

**ANALYSE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DU RISQUE DE
CANCER DANS L'ENVIRONNEMENT DES BASSINS INDUSTRIELS
DU PAYS-ROUSSILLONNAIS ET DU SUD GRENOBLOIS**

Octobre 2023

Résumé

L'impact sanitaire d'installations industrielles implantées dans un territoire fait souvent l'objet d'interrogations de la part des populations riveraines. Dans le département l'Isère, deux grands bassins industriels ont été répertoriés par Santé Publique France : il s'agit des bassins de l'industrie de la chimie du Pays Roussillonnais et du Sud Grenoblois.

Les données d'incidence enregistrées par le Registre du Cancer de l'Isère ont permis la réalisation d'une étude spatiale de la distribution de l'incidence du cancer sur le territoire de l'Isère, situant ainsi la fréquence du cancer dans les deux bassins industriels. Elles ont également permis d'étudier le lien entre la fréquence de la maladie et la proximité des lieux d'habitation par rapport aux sites industriels. L'échelle géographique retenue pour ces différentes analyses est le découpage des grandes communes en IRIS (Ilots Regroupés sur l'Information Statistique). Cette échelle permet la construction de cercles autour des installations industrielles : 0-2km, 0-4km et 0-6km. Ce découpage spatial permet également la réalisation d'une modélisation pour vérifier le rôle du niveau social dans la fréquence de la maladie.

Dans le Sud Grenoblois, les cancers du larynx et du poumon chez les hommes sont identifiés en sur-risque statistiquement significatif autour des sites industriels, quelle que soit la distance (0-2km, 0-4km et 0-6km). Ces sur-risques ne diminuent pas avec l'augmentation de la distance entre le lieu d'habitation au moment du diagnostic et les installations industrielles. Chez les femmes, le cancer de l'estomac, de la lèvre-bouche-pharynx, du poumon et la leucémie lymphoïde chronique sont retrouvés en sur-risque. Dans le Pays Roussillonnais, les cancers du larynx et de la lèvre-bouche-pharynx chez les hommes et les femmes et le cancer de l'œsophage chez les femmes présentent un sur-risque non statistiquement significatif. Le mésothéliome de la plèvre est également en sur-risque pour les deux sexes dans les 2 bassins industriels avec un sur-risque significatif majeur dans tous les cercles chez les hommes dans le Pays Roussillonnais avec une forte tendance à la baisse avec l'éloignement des sites. Dans le Sud Grenoblois, la modélisation de la distribution spatiale de l'incidence des cancers du poumon et de la lèvre-bouche-pharynx pour les deux sexes et du larynx chez les hommes (cancers présentant une sur-incidence), met en évidence l'influence du niveau socio-économique du lieu d'habitation.

En conclusion, parmi les localisations cancéreuses qui sont en sur-incidence à proximité des installations industrielles, seul l'excès de mésothéliome de la plèvre est très certainement la conséquence d'une exposition professionnelle à l'amiante, plus particulièrement chez les hommes dans le Pays Roussillonnais. Dans le Sud Grenoblois, certains cancers en sur-incidence sont répertoriés comme étant majoritairement attribuables à des expositions non professionnelles, ce qui rend plus complexe l'identification d'un potentiel impact sanitaire des installations industrielles.

Auteur

M. Colonna : Registre du Cancer de l'Isère

Data-management

F. Poncet : Registre du Cancer de l'Isère

Relecteurs

M. Bonneault : Registre du Cancer de l'Isère

E. Chatignoux : Santé Publique France

Ph. Pépin : Santé Publique France Auvergne Rhône-Alpes

A. Seigneurin : Registre du cancer de l'Isère

Remerciements

A toutes les sources de données qui contribuent à l'enregistrement des cancers par le registre du cancer de l'Isère, en particulier les laboratoires et services d'anatomie et de cytologie pathologiques, les Départements de l'information médicale (DIM) des établissements de soins publics et privés, les échelons locaux des services médicaux de l'Assurance maladie, les cliniciens généralistes et spécialistes.

Financement

Cette étude a bénéficié du financement du Conseil départemental de l'Isère dans le cadre de la surveillance de la pathologie cancéreuse dans l'Isère. Cette étude a également bénéficié d'un cofinancement dans le cadre de l'Appel d'Offres 2019 de la Ligue Contre le Cancer, Région auvergne Rhône Alpes Comité de l'Isère. Le registre du cancer de l'Isère bénéficie également d'un financement de l'Institut National du Cancer (INCa) et de Santé Publique France (SpF) pour l'enregistrement des cas de cancer.



SOMMAIRE

1-INTRODUCTION	8
1-1 Le contexte	8
1-2 Objectifs de l'étude	9
2-MATERIEL ET METHODE	9
2-1 Les bassins industriels du Pays Roussillonnais et du Sud Grenoblois	9
2-2 Le découpage spatial	10
2-3 Les données d'incidence du cancer du registre du cancer de l'Isère	10
2-4 Nombre de cas de cancer et effectifs démographiques par zone géographique	11
2-5 Approche statistique	11
3-RESULTATS	12
3-1 Description de l'incidence : situation dans le Sud Grenoblois	12
3-1-1 Représentation cartographique des risques à l'échelle des IRIS	12
3-1-2 Fréquence des IRIS en sur-incidence à l'échelle des IRIS	13
3-1-3 Sur-incidence statistiquement significative à l'échelle des IRIS	13
3-1-4 Sous-incidence à l'échelle des IRIS	13
3-1-5 Analyse de l'incidence à l'échelle des cercles autour des sites industriels	13
3-1-6 Lien avec la mise en évidence d'agrégats spatiaux	14
3-2 Description de l'incidence : situation dans le Pays-Roussillonnais	14
3-2-1 Représentation cartographique des risques à l'échelle des IRIS	14
3-2-2 Fréquence de sur-incidence à l'échelle des IRIS	15
3-2-3 Fréquence de sous-incidence à l'échelle des IRIS	15
3-2-4 Analyse de l'incidence dans les différents cercles autour des sites industriels	15
3-2-5 Lien avec la présence d'agrégats spatiaux	16
4-ANALYSE COMPLEMENTAIRE	16
4-1 Les enjeux de ces analyses complémentaires	16
4-2 Sud Grenoblois : analyse complémentaire détaillée	16
4-3 Pays Roussillonnais : analyse complémentaire réduite	17
5-DISCUSSION	18
6-CONCLUSION	21
7-REFERENCES	21
8-ANNEXE	23
8-1 Annexe méthodologique	23
8-1-1 Aspect analytique	23
8-1-2 Modélisation complémentaire des risques	24
8-1-3 Mise en œuvre	25
8-1-4 Références	25
8-2 Localisations cancéreuses retenues dans les modèles	26
Tableau A1 : Critères DIC et Variances empiriques des composantes hétérogénéité et spatiale	26
Tableau A2 : Coefficient β du modèle intégrant la variable EDI (modèle (2))	26
8-3 Cartes du découpage spatial : Sud Grenoblois et Pays Roussillonnais	27
Figure A1 : Découpage spatial des zones de 6km autour des sites industriels	27

Tableaux

- Tableau 1 : Communes et nombre d'IRIS par cercle autour des sites industriels du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais
- Tableau 2 : Cancers étudiés et effectifs observés au cours de la période 2006-2017 (Source : Registre du Cancer de l'Isère)
- Tableau 3 : Nombre et % d'IRIS avec sur-risque > 10% (resp. sous-risque > 10%) en Isère, dans le sud Grenoblois et le Pays Roussillonnais
- Tableau 4 : Risque relatifs lissés et significativité par localisation cancéreuse selon les cercles de distance autour des installations industrielles du Sud-Grenoblois
- Tableau 5 : Risque relatifs lissés et significativité par localisation cancéreuse selon les cercles de distance autour des installations industrielles du Pays Roussillonnais

Figures

- Figure 1 : Distances des IRIS aux installations industriels par bassin
- Figure 2 : Situation géographique des bassins industriels du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais
- Figure 3 : Cartographie des risques relatifs lissés dans le département de l'Isère
- Figure 4 : Cartographie des risques relatifs lissés du Sud Grenoblois par localisation cancéreuse et sexe, classée en fonction des contrastes observés
- Figure 5 : Cartographie des localisations de cancer (par sexe) présentant une sur-incidence et/ou une sous-incidence statistiquement significative dans le Sud Grenoblois
- Figure 6 : Variations des risques relatifs lissés par localisation cancéreuse (et par sexe) en fonction de la taille des cercles autour des installations du Sud Grenoblois
- Figure 7 : Cartographie des agrégats de sur-incidence et de sous-incidence identifiés dans le département de l'Isère par localisation de cancer
- Figure 8 : Cartographie des risques relatifs lissés du Pays Roussillonnais par localisation cancéreuse et sexe, classée en fonction des contrastes observés
- Figure 9 : Cartographie des localisations de cancer (par sexe) présentant une sur-incidence et/ou une sous-incidence statistiquement significative dans le Pays Roussillonnais
- Figure 10 : Variation des risques relatifs lissés par localisation cancéreuse (et par sexe) en fonction de la taille des cercles autour des installations du Pays Roussillonnais
- Figure 11 : Variation des risques relatifs lissés du mésothéliome de la plèvre chez les hommes en fonction de la taille des cercles autour des installations du Pays Roussillonnais
- Figure 12 : Carte des niveaux de défavorisation sociale (EDI) par IRIS pour chaque bassin industriel

1-INTRODUCTION

1-1 Le contexte

Dans le monde, et plus particulièrement dans les pays occidentaux, la fréquence des cancers est en augmentation depuis plusieurs décennies [Ervik 2021]. En France, depuis 2004, cette maladie constitue la première cause de décès [Boulat 2019], cette situation étant la conséquence de l'augmentation du nombre annuel de nouveaux cas de cancer, passé de 216 000 nouveaux cas en 1990 à 433 000 en 2023 [Lapôtre-Ledoux 2023]. Dans le département de l'Isère, le nombre de nouveaux cas de cancer est passé de 3 600 en 1990 à 8 000 en 2020. Les raisons de cette augmentation sont multiples : facteurs démographiques (augmentation de la population), vieillissement de la population (un nouveau de cas de cancer sur deux est diagnostiqué après 70 ans en 2020 dans l'Isère), évolution des dépistages et des techniques diagnostiques et enfin évolution de facteurs de risque : facteurs de risque personnels (e.g. tabagisme, alimentation) expositions environnementales (e.g. pollution atmosphérique, pesticides), expositions professionnelles (e.g. amiante avec effet à long terme).

Dans un tel contexte, la présence d'installations industrielles sur le territoire isérois est propice aux interrogations que peuvent se poser les habitants sur la fréquence du cancer dans leur lieu de vie. Dans l'Isère, les sites industriels de la chimie du Pays Roussillonnais et du Sud Grenoblois, dont la présence remonte au début du XXème siècle, ont plus particulièrement fait l'objet de demandes d'évaluation d'impact sanitaire pour les populations riveraines et pour les employés sur les sites. Ces interrogations ont conduit à la réalisation d'études de nature différente : études menées parmi le personnel d'usines de la chimie du Sud Grenoblois [Colonna 2001 ; Bonneterre 2012], évaluations des risques sanitaires associés à l'inhalation de composés organiques volatiles autour de zones multi-émettrices de Rhône-Alpes dont le Pays-Roussillonnais et le Sud Grenoblois [Schmitt 2008], analyse de la fréquence des cancers autour de la plateforme chimique de Roussillon [Cire Rhône-Alpes 2007 ; Malagutti 2017 ; Pépin 2019] et du Sud Grenoblois [Pépin 2022].

Le cancer est une maladie multifactorielle dont l'apparition, qui comporte une composante aléatoire, est la conséquence de facteurs de risques individuels et collectifs auxquels sont soumis les habitants d'un territoire donné. Malgré cette complexité, l'analyse de la répartition spatiale de l'incidence des cancers à partir d'un dénombrement exhaustif des cas fait partie des éléments de réponse objectifs aux

interrogations des populations riveraines des sites industriels. Un tel dénombrement des cas de cancer est réalisé dans le département de l'Isère par le Registre du Cancer de l'Isère.

1-2 Objectifs de l'étude

Nous proposons une étude complémentaire aux études déjà réalisées autour des sites industriels du Pays Roussillonnais et du Sud Grenoblois, qui a pour objectif d'analyser à la fois les niveaux de risque mais également leur distribution spatiale. Spécifiquement, notre étude utilise un découpage spatial fin, permettant de fournir un zonage précis des unités spatiales situées à la périphérie des sites industriels et de prendre en compte la distance aux sites industriels comme proxy de l'exposition. Dans notre étude, différentes analyses sont réalisées : 1) à l'échelle des unités spatiales élémentaires, description de la répartition spatiale des cancers dans chacune des zones distantes de 6 kilomètres au plus dans les deux bassins industriels ; 2) construction de cercles regroupant les unités spatiales élémentaires, cercles de tailles allant de 2 à 6 kilomètres, permettant de vérifier la dynamique de l'incidence du cancer selon la distance aux sites industriels ; 3) mise en perspective des résultats des analyses précédentes en faisant le lien avec la mise en évidence d'agrégats de sur-incidence et de sous-incidence sur le territoire isérois ; 4) étude de l'association entre le risque de cancer et le niveau socio-économique calculé par unité spatiale élémentaire, sachant que le niveau socio-économique peut avoir une influence sur la fréquence de certains cancers [Bryère 2017].

2-MATERIEL ET METHODE

2-1 Les bassins industriels du Pays Roussillonnais et du Sud Grenoblois

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes focalisés sur la fréquence et la distribution des cas de cancer incidents autour de deux bassins industriels situés dans le département de l'Isère : bassin industriel du Pays Roussillonnais (Roussillon, Salaise-sur-Sanne) et du Sud Grenoblois (Pont de Claix, Jarrie) [Schmitt 2008]. Ces deux bassins industriels font partie de la liste de 47 bassins industriels identifiés par Santé Publique France (SpF) sur le territoire métropolitain et en Guyane [Roudier 2020]. Un bassin industriel est défini comme étant une zone caractérisée « *par la concentration d'industries variées autour d'un type d'activité principal, comme la pétrochimie ou la sidérurgie* ». Dans le cas de l'Isère, les deux bassins industriels reposent sur l'activité de l'industrie de la chimie. Ces deux sites sont sources de polluants nombreux et de même nature [Bonneterre 2012 ; Schmitt 2008]. Parmi les polluants susceptibles de générer des risques cancérigènes, nous pouvons citer : le dichlorométhane, le chloroéthylène, le 1,3-

butadiène, le tétrachlorométhane, le chloroéthane, le 1,2-dichloroéthane, le chlorobenzène et le toluène, l'acétaldéhyde, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'acénaphthène, l'anthracène, le fluoranthène, le fluorène, la naphthalène et le nickel.

2-2 Le découpage spatial

L'IRIS (Ilot Regroupé sur l'Information Statistique) constitue l'entité spatiale de base dans notre étude. Il s'agit d'un découpage infra-communal qui concerne les communes d'au moins 10 000 habitants et la plupart des communes de 5 000 à 10 000 habitants¹. Le département de l'Isère est constitué, pour la période 2006-2017, de 512 communes dont 42 sont découpées en 251 IRIS. A titre d'exemple, la commune de Grenoble est découpée en 68 IRIS, Saint Martin d'Hères et Echirolles en 14 IRIS.

Le cercle de 6 kms autour des sites industriels du Sud Grenoblois est composé de 21 communes, dont 11 sont découpées en 96 IRIS². Le nombre d'unités spatiales élémentaires dans cette zone géographique du Sud Grenoblois est donc de 106 unités dont 16 se situent à moins de 2km d'un des 2 sites industriels, 44 à moins de 4km [Tab 1, Fig 1]. Le cercle de 6 kms autour des sites industriels du Pays Roussillonnais est composé de 10 communes, dont 2 sont découpées en 5 IRIS. Le nombre d'unités spatiales élémentaires dans la zone géographique de 6 kms du Pays-Roussillonnais est donc de 13 dont 4 se situent à moins de 2km d'un site industriel, 5 entre 2 et 4km et 4 entre 4 et 6km. La représentation cartographique des zones de 6km est présentée en Annexe (Fig A1).

2-3 Les données d'incidence du cancer du registre du cancer de l'Isère

Les données d'incidence du cancer utilisées dans l'étude proviennent de la base de données du registre du cancer de l'Isère dont la première mission est d'enregistrer les nouveaux cas de cancer parmi les personnes habitants dans le département de l'Isère, quel que soit le lieu de prise en charge diagnostique et thérapeutique. La période 2006-2017 a été retenue pour réaliser l'étude : l'année 2006 est la première année pour laquelle des données démographiques par classe d'âge au niveau infra-communale (IRIS) sont disponibles. L'année 2017 était la dernière année pour laquelle des données démographiques étaient disponibles au moment où les analyses ont débuté. La distribution spatiale de 17 localisations cancéreuses chez les femmes et 15 localisations cancéreuses chez les hommes [Tab 2] ont été analysées, ces cancers

¹ Dans la suite du document, le terme IRIS sera utilisé indifféremment pour les IRIS et pour les communes non découpées en IRIS par souci de simplification de la lecture.

² La distance entre un site industriel et un IRIS est évaluée comme la distance euclidienne entre les centroïdes

Analyse de la distribution spatiale du risque de cancer dans l'environnement des bassins industriels du Pays-Roussillonnais et du Sud Grenoblois
p.10

faisant partie de la liste des cancers dont l'association est avérée ou suspectée dans la littérature scientifique avec les polluants chimiques environnementaux [Pépin 2019].

2-4 Nombre de cas de cancer et effectifs démographiques par zone géographique

Le nombre de cas par cancer, sexe et zone géographique (ensemble du département, zone d'étude de 6km du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais) est reporté dans le tableau 2.

La démographie des deux bassins industriels est très différente. Le Pays Roussillonnais compte 35 000 habitants (population 2017), soit 3% de la population du département alors que le Sud Grenoblois compte 248 800 habitants, soit 20% de la population du département. Le bassin du Pays-Roussillonnais se situe dans la bordure nord-ouest du département. Il est limitrophe avec les départements de la Drôme au sud, de l'Ardèche au sud-est, de la Loire à l'ouest et du Rhône au nord [Fig 2]. La zone étudiée est donc tronquée et exclut des territoires exposés et des populations potentiellement concernées par l'impact sanitaire des sites industriels. A l'inverse, le bassin du Sud Grenoblois est implanté au centre du département, dans le sud de l'agglomération grenobloise. La zone potentiellement impactée par les sites industriels est entièrement couverte en termes d'enregistrement des cas de cancer.

2-5 Approche statistique

La répartition spatiale de l'incidence du cancer est décrite par le SIR (Rapport Standardisé d'Incidence). Cet indicateur permet de comparer le nombre observé de cas incidents dans une unité spatiale (ici IRIS, cercles autour des sites industriels) et le nombre de cas attendus (calculé) dans cette unité si on lui applique la force d'incidence de l'ensemble du département. Plus précisément, on calcule le rapport entre le nombre de cas observés et le nombre de cas attendus pour chaque unité spatiale. On parle de rapport standardisé puisque ce calcul tient compte, et corrige, les différences de répartition des populations selon l'âge. Cette correction est rendue nécessaire puisque l'âge est un facteur de risque objectif de cancer : tous cancers confondus entre 2006 et 2017 dans l'Isère, l'âge médian au diagnostic était de 68 ans chez les hommes et de 66 ans chez les femmes alors que l'âge médian de la population iséroise dans cette même période était de 37 ans chez les hommes et de 40 ans chez les femmes. Du fait des différences des effectifs démographiques entre unités spatiales (IRIS), entraînant des disparités dans le nombre observé de cas, et également du fait d'observations pouvant être (statistiquement) peu nombreuses à l'échelle des IRIS, nous avons eu recours à une méthode de « lissage » des SIR [Colonna 2013]. L'approche statistique utilisée est détaillée dans l'Annexe méthodologique à la fin du document. Nous avons également utilisé une méthode de regroupement des IRIS sur les critères statistiques [Kulldorff 1995] afin de mettre en

évidence d'éventuels agrégats de sur-incidence (ou de sous-incidence) constitués par un sous-ensemble d'IRIS voisins : un agrégat correspond à l'observation d'un nombre inhabituel d'événements de santé regroupés dans l'espace dans une période de temps donnée ; il s'agit d'un agrégat de sur-incidence s'il s'agit d'un nombre « anormalement » élevé de cas et un agrégat de sous-incidence lorsque le nombre de cas observés est « anormalement » faible. Les résultats de cette méthode sont complémentaires de ceux obtenus à l'échelle des IRIS et des cercles centrés autour des sites industriels.

La modélisation des SIR avec la méthode de lissage, permet l'évaluation du rôle de facteurs explicatifs potentiels, qui correspondent à la distance aux sites industriels et au niveau socio-économique dans notre étude. Elle est réalisée uniquement dans la zone des 6 kilomètres autour des sites industriels du Sud Grenoblois, le faible nombre d'unités spatiales (13 IRIS) dans le Pays Roussillonnais ne permettant pas de réaliser une telle modélisation, une partie de la zone des 6 kilomètres autour des sites industriels se situant en dehors du département de l'Isère [Fig 2].

3-RESULTATS

La représentation cartographique des SIR lissés à l'échelle des IRIS dans l'ensemble du département de l'Isère met en évidence des situations différentes selon les cancers étudiés [Fig 3] : existence de situations de contrastes spatiaux en termes de sur-incidence et de sous-incidence, visibles pour une majorité de cancers et faible variabilité spatiale de l'incidence pour un nombre plus réduit de cancer.

3-1 Description de l'incidence : situation dans le Sud Grenoblois

3-1-1 Représentation cartographique des risques à l'échelle des IRIS

Dans le Sud Grenoblois, la visualisation des représentations cartographiques met en évidence des situations de sur-risque dans un nombre non négligeable d'IRIS pour les cancers [Fig 4] : lèvre-bouche-pharynx, estomac, foie, poumon, mésothéliome de la plèvre, leucémie aigüe et leucémie lymphoïde chronique chez les femmes, larynx, leucémie aigüe et leucémie lymphoïde chronique chez les hommes. Il existe une hétérogénéité d'incidence entre les IRIS pour les cancers de la lèvre-bouche-pharynx, du poumon et le mésothéliome de la plèvre chez les hommes. Pour les cancers de l'œsophage, du foie et le lymphome de hodgkin, les IRIS sont le plus souvent en sous-incidence chez les hommes. Pour les autres cancers, les distributions de l'incidence présentent des variabilités spatiales faibles.

3-1-2 Fréquence des IRIS en sur-incidence à l'échelle des IRIS

Plus de la moitié des IRIS présentent un sur-risque d'au moins 10% pour les cancers de la lèvre-bouche-pharynx et de l'estomac chez les femmes et pour le cancer du poumon pour les 2 sexes [Tab 3 & Fig 4]. Cette proportion est supérieure à 30% pour le cancer du foie chez les femmes, le cancer du larynx et le mésothéliome de la plèvre chez les hommes et la leucémie lymphoïde chronique pour les 2 sexes. Inversement, moins de 5% des IRIS présentent une sur-incidence supérieure à 10% pour les cancers de l'œsophage, du pancréas, du rein, de la vessie et pour le lymphome de Hodgkin pour les 2 sexes, du larynx, de l'ovaire et du sein chez les femmes et le myélome multiple chez les hommes.

3-1-3 Sur-incidence statistiquement significative à l'échelle des IRIS

Chez les femmes, une sur-incidence statistiquement significative est mise en évidence dans un nombre restreint d'IRIS pour les cancers de la lèvre-bouche-pharynx (1 IRIS), de l'estomac (4 IRIS), du poumon (5 IRIS), du sein (4 IRIS) et de leucémie lymphoïde chronique (1 IRIS) [Fig 5]. Chez les hommes, une sur-incidence significative de cancer du poumon est mise en évidence dans 18 IRIS. Un seul IRIS présente une sur-incidence significative pour le mésothéliome de la plèvre.

3-1-4 Sous-incidence à l'échelle des IRIS

Chez les femmes, une sous-incidence d'au moins 10% est retrouvée dans très peu d'IRIS [Tab 3] : 6% des IRIS pour le cancer du larynx et 1% IRIS pour le cancer du pancréas. Chez les hommes, une sous-incidence est retrouvée pour le cancer de la lèvre-bouche-pharynx (18% des IRIS), le mésothéliome de la plèvre (17%), le cancer du foie (25%) et le cancer de l'œsophage (49%). On la retrouve dans des proportions moindres pour le cancer du poumon (8% des IRIS), le lymphome de Hodgkin (6%) et le cancer de la vessie (2%).

Chez les femmes, il n'y a pas de sous-incidence statistiquement significative à l'échelle des IRIS alors que chez les hommes une sous-incidence significative est retrouvée dans 3 IRIS pour le cancer du foie et 5 IRIS pour le cancer du poumon [Fig 5].

3-1-5 Analyse de l'incidence à l'échelle des cercles autour des sites industriels

Chez les femmes, on observe une sur-incidence statistiquement significative à partir du cercle 0-2km pour les cancers de l'estomac, de la lèvre-bouche-pharynx et du poumon, la sur-incidence augmentant avec la taille du cercle pour ce cancer [Tab 4 & Fig 6]. Le cercle 0-2km présente une sur-incidence significative pour la leucémie lymphoïde chronique. On observe une sur-incidence significative dans le cercle 0-6km

pour le cancer du sein, avec un niveau de sur-risque peu élevé (4%) ainsi que pour le mésothéliome de la plèvre. Les autres localisations présentent soit une incidence similaire à celle du département, soit une sous-incidence peu prononcée, n'induisant pas de sous-incidence significative.

Chez les hommes, une sur-incidence significative est observée dans les cercles à partir de 0-2km pour les cancers du larynx et du poumon et dans le seul cercle 0-6km pour le mésothéliome de la plèvre. Une sur-incidence, non statistiquement significative mais de l'ordre de 10% est visible pour le cancer de l'estomac et le mésothéliome de la plèvre entre 0 et 2km. Pour les autres cancers, l'incidence se situe soit dans l'ordre de grandeur de l'incidence départementale, soit en dessous. Cette dernière situation concerne le lymphome de hodgkin, le cancer de l'œsophage (sous-incidence significative entre 0-4km et 0-6km) et le cancer de la vessie (sous-incidence significative entre 0-4km). Aucun phénomène de baisse de l'incidence avec la taille du cercle n'est repéré.

3-1-6 Lien avec la mise en évidence d'agrégats spatiaux

Chez les femmes, la recherche d'agrégats conduit à la mise en évidence d'une zone de sur-incidence concernant pratiquement exclusivement une partie de la zone des 0-6km pour les cancers de la lèvre-bouche-pharynx, de l'estomac, du poumon et le mésothéliome de la plèvre [Fig 7]. Un agrégat est aussi identifié pour le cancer du sein, couvrant néanmoins que très partiellement la zone 0-6km et s'étendant largement au nord-est de la zone d'étude. Chez les hommes, un agrégat de sur-incidence est identifié pour le cancer du poumon. Cet agrégat inclut une partie de la zone 0-6km autour des sites industriels et est encadré par 3 zones de sous-incidence.

3-2 Description de l'incidence : situation dans le Pays-Roussillonnais

3-2-1 Représentation cartographique des risques à l'échelle des IRIS

Cette description porte sur un faible nombre d'unités spatiales iséroises situées dans un rayon de 6kms autour des sites industriels du Pays Roussillonnais. On retrouve néanmoins des cancers en sur-incidence sans contraste de sous-incidence, des cancers en sur-incidence avec contraste de sous-incidence, des cancers en sous-incidence sans contraste de sur-incidence et enfin des cancers avec faible variabilité spatiale [Fig 8].

3-2-2 Fréquence de sur-incidence à l'échelle des IRIS

Une sur-incidence de 10% au moins est identifiée dans 6 IRIS (sur les 13 qui composent la zone étudiée) pour le cancer de l'œsophage chez les femmes, le cancer de la lèvre-bouche-pharynx et le cancer du poumon chez les hommes et dans l'ensemble des IRIS pour le mésothéliome de la plèvre chez les hommes [Tab 3, Fig 8]. Une sur-incidence statistiquement significative est retrouvée dans 1 IRIS pour le cancer du poumon et 4 IRIS pour le mésothéliome de la plèvre chez les hommes [Fig 9].

3-2-3 Fréquence de sous-incidence à l'échelle des IRIS

Une sous-incidence d'au moins 10% est retrouvée dans 8 IRIS (sur les 13 IRIS qui composent la zone) pour le lymphome malin non hodgkinien chez les femmes, dans au moins 10 IRIS pour le cancer de l'estomac, et la leucémie aigüe chez les femmes, pour le cancer de l'œsophage chez les hommes et pour le cancer du foie pour les 2 sexes [Tab 3]. Cette sous-incidence concerne les 13 IRIS de la zone pour le myélome multiple (2 sexes) et la leucémie lymphoïde chronique chez les femmes. Chez les hommes, la sous-incidence est significative dans 1 IRIS pour le cancer du poumon et de l'œsophage, dans 3 IRIS pour le foie et dans 2 IRIS pour le myélome multiple Fig 9].

3-2-4 Analyse de l'incidence dans les différents cercles autour des sites industriels

Chez les femmes, les cancers de la lèvre-bouche-pharynx, du poumon, du larynx, de l'œsophage et le mésothéliome de la plèvre présentent une relative sur-incidence (non statistiquement significative). On observe une similarité d'incidence avec celle de l'ensemble du département pour le lymphome de hodgkin et une sous-incidence quel que soit le cercle pour les autres cancers [Tab 5 & Fig 10 & 11]. La sous-incidence est statistiquement significative pour les cancers du foie (0-2km et 0-6km), du sein (0km), la leucémie lymphoïde chronique (0-4km et 0-6km), le lymphome malin non hodgkinien (0-2 et 0-6km) et le myélome multiple (0-2km, 0-4km et 0-6km).

Le risque diminue avec la taille du cercle, sans que cette baisse soit statistiquement significative, pour le mésothéliome de la plèvre, le cancer de la lèvre-bouche-pharynx et du poumon ainsi que pour le cancer de la vessie, cette dernière localisation étant cependant en sous-incidence par rapport au département de l'Isère. Le sur-risque de mésothéliome de la plèvre diminue avec la taille des cercles.

Chez les hommes, hormis pour le mésothéliome de la plèvre, on n'observe aucun phénomène de sur-incidence significative. On note une sur-incidence dans les 4 cercles, de l'ordre de 10% pour le larynx et supérieure à 10% pour la lèvre-bouche-pharynx. Pour le cancer de la vessie, la sur-incidence ne concerne

que la zone entre 0 et 2km. Le sur-risque de mésothéliome de la plèvre est statistiquement significatif dans les 4 cercles [Fig 11], avec baisse prononcée avec la taille du cercle : il s'agit du seul cancer où il existe un véritable gradient d'incidence selon la distance.

3-2-5 Lien avec la présence d'agrégats spatiaux

Chez les hommes, un agrégat de sur-incidence de mésothéliome de la plèvre est visible dans la partie ouest de la zone des 6km du Pays Roussillonnais [Fig 7]. Deux agrégats de sous-incidence débordent dans la partie est de la zone des 6km du Pays Roussillonnais pour le cancer du poumon et les leucémies lymphoïdes chroniques chez les femmes. Le myélome multiple apparaît en sous-incidence chez les hommes dans l'ensemble de la zone des 6kms du Pays Roussillonnais dans un agrégat plus large s'étendant à l'est de la zone des 6km [Fig 7].

4-ANALYSE COMPLEMENTAIRE

4-1 Les enjeux de ces analyses complémentaires

L'objectif de cette analyse complémentaire est de vérifier l'association de deux facteurs de risque avec la sur-incidence. Le premier facteur est la distance aux sites industriels, considérée comme proxy de l'exposition : on vérifie s'il existe une baisse de l'incidence avec l'éloignement aux sites. Le second facteur est la défavorisation sociale, mesurée au niveau de chaque IRIS : la fréquence d'un certain nombre de cancers peut être influencée par l'environnement socioéconomique qui joue le rôle de marqueur de mode de vie : consommation tabagique, les expositions professionnelles ou aux polluants atmosphériques, etc. [Bryère 2017].

4-2 Sud Grenoblois : analyse complémentaire détaillée

La configuration du Sud Grenoblois permet l'évaluation de l'apport de l'information relative à la distance des IRIS aux sites industriels et de l'information relative au niveau de défavorisation sociale des IRIS dans la modélisation du risque de cancer. Dans le Sud Grenoblois, le nombre suffisant d'unités spatiales composant la zone rend possible ces analyses complémentaires. De plus, elles sont utiles car : a) la distribution spatiale de la défavorisation sociale est différente de celle de la distance aux sites industriels dans la zone de 6km [Fig 1 et 12] ; b) la distribution spatiale de l'incidence de certains cancers semble être proche de celle de l'environnement socio-économique.

La modélisation des risques de cancer ne permet pas la mise en évidence d'un lien entre un sur-risque de cancer et une proximité des sites industriels. Par contre, différentes localisations cancéreuses vérifient les critères pour suggérer une association entre le risque de cancer et la défavorisation sociale. Il s'agit des cancers de la lèvre-bouche-pharynx, du foie et du poumon pour les 2 sexes et du larynx chez les hommes [Tab A1 & A2 en Annexe]. La modélisation confirme le sur-risque marqué de cancer du larynx chez les hommes, de la lèvre-bouche-pharynx et du poumon pour les deux sexes dans le « couloir » constitué par les IRIS présentant une défavorisation sociale, ce couloir englobant dans sa partie sud le site industriel de Pont de Claix. Pour le cancer du poumon et du foie chez les hommes, outre la sur-incidence dans les IRIS défavorisés, une sous-incidence est également visible à la périphérie de la zone défavorisée.

Pour le mésothéliome de la plèvre, la sur-incidence est plus présente dans le sud de la zone des 6 kilomètres chez les hommes alors que la sur-incidence de ce cancer est répartie au nord et au sud des installations industrielles chez les femmes. Il n'y a pas d'effet « distance » ni d'effet « défavorisation sociale ».

Pour les autres localisations du cancer, caractérisées par une proportion non négligeable d'IRIS en sur-incidence dans le Sud Grenoblois : estomac et foie chez les femmes, leucémie aigüe chez les hommes, leucémie lymphoïde chronique pour les 2 sexes, la répartition spatiale de la sur-incidence concerne aussi bien des zones défavorisées et certaines zones proches des installations industrielles. Les effets « distance » et « défavorisation sociales » n'apportent pas d'informations pour comprendre la distribution spatiale des risques pour ces cancers.

4-3 Pays Roussillonnais : analyse complémentaire réduite

Le faible nombre d'unités spatiales constituant la zone de 6 kilomètres du Pays Roussillonnais ne permet pas le recours à une modélisation statistique faisant le lien entre risque de cancer d'une part et distance au site [Fig 1] et défavorisation sociale d'autre part [Fig 12]. Parmi les localisations cancéreuses présentant des IRIS en sur-incidence, on constate que la sur-incidence est située plutôt à l'ouest pour le cancer de la lèvre-bouche pharynx et du larynx pour les 2 sexes, et dans le nord-ouest pour le cancer du poumon chez les hommes [Fig 8], ce qui correspond à des parties du territoire plutôt en défavorisation sociale. Or ces cancers sont répertoriés pour être en association à la défavorisation sociale [Brière 2017] mais aussi pour être liés à une exposition à l'amiante [BEH]. La « superposition » des cartes de distance aux sites et du niveau socio-économique ne permet cependant pas de faire une distinction entre ces facteurs de risque.

On peut néanmoins rappeler que l'impact sanitaire de l'exposition à l'amiante est fort dans cette zone géographique comme le confirme la significativité statistique de la sur-incidence du mésothéliome de la plèvre chez les hommes dans toute la partie ouest du Pays Roussillonnais.

5-DISCUSSION

Notre étude correspond à l'analyse conjointe de la distribution spatiale de l'incidence d'un certain nombre de localisations cancéreuses dans l'environnement de deux bassins industriels de la chimie situés dans le département de l'Isère. Ces deux bassins correspondent à des implantations différentes. Le bassin du Pays Roussillonnais est excentré à la périphérie du département alors que le bassin du Sud Grenoblois se situe dans l'agglomération grenobloise. Cette différence induit des effectifs de populations riveraines différentes ainsi que des caractéristiques socio-démographiques relativement différentes, plus homogènes dans le Pays Roussillonnais et plus hétérogènes dans le Sud Grenoblois.

A l'échelle des IRIS, il existe des situations communes aux deux bassins industriels pour le cancer de la bouche-pharynx, du poumon, du larynx et le mésothéliome de la plèvre pour les deux sexes, avec une sur-incidence, et les cancers du foie et de l'œsophage chez les hommes avec une sous-incidence. On trouve également des divergences entre les deux bassins industriels pour la leucémie aigüe et la leucémie lymphoïde chronique pour les deux sexes, le cancer de l'estomac et du foie chez les femmes.

Les phénomènes de sur-incidence repérés à l'échelle des IRIS présentent rarement une significativité statistique, hormis pour le cancer du poumon chez les hommes dans le Sud Grenoblois (17 IRIS sur 106 en sur-incidence significative) et pour le mésothéliome de la plèvre chez les hommes dans le Pays Roussillonnais (5 IRIS sur 13 en sur-incidence significative). Ce constat est lié pour partie à la finesse du maillage spatial, et donc à la « faiblesse statistique » du nombre de cas incidents observés. La sur-incidence du cancer du poumon, cancer fréquent, est plus facilement repérable alors que la visibilité de la sur-incidence du mésothéliome de la plèvre chez les hommes dans le Pays Roussillonnais est liée au très haut niveau de sur-risque, conséquence d'une forte exposition à l'amiante.

Pour préciser un éventuel lien avec la proximité d'un site industriel et contourner la problématique des effectifs faibles à l'échelle des IRIS, le repérage des cancers dont le sur-risque est soit statistiquement significatif, soit supérieur à 10%, a été effectué dans les différents cercles autour des installations industrielles. Ainsi, pour le Sud Grenoblois, les cancers du larynx et du poumon chez les hommes sont

retrouvés en sur-risque statistiquement significatif pour les cercles 0-2km, 0-4km et 0-6km sans tendance à la baisse du risque avec l'augmentation de la distance aux installations industrielles. Chez les femmes, les cancers de l'estomac, de la lèvre-bouche-pharynx, du poumon et la leucémie lymphoïde chronique sont retrouvés en sur-risque. Dans le Pays Roussillonnais, les cancers du larynx et de la lèvre-bouche-pharynx sont en sur-incidence chez les hommes et les femmes ainsi que le cancer de l'œsophage chez les femmes, sans que ce sur-risque soit statistiquement significatif dans les cercles autour des installations industrielles. Le mésothéliome de la plèvre est également en sur-risque pour les deux sexes dans les 2 bassins industriels avec un sur-risque majeur significatif dans tous les cercles chez les hommes dans le Pays Roussillonnais avec une forte tendance à la baisse avec l'éloignement des sites.

Dans le Sud Grenoblois, la sur-incidence est également repérée par la présence d'agrégats pour le cancer de l'estomac, de la lèvre-bouche-pharynx, du poumon et le mésothéliome de la plèvre chez les femmes pour le cancer du poumon chez les hommes. Dans le Pays Roussillonnais, un seul agrégat de sur-incidence, concernant le mésothéliome de la plèvre, est retrouvé chez les hommes.

Dans les 2 bassins industriels du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais, l'analyse de l'incidence du mésothéliome de la plèvre permet de vérifier l'impact d'une exposition à l'amiante, exposition essentiellement d'origine professionnelle [Pépin 2017 ; Pépin 2022]. En effet, le mésothéliome a pour principal facteur de risque l'exposition à l'amiante, avec une fraction attribuable évaluée à 83% par le Centre International de Recherche sur le Cancer chez les hommes [IARC 2018].

Dans le Pays Roussillonnais, pour les autres cancers en sur-incidence (non significative), l'interprétation des résultats est plus délicate : les cancers de la lèvre-bouche pharynx et du larynx pour les 2 sexes, et du poumon chez les hommes peuvent être reliés à des expositions professionnelles (l'exposition à l'amiante est reconnu comme un facteur de risque pour les cancers du poumon et du larynx) et à des contextes et habitudes de vie, synthétisés pour partie par l'indice de défavorisation sociale. Or ces 2 facteurs se superposent spatialement dans le Pays Roussillonnais.

Dans le Sud Grenoblois, certains cancers ont une sur-incidence à l'échelle des cercles autour des sites industriels ou au niveau des IRIS : poumon et larynx chez les hommes, poumon et lèvre-bouche-pharynx chez les femmes sont reconnus pour être plus fréquents dans les mieux défavorisés [Bryère 2017]. L'analyse spatiale confirme l'association entre niveau de risque et niveau socio-économique pour ces

cancers alors que la modélisation des risques tenant compte de l'effet de la distance aux installations industrielles ne conduit pas à une association statistiquement significative. A noter que Morelli et al. ont montré que dans l'agglomération grenobloise, 7% des cas de cancer du poumon pouvaient être associés à la pollution de l'air, avec un niveau d'exposition plus élevé dans les milieux défavorisés [Morelli 2016]. L'hypothèse d'une exposition à l'amiante, cofacteur de risque pour le cancer du poumon, peut constituer une hypothèse complémentaire pour expliquer une partie de la sur-incidence de ce cancer ainsi que celle du cancer du larynx [Pépin 2022].

Notre étude comporte un certain nombre de points forts permettant de considérer les niveaux de risque et leur distribution spatiale : utilisation de données exhaustives des cas incidents de cancer ; utilisation d'un découpage spatial suffisamment fin permettant une analyse spatiale détaillée ; utilisation de regroupements spatiaux permettant de s'affranchir de la problématique des effectifs faibles ; recours à une méthode statistique adaptée à l'analyse de données spatialisées peu nombreuses ; recours à des approches statistiques complémentaires ; modélisation de facteurs explicatifs (distance comme proxy de l'exposition, indice de défavorisation sociale comme marqueur de différents facteurs : habitude de vie, cadre de vie, activité professionnelle ...).

Notre étude comporte également un certain nombre de faiblesses. La première faiblesse concerne l'absence de mesures précises d'exposition que nous avons approchées par la prise en compte de la distance aux sites industriels du lieu d'habitation. Néanmoins, la géographie du territoire peut contraindre l'exposition. En particulier, dans l'agglomération grenobloise, la cuvette grenobloise dispose d'une météorologie très particulière du fait de la présence de trois vallées alors que dans le Pays Roussillonnais, les vents dominants sont orientés nord/sud [DREAL 2022]. La seconde faiblesse concerne la nature écologique de notre schéma d'étude qui porte sur une maladie dont les causes sont plurifactorielles [Pépin 2022] : ce type d'étude ne permet pas de relier un excès à une cause mais au mieux de mettre en évidence une association. Enfin, dans les deux bassins industriels étudiés, les installations de la chimie ne constituent pas les seuls facteurs pouvant avoir un impact sur la santé des populations. Ces bassins concentrent à la fois de nombreuses autres industries, un important trafic routier (grands axes routiers, trafic urbain) avec également un impact des activités humaines dans des grandes populations [Schmitt 2008 ; Santé Environnement, 2021].

6-CONCLUSION

Dans un rapport récent, Santé Publique France préconise une surveillance multicentrique des bassins industriels [Roudier 2020] : *il peut être proposé de mettre en place un système de surveillance sanitaire multicentrique, fondé sur la réalisation, puis la répétition dans le temps, d'études écologiques conduites autour de plusieurs bassins industriels présentant des caractéristiques communes. L'objectif général d'un tel dispositif de surveillance est d'étudier et de suivre le risque sanitaire associé aux bassins industriels pour les populations riveraines. Dans un second temps, les bassins industriels seront caractérisés, en termes d'activités et de polluants, afin de constituer des groupes homogènes à intégrer dans un dispositif multicentrique.*

Notre travail constitue, dans une certaine mesure, une approche spatiale préliminaire d'une telle recommandation avec un cadre méthodologique commun. Notre étude met en évidence les différences inhérentes à l'implantation des deux bassins industriels : superposition de la défavorisation sociale et exposition environnementale dans le Pays Roussillonnais, superposition moindre dans le Sud Grenoblois. Le recours à une méthodologie globale d'estimation des risques permet néanmoins la comparabilité des résultats obtenus dans les 2 bassins industriels. Ainsi, sur la période d'étude 2006-2017, l'analyse des données d'incidence met en évidence une similitude en termes de sur-risque pour le mésothéliome de la plèvre pour les 2 sexes, pour le cancer du poumon et du larynx et chez les hommes et, dans une moindre mesure, pour le cancer de la lèvre-bouche-pharynx pour les 2 sexes. Des divergences entre les deux bassins sont mises en évidence : elles concernent la leucémie chronique pour les deux sexes, la leucémie aigüe, le cancer du foie et de l'estomac chez les femmes. L'excès de mésothéliome de la plèvre est très certainement la conséquence d'une exposition professionnelle à l'amiante, plus particulièrement chez les hommes dans le Pays Roussillonnais. Dans le Sud Grenoblois, certains cancers en sur-incidence sont répertoriés comme étant majoritairement attribuables à des expositions non professionnelles, ce qui rend plus complexe l'identification d'un potentiel impact sanitaire des installations industrielles.

7-REFERENCES

- Boulat T**, Ghosn W, Morgand C, Falissard L, Roussel S, Grégoire Rey. Principales évolutions de la mortalité par cause sur la période 2000-2016 en France métropolitaine. Bull Epidemiol Hebd. 2019;(29-30):576-84. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/29-30/2019_29-30_1.html.
- Bonneterre V**, Mathern G, Pelen O, Balthazard AL, Delafosse P, Mitton N, Colonna M. Cancer incidence in a chlorochemical plant in Isère, France : an occupational cohort study, 1979-2002. Am J Ind Med. 2012 Sep;55(9):756-67.

Bryere J, Dejardin O, Launay L, Colonna M, Grosclaude P, Launoy G, Réseau français des registres des cancers (Francim). Environnement socioéconomique et incidence des cancers en France. Bull Epidemiol Hebd. 2017;(4):68-77. Disponible à partir de l'URL : http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2017/4/2017_4_1.html

Cire Rhône-Alpes. Cancers autour de la plateforme chimique de Roussillon analyse des données de mortalité et d'incidence 1993-2002. Cire Rhône-Alpes ; 2007. 14 P.

Colonna M, Laydevant G. A cohort study of workers exposed to chloroprene in the department of Isère, France. Chem Biol Interact. 2001 Jun 1;135-136:505-14.

Colonna M, Sauleau EA. How to interpret and choose a Bayesian spatial model and a Poisson regression model in the context of describing small area cancer risks variations. Rev Epidemiol Sante Publique. 2013 Déc ;61(6):559-67.

DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (2022). Plan de Protection de l'Atmosphère de Grenoble Alpes Dauphiné 2022-2027 (2022). Disponible à partir de l'URL : <https://www.isere.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement/Air/Le-plan-de-protection-de-l-atmosphere-Grenoble-Alpes-Dauphine>

Ervik M, Lam F, Laversanne M, Ferlay J, Bray F (2021). Global Cancer Observatory: Cancer Over Time. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from: <https://gco.iarc.fr/overtime/fr>

IARC. Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine. Lyon: International Agency for Research on Cancer (2018). Disponible à partir de l'URL : http://gco.iarc.fr/resources/paf-france_fr.php

Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: Detection and Inference. Statistics in Medicine, 1995; 14:799-810.

Lapôte-Ledoux B, Remontet L, Uhry Z, Dantony E, Grosclaude P, Molinié F, et al. Incidence des principaux cancers en France métropolitaine en 2023 et tendances depuis 1990. Bull Épidémiol Hebd. 2023;(12-13):188-204. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2023/12-13/2023_12-13_1.html.

Malagutti F, Yvon JM, Pépin P. Cancers autour de la plateforme chimique de Roussillon. Analyse des données de mortalité et d'incidence des années 2003-2013 dans les communes riveraines de la plateforme chimique de Roussillon. Saint-Maurice: Santé publique France; 2017. 37 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/cancers-autour-de-la-plateforme-chimique-de-roussillon.-analyse-des-donnees-de-mortalite-et-d-incidence-des-annees-2003-2013-dans-les-communes-rive>

Morelli X, Rieux C, Cyrus J, Forsberg B, Slama R. Air pollution, health and social deprivation: A fine-scale risk assessment. Environ Res. 2016 May;147:59-70.

Pépin P, Yvon JM, Saura C. Cancers autour de la plateforme chimique de Roussillon (Isère). Bull Epidemiol Hebd. 2019;(16):301-8. Disponible à partir de l'URL : http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/16/2019_16_3.html.

Pépin P, Yvon JM. Cancers autour du bassin industriel du Sud Grenoblois. Incidence des cancers et mortalité par cancer dans les communes riveraines des plateformes industrielles de Pont-de-Claix et de Jarrie – Années 2003-2013. Saint-Maurice : Santé publique France, 2022. 25 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/auvergne-rhone-alpes/documents/enquetes-etudes/2022/cancers-autour-du-bassin-industriel-du-Sud-Grenoblois.-incidence-des-cancers-et-mortalite-par-cancer-dans-les-communes-riveraines-des-plateformes-i>

Roudier C, Bidondo ML, Coquet S, Kairo C, Fillol C, Lasalle JL, et al. Pertinence d'une surveillance épidémiologique autour des grands bassins industriels. Étape 1 : recensement des bassins industriels et bilan des études menées. Saint-Maurice : Santé publique France, juillet 2020. 51 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/pertinence-d-une-surveillance-epidemiologique-autour-des-grands-bassins-industriels.-etape-1-recensement-des-bassins-industriels-et-bilan-des-etu>

Schmitt M. Evaluation des risques sanitaires associés à l'inhalation de composés organiques volatiles, métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques autour de 3 zones multi-émettrices en Rhône-Alpes. Rapport de la CIRE AURA, Lyon, 2008 (88 p.). Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/auvergne-rhone-alpes/documents/rapport-synthese/2008/evaluation-des-risques-sanitaires-associes-a-l-inhalation-de-composes-organiques-volatiles-metaux-lourds-et-hydrocarbures-aromatiques-polycyclique>

8-ANNEXE

8-1 Annexe méthodologique

La comparaison du risque de cancer entre différentes zones géographiques d'effectifs démographiques variables, parfois peu peuplées (i.e. : commune, IRIS), repose sur le SIR (Ratio Standardisé d'Incidence), issu de la standardisation indirecte. Le SIR revient à comparer le nombre O de cas observés dans une unité géographique et le nombre E de cas attendus si cette unité spatiale était soumise à une force d'incidence de référence (i.e. : incidence de l'ensemble du département) en ajustant sur la répartition de la population par classe d'âge. Le SIR est alors défini comme le rapport O/E . Un $SIR > 1$ correspond à une sur-incidence (i.e. $SIR = 1.10 \Leftrightarrow$ sur-incidence de 10% par rapport à la population de référence) et un $SIR < 1$ correspond à une sous-incidence (i.e. $SIR = 0.90 \Leftrightarrow$ sous-incidence de 10%). Clayton et Kaldor [Clayton 1987], ont montré cependant que la représentation des SIR ne conduit pas à la meilleure estimation des risques relatifs (en termes d'erreur totale) : la variance des SIR, inversement proportionnelle au nombre de cas attendus, peut-être élevée et très différente selon les unités spatiales du fait de différences d'effectifs démographiques. Ainsi, lorsque surviennent par hasard des événements statistiquement rares, la cartographie des SIR peut créer une forte impression de disparité entre les unités géographiques (même voisines) et ce d'autant plus, là encore, que l'échelle spatiale est fine. Un lissage des données, c'est à dire un recours à une méthode permettant d'estimer des SIR en tenant compte de l'information (complémentaire) apportée par les SIR de l'ensemble des unités spatiales de la zone étudiée et/ou par les SIR des unités voisines, constitue un moyen efficace pour surmonter ces difficultés. Pour ce faire, des méthodes de lissage, entrant dans le cadre des méthodes bayésiennes d'estimation de paramètres, ont été largement utilisées depuis de nombreuses années [Lawson 2000].

8-1-1 Aspect analytique

Différentes hypothèses peuvent être retenues pour la réalisation du lissage des SIR [Colonna 2013]. Nous avons retenu le modèle BYM, du fait de ses propriétés [Latouche 2007], ce modèle prenant en compte à la fois i) l'hétérogénéité des SIR : SIR de valeurs différentes et distribués au hasard dans l'espace ; ii) l'autocorrélation spatiale des SIR : les SIR de deux unités géographiques proches (i.e. : partageant une frontière commune) sont plus proches que les SIR de deux unités prises au hasard dans l'espace.

La prise en compte simultanée d'une composante hétérogénéité et d'une composante d'autocorrélation des SIR consiste à intégrer, autour de la moyenne globale μ des SIR, dans un même modèle une source de

variabilité V propre à chaque unité spatiale et une source de variabilité U qui prend en compte la moyenne des valeurs dans les unités géographiques spatialement proches. L'intégration d'une composante d'autocorrélation spatiale suppose la définition d'une matrice de proximité pour déterminer les unités proches les unes des autres. Le plus souvent sont considérées comme proches deux unités qui partagent une frontière commune. On parle alors de matrice d'adjacence, approche retenue dans notre étude. Analytiquement, le modèle s'écrit :

$$\log(\theta_i) = \mu + U_i + V_i \quad V_i \underset{\text{i.i.d.}}{\sim} N(0, \sigma_v^2) \quad U_i \mid U_j \quad i \neq j \sim N\left(\bar{u}_i, \frac{\sigma_u^2}{m_i}\right) \quad (1)$$

Le modèle précédent peut être complété par la prise en compte d'une (ou plusieurs) variable explicative (X) ce qui peut avoir pour effet de réduire l'effet des variables latentes V et U , l'importance de cette réduction étant liée à l'effet de la variable X sur la distribution de l'incidence. Analytiquement, pour une seule variable explicative, on utilise le modèle [Lawson 2003] :

$$\log(\theta_i) = \mu + \beta \times X_i + U_i + V_i \quad V_i \underset{\text{i.i.d.}}{\sim} N(0, \sigma_v^2) \quad U_i \mid U_j \quad i \neq j \sim N\left(\bar{u}_i, \frac{\sigma_u^2}{m_i}\right) \quad (2)$$

L'apport de la variable X peut être évalué i) en comparant les DIC (Deviance Information Criterion) des modèles (1) et (2) [Spiegelhalter 2002] ; ii) en évaluant l'ampleur de la modification de la variance empirique des variables latentes U et V entre les modèles (1) et (2) [Mollié 2000] [Colonna 2021] ; iii) en calculant la probabilité que paramètre β soit supérieur une valeur donnée (en général la valeur 0). En statistique, il est utile de savoir si une sur-incidence (respectivement une sous-incidence) est statistiquement significative. Dans l'approche bayésienne, on calcule la probabilité que le SIR lissé soit supérieur à 1 : si cette probabilité est élevée (i.e. $\geq 90\%$), alors on conclut à une sur-incidence statistiquement significative ; inversement, si cette probabilité est faible (i.e. $\leq 10\%$), alors on conclut à une sous-incidence statistiquement significative. Le choix du seuil (i.e. 10%) a été discuté pour tenir compte au mieux des propriétés de l'approche bayésienne [Richardson 2004]. Nous avons retenu le seuil de 90% (sur-incidence) et 10% (sous-incidence).

8-1-2 Modélisation complémentaire des risques

L'identification de zones à risque de cancer plus élevé (respectivement moins élevé) peut être complétée par d'autres approches statistiques non bayésiennes [Aamodt 2006]. L'une de ces approches consiste, le cas échéant, à agréger des unités de base voisines (i.e. : communes, IRIS) présentant une sur-incidence (respectivement sous-incidence) selon des critères statistiques afin de mettre en évidence des agrégats (appelés également clusters). Cette approche est mise en œuvre dans notre étude afin de préciser, le cas

échéant, certains contours de zones à sur-risque (respectivement sous-risque) issus de la méthode de lissage bayésienne.

8-1-3 Mise en œuvre

L'approche bayésienne d'estimation des SIR lissés a été mise en œuvre :

- A l'échelle du département constitué de 721 unités spatiales ;
- A l'échelle du département après regroupement, dans chacun des 2 bassins, des IRIS dans lesquels les installations industrielles sont implantées, soit 719 unités spatiales ;
- A l'échelle du département après regroupement, dans chacun des 2 bassins, des IRIS situés dans un rayon de 2 kilomètres autour d'un site industriel, soit 703 unités spatiales ;
- A l'échelle du département après regroupement, dans chacun des 2 bassins, des IRIS situés dans un rayon de 4 kilomètres autour d'un site industriel, soit 640 unités spatiales ;
- A l'échelle du département après regroupement, dans chacun des 2 bassins, des IRIS situés dans un rayon de 6 kilomètres autour d'un site industriel, soit 604 unités spatiales ;

L'approche bayésienne d'estimation des SIR lissés prenant en compte un facteur de risque potentiellement explicatif, a été mise en œuvre en intégrant i) l'inverse de la distance à un site industriel et l'inverse de la distance au carré ; ii) la valeur quantitative de l'indice de défavorisation (EDI).

8-1-4 Références

- Aamodt G**, Samuelsen SO, Skrondal A. A simulation study of three methods for detecting disease clusters. *Int J Health Geogr.* 2006 Apr 12;5:15. doi: 10.1186/1476-072X-5-15.
- Clayton D**, Kaldor J. Empirical Bayes estimates of age standardized relative risks for use of disease mapping. *Biometrics* 1987;43:671–81.
- Colonna M**, Sauleau EA. How to interpret and choose a Bayesian spatial model and a Poisson regression model in the context of describing small area cancer risks variations. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2013 Dec;61(6):559-67.
- Colonna M**, Chatignoux E, Bryère J, Zadnik V. Social Disparities in Cancer Incidence: Methodological Considerations. In : *Social Environment and Cancer in Europe: Towards an Evidence-Based Public Health Policy.* Cham : Springer International Publishing, 2021. p. 21-37.
- Latouche A**, Guihenneuc-Jouyaux C, Girard C, Hémon D. Robustness of the BYM model in absence of spatial variation in the residuals. *Int J Health Geogr.* 2007 Sep 20;6:39.
- Lawson AB**, Biggeri AB, Boehning D, Lesaffre E, Viel JF, Clark A, Schlattmann P, Divino F. Disease mapping models: an empirical evaluation. *Disease Mapping Collaborative Group. Stat Med.* 2000 Sep 15-30;19(17-18):2217-41.
- Mollié A**. Bayesian mapping of Hodgkin's disease in France. In Elliot P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ, editors. *Spatial Epidemiology: Methods and Application.* New York: Oxford University press, 2000:267-85.
- Richardson S**, Thomson A, Best N, Elliott P. Interpreting posterior relative risk estimates in disease-mapping studies. *Environ Health Perspect.* 2004 Jun;112(9):1016-25.
- Spiegelhalter DJ**, Best NG, Carlin BP, Van der Linde A. Bayesian measures of model complexity and fit. *J R Statist Soc B.* 2002;64, Part 4:583–639.

8-2 Localisations cancéreuses retenues dans les modèles

Tableau A1 : Valeurs du DIC et des variances empiriques des composantes hétérogénéité et spatiale en fonction des variables prises en compte dans les différents modèles utilisés

Localisations	Modèle sans covariable	Modèle avec EDI	Modèle avec inverse distance	Modèle avec inverse (distance) ²
DIC				
Femme				
Foie	258	257	259	259
Lèvre-Bouche-Pharynx	319	318	319	320
Poumon	463	462	465	465
Homme				
Foie	401	396	402	402
Larynx	303	297	305	304
Lèvre-Bouche-Pharynx	426	426	427	427
Poumon	594	584	594	594
Sommes des variances empiriques des composantes « hétérogénéité » et « spatiale »				
Femme				
Lèvre-Bouche-Pharynx	0.186	0.159	0.199	0.180
Foie	0.111	0.098	0.107	0.109
Poumon	0.040	0.036	0.039	0.041
Homme				
Lèvre-Bouche-Pharynx	0.104	0.099	0.102	0.101
Foie	0.085	0.073	0.083	0.082
Larynx	0.101	0.083	0.091	0.087
Poumon	0.063	0.036	0.065	0.065

Tableau A2 : Coefficient β du modèle intégrant la variable EDI (modèle (2))

	$\beta^{(*)}$	Proba ($\beta > 0$)
Femme		
Lèvre-Bouche-Pharynx	0.0283	0.96
Foie	0.0280	0.93
Poumon	0.0144	0.95
Homme		
Lèvre-Bouche-Pharynx	0.0167	0.93
Foie	0.0300	1.00
Larynx	0.0425	1.00
Poumon	0.0263	1.00

(*) Lorsque le paramètre de la variable EDI (β) est positif, cela signifie que le risque de cancer augmente avec la défavorisation sociale.

8-3 Cartes du découpage spatial : Sud Grenoblois et Pays Roussillonnais

Figure A1 : Découpage spatial des zones de 6km autour des sites industriels

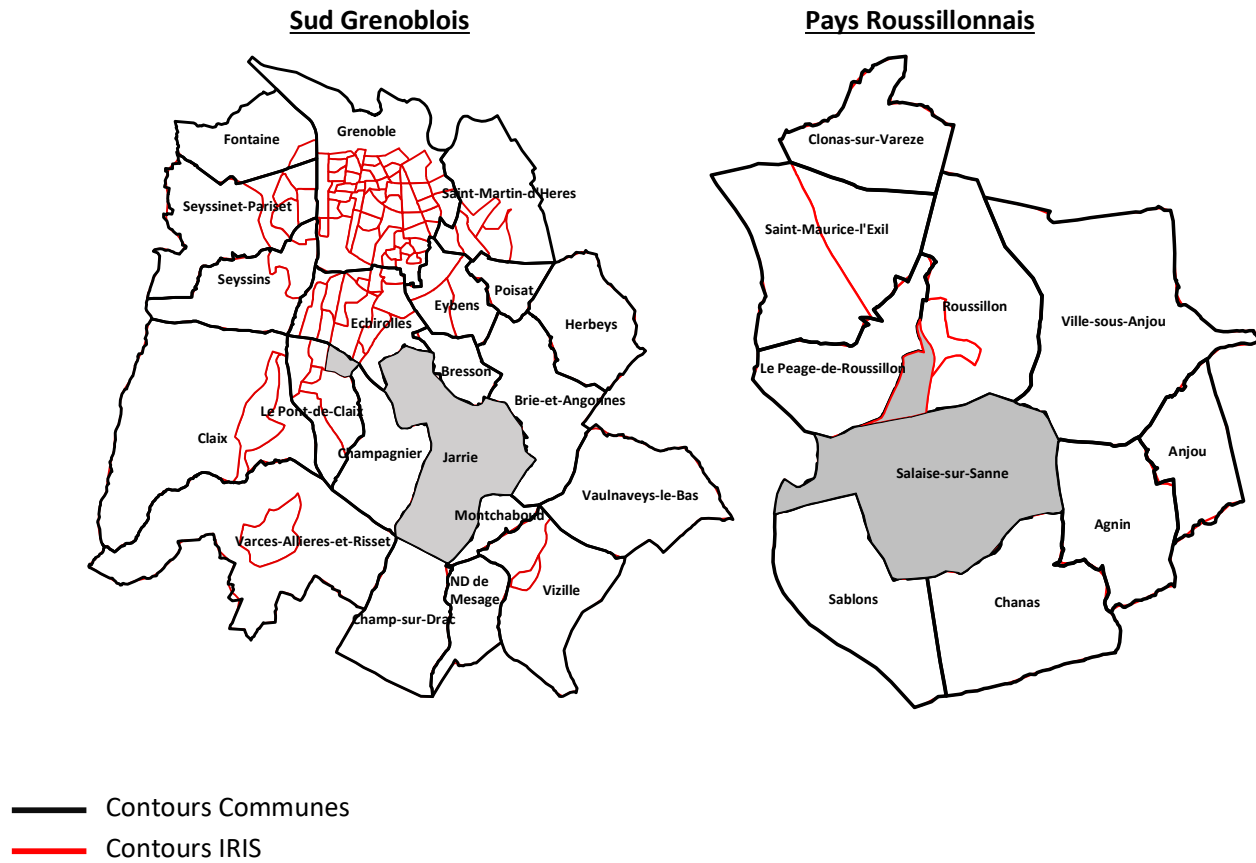


Tableau 1 : Communes et nombre d'IRIS par cercle autour des sites industriels du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais

Distance	Sud Grenoblois			Pays Roussillonnais		
	Communes	Nombre d'IRIS dans la commune	Nombre d'IRIS inclus	Communes	Nombre d'IRIS dans la commune	Nombre d'IRIS inclus
0 km	Jarrie	1	1	Roussillon	3	1
	Le Pont-de-Claix	6	1	Salaise-sur-Sanne	1	1
	Total		2	Total		2
0-2 km	Champagnier	1	1	Le Péage-de-Roussillon	1	1
	Échirolles	14	9	Roussillon	3	2
	Jarrie	1	1	Salaise-sur-Sanne	1	1
	Le Pont-de-Claix	6	5			
	Total		16	Total		4
0-4 km	Bresson	1	1	Chanas	1	1
	Brié-et-Angonnes	1	1	Le Péage-de-Roussillon	1	1
	Champagnier	1	1	Roussillon	3	3
	Claix	3	2	Sablons	1	1
	Échirolles	14	14	Saint-Maurice-l'Exil	2	2
	Eybens	3	2	Salaise-sur-Sanne	1	1
	Grenoble	68	11			
	Jarrie	1	1			
	Montchaboud	1	1			
	Le Pont-de-Claix	6	6			
	Seyssins	3	3			
	Vizille	3	1			
		Total		44	Total	
0-6 km	Bresson	1	1	Agnin	1	1
	Brié-et-Angonnes	1	1	Anjou	1	1
	Champagnier	1	1	Chanas	1	1
	Champ-sur-Drac	1	1	Clonas-sur-Varèze	1	1
	Claix	3	3	Le Péage-de-Roussillon	1	1
	Échirolles	14	14	Roussillon	3	3
	Eybens	3	3	Sablons	1	1
	Fontaine	11	1	Saint-Maurice-l'Exil	2	2
	Grenoble	68	51	Salaise-sur-Sanne	1	1
	Herbeys	1	1	Ville-sous-Anjou	1	1
	Jarrie	1	1			
	Montchaboud	1	1			
	Notre-Dame-de-Mésage	1	1			
	Poisat	1	1			
	Le Pont-de-Claix	6	6			
	Saint-Martin-d'Hères	14	4			
	Seyssinet-Pariset	6	6			
	Seyssins	3	3			
	Varces-Allières-et-Risset	2	2			
	Vaulnaveys-le-Bas	1	1			
	Vizille	3	3			
		Total		106	Total	

Tableau 2 : Cancers étudiés et effectifs observés au cours de la période 2006-2017 (Source : Registre du Cancer de l'Isère)

Localisations cancéreuses	Homme			FEMMES		
	Isère	Pays Roussillonnais	Sud Grenoblois	Isère	Pays Roussillonnais	Sud Grenoblois
Lèvre-Bouche-Pharynx	1267	61	343	440	20	147
Œsophage	524	11	99	140	9	42
Estomac	788	29	213	367	15	150
Foie	1168	30	284	287	7	97
Pancréas	989	41	252	929	32	249
Larynx	423	22	138	54	3	13
Poumon	4496	194	1324	1577	71	538
Mésothéliome	133	31	55	34	4	21
Sein				8726	342	2442
Ovaire				801	28	224
Vessie	1612	73	397	370	8	106
Rein	1287	50	318	580	20	161
Lymphome non Hodgkinien	1228	51	333	951	32	285
Lymphome de Hodgkin	202	9	47	168	6	47
Myélome multiple	505	10	130	426	10	128
Leucémie aigüe	361	13	109	275	6	79
Leucémie lymphoïde chronique	429	14	119	273	10	82

Tableau 3 : Nombre et % d'IRIS avec sur-risque > 10% (resp. sous-risque > 10%) en Isère, dans le Sud Grenoblois et le Pays Roussillonnais

	ENSEMBLE DE L'ISERE		SUD GRENOBLOIS				PAYS ROUSSILLONNAIS			
	% IRIS Sur-risque >10%	% IRIS Sous-risque >10%	IRIS Sur-risque >10%		IRIS Sous-risque >10%		IRIS Sur-risque >10%		IRIS Sous-risque >10%	
			Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Localisations cancéreuses (Femme)										
Lèvre-Bouche-Pharynx	27%	34%	56	53%	1	0%	3	23%	0	0%
Œsophage	4%	1%	4	4%	0	0%	6	46%	0	0%
Estomac	25%	32%	83	78%	0	0%	0	0%	10	77%
Foie	12%	18%	39	37%	0	0%	0	0%	12	92%
Pancréas	3%	0%	4	4%	1	1%	0	0%	1	8%
Larynx	10%	2%	1	1%	6	6%	3	23%	0	0%
Poumon	14%	20%	56	53%	0	0%	1	8%	2	15%
Mésotéliome	10%	29%	20	19%	0	0%	3	23%	1	8%
Sein	2%	1%	5	5%	0	0%	0	0%	0	0%
Ovaire	3%	1%	4	4%	0	0%	0	0%	0	0%
Vessie	4%	1%	1	1%	1	1%	0	0%	0	0%
Rein	4%	1%	4	4%	0	0%	0	0%	0	0%
Lymphome non Hodgkinien	5%	4%	15	14%	0	0%	0	0%	8	62%
Lymphome de Hodgkin	7%	0%	5	5%	0	0%	0	0%	0	0%
Myélome multiple	4%	7%	10	9%	0	0%	0	0%	13	100%
Leucémie aigüe	13%	8%	19	18%	0	0%	0	0%	10	77%
Leucémie lymphoïde chronique	18%	22%	37	35%	0	0%	0	0%	13	100%
Localisations cancéreuses (Homme)										
Lèvre-Bouche-Pharynx	16%	15%	22	21%	19	18%	6	46%	0	0%
Œsophage	20%	17%	2	2%	52	49%	1	8%	11	85%
Estomac	7%	5%	10	9%	0	0%	0	0%	0	0%
Foie	27%	23%	15	14%	26	25%	0	0%	11	85%
Pancréas	1%	0%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%
Larynx	17%	16%	49	46%	0	0%	4	31%	0	0%
Poumon	21%	36%	62	58%	9	8%	6	46%	5	38%
Mésotéliome	28%	57%	43	41%	18	17%	13	100%	0	0%
Vessie	3%	1%	2	2%	2	2%	1	8%	0	0%
Rein	4%	1%	3	3%	0	0%	0	0%	1	8%
Lymphome non Hodgkinien	3%	1%	13	12%	0	0%	0	0%	0	0%
Lymphome de Hodgkin	9%	3%	4	4%	6	6%	4	31%	0	0%
Myélome multiple	5%	7%	3	3%	0	0%	0	0%	13	100%
Leucémie aigüe	6%	4%	23	22%	0	0%	0	0%	2	15%
Leucémie lymphoïde chronique	11%	18%	32	30%	0	0%	0	0%	5	38%

Tableau 4 : Risque relatifs lissés et significativité par localisation cancéreuse selon les cercles de distance autour des installations industrielles du Sud-Grenoblois

SUD GRENOBLOIS - FEMME																
Sites	0 km				0-2 km				0-4 km				0-6 km			
	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)
Lèvre-Bouche-Pharynx	3.0	1.23	[0.74 -1.94]	0.78	20.0	1.27	[0.92 -1.71]	0.92	52.0	1.31	[1.05 -1.05]	0.99	125.0	1.15	[0.98 -1.33]	0.96
Œsophage	0.8	0.99	[0.59 -1.54]	0.44	6.3	1.01	[0.64 -1.50]	0.48	16.3	1.02	[0.71 -0.71]	0.51	40.7	1.00	[0.77 -1.28]	0.49
Estomac	2.3	1.10	[0.64 -1.70]	0.63	17.6	1.28	[0.93 -1.74]	0.93	45.1	1.16	[0.91 -0.91]	0.89	113.1	1.27	[1.08 -1.48]	1.00
Foie	1.6	1.01	[0.55 -1.57]	0.49	13.0	1.01	[0.69 -1.38]	0.51	33.2	1.13	[0.87 -0.87]	0.81	83.6	1.13	[0.93 -1.35]	0.90
Pancréas	5.1	0.94	[0.67 -1.24]	0.33	40.3	1.04	[0.84 -1.28]	0.61	103.0	1.02	[0.86 -0.86]	0.57	259.1	0.97	[0.87 -1.08]	0.30
Larynx	0.4	0.95	[0.42 -1.83]	0.37	2.3	0.91	[0.45 -1.51]	0.32	6.0	0.90	[0.49 -0.49]	0.29	14.2	0.90	[0.56 -1.31]	0.28
Poumon	10.3	1.09	[0.78 -1.46]	0.69	72.3	1.15	[0.95 -1.38]	0.93	187.2	1.16	[1.02 -1.02]	0.99	452.2	1.18	[1.08 -1.28]	1.00
Mésotéliome de la plèvre	0.3	1.42	[0.45 -3.77]	0.67	2.0	1.10	[0.38 -2.16]	0.55	5.0	1.35	[0.77 -0.77]	0.81	12.6	1.39	[0.87 -2.12]	0.91
Sein	57.0	0.97	[0.83 -1.12]	0.34	377.7	0.98	[0.90 -1.07]	0.36	985.0	0.99	[0.93 -0.93]	0.32	2343.4	1.04	[1.00 -1.08]	0.98
Ovaire	4.9	0.96	[0.68 -1.24]	0.37	34.9	1.03	[0.82 -1.27]	0.58	90.5	1.04	[0.88 -0.88]	0.68	219.5	1.02	[0.90 -1.14]	0.60
Vessie	1.9	0.96	[0.63 -1.36]	0.36	16.1	0.94	[0.68 -1.24]	0.32	41.0	0.93	[0.72 -0.72]	0.26	105.1	0.99	[0.83 -1.17]	0.45
Rein	3.5	1.04	[0.71 -1.52]	0.54	25.1	1.11	[0.85 -1.45]	0.75	65.0	1.04	[0.86 -0.86]	0.64	159.0	1.00	[0.87 -1.14]	0.48
Lymphome non Hodgkinien	5.7	1.09	[0.82 -1.46]	0.71	41.9	1.06	[0.86 -1.30]	0.69	108.0	1.05	[0.90 -0.90]	0.73	267.2	1.06	[0.95 -1.18]	0.86
Lymphome de Hodgkin	1.1	1.06	[0.63 -1.72]	0.55	7.0	1.06	[0.71 -1.56]	0.58	19.0	1.04	[0.77 -0.77]	0.57	47.9	0.99	[0.77 -1.22]	0.43
Myélome multiple	2.4	1.01	[0.70 -1.37]	0.49	18.8	0.97	[0.74 -1.23]	0.40	48.0	0.94	[0.74 -0.74]	0.28	120.4	1.06	[0.91 -1.22]	0.75
Leucémie aigüe	1.6	0.92	[0.48 -1.43]	0.35	11.7	0.86	[0.52 -1.22]	0.20	30.8	1.01	[0.77 -0.77]	0.52	75.0	1.04	[0.85 -1.26]	0.63
Leucémie lymphoïde chronique	1.6	1.17	[0.68 -1.90]	0.69	12.2	1.33	[0.92 -1.93]	0.93	31.3	1.07	[0.81 -0.81]	0.68	77.7	1.08	[0.88 -1.29]	0.76

(a) Situation de sur-incidence significative si $Proba(R>1) \geq 0.90$ Situation de sous-incidence significative si $Proba(R>1) \leq 0.10$

SUD GRENOBLOIS - HOMME																
Sites	0 km				0-2 km				0-4 km				0-6 km			
	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)
Lèvre-Bouche-Pharynx	8.6	0.85	[0.52 -1.24]	0.19	51.3	1.00	[0.78 -1.25]	0.48	139.8	0.99	[0.84 -0.84]	0.42	316.5	1.07	[0.96 -1.19]	0.89
Œsophage	3.1	0.96	[0.58 -1.53]	0.38	19.8	0.84	[0.59 -1.12]	0.12	53.5	0.86	[0.67 -0.67]	0.09	122.5	0.84	[0.69 -0.99]	0.02
Estomac	4.8	1.08	[0.77 -1.49]	0.65	32.6	1.16	[0.90 -1.48]	0.86	87.3	1.05	[0.88 -0.88]	0.70	202.9	1.04	[0.91 -1.17]	0.71
Foie	7.2	0.85	[0.56 -1.21]	0.17	46.6	0.89	[0.69 -1.11]	0.15	125.7	0.92	[0.78 -0.78]	0.16	289.1	0.97	[0.86 -1.08]	0.29
Pancréas	6.1	0.90	[0.64 -1.17]	0.21	40.5	0.91	[0.72 -1.10]	0.17	108.8	0.96	[0.82 -0.82]	0.29	252.0	1.00	[0.89 -1.11]	0.46
Larynx	3.0	1.01	[0.63 -1.49]	0.50	18.0	1.24	[0.91 -1.70]	0.90	48.9	1.18	[0.93 -0.93]	0.91	111.2	1.18	[1.00 -1.39]	0.97
Poumon	29.5	1.11	[0.86 -1.42]	0.78	188.1	1.11	[0.98 -1.26]	0.95	508.7	1.10	[1.01 -1.01]	0.98	1164.6	1.13	[1.07 -1.20]	1.00
Mésotéliome de la plèvre	1.0	1.34	[0.53 -2.80]	0.70	7.1	1.13	[0.60 -1.83]	0.63	18.8	1.03	[0.66 -0.66]	0.53	44.1	1.20	[0.91 -1.54]	0.90
Vessie	9.4	0.96	[0.70 -1.26]	0.35	66.5	0.94	[0.77 -1.12]	0.23	177.2	0.91	[0.78 -0.78]	0.07	413.9	0.97	[0.88 -1.06]	0.23
Rein	8.1	0.97	[0.70 -1.28]	0.39	51.6	1.09	[0.89 -1.33]	0.78	139.3	1.02	[0.89 -0.89]	0.62	321.0	0.99	[0.89 -1.09]	0.40
Lymphome non Hodgkinien	7.8	0.97	[0.72 -1.24]	0.41	50.5	1.02	[0.84 -1.22]	0.57	136.3	1.05	[0.92 -0.92]	0.77	316.3	1.05	[0.95 -1.15]	0.81
Lymphome de Hodgkin	1.3	0.86	[0.38 -1.43]	0.27	7.8	0.88	[0.50 -1.32]	0.26	21.7	0.84	[0.55 -0.55]	0.14	55.2	0.89	[0.69 -1.12]	0.16
Myélome multiple	3.0	0.95	[0.65 -1.30]	0.37	20.4	0.98	[0.72 -1.26]	0.41	54.7	0.97	[0.77 -0.77]	0.36	127.2	1.01	[0.86 -1.18]	0.55
Leucémie aigüe	2.3	1.02	[0.67 -1.44]	0.51	15.1	1.05	[0.76 -1.39]	0.59	41.0	1.09	[0.87 -0.87]	0.75	95.8	1.10	[0.92 -1.29]	0.85
Leucémie lymphoïde chronique	2.6	1.10	[0.71 -1.68]	0.64	17.8	1.03	[0.74 -1.38]	0.56	47.6	1.05	[0.83 -0.83]	0.66	110.7	1.07	[0.91 -1.25]	0.79

(a) Situation de sur-incidence significative si $Proba(R>1) \geq 0.90$ Situation de sous-incidence significative si $Proba(R>1) \leq 0.10$

Tableau 5 : Risque relatifs lissés et significativité par localisation cancéreuse selon les cercles de distance autour des installations industrielles du Pays Roussillonnais

PAYS ROUSSILLONNAIS - FEMME																
Sites	0 km				0-2 km				0-4 km				0-6 km			
	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)
Lèvre-Bouche-Pharynx	4.2	1.15	[0.67 -1.87]	0.66	8.9	1.20	[0.75 -1.82]	0.76	15.7	1.05	[0.70 -0.70]	0.57	18.0	1.03	[0.71 -1.43]	0.53
Œsophage	1.5	1.14	[0.66 -1.93]	0.64	3.1	1.09	[0.62 -1.80]	0.57	5.2	1.13	[0.68 -0.68]	0.65	6.0	1.17	[0.72 -1.87]	0.70
Estomac	4.1	0.95	[0.55 -1.57]	0.37	8.8	0.86	[0.52 -1.30]	0.21	14.5	0.88	[0.57 -0.57]	0.23	16.5	0.87	[0.57 -1.23]	0.20
Foie	3.0	0.77	[0.38 -1.26]	0.14	6.5	0.73	[0.39 -1.14]	0.09	10.7	0.82	[0.49 -0.49]	0.14	12.3	0.76	[0.44 -1.13]	0.09
Pancréas	9.4	0.92	[0.65 -1.24]	0.28	20.3	0.95	[0.71 -1.24]	0.34	33.3	0.93	[0.71 -0.71]	0.26	37.9	0.91	[0.71 -1.14]	0.21
Larynx	0.5	1.13	[0.44 -2.41]	0.53	1.0	1.06	[0.46 -2.01]	0.51	1.8	1.06	[0.50 -0.50]	0.51	2.1	1.13	[0.52 -2.09]	0.58
Poumon	15.7	1.15	[0.84 -1.57]	0.79	33.2	1.14	[0.87 -1.46]	0.81	57.4	1.07	[0.85 -0.85]	0.72	65.9	1.02	[0.82 -1.25]	0.56
Mésothéliome de la plèvre	0.5	1.52	[0.43 -4.28]	0.67	1.0	1.46	[0.49 -3.64]	0.69	1.6	1.21	[0.47 -0.47]	0.59	1.8	1.25	[0.51 -2.73]	0.61
Sein	78.4	0.87	[0.74 -1.02]	0.04	164.3	0.93	[0.81 -1.05]	0.11	293.1	0.98	[0.88 -0.88]	0.34	338.0	0.99	[0.90 -1.09]	0.44
Ovaire	7.6	0.92	[0.64 -1.24]	0.29	16.0	0.94	[0.68 -1.25]	0.32	27.6	0.93	[0.70 -0.70]	0.28	31.7	0.94	[0.73 -1.19]	0.31
Vessie	3.9	1.02	[0.66 -1.51]	0.49	8.5	0.95	[0.62 -1.35]	0.38	13.6	0.86	[0.54 -0.54]	0.21	15.5	0.86	[0.55 -1.19]	0.18
Rein	5.5	0.92	[0.58 -1.30]	0.32	11.8	0.95	[0.65 -1.31]	0.36	20.1	0.97	[0.70 -0.70]	0.38	23.1	0.96	[0.71 -1.24]	0.37
Lymphome non Hodgkinien	9.4	0.88	[0.62 -1.20]	0.19	20.1	0.83	[0.60 -1.10]	0.10	33.9	0.87	[0.66 -0.66]	0.12	38.8	0.86	[0.66 -1.07]	0.09
Lymphome de Hodgkin	1.3	1.01	[0.54 -1.70]	0.46	2.9	0.99	[0.53 -1.60]	0.44	5.3	0.98	[0.58 -0.58]	0.43	6.1	0.98	[0.61 -1.46]	0.43
Myélome multiple	4.4	0.79	[0.48 -1.14]	0.11	9.4	0.80	[0.51 -1.10]	0.09	15.4	0.78	[0.49 -0.49]	0.07	17.6	0.76	[0.49 -1.03]	0.04
Leucémie aigüe	2.5	0.76	[0.37 -1.24]	0.14	5.4	0.82	[0.44 -1.30]	0.19	9.4	0.78	[0.45 -0.45]	0.11	10.8	0.78	[0.44 -1.14]	0.11
Leucémie lymphoïde chronique	2.8	0.77	[0.38 -1.35]	0.16	6.0	0.75	[0.39 -1.23]	0.12	9.9	0.76	[0.44 -0.44]	0.10	11.4	0.74	[0.43 -1.14]	0.08

(a) Situation de sur-incidence significative si Proba(R>1) ≥ 0.90 Situation de sous-incidence significative si Proba(R>1) ≤ 0.10

PAYS ROUSSILLONNAIS - HOMME																
Sites	0 km				0-2 km				0-4 km				0-6 km			
	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)	Att	RR	IC95%	Proba(R>1) ^(a)
Lèvre-Bouche-Pharynx	10.4	1.26	[0.83 -1.81]	0.86	22.4	1.21	[0.87 -1.61]	0.87	42.1	1.15	[0.89 -0.89]	0.85	49.1	1.17	[0.92 -1.46]	0.89
Œsophage	4.2	0.77	[0.41 -1.26]	0.14	9.1	0.83	[0.51 -1.21]	0.16	16.5	0.76	[0.48 -0.48]	0.07	19.2	0.75	[0.47 -1.07]	0.06
Estomac	7.1	1.00	[0.68 -1.41]	0.46	15.5	0.97	[0.68 -1.32]	0.41	27.5	0.97	[0.71 -0.71]	0.41	31.7	0.95	[0.70 -1.22]	0.33
Foie	10.0	0.81	[0.52 -1.19]	0.13	21.9	0.74	[0.50 -1.03]	0.04	39.1	0.78	[0.57 -0.57]	0.03	45.3	0.76	[0.55 -0.98]	0.02
Pancréas	8.8	0.96	[0.69 -1.28]	0.39	19.3	0.99	[0.75 -1.26]	0.45	34.2	0.99	[0.78 -0.78]	0.44	39.5	1.02	[0.83 -1.25]	0.56
Larynx	3.7	1.12	[0.68 -1.76]	0.63	8.1	1.08	[0.68 -1.61]	0.60	14.9	1.13	[0.75 -0.75]	0.70	17.4	1.10	[0.75 -1.53]	0.66
Poumon	40.0	0.95	[0.73 -1.21]	0.34	87.0	1.02	[0.84 -1.22]	0.57	157.3	1.07	[0.92 -0.92]	0.81	182.5	1.05	[0.92 -1.20]	0.76
Mésothéliome de la plèvre	1.6	5.18	[2.66 -8.81]	1.00	3.5	5.03	[3.07 -7.56]	1.00	6.0	4.28	[2.79 -2.79]	1.00	7.0	3.82	[2.53 -5.40]	1.00
Vessie	14.8	1.19	[0.89 -1.60]	0.87	32.5	1.10	[0.87 -1.39]	0.77	56.6	1.08	[0.88 -0.88]	0.76	65.3	1.05	[0.86 -1.26]	0.67
Rein	10.8	0.91	[0.64 -1.22]	0.26	23.6	0.94	[0.71 -1.20]	0.30	42.9	1.02	[0.81 -0.81]	0.56	49.8	0.97	[0.78 -1.19]	0.37
Lymphome non Hodgkinien	10.6	1.00	[0.75 -1.34]	0.47	23.2	1.03	[0.81 -1.32]	0.55	42.0	0.98	[0.79 -0.79]	0.42	48.7	0.97	[0.79 -1.18]	0.35
Lymphome de Hodgkin	1.4	1.01	[0.46 -1.77]	0.47	3.2	0.96	[0.45 -1.60]	0.41	6.1	1.12	[0.67 -0.67]	0.65	7.1	1.12	[0.71 -1.68]	0.67
Myélome multiple	4.5	0.76	[0.45 -1.11]	0.08	9.8	0.72	[0.42 -1.04]	0.04	17.3	0.73	[0.46 -0.46]	0.03	20.0	0.69	[0.44 -0.97]	0.02
Leucémie aigüe	3.1	0.93	[0.57 -1.40]	0.34	6.9	0.91	[0.56 -1.33]	0.31	12.5	0.92	[0.62 -0.62]	0.30	14.5	0.91	[0.62 -1.26]	0.27
Leucémie lymphoïde chronique	3.9	0.82	[0.47 -1.24]	0.17	8.5	0.87	[0.54 -1.25]	0.21	15.0	0.85	[0.56 -0.56]	0.16	17.4	0.88	[0.61 -1.19]	0.21

(a) Situation de sur-incidence significative si Proba(R>1) ≥ 0.90 Situation de sous-incidence significative si Proba(R>1) ≤ 0.10

Figure 1 : Distances des IRIS aux installations industriels par bassin

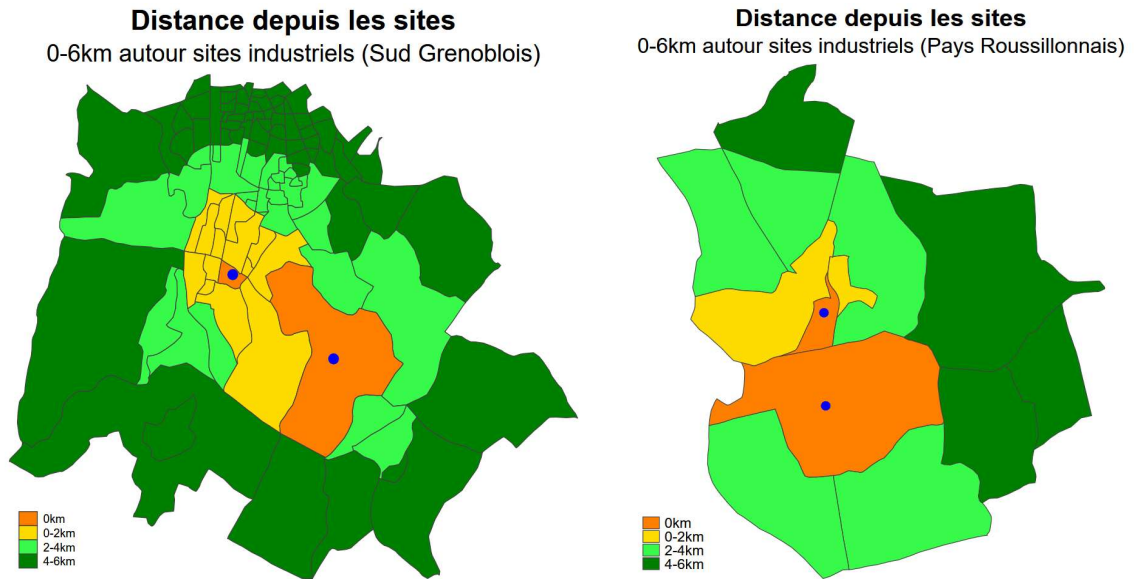


Figure 2 : Situation géographique des bassins industriels du Sud Grenoblois et du Pays Roussillonnais

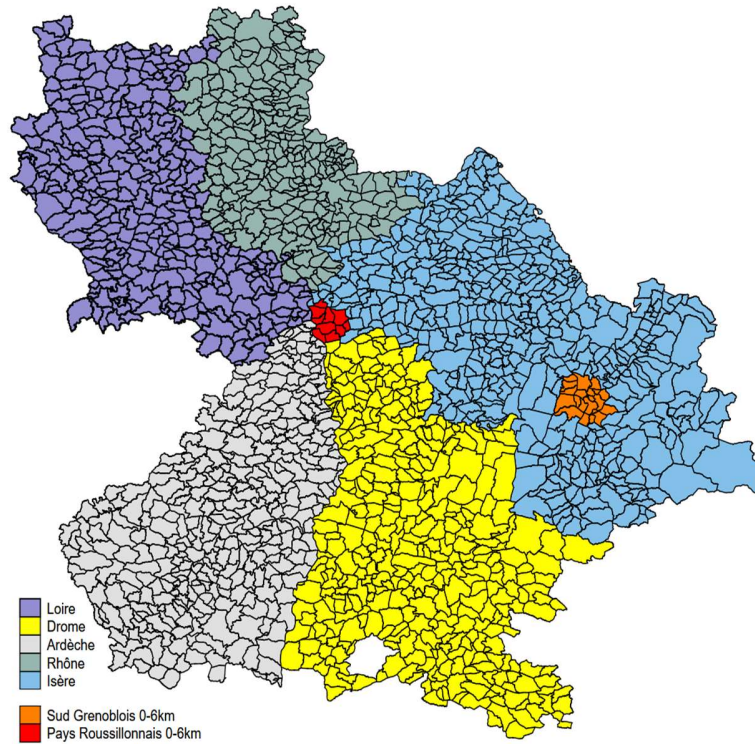
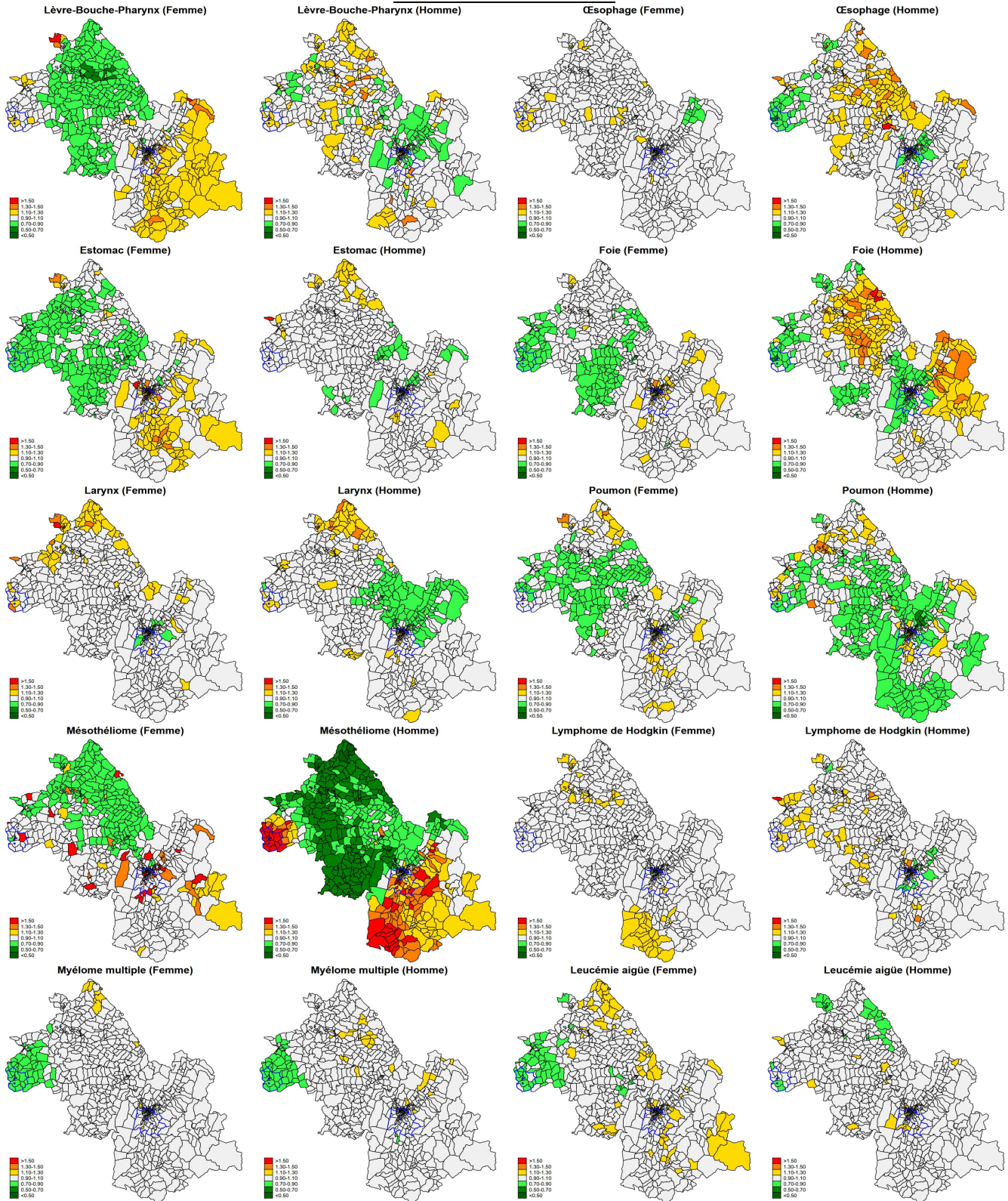


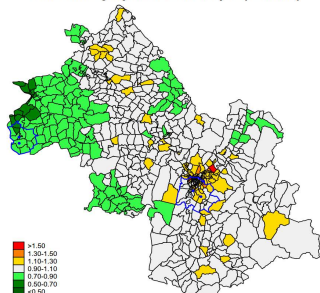
Figure 3 : Cartographie des risques relatifs lissés dans le département de l'Isère

Situations de contrastes

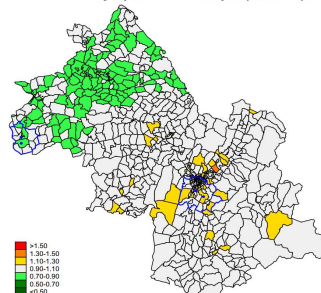


Analyse de la distribution spatiale du risque de cancer dans l'environnement des bassins industriels du Pays-Roussillonnais et du Sud Grenoblois

Leucémie lymphoïde chronique (Femme)

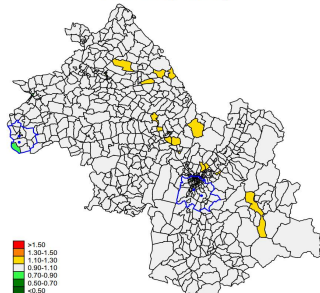


Leucémie lymphoïde chronique (Homme)

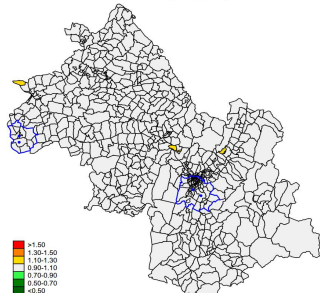


Situations de faibles contrastes

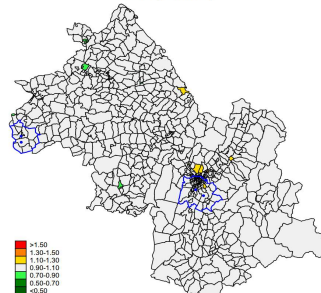
Pancréas (Femme)



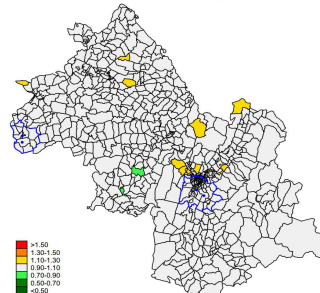
Pancréas (Homme)



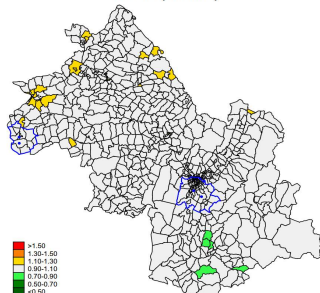
Sein (Femme)



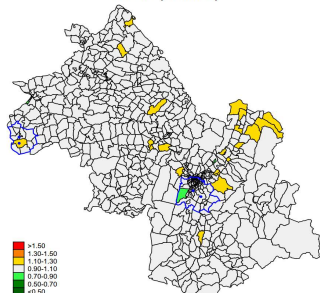
Ovaire (Femme)



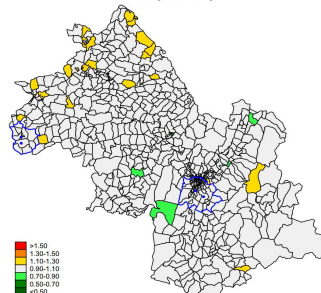
Vessie (Femme)



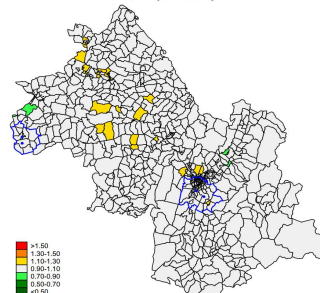
Vessie (Homme)



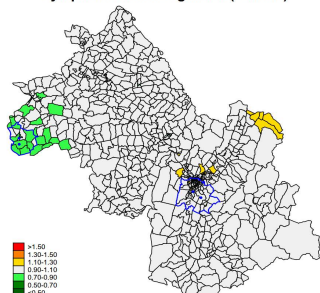
Rein (Femme)



Rein (Homme)



Lymphome non Hodgkinien (Femme)



Lymphome non Hodgkinien (Homme)

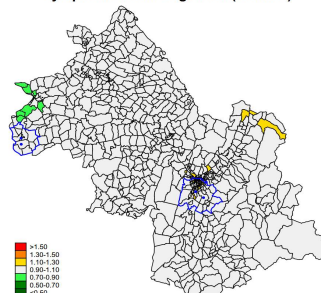
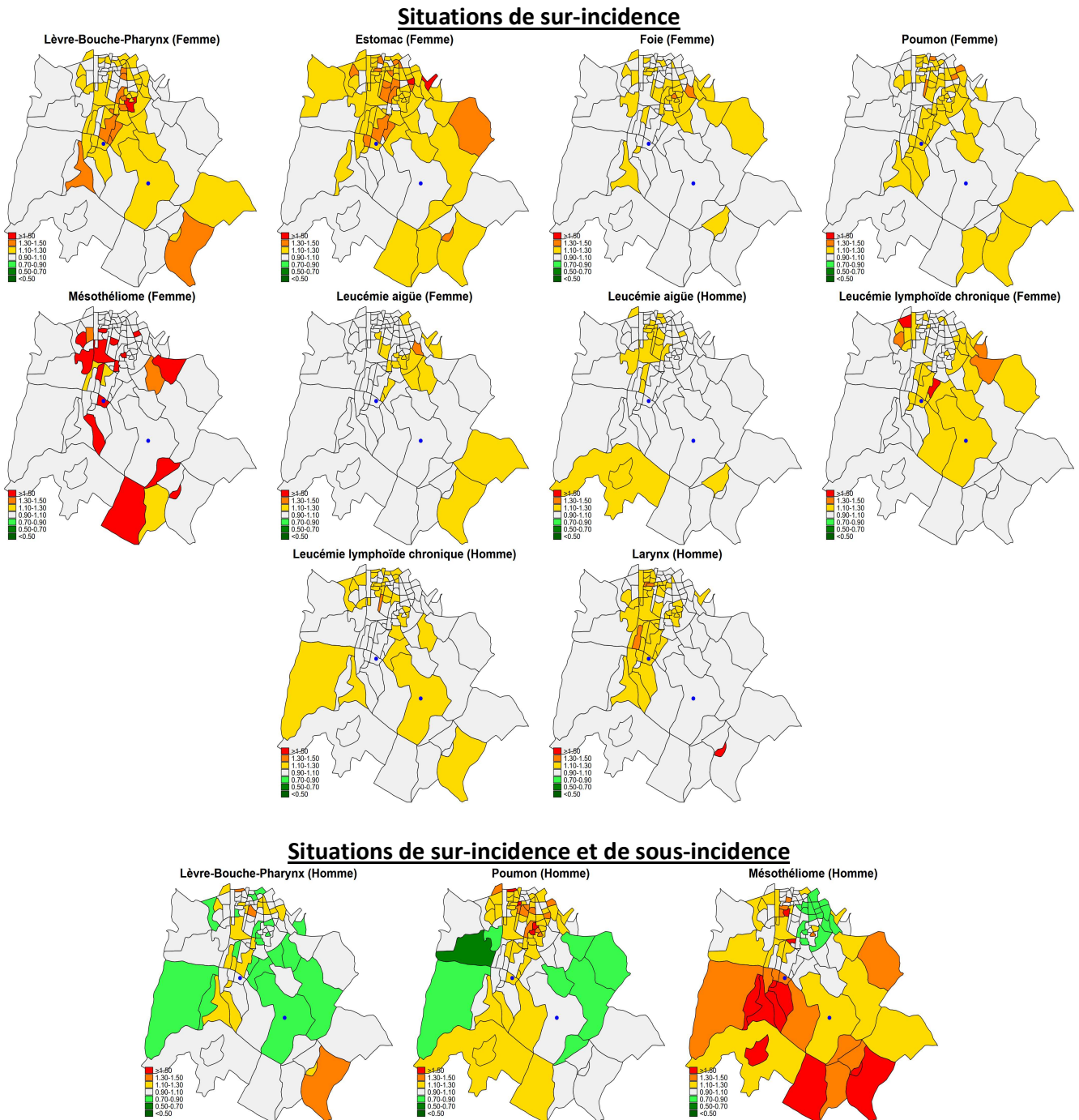
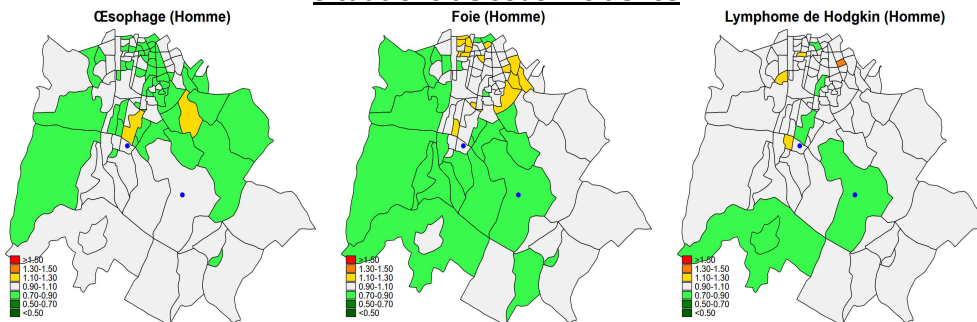


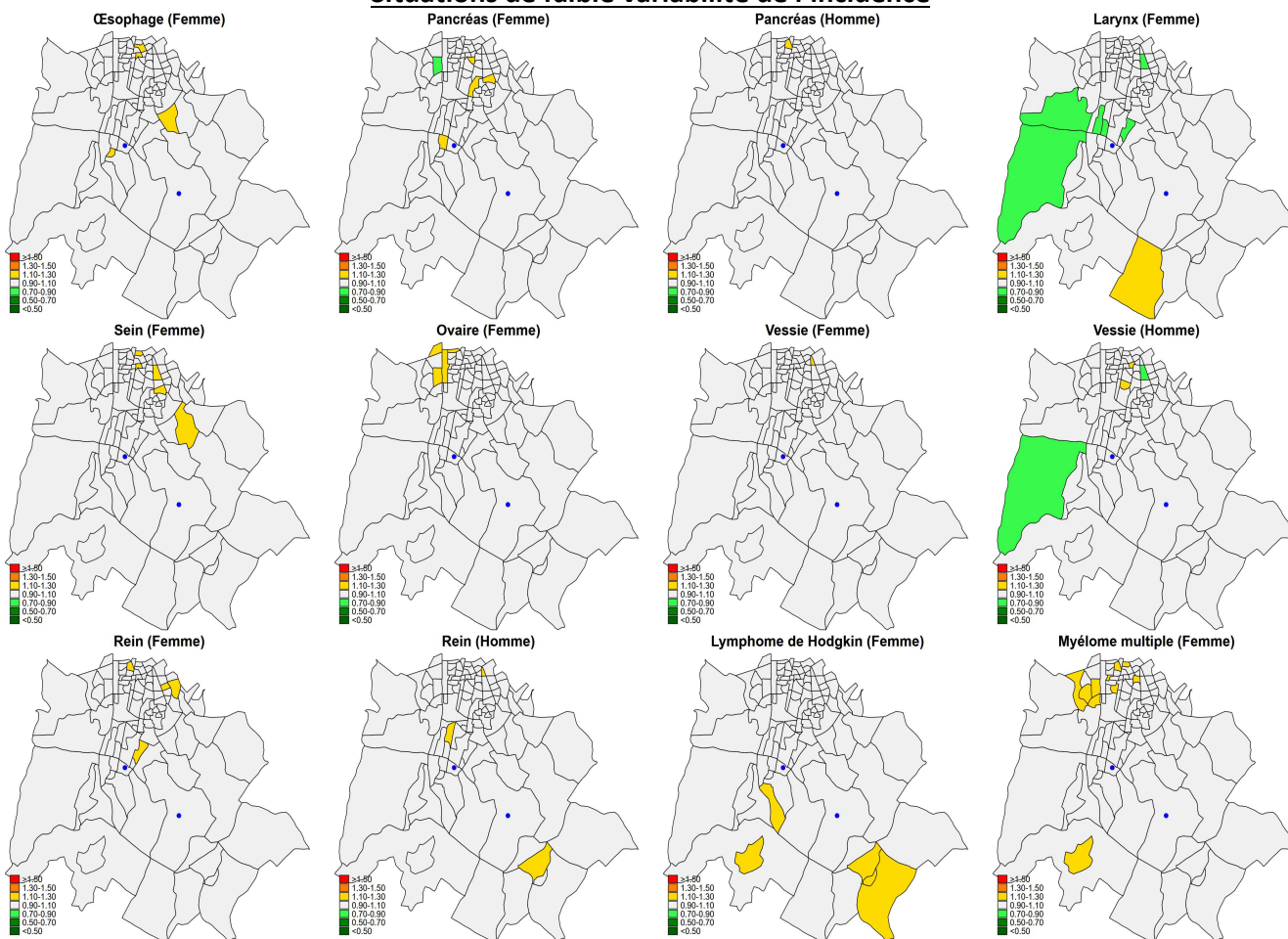
Figure 4 : Cartographie des risques relatifs lissés du Sud Grenoblois par localisation cancéreuse et sexe, classée en fonction des contrastes observés



Situations de sous-incidence



Situations de faible variabilité de l'incidence



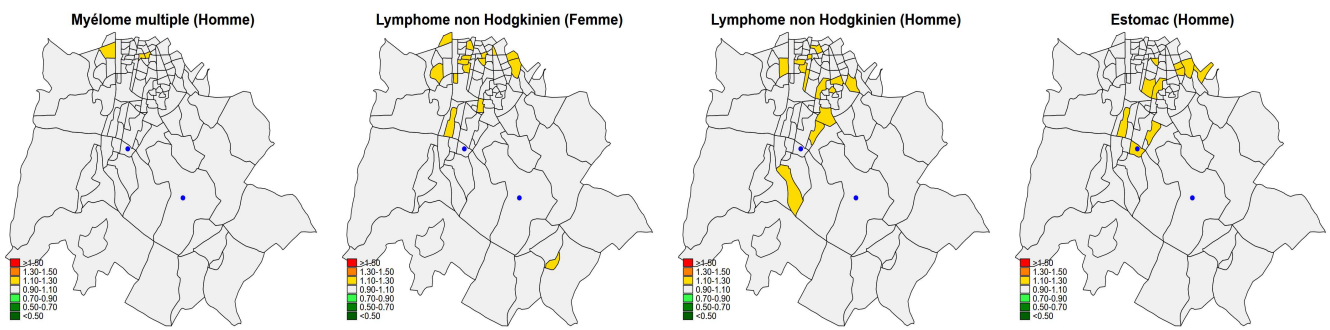


Figure 5 : Cartographie des localisations de cancer (par sexe) présentant une sur-incidence et/ou une sous-incidence statistiquement significative dans le Sud Grenoblois

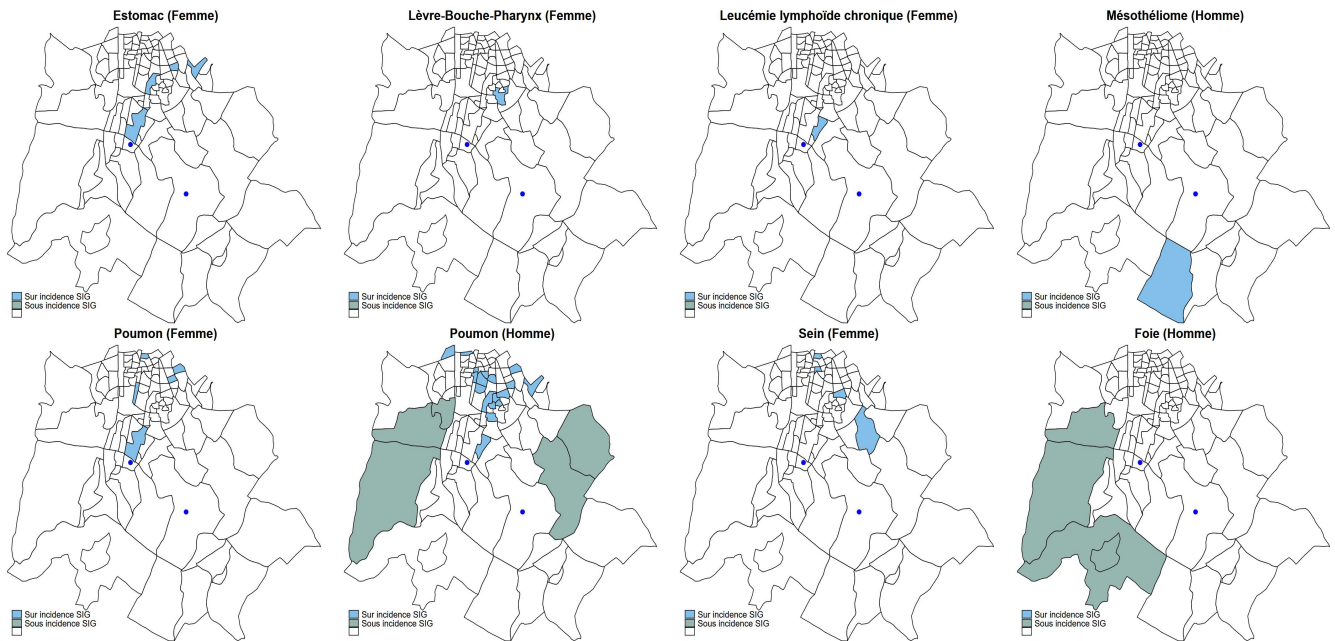
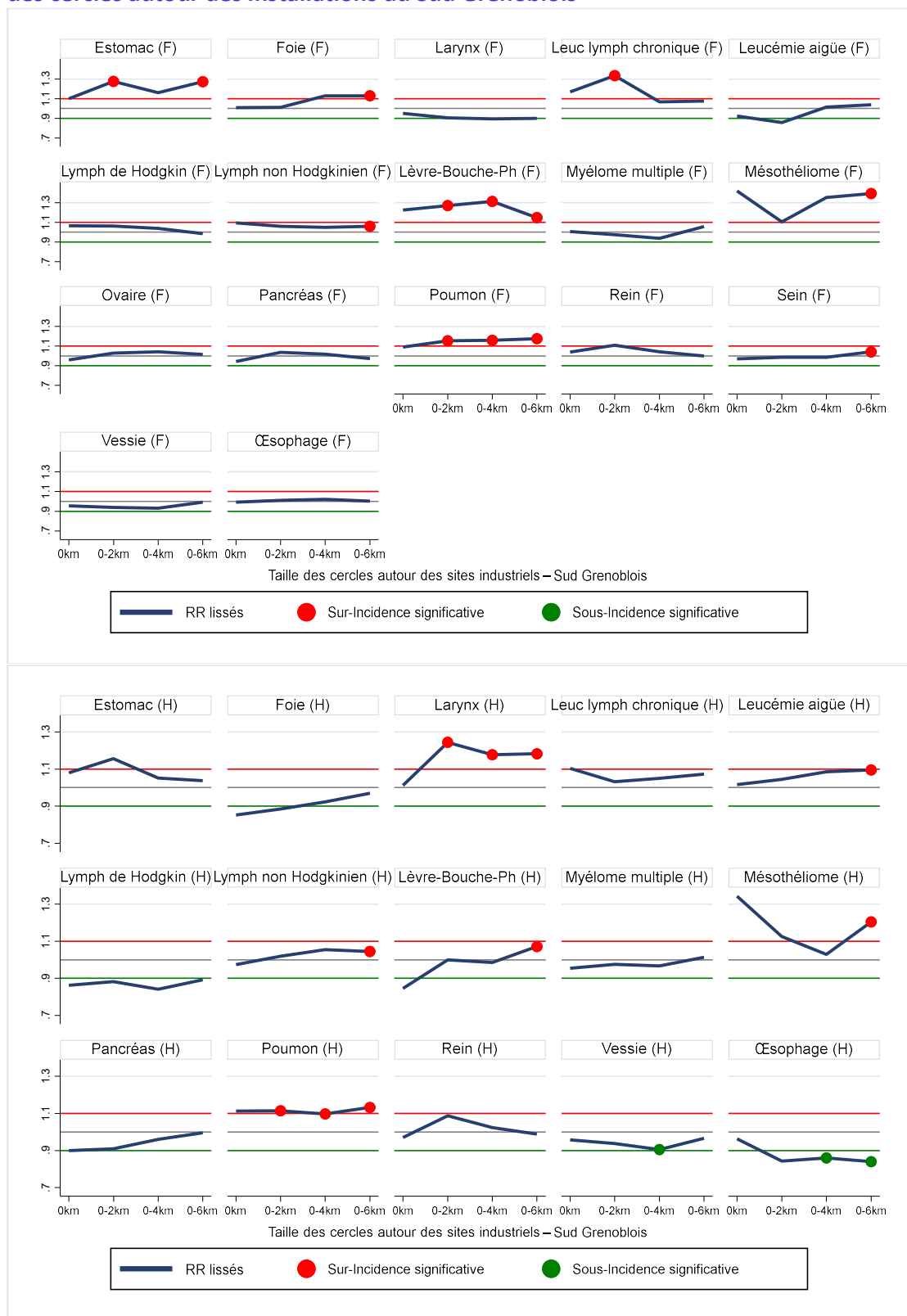


Figure 6 : Variations des risques relatifs lissés par localisation cancéreuse (et par sexe) en fonction de la taille des cercles autour des installations du Sud Grenoblois



Analyse de la distribution spatiale du risque de cancer dans l'environnement des bassins industriels du Pays-Roussillonnais et du Sud Grenoblois

Figure 7 : Cartographie des agrégats de sur-incidence et de sous-incidence identifiés dans le département de l'Isère par localisation de cancer

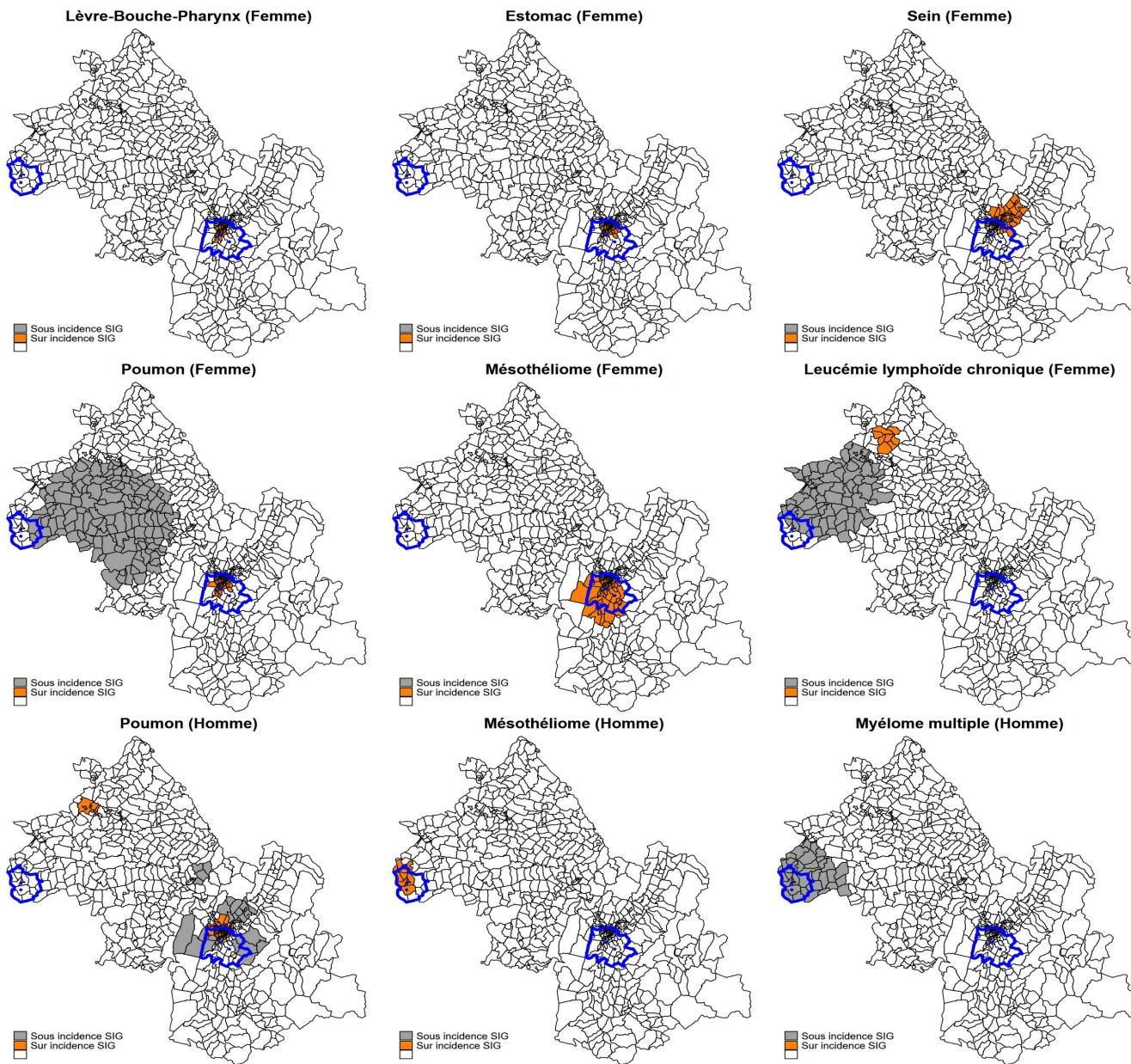
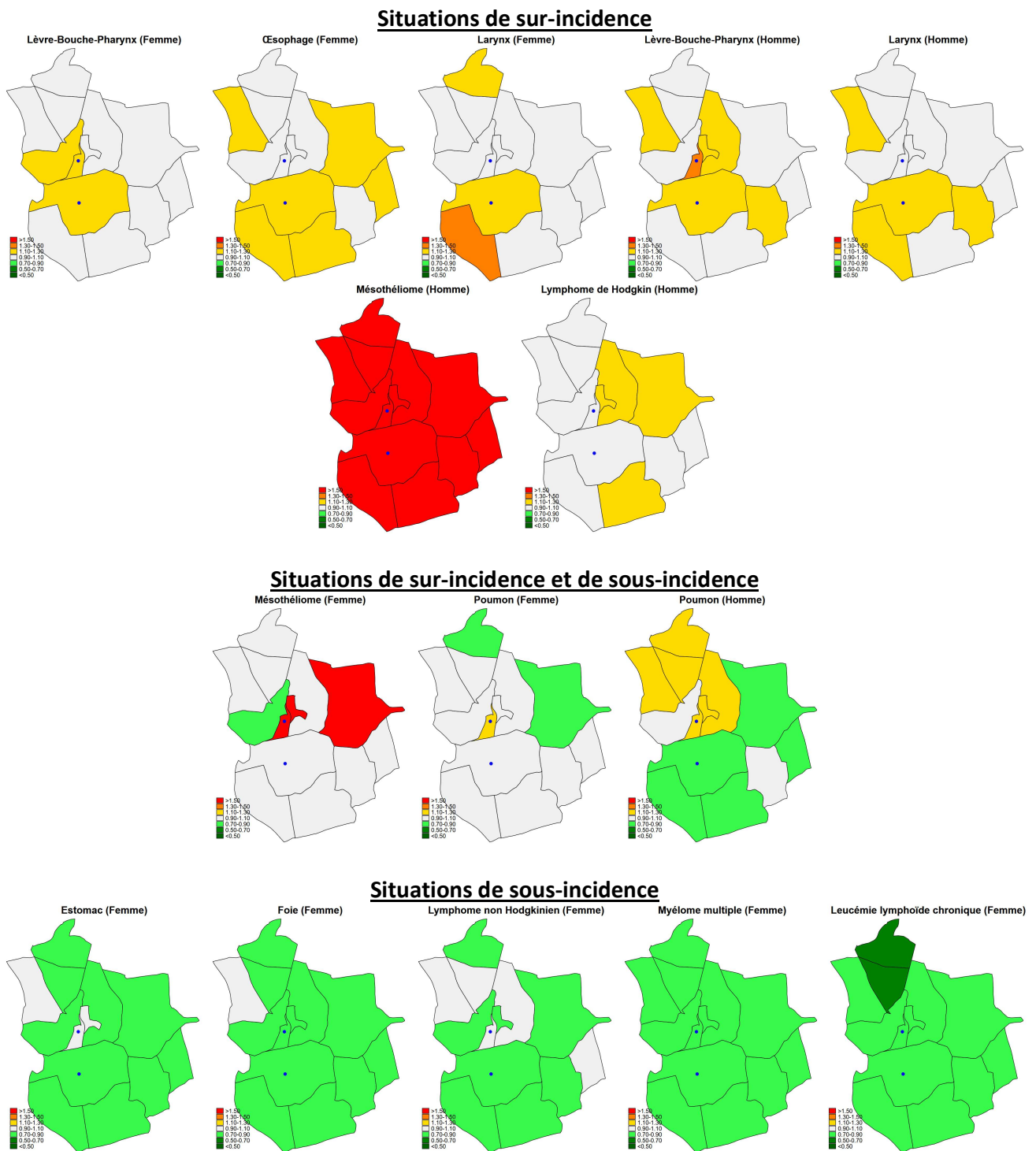
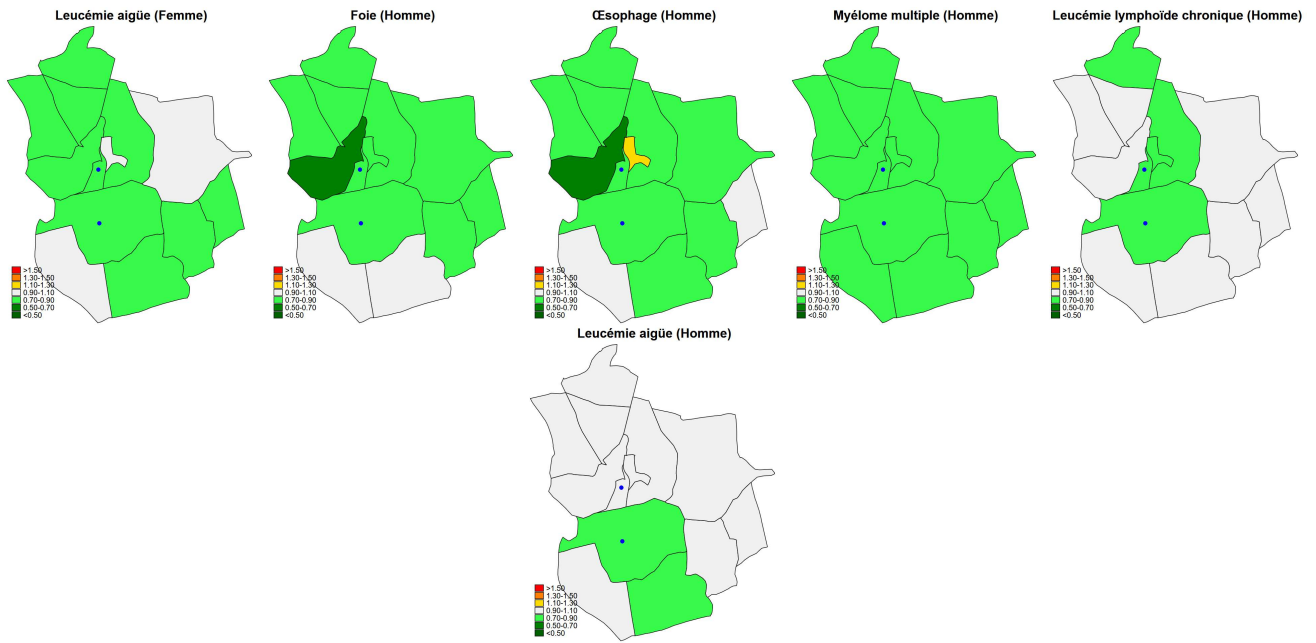


Figure 8 : Cartographie des risques relatifs lissés du Pays Roussillonnais par localisation cancéreuse et sexe, classée en fonction des contrastes observés





Situations de faible variabilité de l'incidence

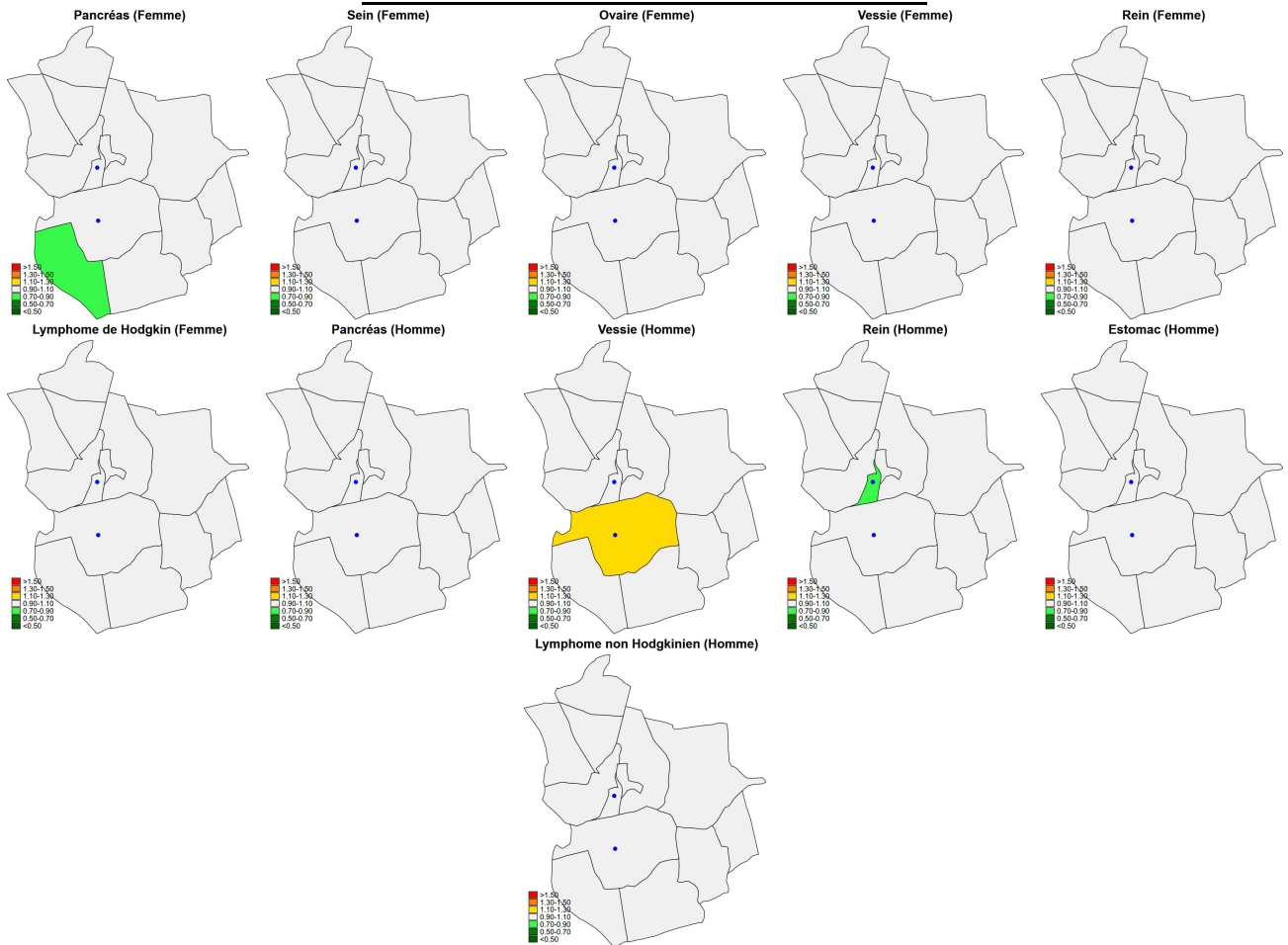


Figure 9 : Cartographie des localisations de cancer (par sexe) présentant une sur-incidence et/ou une sous-incidence statistiquement significative dans le Pays Roussillonnais

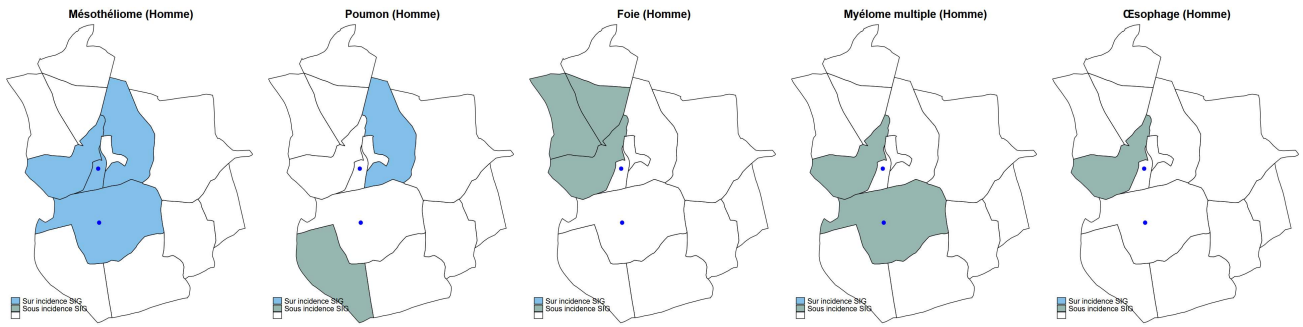
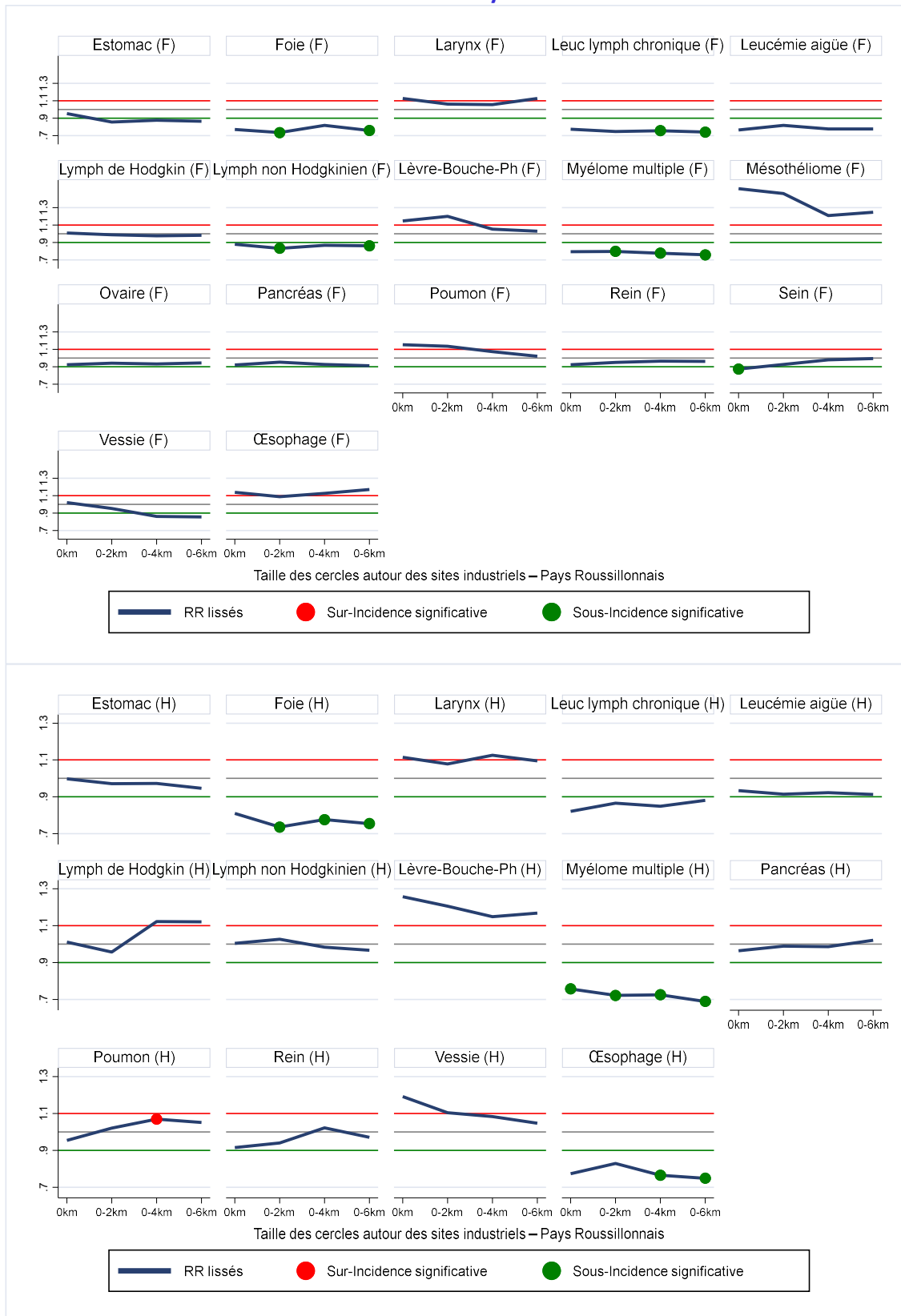


Figure 10 : Variation des risques relatifs lissés par localisation cancéreuse (et par sexe) en fonction de la taille des cercles autour des installations du Pays Roussillonnais



Analyse de la distribution spatiale du risque de cancer dans l'environnement des bassins industriels du Pays-Roussillonnais et du Sud Grenoblois

Figure 11 : Variation des risques relatifs lissés du mésothéliome de la plèvre chez les hommes en fonction de la taille des cercles autour des installations du Pays Roussillonnais

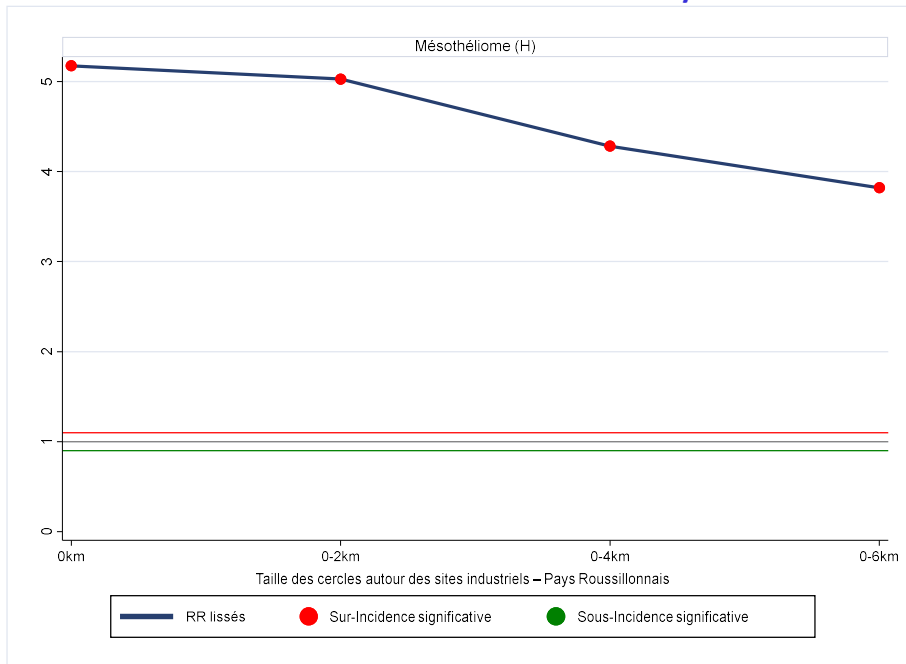


Figure 12 : Carte des niveaux de défavorisation sociale (EDI) par IRIS pour chaque bassin industriel

