,000 workers from all activity sectors, at the employment area level, classified by quintiles (sources: rnv3p data 2001 to 2012; INSEE data for the average number of active workers on the same period).

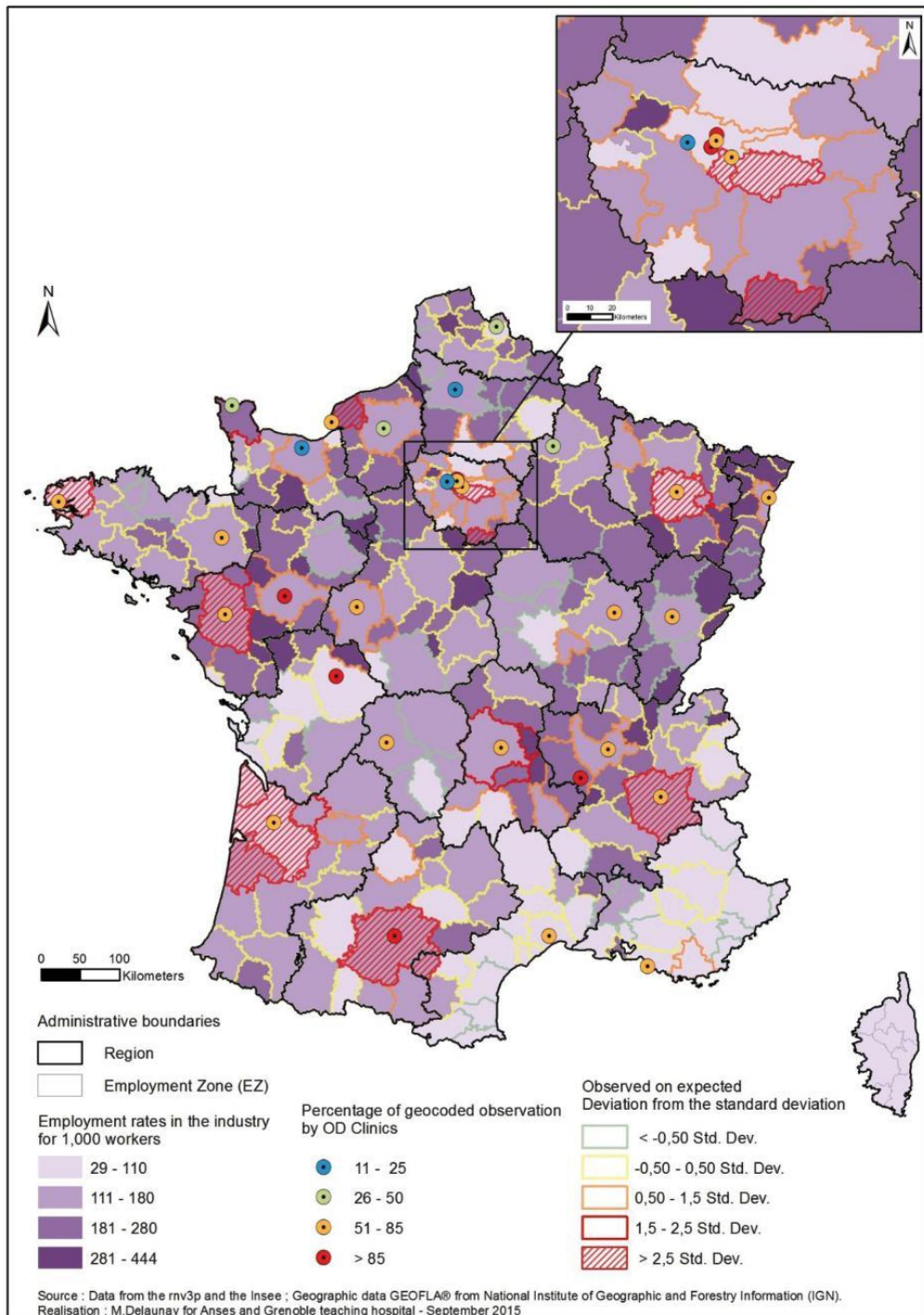
3

4



1 The industrial sectors (manufacturing, mining, chemical industry, metallurgy and metal work etc.) are  
2 more concentrated in the northern half of France, whereas the Mediterranean perimeter has a  
3 relatively low percentage of industrial workers (Figure 6). The majority of the employment areas with  
4 the highest concentrations of active industrial workers are small. Here, the number of observed cases  
5 over the number of expected ones has been studied to highlight employment areas with more referrals  
6 than the average. In general the rnv3p pattern of observation for industrial sectors is in line with what  
7 has been previously described, but with some exceptions. None of these employment areas is in the  
8 highest quintile regarding the proportion of industrial workers; six of them are even in the lowest  
9 quintile. It is noteworthy that for some employment areas, where the percentage of geolocated  
10 observations is under 50% (seven OD Clinics, all located in northern France), it was not possible to  
11 characterize referrals.

12



1

2 Fig. 6. The industrial sectors in France by Employment areas: employment rates (by depth of purple),  
 3 and occupational diseases (OD) reported to the rnv3p by OD Clinics (number of observations).

1 Another issue is the type of diseases in a given activity sector that are investigated by the OD Clinics  
2 and which could lead to qualitative differences in observations. Table 3 shows the typology of OD  
3 attributed to work (according to the first ICD-10 digit) in industrial sectors for the 12 employment areas  
4 with the highest catchment. Overall, there is a predominance of lung diseases (27%) and psychiatric  
5 disorders (18%), followed by dermatological diseases (14%) and musculoskeletal disorders (13%).

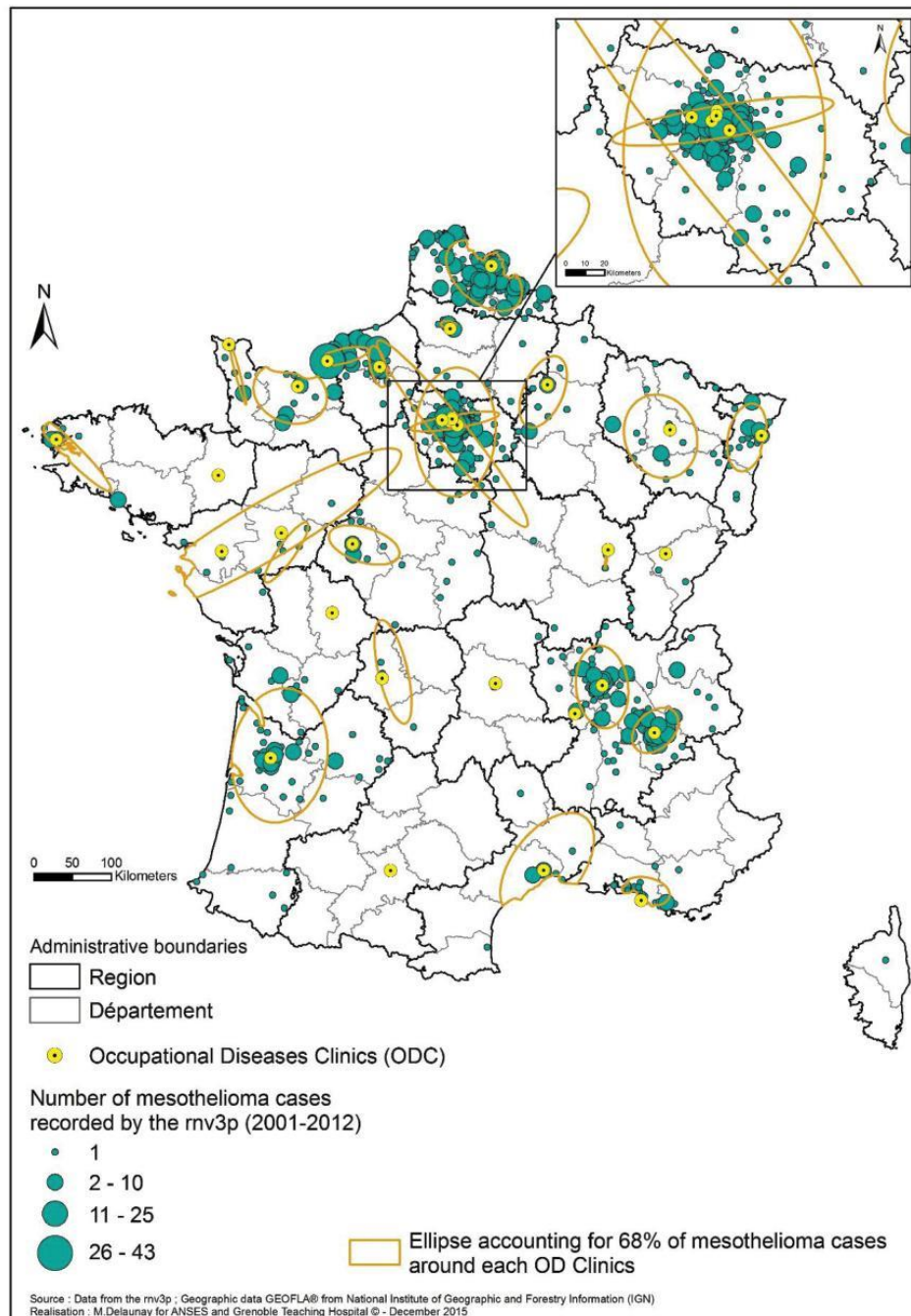
6 However, there are stark differences between OD Clinics; for instance two of them have more than  
7 one fourth of the diseases, cancers, attributed to work in industrial activity sectors (Bordeaux and  
8 Grenoble). We have previously seen that these clinics have large catchment areas (cf ellipses) for  
9 systematic screening of certain carcinogenic exposures in patients presenting with neoplasms. Again  
10 the very high percentage of psychiatric disorders investigated by Bordeaux OD Clinic in these sectors  
11 can be explained by a highly specific catchment.

1 Table 3. Typology of occupational diseases (according to first ICD-10 digit) investigated by the French OD Clinics regarding the industry sector, for the twelve  
2 employment areas with the highest catchment.

Employment area	All Observations	Observations related to work-relatedness assessment	Subset of observations for which disease is associated to occupational exposure with strong imputability	First digit of the ICD-10 code																		
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	R	S	T	U	Z
Bordeaux	1,646	1,177	473			25%	8%	30%	16%	7%	32%	11%	9%	8%	15%	9%	33%	18%	6%	1%		
Brest	537	317	191			6%		5%	5%	3%		11%		4%	1%		3%	2%	2%	18%		
Créteil	288	214	143			3%		3%	4%	4%	5%	6%	9%	4%	4%		6%	4%	4%			
Grenoble	1,322	953	587			20%	25%	5%	6%	23%	21%	29%	45%	12%	9%	50%	38%	10%	42%	11%		
La Teste-de-Buch	84	50	20			0%		1%				1%			1%							
Le Havre	1,225	499	166			10%	4%	1%		2%	5%	14%	9%	2%		25%	2%	2%	4%	3%		
Nancy	659	303	173			12%	42%	4%	2%	2%		6%		6%	4%		2%	6%	10%	8%		
Nantes	1,069	776	596			100%	3%	13%	29%	4%	26%	8%	18%	41%	37%	10%	33%	10%	19%	10%		
Nemours	54	36	17									1%			0%					1%		
Orly	328	243	130			20%	4%	5%	4%	4%		4%		3%	2%	25%	3%	8%	8%			
Paulliac	17	15	6															2%				
Toulouse	1,610	1,021	774			20%	13%	33%	34%	50%	11%	9%	9%	18%	27%		26%	39%	4%	48%		
Total	8,839	5,604	3,276			2	5	3	577	121	322	19	892	11	462	452	4	96	3	51	48	91

3 Legend: Percentages are presented by column. A and B: Certain infectious and parasitic diseases; C: Neoplasms; D: Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune system; E: Endocrine, nutritional and metabolic diseases; F: Mental and behavioural disorders; G: Diseases of the nervous system; H: Diseases of the eye, adnexa, ear and mastoid process; I: Diseases of the circulatory system; J: Diseases of the respiratory system; K: Diseases of the digestive system; L: Diseases of the skin and subcutaneous tissue; M: Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue; N: Diseases of the genitourinary system; R: Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified; S and T: Injury, poisoning and certain other consequences of external causes; U: Codes for special purposes; Z: Factors influencing health status and contact with health services.

- 1 Regarding mesothelioma, we first mapped the 1178 cases recorded by the rnv3p for the 2001-2012
- 2 period at the county (département) level (Figure 7).



- 3
- 4 Figure 7. Mesothelioma cases recorded by the rnv3p (2001-2012) at the “département” level for the
- 5 period 2001-2012.

1 Most of the cases investigated in OD clinics came from 11 of the 96 “départements” of mainland  
2 France. Most of them are located in the Northern part of France (Seine Maritime where Rouen OD  
3 clinic is located, Nord and Pas de Calais mostly captured by the Lille OD clinic, and cases from the Ile  
4 de France region captured by OD clinics in the Paris area). Three “départements” with a relatively high  
5 number of mesothelioma cases recorded by the rnv3p are located in the southern half of France  
6 (Gironde by the Bordeaux OD clinic, and Isère and Rhône in the Rhône-Alpes region, by the Grenoble  
7 and Lyon OD clinics). The table 4 shows the number of mesothelioma cases recorded by the two data  
8 sources (PNSM and rnv3p) for the same period, specifying if we are talking about all mesothelioma  
9 cases or only the asbestos linked ones. On the 25 “départements” concerned, only 19 are matching on  
10 the collecting period or have cases.

1 Table 4. Number of mesothelioma cases regarding the considered period and the showing of asbestos exposure.

Name of the « département »	Period of collection of cases			All mesothelioma cases			Mesothelioma cases with asbestos exposure		
	PNSM	rnv3p	Considered period	PNSM	rnv3p	Capture percentage	PNSM	rnv3p	Capture percentage
Alpes Maritimes	2006-2012	No cases	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Bouches-du-Rhône	2006-2012	2001-2012	2006-2012	492	2	0,4	167	2	1,2
Calvados	2001-2012	2002-2012	2002-2012	135	18	13,3	62	15	24,2
Côte d'Or	2001-2003	2004-2010	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Dordogne	2001-2012	2006-2012	2006-2012	44	9	20,5	17	7	41,2
Doubs	2001-2012	2010	2010-2012	10	2	20,0	6	1	16,7
Haute-Corse	2006-2012	No cases	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Corse du Sud	2006-2012	2005	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Gironde	2001-2012	2001-2012	2001-2012	303	50	16,5	157	37	23,6
Hérault	2001-2003	2010-2012	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Isère	2001 ; 2004-2012	2001-2012	2001 ; 2004-2012	252	79	31,3	113	64	56,6
Landes	2001-2012	2003-2006	2003-2012	53	3	5,7	26	2	7,7
Loire-Atlantique	2001-2012	2002-2009	2002-2012	347	3	0,9	164	3	1,8
Lot-et-Garonne	2001-2012	2007	2007-2012	24	1	4,2	9	1	11,1
Manche	2001-2012	2002-2012	2002-2012	103	9	8,7	37	9	24,3
Orne	2001-2012	2005-2012	2005-2012	48	3	6,3	18	3	16,7
Pyrénées-Atlantiques	2001-2012	2002-2008	2002-2012	91	5	5,5	37	4	10,8
Bas-Rhin	2001-2012	2004-2012	2004-2012	83	22	26,5	52	17	32,7
Haut-Rhin	2001-2012	2008-2011	2008-2012	28	3	10,7	12	2	16,7
Seine-Maritime	2006-2012	2001-2012	2006-2012	301	138	45,8	181	115	63,5
Somme	2001-2012	2004-2011	2004-2012	68	7	10,3	25	5	20,0
Tarn	2001-2003	No cases	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded	Excluded
Var	2006-2012	2002-2009	2006-2012	189	2	1,1	104	2	1,9
Seine-Saint-Denis	2001-2012	2001-2012	2001-2012	231	23	10,0	134	18	13,4
Val-de-Marne	2001-2012	2001-2012	2001-2012	240	95	39,6	131	71	54,2
Total				3,042	474	15,6	1,452	378	26,0

2





## 1 Discussion

2 This is the first time that the French OD Clinic network, rnv3p, has been examined from a geographical  
3 perspective. The location of OD occurrences (addresses of the workplaces imputed to be sources of  
4 disease) has enabled us to describe the catchment zones of OD Clinics, and also of some related  
5 surrounding zones. The use of different geographical analysis methods (density, standard deviation  
6 ellipses, Thiessen polygons) shows that there is a strong general trend for patients to be referred to  
7 OD Clinics in their own employment area or in the neighbouring ones, with a rapid decrease in number  
8 of referrals with increasing distance. We also showed that the “centre effect” can be manifested in  
9 different ways, depending on other parameters such as the reason for referral. The catchment was  
10 then refined using the size of the underlying active workforce in those “Employment Zones” for which  
11 statistical data was available. This revealed some areas associated with a higher capture of cases. We  
12 also found a qualitative effect when an OD clinic specialized in a particular type of examination. Taken  
13 together, the approach has provided new information to the rnv3p network stakeholders that allows  
14 them to better interpret the capture of cases.

15 The rnv3p data were mapped at the most accurate scale permitted by the availability of the external  
16 data sources (“départements” for PNSM, employment zones for INSEE, and municipalities for rnv3p  
17 data alone).

18 The main limitation of our study is the loss of information on observations. Indeed, only 59% of  
19 observations were geolocated (workplace address) with large differences from one OD Clinic to  
20 another. This information had the best quality of geocoding assessed in terms of match rates, match  
21 scores, match type and spatial accuracy [19]. This loss of information could induce bias and alter the  
22 patterns given by the maps. For this reason, in the legends to the maps we have highlighted the score  
23 for geolocation for each OD clinic, so as to alert to caution in interpretation. As discussed in our  
24 previous article [6], the deficit in geolocation is not randomly distributed and for that reason might  
25 induce bias, especially regarding diseases with long latency (such as cancers), for which the workplace  
26 can often no longer be identified. Another limitation is that although we highlighted the interaction  
27 between the observed catchment and OD Clinic specializations (in terms of emphasis on particular  
28 surveillance activities) and the characteristics of the territories in terms of occupational risks; this is  
29 still not sufficiently well described and understood at this time. Thus it should not be totally relied on  
30 and used to adjust and optimize surveillance missions.

31 In terms of perspectives, the main challenge is now to design and develop a dynamic cartographic tool,  
32 linked to an updated rnv3p database for OD physicians, OH services and stakeholders to enable them  
33 to enter and access their data using a systematically mapped and geographic approach. From a  
34 technical point of view, the first step will be to put as much emphasis on the coding of geographic  
35 information, and identification of the workplace as on the other recorded variables, in order to obtain  
36 the most reliable information from the maps. For a better picture of OH, complementary approaches  
37 centred on given diseases are needed (e.g. maps of work-related asthma cases and the geographical  
38 distribution of their causes). Apart from the specific case of mesothelioma, there are no other  
39 surveillance networks which exhaustively cover occupational diseases. Nevertheless, comparisons can  
40 be made with some other sources. The most interesting one is the salaried workers’ compensated  
41 diseases dataset, which is also available at the workplace level. Comparisons with rnv3p data will allow  
42 a more systemic picture of OD across territories to be drawn, and to reassess on-site prevention  
43 measures since this information is available on a workplace scale. Data could also be compared with  
44 indicators from the Uncompensated Work-Related Diseases Network [20], which draws estimates of  
45 non-compensated work-related illnesses at the regional level. Finally, complementary approaches  
46 centred on different types of exposures are also needed to advance risk-assessment.

47 Our work calls for further action. For instance, it would be of interest to examine employment zones  
48 which have shown no case capture to date (shaded zones of the network). This can be done by

1 initiating exchanges between the nearest OD Clinic and the occupational health services covering these  
2 areas.

3 In the literature, we found no other studies in the occupational health field that attempted to describe  
4 this kind of network from a geographical point of view. We also found no other studies which analysed  
5 GIS data pertaining to Occupational Diseases, except those cited above who's limitations are already  
6 mentioned.

7 In France, a GIS-based project aimed at collecting statistical data (mainly about employment) in order  
8 to map "work territories" (the ATLAS project) was initiated in 2006. This project built an open-access  
9 on-line tool allowing several indicators to be mapped at different scales [21]. Another research  
10 program (GISCO93), is using geographic tools such as GIS in order to collect and map risks of  
11 occupational exposure to carcinogens in a particular French département located in Ile de France  
12 Region [23]. Unfortunately, neither of these projects includes data regarding work-related health.

13 This work, as well as those mentioned above that also use a geographic approach, is in line with the  
14 major objective of the 3<sup>rd</sup> French National Plan for Occupational Health, to be published in the near  
15 future [24]. They to describe data regarding employment, work, and occupational health  
16 geographically in order to promote a regional approach to occupational health risk assessment,  
17 prioritize actions, and facilitate cooperation between all players concerned by OH, so as to improve  
18 prevention; especially for small and medium size enterprises.

19

## 20 **Acknowledgments**

21 Grant support: This network was supported by funds from French Agency for Food, Environmental and  
22 Occupational Health & Safety (Anses), the National Health Insurance System for Employees (CNAM-  
23 TS), the French Occupational Medicine Society (SFMT), Grenoble University Hospital, the National  
24 Health Insurance System for agricultural Workers (CCMSA) and the French Institute for Public Health  
25 Surveillance (InVS). The authors would like to thank Anses for a PhD research grant to Marie Delaunay,  
26 with particular thanks to Gerard Lasfargues, as well as the rnv3p OD clinic members: Amiens  
27 (Doutrelot-Philippon C.), Angers (Roquelaure Y., Petit A.), Bordeaux (Verdun-Esquer C., Leclerc I.),  
28 Brest (Dewitte J.D., Loddé B.), Caen (Clin B.), Cherbourg (Marquignon M.F.), Clermont-Ferrand  
29 (Chamoux A., Dutheil F.), Créteil (Andujar P., Pairon J.C.), Dijon (Smolik H.J., Fernandez N.), Grenoble  
30 (Bonnetterre V., Michel E.), Le Havre (Gehanno J.F.), Lille (Frimat P., Nisse C.), Limoges (Druet-Cabanac  
31 M.), Lyon (Massardier A., Charbotel B.), Marseille (Lehucher-Michel M.P.), Montpellier (Roulet A.,  
32 Lesage F.X.), Nancy (Paris C., Penven E.), Nantes (Dupas D.), Paris-Cochin (Bensefa-Colas L., Choudat  
33 D.), Paris-Garches (Descatha A., Mediouni Z.), Paris-Hôtel-Dieu (Léger D., Bayon V.), Paris-Fernand  
34 Vidal (Langrand J., Villa A.), Poitiers (Ben-Brik E., Martinez H.), Reims (Deschamps F.), Rennes (Gouyet  
35 T., Verger C.), Rouen (Gislard A., Rollin L.), Saint-Etienne (Fontana L., Pélissier C.), Strasbourg (Gonzalez  
36 M., Nourry N.), Toulouse (Esquirol Y., Hérin F.), Tours (Haguenoer K.).

37 The authors are grateful to Patrick Brochard and Stéphane Ducamp from the PNSM (French national  
38 mesothelioma surveillance program), Pascal Jacquetin from CNAM-TS (French national health  
39 insurance for salaried workers), as well as the members of Marie Delaunay's PhD thesis scientific  
40 committee, namely Serge Faye, Dominique Bicout, Maylis Telle-Lamberton and Jeanne-Marie Amat-  
41 Roze Sylvette Liaudy, documentalist for the help on references and Dr Alison Foote (Grenoble  
42 University Hospital) for critical editing of the manuscript.

## References

- [1] Blot W, Fraumeni J, Geographic patterns of lung cancer: industrial correlations, *American Journal of Epidemiology*, 1976;103:539-550.
- [2] Goldsmith JR, Geographical pathology as a method for detecting occupational cancer, *Journal of Occupational Medicine*, August 1977;19(8):533-539.
- [3] Stone BJ, Blot WJ, Fraumeni JF, Jr. Geographic patterns of industry in the United States. An aid to the study of occupational disease. *Journal of Occupational Medicine*, July 1978;20(7):472-7.
- [4] Thouez J-P, Godon D, Géographie du travail et de la santé : le cas de la mortalité par cancers par secteurs d'activité selon les bassins d'emploi au Québec, *Espace, Populations, Sociétés*, 1984;2(3)47:58.
- [5] Neff R, Curriero F, Burke T, Just in the wrong place...?: geographic tools for occupational injury/illness surveillance, *American Journal of Industrial Medicine*, 2008;51(9):680-90.
- [6] Delaunay M, Van der Westhuizen H, Godard V, Agius R, Le Barbier M, Godderis L, et al., Use of GIS in visualization of work-related health problems, *Occupational Medicine*, 2015,
- [7] Insee, Définitions et Méthodes, 2015-10-12, URL:[http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/zones\\_emploi.htm](http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/zones_emploi.htm),  
Accessed: 2015-10-12, Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6cDxnaApe>
- [8] Bonnetterre V, Faisandier L, Bicout D, Bernardet C, Piollat J, Ameille J, et al., RNV3P, Programmed health surveillance and detection of emerging diseases in occupational health: contribution of the French national occupational disease surveillance and prevention network (RNV3P), *Occupational and Environmental Medicine*, 2009;67(3):178-86.
- [9] Bonnetterre V, Bicout DJ, Larabi L, Bernardet C, et al., Detection of emerging diseases in occupational health : usefulness and limitations of the application of pharmacosurveillance methods to the database of the French National Occupational Disease Surveillance and Prevention Network (rnv3p), *Occup Environ Med*, 2008, 65(1) :32-37
- [10] Ameille J, Hamelin K, Andujar P, Bensefa-Colas L, et al., Occupational asthma and occupational rhinitis : the united airways disease model revisited, *Occup Environ Med*, 2013 ;70(7) :471-75
- [11] Paris C, Ngatchou-Wandji J, Luc A, McNamee R, et al., Work-related asthma in France: recent trends for the period 2001-2009, *Occup Environ Med*, 2012;69(6):391-97
- [12] Data.gouv.fr, 2015-10-12,  
URL:<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/correspondance-entre-les-codes-postaux-et-codes-insee-des-communes-francaises/>,  
Accessed: 2015-10-12, Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6cDy1f6kr>
- [13] Wade T, Summer S, 2006, A to Z GIS: An Illustrated Dictionary of Geographic Information Systems, Esri Press, USA, 288 p.
- [14] Insee, Définitions et Méthodes, Nomenclature,  
URL:[http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=nomenclatures/revision\\_naf\\_2008/produits2008.htm#Tables](http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=nomenclatures/revision_naf_2008/produits2008.htm#Tables),  
Accessed: 2015-10-12, Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6cDy7P0Ur>

- [15] Goldberg M, Imbernon E, Rolland P, Gilg Soit Ilg A, Savès M, de Quillacq A, et al., The French National Mesothelioma Surveillance Program, *Occupational and Environmental Medicine*, June 2006;63(6): 390-5
- [16] Gilg Soit Ilg A, Ducamp S, Gramond C, Audignon S, Chamming's S, de Quillacq A, et al., Programme national de surveillance du mésothéliome (PNSM). Actualisation des principaux résultats, *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (BEH)*, 2015, (3-4):28-37
- [17] Donovan E.P, Donovan B.L, McKinley M, Cowan D, Paustenbach D, Evaluation of take home (para occupational) exposure to asbestos and disease: a review of the literature, *Critical Reviews in Toxicology*, 2012; 42(9): 703–731.
- [18] Gallot C, Bonnet N, Chérié-Challine L, Déclaration obligatoire des mésothéliomes en France : principaux résultats, 2012- 2013, *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (BEH)*, 2015;(3-4):47-54
- [19] Goldberg DW, Jacquez GM. Advances in geocoding for the health sciences (Editorial), *Spatial and spatio-temporal Epidemiology*, 2012;3: 1-5
- [20] Valenty M, Homère J, Lemaitre A, Plaine J, Ruhlman M, Cohidon C, Imbernon E, 2015, Surveillance programme for uncompensated work-related diseases in France, *Occupational Medicine*, London, First published online: July 14, 2015.
- [21] ANACT, ATTLAS, URL:<http://www.anact.fr/web/services/attlas>, Accessed: 2015-10-22, Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6cSobDsoE>
- [22] Lysaniuk B, Croisé A, Tabeaud M, Counil E, 2015, La difficile compilation d'information(s) géographique(s) relative(s) à un cancérigène : étude pilote sur les expositions professionnelles à l'amiante en Seine Saint Denis, *Pollution atmosphérique*, N° 225, Avril-Juin 2015, 11 p.
- [23] 3<sup>rd</sup> French National Plan for Occupational Health. URL:<http://travail-emploi.gouv.fr/actualite-presse,42/breves,2137/validation-des-orientations-du,18410.html>, Accessed: 2015-10-22, Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6cSoik4ey>



## Articles scientifiques

Delaunay M, Van der Westhuizen H, Godard V, Agius R, Le Barbier M, Godderis L, Bonneterre V, 2015,  
Use of GIS in visualisation of work-related health problems,  
Occupational Medicine.

Delaunay M, 2014,  
Santé au travail et SIG,  
In : La lettre TIMC e-MAG – N°5, Mars 2014,  
Grenoble, TIMC-IMAG, 6 p.

## Communications orales

Delaunay M, Godard V, Le Barbier M, Jacquetin P, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2015,  
Surveillance des pathologies liées au travail : méthodes et outils géographiques,  
Conférence francophone Esri, Versailles, 7 et 8 octobre 2015

Delaunay M, Lutier S, Petit P, Rieutort D, 2015  
Environnement et Santé de la Population – Présentation des doctorants  
HCERES, Grenoble, 16 janvier 2015

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2014  
Approche géographique appliquée au rnv3p : quelles données codées pour quels résultats ?  
Ecole de Qualité et de Méthodologie du rnv3p, Maisons-Alfort, 25 mars 2014

M. Delaunay, Godard V, Faye S, Bicout D.J, De Gaudemaris R, Bonneterre V, on behalf of the RNV3P, 2013,  
Using Geographical Information Systems (GIS) to improve Occupational Diseases (OD) prevention and surveillance,  
EPICOH 2013, “Improving the impact of occupational diseases surveillance”, June 2013, 20th – Utrecht (Netherlands)

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2012,  
What can we expect to learn from our OD surveillance databases data when using GIS?,  
Modernet, November 2012, 7-9th, Rome

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2012,

Projet de veille en régions des pathologies professionnelles associant les données du RNV3P et des données externes : Méthodes et outils géographiques – Illustration à partir du secteur de la microélectronique dans le secteur grenoblois,  
Séminaire Scientifique du RNV3P, GT Recherche, ANSES, Maisons-Alfort

### Communications affichées (poster)

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Le Barbier M, Bonneterre V, 2015,  
Surveillance des pathologies liées au travail : méthodes et outils géographiques –  
Intégration de données relatives à la santé au travail au moyen d'un Système  
d'Information Géographique (SIG),  
Journée de la Recherche Médicale, Faculté de médecine, La Tronche, 5 juin 2015.

Delaunay M, Godard V, De Gaudemaris R, Le Barbier M, Bonneterre V, 2015,  
Surveillance des pathologies liées au travail : méthodes et outils géographiques –  
Intégration de données relatives à la santé au travail au moyen d'un Système  
d'Information Géographique (SIG),  
16<sup>ème</sup> colloque de l'ADREST (Association pour le Développement des Etudes et  
Recherches Epidémiologiques en Santé Travail), Université Claude Bernard Lyon 1, 16-  
17 avril 2015.

Delaunay M, Faye S, Godard V, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2014,  
Une géographie de la santé des travailleurs ? Intégration de données relatives à la santé  
au travail au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG),  
Journée de la Recherche Médicale, Faculté de médecine, La Tronche, 13 juin 2014.

Delaunay M, Faye S, Le Barbier M, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2013,  
Veille sanitaire et prévention des pathologies professionnelles : intégration des  
données du rnv3p et d'autres sources complémentaires relatives à la santé au travail  
au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG) – Exemple issu du secteur  
d'activité de la microélectronique,  
Journées des doctorants et post-doctorants ANSES, Maisons-Alfort, 28-29 novembre  
2013.

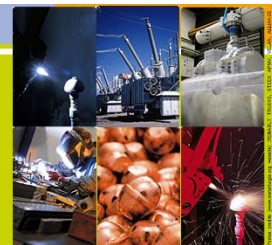
Delaunay M, Faye S, Le Barbier M, De Gaudemaris R, Bonneterre V, 2013,  
Veille sanitaire et prévention des pathologies professionnelles : intégration des  
données du rnv3p et d'autres sources complémentaires relatives à la santé au travail  
au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG) – Exemple issu du secteur  
d'activité de la microélectronique,  
12<sup>ème</sup> Journée scientifique de l'EDISCE, Faculté de médecine, La Tronche, 28 mai  
2013.

# Surveillance des pathologies liées au travail : méthodes et outils géographiques.

Intégration de données relatives à la santé au travail au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG).

M. Delaunay<sup>1,2,3</sup>, V. Godard<sup>3</sup>, R. de Gaudemar<sup>1,2,4</sup>, M. Le Barbier<sup>5</sup>, V. Bonneterre<sup>1,2,4</sup>.

Thèse financée par l'ANSES. Contacts : [VBonneterre@chu-grenoble.fr](mailto:VBonneterre@chu-grenoble.fr) et [marie.delaunay@imag.fr](mailto:marie.delaunay@imag.fr)



**CONTEXTE.** Le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de **nombreuses données** (secteurs d'activité, métiers, expositions, pathologies) à de **nombreuses échelles** (entreprise, bassin d'activité, région, national et international). Ces **multiples sources de données** complémentaires (formalisées ou non), sont toujours analysées indépendamment. Cela ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble, sinon sur des indicateurs agrégés au niveau national et donc déconnectés d'actions concrètes pour un **retour à la prévention**. Inutilisés jusqu'à présent dans ce domaine, les **outils SIG** permettent pourtant d'intégrer des données différentes et de les analyser à différents niveaux.

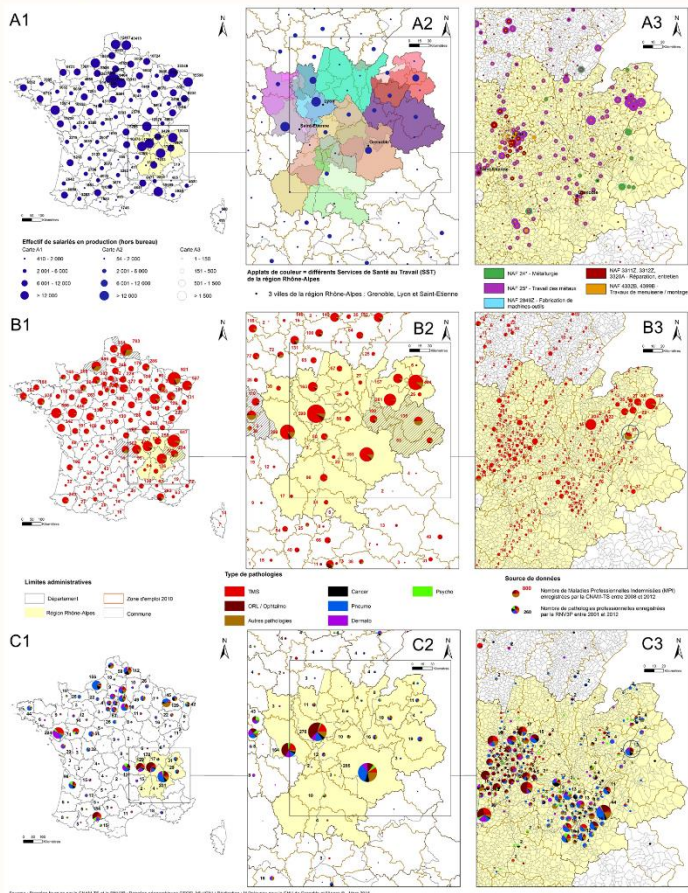
## OBJECTIF.

L'objectif général est de développer un **outil au service de la veille sanitaire** des pathologies professionnelles qui permettrait en outre un **retour vers la prévention**, en s'appuyant sur les données du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (**mv3p**) mais également d'autres sources de données complémentaires pertinentes et disponibles.

Dans un premier temps, l'objectif particulier est de tester la  **faisabilité**  en utilisant un secteur d'activité en particulier. Celui de la **métallurgie et du travail des métaux** a été choisi et il est présenté dans les résultats sur la figure 1. Un second objectif est de mieux décrire et comprendre le recrutement des 32 Centres de Consultations de Pathologies Professionnelles (**CCPPs**) constituant le mv3p (voir figure 2).

## RÉSULTATS.

Figure 1. Exemple sur un secteur d'activité : la métallurgie et le travail des métaux



**CARACTERISATION DU RESEAU mv3p.** Afin notamment de mieux décrire l'effet centre, nous nous intéressons à l'**adressage des patients** dans les CCPPs et les aires géographiques de recrutement de ceux-ci. La **Figure 2** présente la densité de l'ensemble des Problèmes de Santé au Travail (PST) enregistrés dans la base mv3p entre 2001 et 2012 ainsi que les zones de rayonnement préférentiel de chaque CCPP incluant 68% des informations enregistrées par chacun. Ce type de travail, seulement esquissé ici, permet d'identifier les « zones d'ombre » du réseau, ainsi que des zones de chevauchement entre CCPPs.

**CONCLUSION.** A travers la **combinaison de différentes sources de données complémentaires**, l'élaboration de **diagnostics territoriaux** précis (par secteur d'activité par exemple) ou encore la caractérisation du réseau (recrutement des patients), les SIG permettent de **visualiser et territorialiser le phénomène des maladies professionnelles** tout en le situant dans un contexte géographique et économique, observable à différentes échelles pertinentes à des fins de vigilance et de retour vers la prévention. Les travaux se poursuivent avec la création d'indicateurs quantitatifs (taux) et qualitatifs (typologie des pathologies) afin de renforcer les potentialités en termes de vigilance. Dans le futur, l'inclusion de données issues des SST (non structurées à ce jour) permettraient de renforcer les applications de ce type d'outil au service d'un pilotage toujours plus précis de la santé au travail.

## DONNÉES UTILISÉES.

On distingue deux types :

- **Dénominateur** : données caractérisant les **travailleurs exposés** pour le secteur d'activité et l'échelle géographique considérée (nombre total d'entreprises, nombre de salariés, caractérisation précise de leur activité selon le code NAF, *Nomenclature d'Activité Française*)
- **Numérateurs** : données issues de différentes sources renseignant des **pathologies** concernant les travailleurs ciblés par le dénominateur. En l'occurrence, données du mv3p d'une part, et maladies professionnelles indemnisées (source Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés, *CNAM-TS*) d'autre part.

## MÉTHODE.

La visualisation des données se fait grâce à un **outil SIG** après un **géocodage** (géolocalisation) des données. On distingue trois niveaux d'agrégation principaux (figure 1) : les départements, les zones d'emploi ou ZE (définies par l'Insee comme des espaces à l'intérieur desquels la plupart des actifs résident et travaillent) et les communes. Différentes informations peuvent ensuite être ajoutées, tel le maillage des Services de Santé au Travail (SST) (figure A2). Pour mieux caractériser le recrutement des CCPPs, un travail statistique sur la densité de noyau (figure 2) est effectué.

## DÉNOMINATEUR.

Les cartes A1, A2 et A3 présentent par cercles proportionnels, de l'échelle nationale (département) à l'échelle locale (commune), l'ensemble des employés travaillant dans ce secteur.

Le domaine de la métallurgie et du travail des métaux compte en moyenne, sur la période 2008-2012, plus de 58 000 entreprises et presque 700 000 salariés (figure A1). Les **trois régions** ayant le plus grand nombre de salarié dans ce secteur sont : **Rhône-Alpes** (>100 000 salariés), **l'Île-de-France** (environ 66 000) et le **Nord-Pas-de-Calais** (environ 55 000).

Le zoom sur Rhône-Alpes (figure A2) montre la distribution des salariés par ZE et le pavage des SST. Le zoom suivant (figure A3) présente la différenciation des entreprises selon les deux premiers digits du code NAF 2008.

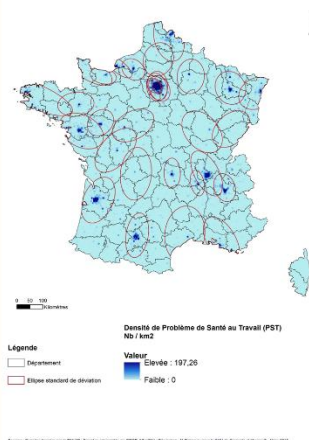
## NUMÉRATEUR CNAM-TS.

Les figures B1, B2 et B3 sont des déclinaisons par diagramme en secteur du nombre et du type (couleur) de Maladies Professionnelles Indemnisées (**MPI**) enregistrées par la CNAM-TS entre 2008 et 2012. Elles représentent les pathologies identifiées (et seules identifiables) par cet acteur incontournable. Il apparaît d'emblée une écrasante **prédominance des Troubles Musculo-Squelettiques** (TMS, en rouge). Toutefois la carte montre quatre départements (hachurés sur B1 et B2) pour lesquels 25% ou plus de MPI enregistrées ne sont ni des TMS ni des pathologies ORL (rouge foncé) à savoir : le Nord, la Seine-Maritime, le Puy-de-Dôme et la Savoie. La particularité de ce département se lit au fur et à mesure du zoom (B2) jusqu'à l'arrivée à l'échelle locale (B3) où une commune en particulier (cercle bleu sur B3 et C3) ressort car plus de la moitié des MPI qui y sont enregistrées sont des pathologies liées à l'amiante.

## NUMÉRATEUR RNV3P.

Les cartes C1, C2 et C3 localisent le même type de données que la série B mais concernent les données de pathologie du mv3p, dont l'origine professionnelle est retenue (imputabilité ≥ 2). On observe ici un point de vue radicalement différent : les CCPPs observent des **pathologies beaucoup plus variées**. Aux différentes échelles, cependant, on remarque un **effet centre important**, à savoir la distribution des pathologies enregistrées est fortement corrélée aux spécialités du centre. Les exemples Rhône-alpins mettent cela en évidence : Grenoble voit beaucoup de pathologie pneumologiques alors que Lyon voit davantage de pathologies ORL ou optalmiques.

Figure 2. Les Problèmes de Santé au Travail enregistrés par le RNV3P entre 2001 et 2012



1 – **RNV3P** : Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles, ANSES, Maisons-Alfort.  
2 – **UJF – Grenoble 1** / CNRS / TIMC-IMAG UMR 5525, Equipe EPSP, Grenoble.  
3 – **Université Paris 8** / CNRS / Laboratoire Ladys UMR 7533, Saint-Denis.  
4 – **Centre de Consultation et de Prévention des Pathologies Professionnelles (CCPP), CHU Grenoble**  
5 – **ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort.

**Remerciements** : l'ANSES (financement) et mission mv3p en particulier Serge FAYE), l'ensemble des CCPPs du mv3p, la CNAM-TS (Pascale JACQUETIN et Stéphanie DE FLAUGERGUES), la CARSAT-RA (Laurence ENGRAND, Andrée GOOD), le comité de thèse de Marie Delaunay.



# Une géographie de la santé des travailleurs ?

## Intégration de données relatives à la santé au travail au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG).

M. Delaunay<sup>1,2,3</sup>, S. Faye<sup>1,4</sup>, V. Godard<sup>3</sup>, R. de Gaudemar<sup>1,2,5</sup>, V. Bonnetterre<sup>1,2,5</sup>.

Laboratoire Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité - Informatique, Mathématiques et Applications, Grenoble (TIMC-IMAG), Directeur : Philippe Cinquin  
 Equipe Environnement et Prédiction de la Santé des Populations (EPSP)  
 Equipe de Médecine et Santé au Travail – Faculté de Médecine – Domaine de la Merzière – 38076 La Tronche cedex



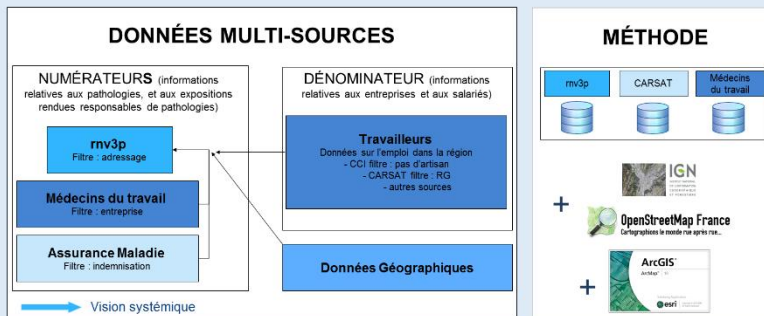
**CONTEXTE** Le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de **nombreuses données** (secteurs d'activité, métiers, expositions, pathologies) à de **nombreuses échelles** emboîtées (entreprise, bassin d'activité, région, national et international). Ces **multiples sources de données** complémentaires (formalisées ou non), sont toujours analysées indépendamment. Cela ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble, sinon sur des indicateurs agrégés au niveau national et donc déconnectés d'actions concrètes pour un **retour à la prévention**. Inutilisés jusqu'à présent dans ce domaine, les **outils SIG** permettent pourtant d'intégrer des données différentes et de les analyser à différents niveaux.

### OBJECTIF

Développer un **outil au service de la veille sanitaire** des pathologies professionnelles qui permettrait un **retour vers la prévention**, en s'appuyant sur les données du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (**rnv3p**) mais également d'autres sources de données complémentaires pertinentes et disponibles.

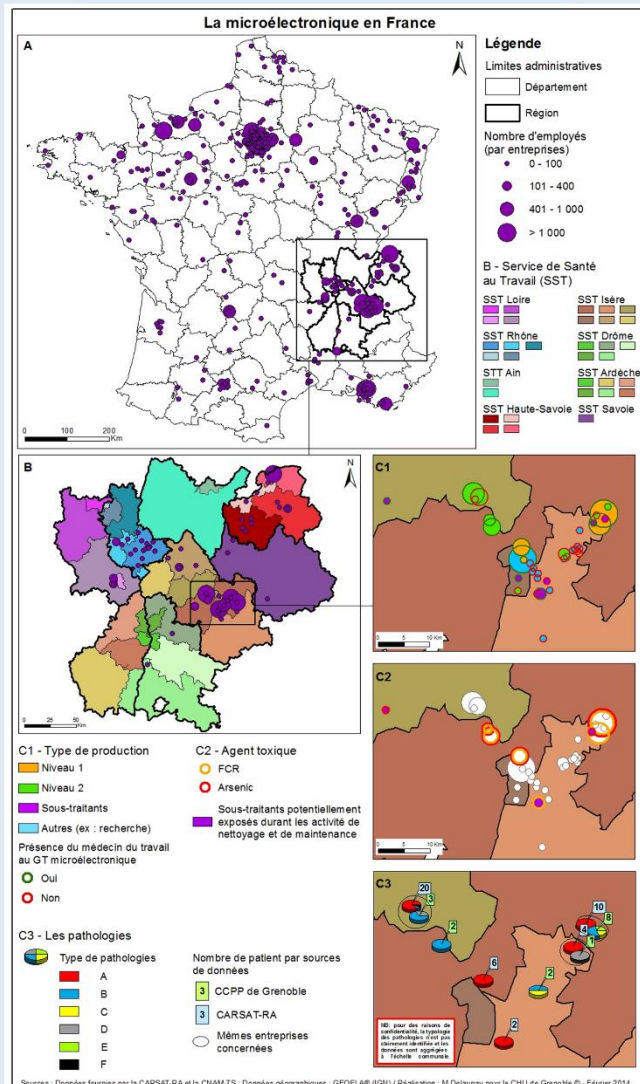
### RESULTATS

Dans un premier temps, notre travail s'est intéressé à un **secteur d'activité**, celui de la **microélectronique** (Figure 1).



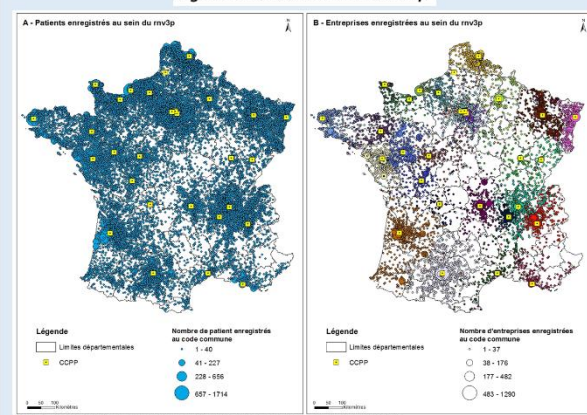
La **figure A** représente, par cercles proportionnels, l'**ensemble des employés** travaillant dans ce secteur à l'échelle nationale. La **figure B** est un **zoom à l'échelle de la région Rhône-Alpes**, sur lequel a été l'ajouté de l'information concernant la **couverture sanitaire par les Services de Santé au Travail (SST)**.

Figure 1. Exemple sur un secteur d'activité : la microélectronique



Les trois figures suivantes (**C1, C2, C3**) sont des **zooms à l'échelle locale** dans le sillon grenoblois. La **figure C1** est une **typologie de la production** des entreprises de la microélectronique. La **figure C2** montre les différentes entreprises sous-traitantes potentiellement confrontées à l'exposition à un agent toxique (Arsenic et Fibres Céramiques Réfractaires). Cette représentation est rendue possible grâce à la mise en place d'un groupe de travail de médecins du terrain permettant la collection d'informations non stockées par ailleurs. Enfin la **figure C3** compare les **types de pathologies** associées au secteur de la microélectronique selon **deux sources** : la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail – Rhône-Alpes (**CARSAT -RA**) et le Centre de Consultations et de Prévention des Pathologies Professionnelles (**CCPP**) de Grenoble. Les deux points de vue sont radicalement différents : les enregistrements de la CARSAT sont très complets sur les Troubles Musculo-Squelettiques (pathologies étiquetées « A ») alors que le CCPP est sollicité pour l'investigation de tous types de pathologies, notamment d'origine toxicologique.

Figure 2. Le recrutement du rnv3p



Dans un second temps, nous travaillons sur la **caractérisation du réseau rnv3p**. Pour cela, nous nous intéressons à l'**adressage des patients** dans les CCPP et les aires géographiques de recrutement de ceux-ci (**Figure 2**). Pour les deux figures, les données ont été agrégées à l'échelle communale et concernent la période 2001-2012.

La **figure A** localise **tous les patients enregistrés dans la base nationale du rnv3p** à leur commune de résidence. La **figure B** représente **toutes les entreprises enregistrées dans la base nationale du rnv3p**. Sur cette carte, la distinction est faite sur la source de données : en effet, chaque couleur correspond au CCPP ayant saisi la donnée.

### CONCLUSION

A travers la **combinaison de différentes sources de données complémentaires**, l'élaboration de **diagnostics territoriaux** précis (par secteur d'activité par exemple) ou encore la caractérisation du réseau de recrutement des patients, les SIG permettent de **visualiser et territorialiser le phénomène des maladies professionnelles** tout en le situant dans un contexte géographique global, visualisable à différentes échelles (nationale, régionale, locale).

- 1 – **RNV3P** : Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles.
- 2 – **UJF - Grenoble** / CNRS / TIMC-IMAG UMR 5525, Equipe EPSP, Grenoble.
- 3 – UMR CNRS 3258, Maison des sciences de l'homme (MSH), Paris Nord, **Université Paris 8 et Paris 13**.
- 4 – **ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, **Maisons-Alfort**.
- 5 – Centre de Consultation et de Prévention des Pathologies Professionnelles (CCPP), **CHU Grenoble**.

### Remerciements



# Veille sanitaire et prévention des pathologies professionnelles : intégration des données du rnv3p et d'autres sources complémentaires relatives à la santé au travail au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG).

Exemple issu du secteur d'activité de la microélectronique.

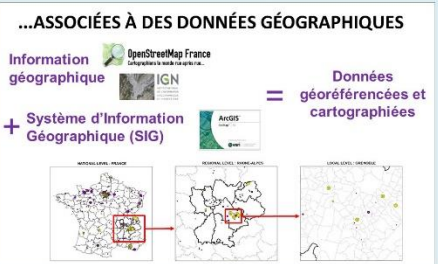
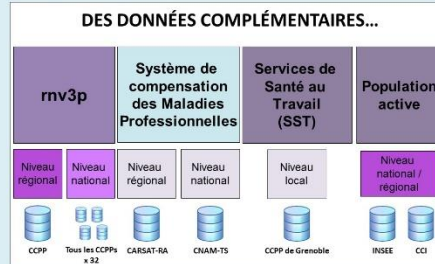
M. Delaunay<sup>1,2,3</sup>, S. Faye<sup>1,4</sup>, M. Le Barbier<sup>1,4</sup>, V. Godard<sup>3</sup>, R. de Gaudemar<sup>1,2,5</sup>, V. Bonnetterre<sup>1,2,5</sup>.  
Thèse financée par l'ANSES. Contact : marie.delaunay@mshparisnord.fr



**CONTEXTE.** Le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de **nombreuses données** (secteurs d'activité, métiers, expositions, pathologies) à de **nombreuses échelles** emboîtées (entreprise, bassin d'activité, région, national et international). En France, une partie de ces données est issue du **Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (rnv3p)** qui enregistre, au sein d'une base nationale, un résumé structuré de chaque consultation réalisée dans ses Centres de Consultations de Pathologies Professionnelles (CCPP). D'autres **sources de données complémentaires**, formalisées (CARSAT-RA\*, CNAM-TS\*\*, INSEE\*\*\*, CCI\*\*\*\*) ou non (données qualitatives), existent mais sont toujours analysées indépendamment. Inutilisés jusqu'à présent dans ce domaine, les **outils SIG** permettent pourtant d'intégrer ces données multi-sources et de les analyser à différents niveaux.

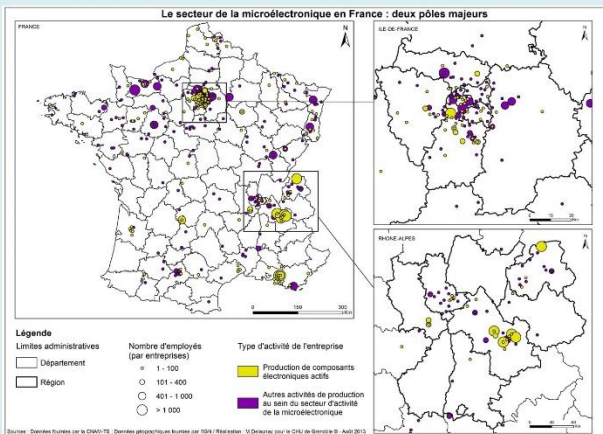
**OBJECTIF.** Développer un **outil au service de la veille sanitaire** des pathologies professionnelles qui permettrait un **retour vers la prévention**, en s'appuyant notamment sur les **données du rnv3p** mais également d'autres **sources de données complémentaires** pertinentes et disponibles. Pour une illustration concrète, un secteur d'activité a été choisi, celui de la **microélectronique**. Cette illustration est développée à différents échelles géographiques : nationale, régionale et locale.

## METHODE.



## RESULTATS.

Fig.1. Dénominateur (population active du secteur de la microélectronique)



La figure 1 représente la **localisation des entreprises** de la microélectronique sur le territoire métropolitain ("dénominateur"). Celles-ci sont cartographiées en fonction de leur **taille** (nombre de salariés en cercles proportionnels) ainsi que leur **activité principale** : production de composants électroniques actifs (jaune) et toutes les autres activités liées à cette industrie (violet). Comme le montre la carte, les principales entreprises produisant les composants électroniques actifs se situent dans la région Rhône-Alpes.

La figure 2 est un zoom à l'échelle régionale qui intègre de nouveaux éléments :  
- la **couverture sanitaire des Services de Santé au Travail** (couleur) ;  
- le nombre total de salariés par département (chiffres INSEE 2010) ainsi que le nombre de salariés dans le secteur de la microélectronique par département.

Fig.2. Dénominateur et couverture sanitaire

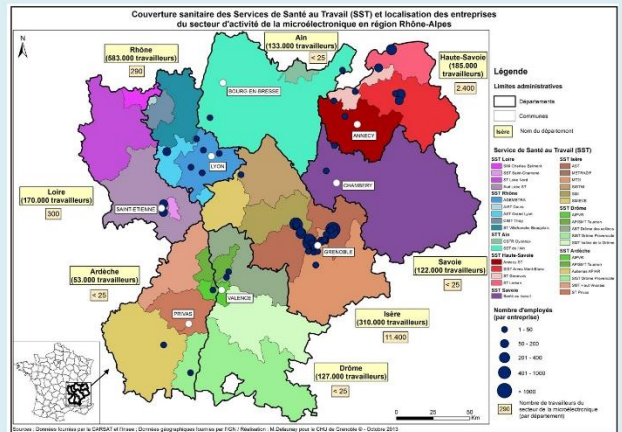
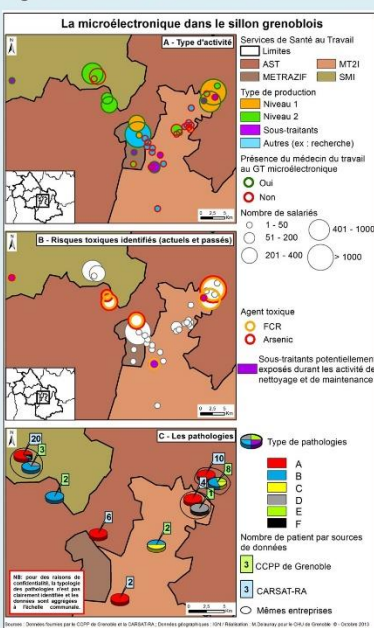


Fig.3. Dénominateur et numérateur à l'échelle locale



La figure 3A présente une **classification améliorée du type de production**. Le niveau 1 (orange) représente les sites de production des puces et des semi-conducteurs ; le niveau 2 (vert) regroupe les entreprises high-tech du secteur et enfin, les entreprises sous-traitantes sont indiquées en violet.

La figure 3B montre les entreprises du secteur ayant identifié une exposition actuelle ou passée à un des deux agents toxiques répertoriés pour la microélectronique : les **Fibres Céramiques Réfractaires (FCR – en orange)** et l'**Arsenic** (rouge). La représentation de cette information inédite souligne les enjeux liés à la sous-traitance dans le secteur de la microélectronique et la difficulté majeur à connaître réellement les travailleurs exposés lors de telles activités.

La figure 3C représente le "numérateur" : les **pathologies professionnelles** investiguées par le CCPP de Grenoble (nombre total en vert) et les **maladies professionnelles** indemnisées par la CARSAT-RA (nombre total en bleu).

**L'intégration de données complémentaires au rnv3p au sein d'un outil SIG – ici illustré à travers un exemple concret – montre le potentiel, pour la vigilance et la prévention en santé au travail, de cette approche systématique combinant différentes sources de données.**

Les **perspectives** sont nombreuses et comptent notamment le travail sur l'**adressage des patients** (zones de recrutement des CCPPs – en cours), l'**application de la méthodologie à un autre secteur d'activité** avec une exploration approfondie sur les expositions (la métallurgie – en cours) et le travail sur une **approche par pathologie** (asthme professionnel – à venir).

\* CARSAT-RA: Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail - Rhône-Alpes. \*\* CNAM-TS : Caisse Nationale d'Assurance Maladie – Travailleurs salariés. \*\*\* INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques. \*\*\*\* CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie.

- 1 – RNV3P : Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles.
- 2 – UJF - Grenoble 1 / CNRS / TIMC-IMAG UMR 5525, Équipe EPSP, Grenoble.
- 3 – UMR CNRS 3258, Maison des sciences de l'homme (MSH), Paris Nord, Université Paris 8 et Paris 13.
- 4 – ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort.
- 5 – Centre de Consultation et de Prévention des Pathologies Professionnelles (CCPP), CHU Grenoble.

**Remerciements :** ANSES (financement), CARSAT-RA (Laurence Engrand), CNAM-TS (Pascal Jacquetin), médecins des SST participant au groupe de travail de la microélectronique.

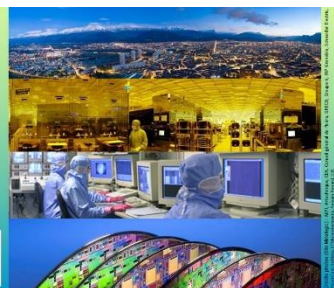
Journées des doctorants de l'ANSES – Maisons-Alfort, 28 novembre 2013.

# Veille sanitaire et prévention des pathologies professionnelles : intégration de données complémentaires relatives à la santé au travail au moyen d'un Système d'Information Géographique (SIG).

Exemple issu du secteur d'activité de la microélectronique.

M. Delaunay<sup>1,2,3</sup>, S. Faye<sup>1,4</sup>, M. Le Barbier<sup>1,4</sup>, V. Godard<sup>3</sup>, R. de Gaudemaris<sup>1,2,5</sup>, V. Bonnetterre<sup>1,2,5</sup>.

Thèse financée par l'ANSES. Contact : marie.delaunay@mshparisnord.fr



**CONTEXTE :** Le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de **nombreuses données** (secteurs d'activité, métiers, expositions, pathologies) à de **nombreuses échelles** emboîtées (entreprise, bassin d'activité, région, national et international). Ces **multiples sources de données** complémentaires (formalisées ou non), sont toujours analysées indépendamment. Cela ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble, sinon sur des indicateurs agrégés au niveau national et donc déconnectés d'actions concrètes pour un **retour à la prévention**. Inutilisés jusqu'à présent dans ce domaine, les **outils SIG** permettent pourtant d'intégrer des données différentes et de les analyser à différents niveaux.

## OBJECTIF

Développer un outil au service de la veille sanitaire des pathologies professionnelles qui permettrait un retour vers la prévention, en s'appuyant sur les données du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (**rnv3p**) mais également d'autres sources de données complémentaires pertinentes et disponibles.

Pour une illustration concrète, un secteur d'activité a été choisi, celui de la **microélectronique**. Cette illustration est développée au niveau du sillon grenoblois en particulier.

## RESULTATS

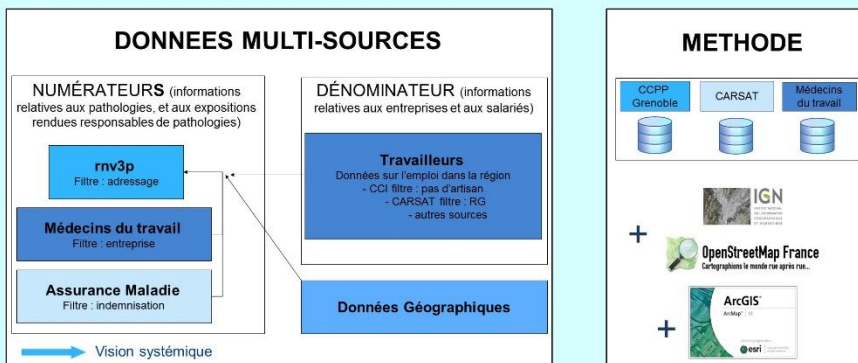


Figure 1 – Entreprises de la microélectronique et sous-traitants autour de Grenoble (population de travailleurs concernée ou « dénominateur »)

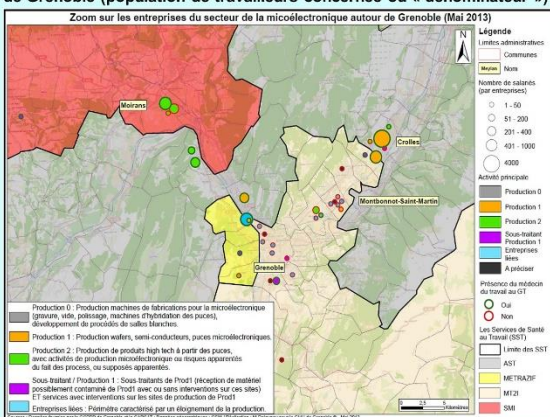
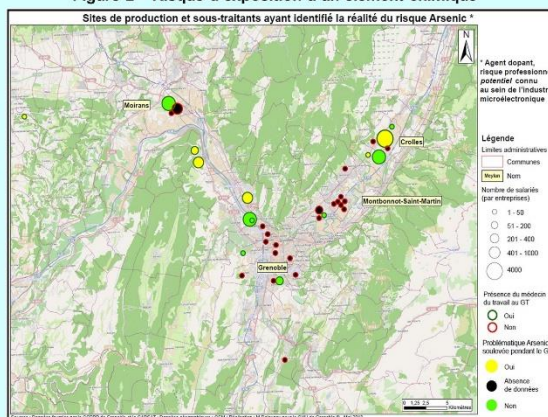
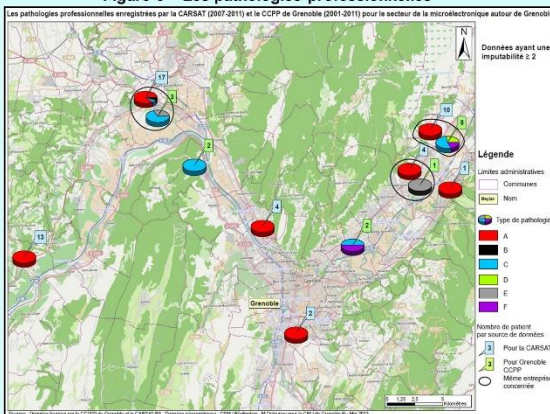


Figure 2 – Risque d'exposition à un élément chimique



La figure 2 montre les différentes entreprises et sous-traitants du secteur d'activité confrontés à l'utilisation de l'arsenic (As) à ce jour. Cette représentation est rendue possible grâce à la mise en place d'un groupe de travail de médecins du terrain (voir figure 1) permettant la collection d'informations non stockées par ailleurs.

Figure 3 – Les pathologies professionnelles \*



La figure 3 compare les types de pathologies associées au secteur de la microélectronique selon deux sources : la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail – Rhône-Alpes (**CARSAT –RA**) et le Centre de Consultations et de Prévention des Pathologies Professionnelles (**CCPP**) de Grenoble. Les deux points de vue sont radicalement différents : les enregistrements de la CARSAT sont très complets sur les Troubles Musculo-Squelettiques (pathologies étiquetées « A ») alors que le CCPP est sollicité pour l'investigation de tous types de pathologies, notamment d'origine toxicologique.

\* Pour préserver la confidentialité des données, la typologie précise des pathologies ne reste accessible qu'aux personnes directement impliquées dans la vigilance et le retour vers la prévention.

Ce premier travail illustre de façon concrète le potentiel pour la vigilance en santé au travail, et le retour vers la prévention, d'une approche systématique intégrant des données complémentaires au moyen de SIG car ces derniers permettent de :

- \* Combiner et comparer les différentes sources de données et leur point de vue ;
- \* Visualiser et comprendre les enjeux liés aux numérateurs (patients dont les pathologies ont été investiguées) et dénominateur (ensemble des salariés potentiellement exposés) ;
- \* Ajouter d'autre type de données (exposition, données économiques, données sur l'emploi) ;
- \* Rechercher des cas similaires à d'autres échelles.

## PERSPECTIVES

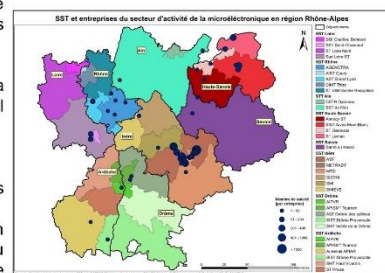
**Intégration de données régionales et nationales issues des :**

- Services de Santé au Travail (SST).
- Préventeurs : la CARSAT et Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS).
- CCPP constituant le rnv3p.
- Directions régionales des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (Directe).

**Travaux en cours sur :**

- L'adressage et le recrutement des patients aux CCPP (zones d'ombres).
- Les diagnostics territoriaux avec une vision possible par type d'exposition (produit) et / ou par pathologie (exemple de l'asthme professionnel).
- La problématique de confidentialité des données et l'échelle de cartographie.

Figure 4 : Couverture sanitaire en Rhône-Alpes et microélectronique



**Remerciements :** ANSES (financement), CARSAT-RA (Laurence Engrand), médecins des SST participant au groupe de travail de la microélectronique. Journée Scientifique de l'Ecole Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l'Environnement (EDISCE) – Grenoble, 28 Mai 2013.

1 – RNV3P : Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles.  
 2 – UJF - Grenoble 1 / CNRS / TIMC-IMAG UMR 5525, Equipe EPSP, Grenoble.  
 3 – UMR CNRS 3258, Maison des sciences de l'Homme (MSH), Paris Nord, Université Paris 8 et Paris 13.  
 4 – ANSES - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort.  
 5 – Centre de Consultation et de Prévention des Pathologies Professionnelles (CCPP), CHU Grenoble.



## **Résumé**

Le domaine de la santé au travail est complexe car il associe de nombreuses données de différentes natures (secteurs d'activité, métiers, expositions, pathologies), disponibles à des échelles emboîtées (entreprises, bassins d'activité, zones d'emploi, régions, etc) et appartenant à différents partenaires (assureurs, préventeurs, systèmes de surveillance). Ces multiples sources de données complémentaires, formalisées ou non, sont toujours analysées de manière indépendante, en ignorant notamment la dimension géographique y étant associée (territoires d'activités sous-jacents).

L'objectif de notre travail est de considérer une de ces sources de données, le rnv3p (Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles), comme un objet géographique. Grâce à différentes méthodes (explicitées Partie 1) et outils géomatiques, et la prise en compte de la population active sous-jacente, c'est d'abord une description du réseau en termes de recrutement, zones d'ombre et zones de capture préférentielle qui est faite (Partie 2). Dans un second temps, c'est la confrontation de cette base à d'autres sources de données décrivant des maladies professionnelles (en particulier indemnisées) qui est analysée au travers d'approches par secteur d'activité et pathologie (Partie 3). Enfin, des préconisations concernant le développement d'un outil cartographique adossé à la base rnv3p à des fins de vigilance et au service des différents acteurs en santé-travail ont été faites (Partie 4).

*Mots clés: santé-travail, pathologies professionnelles, réseau de surveillance, Systèmes d'Information Géographiques (SIG), analyse spatiale*

## **Abstract**

The field of occupational health is complex because it combines many different types of data (activity sector, occupations, risk exposures, diseases), available at nested scales (communes, activity territories, employment areas, regions, etc.) and from different partners (insurers, stakeholders, monitoring systems). These multiple sources of additional data, formalized or not, are always analysed independently, ignoring in particular the geographic dimension associated therewith (underlying activities territories).

The aim of our work is to consider one of these data sources, the rnv3p (French National Occupational Diseases Surveillance and Prevention Network), as a spatial object. Through different methods (explained Part 1) and geomatics tools, and taking into account the underlying workforce, it is primarily a description of the network in terms of recruitment, shadow and preferential recruitment areas that is made (Part 2). Secondly, it is the confrontation of this database to other data sources describing occupational diseases (especially compensated one) which is analyzed through approaches by industry and pathology (Part 3). Finally, recommendations were made regarding the development of a mapping tool, built for the rnv3p database for vigilance purposes and helping various occupational health stakeholders (Part 4).

*Key words: occupational health, work related diseases, surveillance network, Geographic Information System (GIS), spatial analysis*