

NANTES UNIVERSITÉ

FACULTÉ DE MÉDECINE

Année 2023

N°

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
(DES DE MÉDECINE GÉNÉRALE)

par

JULIETTE HEINRICH

Présentée et soutenue publiquement le 21 novembre 2023

**ÉTAT DES LIEUX DES FACTEURS DE RISQUE DE CANCERS DANS LA
CARÈNE**

Président : Monsieur le Professeur François-Xavier Blanc

Directrices de thèse : Docteurs Anne Cowppli-Bony et Léa Duchesne

Remerciements

Au président du jury, Monsieur le professeur François-Xavier Blanc, et aux membres du jury le professeur Jean-Benoît Hardouin et les docteurs Brice Leclère et Anne Grimault

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de faire partie de ce jury, et espère que vous apprécierez favorablement ce travail.

À mes directrices de thèse, les docteurs Anne Cowppli-Bony et Léa Duchesnes

Je vous remercie pour vos conseils avisés et votre disponibilité, pour nos échanges riches qui ont permis de guider mes recherches et de rendre ce travail plus rigoureux.

À celles et ceux qui ont contribué à ce travail

J'adresse mes remerciements au Centre de Recherche et dépistage des cancers, et en particulier à Aline Lebon et Karine Berquet, à Alizée Petit et aux investigateurs de l'étude KPB, notamment les Dr Loïc du Couedic, Philippe Masson, Acya Bizieux, au Dr Arnaud Gautier de Santé Publique France, au docteur Véronique Mennetrier de la DREETS Pays de la Loire, à Sophie Clouet du GIST 44, à Catherine Marchand de la mairie de Saint-Nazaire, aux Docteurs Thierry Chatelier et Philippe Bergerot, à Céline Chevalier de l'hôpital de Saint-Nazaire, à Valentine Jayais de l'ARS-Pays de la Loire, à Isabelle Michot de l'OFDT, au Dr François-Xavier Gourlay, médecin du travail chez Total, à l'association de riverains l'ADZRP à Donges, au Docteur Cédric Rat du DMG, au Docteur Sylvain Rocher, à Christophe Hennebelle de la DREAL Pays de la Loire, à madame Sandrine Josso, député de la 7ème circonscription de la Loire Atlantique, au Dr Florence Molinie du registre des tumeurs et au Dr Leila Moret en santé publique, au Dr. Mendes Oulamara. Je vous remercie pour votre aide, pour les un-es dans la recherche d'une direction de thèse, pour les autres pour leurs suggestions pertinentes, l'aide à l'établissement de ma biographie, les données qui ont pu m'être transmises, les entretiens qui ont pu m'être accordés et qui m'ont permis de mener ce travail à son terme. Je vous remercie pour votre curiosité, votre soutien et votre bienveillance à mon égard.

SERMENT MEDICAL

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

Table des matières

1	Introduction : problématique des cancers dans la région de la Carène	7
1.1	Une surmortalité chez les moins de 65 ans dans la CARENE	8
1.1.1	Des indicateurs de santé moins favorables que dans l'ensemble de la France métropolitaine	8
1.1.2	Une situation contrastée entre les différentes communes	9
1.1.3	Des décès par causes cardiovasculaires et par cancers au premier plan par rapport aux chiffres sur la France métropolitaine	10
1.2	Surincidence des cancers dans la CARENE par rapport au reste de la Loire-Atlantique	12
1.2.1	Les particularités de la Loire-Atlantique	12
1.2.2	Situation défavorable de la CARENE par rapport à la Loire-Atlantique	13
1.3	La CARENE, un EPCI contrasté	18
1.3.1	Une population vieillissante	18
1.3.2	Un secteur industriel très représenté	18
1.3.3	De grandes disparités socioéconomiques	19
1.4	La CARENE, une des grandes zones industrielles françaises	21
1.4.1	Activités directement liées au port de Nantes-Saint-Nazaire	21
1.4.2	Le secteur de l'énergie	23
1.4.3	La construction navale et aéronautique	25
1.4.4	Le secteur de l'agro-alimentaire	26
1.4.5	Autres activités industrielles de la CARENE	27
1.5	Objectifs	28

2	Méthode	29
2.1	Facteurs de risque retenus	30
2.1.1	Modalités de la recherche des données disponibles sur les facteurs de risque retenus	30
3	Expositions individuelles liées au mode de vie	34
3.1	Tabac	35
3.1.1	Carcinogénicité du tabac	35
3.1.2	Prévalence du tabagisme dans la CARENE	36
3.2	Alcool	51
3.2.1	Carcinogénicité de l'alcool	51
3.2.2	Prévalence de la consommation d'alcool dans la CARENE	51
3.2.3	Etudes à partir des registres de cancers	54
3.3	Cannabis	56
3.3.1	Carcinogénicité du cannabis	56
3.3.2	Prévalence de la consommation de cannabis dans la CARENE	56
3.4	Alimentation, activité physique, surpoids et obésité	59
3.4.1	Activité physique, alimentation, poids et risque de cancers	59
3.4.2	Situation dans la CARENE	59
3.5	Autres facteurs d'exposition individuels	65
3.5.1	Exposition aux UV et zone balnéaire	65
3.5.2	Facteurs de risque infectieux	65
4	Environnement industriel de la Carène : expositions environnementales et professionnelles	69
4.1	Pollution atmosphérique et expositions à des cancérigènes inhalés sur le lieu de travail	70
4.1.1	Sources de données sur la CARENE	70
4.1.2	Particules fines, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et ozone	73
4.1.3	Dioxyde de soufre	84
4.1.4	Benzène et ses dérivés, hydrocarbures aromatiques polycycliques	87
4.1.5	Composés aliphatiques	94
4.1.6	Amines	96
4.1.7	Autres composés chimiques organiques	96
4.1.8	Composés métalliques	98
4.1.9	Silice cristalline	103
4.1.10	Poussières de bois	104
4.2	Autres expositions particulières aux travailleurs de la CARENE	105
4.2.1	L'amiante, exposition passée aux impacts toujours présents	105
4.2.2	Rayonnement ionisant	106

4.2.3	Le travail posté ou de nuit : une exposition partagée par de nombreux secteurs industriels	106
4.2.4	Polyexpositions : l'exemple des dockers	107
4.2.5	Le cas des sous-traitants et des travailleurs étrangers à Saint-Nazaire : une sous-évaluation de l'impact carcinogène du travail industriel? . .	109
4.3	Pollution de l'eau et des sols	110
4.3.1	Sources de données sur la qualité de l'eau dans la CARENE	110
4.3.2	Composés cancérigènes d'origine industrielle dans l'eau de boisson et l'alimentation	111
4.3.3	Pollution des sols	119
4.3.4	Radon : une zone relativement épargnée	120
4.4	Résumé	122
5	Discussion	123
5.1	Synthèse des données	124
5.2	Autres facteurs pouvant expliquer la situation défavorable dans la CARENE	125
5.2.1	Santé mentale	125
5.2.2	Accès aux soins	125
5.3	Limites et forces de cette étude	130
5.4	Perspectives	130
6	Annexes	132

Liste des figures

Fig.	Titre	Page
1.1	Localisation de la CARENE en Loire-Atlantique et carte des communes de la CARENE (population au recensement de 2015)	8
1.2	Nombre de décès par an dans la CARENE tout âge confondu et prématurés, c'est-à-dire avant 65 ans, d'après les données de 2019 de l'ORS	10
1.3	Répartition des motifs d'ALD selon le sexe dans l'EPCI de la CARENE, d'après les données du rapport de 2019 de l'ORS	11
1.4	Répartition des cancers incidents selon leur localisation chez les habitants de la CARENE	14
1.5	Répartition de la mortalité par cancer selon leur localisation dans la CARENE	14
1.6	SIR lissés pour l'ensemble des cancers en Loire-Atlantique	16
1.7	Photographie du bassin de Saint-Nazaire et principales industries présentes à proximité de la zone résidentielle de Méan Penhouët	22
1.8	Raffinerie Total de Donges	23
1.9	Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire	25
1.10	Sites de Cargill à Saint-Nazaire et à Montoir-de-Bretagne	26
1.11	Site de Yara à Montoir-de-Bretagne	27
2.1	Part des principaux facteurs de risque en France en 2015 d'après le CIRC pour les cancers dont l'incidence est augmentée dans la CARENE	31
3.1	Cancers liés au tabac chez les sujets de 30 ans et plus en France en 2015 d'après le CIRC	35
3.2	Prévalence du tabagisme quotidien par région parmi les 18-75 ans en 2017	37
3.3	Vente de cigarettes par habitant en 2012 et nombre de bureaux de tabac en 2018	40
3.4	Sexe, stade de la tumeur et statut tabagique des patients dans la CARENE, en Loire-Atlantique et Vendée (étude des registres des tumeurs en 2019-2020)	44
3.5	Répartition des patients selon leur statut tabagique dans les centres de l'étude KPB 2020	46
3.6	Sex ratio parmi les patients des différents centres de l'étude KPB 2020	48
3.7	Répartition des cancers des patients de l'étude KPB 2020 selon leur stade au diagnostic	48
3.8	Répartition des tumeurs de l'étude KPB 2020 selon leur type histologique	49
3.9	Évolution des consommations de cannabis, d'alcool et de tabac (Escapad, 2005-2017)	56
3.10	Prévalence de l'obésité par région dans la population adulte en 2020 (Obépi-Roche)	60
3.11	Taux d'ALD pour l'hépatite B, l'hépatite C et le VIH dans l'Ouest de la France	65

Fig.	Titre	Page
4.1	Activités industrielles dans la CARENE et ses environs immédiats en 2023	69
4.2	Modélisation des zones de pollution atmosphérique sur la zone de la CARENE	76
4.3	Carte de Saint-Nazaire avec les principaux sites d'émissions et de mesure	77
4.4	Position des stations d'enregistrement d'Air Pays de la Loire par rapport à Yara	80
4.5	Carte des points de mesures réalisées par Air Pays de la Loire en décembre 2022 suite à la fuite sur la raffinerie Total de Donges	90
4.6	Localisation des stations de mesure de la qualité de l'eau et pointe de Chemoulin	109
4.7	Exposition au risque radon sur l'Ouest de la France et sur la zone de la CARENE	119
5.1	Densité des professionnels de santé en France, en Pays de la Loire, en Loire-Atlantique et dans la CARENE	124
5.2	Participation au dépistage organisé du cancer du sein et du colon-rectum, dans la CARENE et dans le reste de la Loire-Atlantique	126
5.3	Taux de participation au dépistage organisé du cancer mammaire et colorectal entre 2008 et 2009 dans les communes de la CARENE	127

Liste des tableaux

Tab.	Titre	Page
1.1	Cancers en surincidence dans la CARENE (sur la période 2006-2015)	15
1.2	Répartition de la population par âges dans la CARENE, la Loire-Atlantique et sur l'ensemble de la France métropolitaine en 2020	18
1.3	Données socioéconomiques dans la CARENE, en Loire-Atlantique et en France en 2020	20
3.1	Données sociologiques et statut tabagique des personnes interrogées par le Baromètre Santé Publique France 2017 en Loire-Atlantique et dans le reste des Pays de la Loire	38
3.2	Statut tabagique des patients atteints de cancers des VADS dans la CARENE (2012-2017) et dans 3 départements du Nord-Ouest de la France (2018-2019)	42
3.3	Exposition tabagique des fumeurs et ex-fumeurs de l'étude KPB 2020	47
3.4	Fractions attribuables à l'alcool des cancers en France en 2018	49
3.5	Consommation d'alcool des patients atteints de cancers des VADS dans la CARENE (2012-2017) et dans 3 départements du Nord-Ouest de la France (2018-2019)	59
3.6	Fractions de cancers attribuables au surpoids, à l'obésité, au manque d'activité physique et à l'alimentation selon la localisation.	64
3.7	Facteurs infectieux cancérogènes en France en 2015	58
4.1 et 4.3	Normes de qualité de l'air en France (synthèse entre les normes européennes et françaises)	73 et 84
4.2	Emissions annuelles des principaux polluants ayant des effets sur la santé humaine en France, dans les Pays de la Loire et dans la zone d'étude de Ginger Burgeap (communes de Saint-Nazaire, Pornichet, Donges, Trignac et Montoir-de-Bretagne)	74
4.4	Activités professionnelles exposées aux HAP et risque de cancer d'après le CIRC	86
4.5	Émissions de BTEX et d'HAP sur la zone d'étude de Ginger Burgeap	88
4.6	Classification des métaux en fonction de leur carcinogénicité d'après le CIRC	97
4.7	Tableaux des cancers professionnels liés à l'exposition aux métaux reconnus en France	98
4.8	Quantités de métaux émis dans l'atmosphère sur la zone d'étude de Ginger Burgeap	99
4.9	Expositions retrouvées pour les dockers de Nantes, Saint-Nazaire et Montoir-de-Bretagne au cours de l'étude ESCALES	106
4.10	Principaux pesticides commercialisés ou l'ayant été en France et toxicité	115

Liste des abréviations

AAH : Allocation Adulte Handicapé
ALD : Affection Longue Durée
AMPA : acide aminométhylphosphonique
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ARS : Agence Régionale de Santé
BEP : Brevet d'études professionnelles
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène
CAF : Caisse d'Allocation Familiale
CAP : Certificat d'Aptitude Professionnelle
CARENE : Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire
CO : monoxyde de carbone
CO₂ : dioxyde de carbone
CHU : Centre hospitalo-universitaire
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC en français)
CMU-c : Complémentaire Maladie Universelle (désormais appelée Complémentaire santé solidaire)
COSMOP : Cohorte pour la surveillance de la mortalité par profession
COHV : Composés organiques halogénés volatiles
COV : Composés Organiques Volatiles
COVNM : Composés Organiques Volatiles non méthaniques
CRDC : Centre Régional de Dépistage des Cancers
DARES : Direction de l'Animation de la Recherche, des Études et des Statistiques
DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane
DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DREETS : Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités
EBV : Epstein-Barr virus
EFSA : European Food Safety Authority
EPA : Environmental Protection Agency (États-Unis)
EPCI : Établissement public de coopération intercommunale
FA : Fraction attribuable
GIST : Groupe Intersectoriel de Santé au Travail
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HPV : Papillomavirus humain
HHV-8 : herpès virus type 8
IARC : International Agency for Research on Cancer (CIRC en français)
INCA : Étude individuelle nationale des consommations alimentaires

Ifremer : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INERIS : Institut national de l'environnement et des risques industriels
INJEP : Institut National de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire
INSEE : Institut national de Statistiques et des études économiques
JAPD : Journée d'Appel de Préparation à la Défense
LNH : Lymphome non-hodgkinien
NO : monoxyde d'azote
NOx : oxydes d'azote
NO₂ : dioxyde d'azote
ND : Non disponible
NPK : engrais contenant du nitrate, du phosphore et du potassium
O₃ : ozone
OFDT : Observatoire Français des Drogues et des Tendances addictives
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
OR : Odds Ratio
ORS : Observatoire Régional de Santé
PBDE : Polybromobiphényles éthers
PCB : Polychlorobiphényle
PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀ : particules fines de diamètre inférieure à 1, 2,5 et 10 micromètres.
RR : Risque Relatif
RSA : Revenu de Solidarité Active
SO₂ : Dioxyde de soufre
SUMER : Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels
THC : Tétrahydrocannabinol
UE : Union Européenne
VADS : Voies aéro-digestives supérieures
VHB : Virus de l'hépatite B
VHC : Virus de l'hépatite C
VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine
VTR : Valeur Toxicologique de Référence

**Introduction : problématique des cancers dans la région
de la Carène**

La Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire (CARENE) est un EPCI (Établissement public de coopération intercommunal¹) situé au Nord-Ouest de la Loire-Atlantique et correspond à dix communes : Saint-Nazaire, Trignac, Donges, Montoir-de-Bretagne, Saint-André-des-Eaux, Pornichet, Saint-Joachim, La Chapelle-des-Marais, Saint-Malo-de-Guersac et Besné (Figure 1.1).

1.1 Une surmortalité chez les moins de 65 ans dans la CARENE

1.1.1 Des indicateurs de santé moins favorables que dans l'ensemble de la France métropolitaine

D'après le rapport sur la santé des habitants de la CARENE publié par l'ORS (Observatoire régional de Santé) 2019, toutes causes confondues, la CARENE comptabilise environ 1300 décès par an[2]. La CARENE enregistre une surmortalité globale de 11% par rapport au niveau national sur la période 2011-2015 (contre 3% au début des années 2000). Cette différence s'explique par une baisse de 11% de la mortalité toute cause confondue standardisée sur la classe d'âge dans la CARENE sur les 10 dernières d'année, baisse moins importante que sur l'ensemble de la France métropolitaine (-19%). La CARENE est le 5ème EPCI sur les 17 EPCI de Loire-Atlantique pour la mortalité.

1. Structure administrative permettant à plusieurs communes d'exercer des compétences en commun, notamment des investissements dans les domaines économiques, sociaux ou culturels.

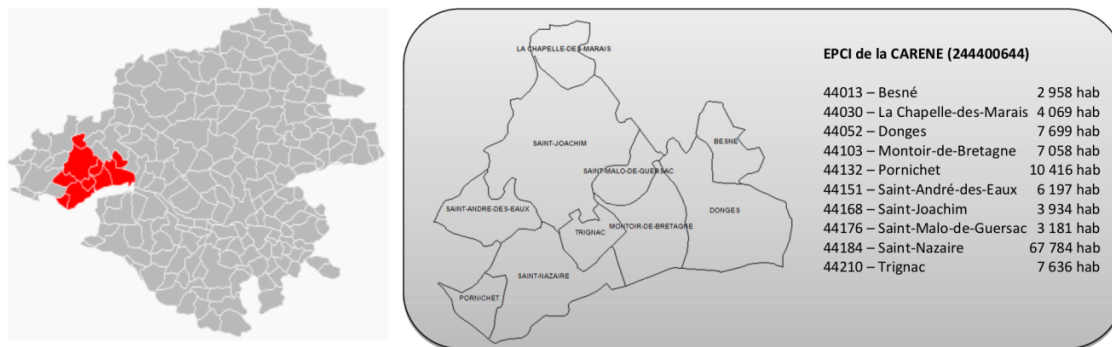


FIGURE 1.1 – Localisation de la CARENE en Loire-Atlantique et carte des communes de la CARENE (population au recensement de 2015) *Source : Registre des Tumeurs Loire Atlantique/Vendée, 2019[1]*

La mortalité prématurée, c'est-à-dire avant 65 ans, représente 250 décès par an dans la CARENE. Elle a baissé de 14% depuis les années 2000 mais est de 28% supérieure au taux national en 2011-2015. La CARENE est le 2ème des 17 EPCI de Loire-Atlantique pour la mortalité prématurée, devancée par l'EPCI Sud Estuaire qui lui est adjacent.

La surmortalité dans la CARENE est nettement plus élevée chez les hommes que chez les femmes (respectivement +18 et +6%). Les décès masculins de la CARENE surviennent pour 30% d'entre eux avant 65 ans, un chiffre de 38% plus élevé que la moyenne nationale, avec une différence qui s'est amplifiée depuis les années 1990. Une surmortalité prématurée de 11% est également constatée chez les femmes. L'écart de surmortalité entre les sexes est maximal dans la classe d'âge des 35-64 ans.

Dix-huit pour cent des habitants de la CARENE sont en ALD (12% chez les 18-64 ans et 48% chez les plus de 65 ans), soit 5% de moins que le taux national. Néanmoins, le taux d'ALD chez les 18-64 ans est de 10% plus élevé que la moyenne nationale.

Dix-huit pour cent des habitants de la CARENE sont hospitalisés chaque année en court séjour, un taux supérieur à la moyenne nationale avec un écart qui a plutôt tendance à se creuser entre 2010 et 2014. On dénombre 24% d'hospitalisations en plus par rapport à la moyenne nationale chez les 1-17 ans, 3% de plus chez les 18-64 ans et 12% de plus chez les plus de 65 ans.

1.1.2 Une situation contrastée entre les différentes communes

Le rapport de l'ORS montre également des disparités territoriales sur la période 2011-2015[2] :

- À Saint-Nazaire, la mortalité prématurée est supérieure de 47% chez les hommes et de 19% chez les femmes aux taux nationaux. On dénombre 4% d'ALD en plus par rapport à la moyenne nationale, surtout chez les hommes. La mortalité des plus de 65 ans est également supérieure de 4% au taux national, et les taux d'hospitalisations un peu plus élevés.
- Dans les communes plus rurales de Saint-Malo de Guersac, Besné, La Chapelle-des-Marais et Saint-Joachim, on trouve une surmortalité prématurée exclusivement masculine de 41%. Sur les communes de Donges, Montoir-de-Bretagne et Trignac, la surmortalité prématurée est également exclusivement masculine, de 37%. Sur ces deux groupes de communes, les taux d'ALD sont respectivement supérieurs de 4% et 8% à la moyenne nationale, et la mortalité des plus de 65 ans supérieure de 23 et 13%.
- Enfin, pour les communes plus favorisées de Pornichet et Saint-André-des-Eaux, les taux de mortalité prématurée, de mortalité chez les plus de 65 ans et d'ALD sont proches de la moyenne nationale. Les taux d'hospitalisation sont par contre supérieurs

de 13% à la moyenne nationale chez les plus de 65 ans.

1.1.3 Des décès par causes cardiovasculaires et par cancers au premier plan par rapport aux chiffres sur la France métropolitaine

Comme en France, la mortalité dans la CARENE est due en premier lieu aux cancers (31% des décès, 42% chez les 18-64 ans) et aux maladies cardiovasculaires (25% des décès, 11% chez les 18-64 ans) (Figure 1.2).

La CARENE présente une surmortalité due aux cancers (+ 20%) et aux maladies cardiovasculaires (+ 9%) par rapport à la France métropolitaine sur la période 2011-2015.

La surmortalité par cancer est plus marquée chez les 18-64 ans (+26%) que chez les plus de 65 ans (+17%). Elle est très majoritairement masculine (+41% chez les hommes de 18-64 ans, +26% chez les plus âgés ; respectivement +5% et +11% chez les femmes). Chez les 18-64 ans, les taux d'ALD pour cancers sont supérieurs de 36% à la moyenne nationale chez les hommes (pas de différence significative chez les femmes ; figure 1.3). La mortalité prématurée par cancer est en baisse sur la CARENE (-6% entre 2006 et 2013) mais cette baisse est moins marquée qu'au niveau national (-12% sur la même période) et départemental (-16%). Les cancers les plus fréquents sont, comme au niveau national, les cancers du sein, de la prostate, du poumon et du colon-rectum ; le cancer du poumon occasionne à lui seul jusqu'à un tiers

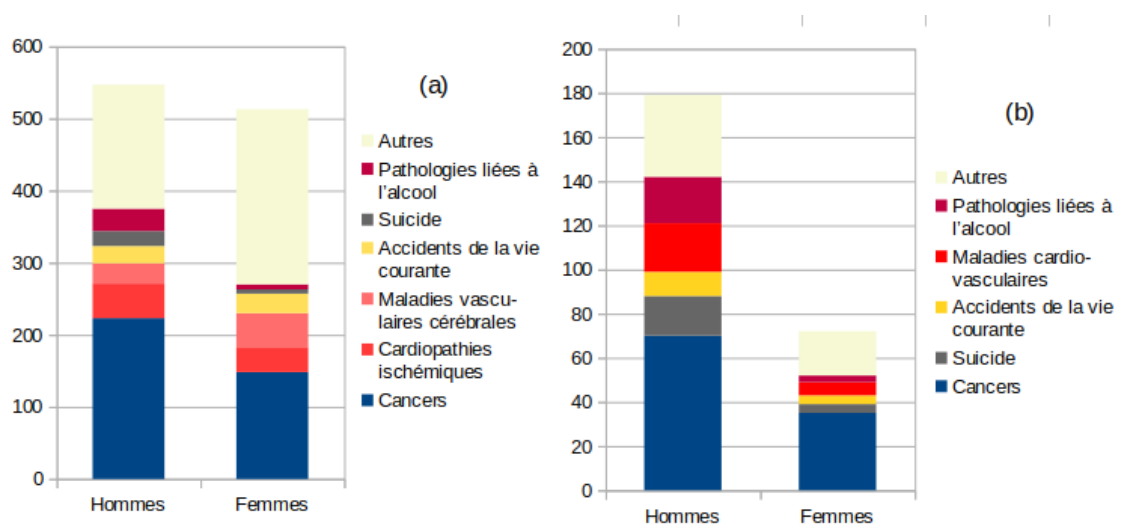


FIGURE 1.2 – Nombre de décès par an dans la CARENE tout âge confondu (a) et prématurés, c'est-à-dire avant 65 ans (b), d'après les données de 2019 de l'ORS[2]

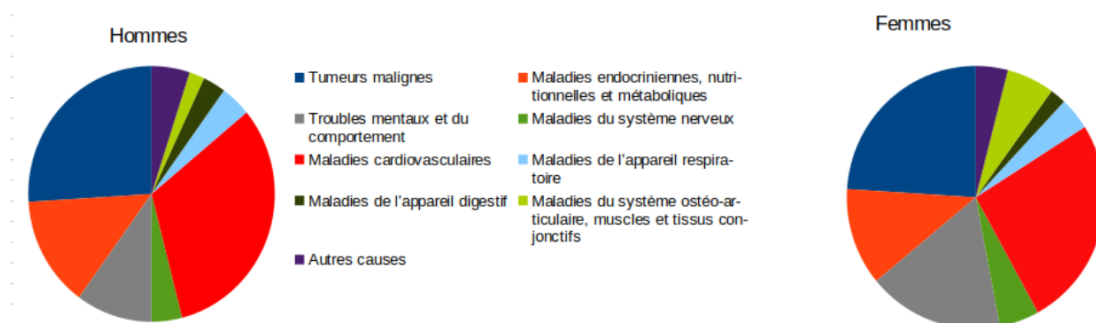


FIGURE 1.3 – Répartition des motifs d’ALD selon le sexe dans la CARENE sur la période 2012-2014. *Source : Rapport « La santé des habitants de la CARENE », ORS 2019[2]*

des décès chez les hommes de 18 à 64 ans.

La surmortalité par cause cardiovasculaire varie selon l’âge (+14% chez les 20-64 ans contre +8% chez les plus de 65 ans) et selon les communes ; elle atteint 38% dans les communes rurales de Saint-Joachim, Besné, Saint-Malo-de-Guersac et la Chapelle-des-Marais, 19% dans les communes industrielles de Donges, Trignac et Montoir-de-Bretagne, mais est similaire aux taux nationaux sur les communes de Pornichet et Saint-André -des-Eaux. Si l’on compare par rapport aux 17 EPCI des Pays de la Loire, la CARENE est au 11ème rang pour la mortalité cardiovasculaire. Parmi les EPCI où la mortalité cardiovasculaire est encore plus importante, on retrouve Pontchâteau-Saint-Gildas-des-Bois, le Sud-Estuaire, la Presqu’Île de Guérande et Estuaire et Sillon, tous adjacents à la CARENE.

Chez les plus de 65 ans, la surmortalité cardiovasculaire est exclusivement masculine alors que chez les moins de 65 ans, elle concerne les deux sexes, avec toutefois un sex ratio homme/femme à 3,7.

Parmi les autres pathologies pouvant expliquer la surmortalité dans la CARENE, on peut citer :

- **les maladies respiratoires** : en 2016, 1% de la population de la CARENE est en ALD pour une insuffisance respiratoire chronique grave, dont 40% due à une BPCO et 29% à un asthme. Si les taux d’admissions en ALD pour ces motifs étaient similaires au taux nationaux en 2005-2007, l’écart s’est progressivement creusé avec en 2016 des taux de 30% supérieurs aux taux nationaux chez les hommes, et de 40% chez les femmes. Ce phénomène se retrouve dans toutes les zones de la CARENE, à l’exception des communes de Saint-André-des-Eaux et Pornichet. La mortalité par maladies respiratoires est également en hausse depuis 2006, avec une surmortalité tout sexe confondu de 18% en 2011-2015.

- **les pathologies liées à l'alcool** : la CARENE présente un taux d'ALD pour des maladies directement liées à l'alcool (maladie alcoolique du foie, fibrose et cirrhose du foie, troubles mentaux liés à la consommation d'alcool) supérieur de 40% au niveau national en 2012-2014. La mortalité liée à l'alcool, tout sexe confondu, est deux fois plus élevée en 2011-2015 que celle de la France métropolitaine. Cet écart est particulièrement marqué chez les hommes de 20-64 ans (2,2 fois la moyenne nationale sur cette tranche d'âge avec un sex ratio de 6).
- **les suicides** : les taux de décès par suicide sont de 70% supérieurs à ceux de l'ensemble de la métropole en 2011-2015, en lien avec une prévalence plus importante des troubles mentaux et du comportement (+20% d'ALD en 2012-2014) et une prise plus importante de traitements psychotropes (11,9% dans l'année pour la CARENE contre 10,6% à l'échelle nationale en 2016).
- **les accidents de la vie courante** : en 2011-2015 le taux de décès par accident dans la CARENE est de 20% supérieur à la moyenne nationale toute classe d'âge confondue, et de +70% chez les 18-64 ans. La suraccidentalité est essentiellement masculine, avec un sex ratio à 2,5.

Les données (ALD, mortalité) utilisées par l'ORS pour décrire l'état de santé des habitants de la Carène sont intéressantes car elles permettent de se faire une première idée des pathologies qui expliquent la surmortalité dans l'EPCI de la CARENE. Néanmoins, ces données sont sujettes à plusieurs biais, notamment des problèmes de déclaration par les médecins, et doivent être interprétées avec précaution.

1.2 Surincidence des cancers dans la CARENE par rapport au reste de la Loire-Atlantique

Le registre des tumeurs de Loire-Atlantique et Vendée enregistre depuis 1998 de manière exhaustive tous les nouveaux diagnostics de cancer chez les habitants de Loire-Atlantique et Vendée. Il permet ainsi d'avoir un aperçu plus précis de l'incidence et de la mortalité liée aux cancers sur ces deux départements.

1.2.1 Les particularités de la Loire-Atlantique

Sur la période 2017-2019, en moyenne 8162 nouveaux cas de cancers par an sont découverts en Loire-Atlantique, dont 3632 chez les femmes et 4531 chez les hommes[3].

Les cinq localisations les plus fréquentes sont le sein, la prostate, le colon-rectum, le poumon, les lymphomes non-hodgkiniens (LNH). La mortalité par cancers est liée en premier lieu aux cancers du sein, de la prostate, du poumon et du colon-rectum.

Depuis 1998, en Loire-Atlantique, l'incidence des cancers tend à augmenter chez la femme (en lien avec l'augmentation du cancer du pancréas et du poumon). Chez l'homme, bien que

l'incidence des cancers soit en baisse depuis 2007 (liée à la baisse des cancers de la prostate), l'incidence de certains cancers (pancréas, mélanome cutané) augmente.

La Loire-Atlantique présente des particularités par rapport au reste de la France métropolitaine. L'incidence des cancers est plus élevée chez les hommes (+13%) mais comparable chez les femmes à la moyenne nationale. Une surincidence est aussi observée pour certains cancers liés à l'alcool chez l'homme : foie (+48%), VADS (+12% à +24% selon la localisation ; différence non statistiquement significative sur les dernières années), le cancer de la prostate (+16%), ainsi que, pour les deux sexes, les LNH (+30%) et les mélanomes cutanés (+9% pour les femmes, +14% pour les hommes ; différence non statistiquement significative sur les dernières années). À l'inverse, la Loire-Atlantique présente une sous-incidence des cancers liés au tabac chez l'homme (poumon, vessie), des cancers du corps utérin et des cancers thyroïdiens dans les deux sexes.

1.2.2 Situation défavorable de la CARENE par rapport à la Loire-Atlantique

Parrallèlement aux travaux de l'ORS, le Registre a publié en 2019 un rapport décrivant l'incidence et la mortalité par cancers dans la CARENE pour 8 localisations (prostate, sein, colon-rectum, poumon, LNH, VADS, mélanome, mésothéliome de la plèvre) sur la période 2006-2015 (sauf pour le mésothéliome pleural, étudié sur la période 2000-2015) (figures 1.4, 1.5 et 1.6)[1].

Sur cette période, 826 cancers sont découverts en moyenne chaque année dans la CARENE, avec 371 décès. La CARENE est le premier des 17 EPCI de Loire-Atlantique pour le risque de cancer toute localisation et tout âge confondu pour les deux sexes, avec une surincidence de 13% pour les hommes et une surincidence de 6% (non significative) pour les femmes par rapport au département sur la période 2006-2015. La surmortalité est de +23% chez les hommes, et de +14% chez les femmes sur la période 2011-2015.

Au niveau communal, les villes qui présentent une surincidence significative de cancers toutes localisations confondues par rapport au reste du département sont Saint-Nazaire, Montoir de Bretagne, Trignac dans la population masculine (tableau 1.1). Dans la population féminine, on note une surincidence sur la commune de Pornichet.

Ce tableau s'explique par une surincidence et/ou une surmortalité de certaines localisations cancéreuses (tableau 1.1).

La CARENE est le premier EPCI de Loire-Atlantique pour l'incidence du cancer du poumon chez l'homme avec une surincidence élevée (+23%) par rapport à la moyenne départementale. Une surincidence significative du cancer du poumon masculin est retrouvée pour les communes de Saint-Nazaire, Montoir de Bretagne et Trignac par rapport au reste du département. Bien que n'atteignant pas la limite de la significativité, des sur-incidences

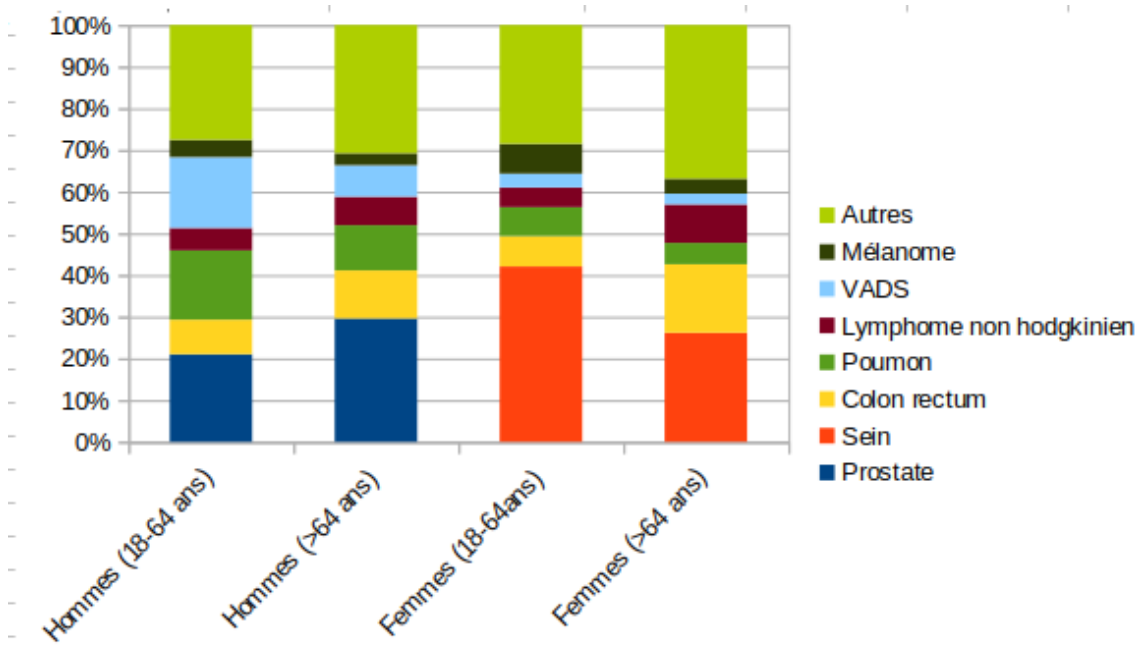


FIGURE 1.4 – Description des cancers incidents selon leur localisation chez les habitants de la CARENE, selon le sexe et l'âge, sur la période 2006-2015. *Source : Registre des Tumeurs de Loire-Atlantique/Vendée, 2019[1]*

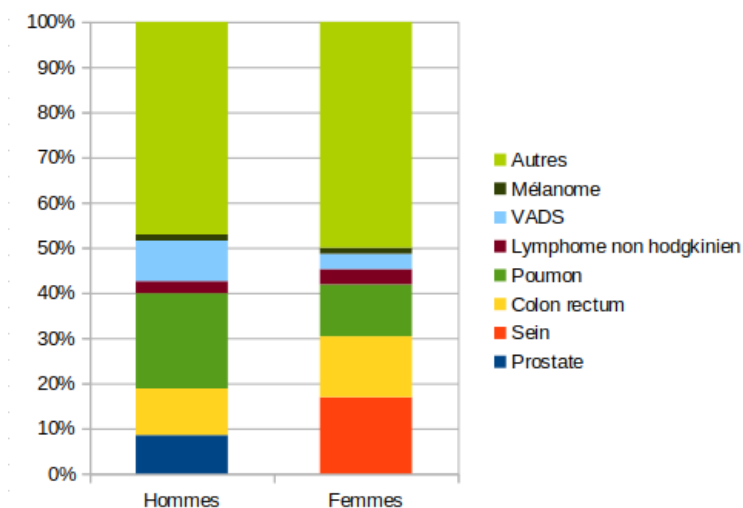


FIGURE 1.5 – Description de la mortalité par cancer selon la localisation du cancer et le sexe dans la CARENE sur la période 2011-2015. *Source : Registre des Tumeurs de Loire-Atlantique/Vendée, 2019[1]*

Tableau 1.1 – Cancers en surincidence et en surmortalité dans la CARENE (2006-2015) et ses communes (2000-2015) par rapport à l'incidence moyenne de la la Loire-Atlantique.

Source : *Registre des tumeurs de Loire-Atlantique-Vendée, 2019[1]*

	Nombre moyen de cancer incident/an (2006-2015)	Nombre moyen de décès par cancer/an (2011-2015)	Surincidence (2006-2015)	Surmortalité (2011-2015)	Communes de la CARENE en surincidence (2000-2015)
Tous cancers (hommes)	478	223	+13%*	+23%*	Montoir : +34%* Trignac : +22%* Saint-Nazaire : +10%*
Tous cancers (femmes)	348	148	+6%	+14%*	Pornichet : +14%*
Poumon (hommes)	63	47	+23%*	+24%*	Montoir : +34%* Trignac : +30%* Saint-Nazaire : +27%*
VADS (hommes)	55	20	+28%*	+26%*	Trignac : +45%* Montoir : +34%* Saint-Nazaire : +30%*
Colon-rectum (hommes)	49	23	+6%	+32%*	/
Colon-rectum (femmes)	43	20	+11%	+32%*	Saint-Nazaire : +15%*
Prostate	124	19	+5%	+8%	Trignac : +19%* Saint-Nazaire : +10%*
Plèvre ¹ (2 sexes)	9	ND	+139%*	ND	Trignac : +201%* Saint-Nazaire : +140%* Donges : +116%* Montoir : +105%* Saint-Joachim : +73%*

¹ analyse de l'incidence sur la période 2000-2015. Pas de données disponibles sur la mortalité.

ND : Non Disponible.

: incidence ou mortalité statistiquement plus élevée (en comparaison à l'incidence moyenne départementale)

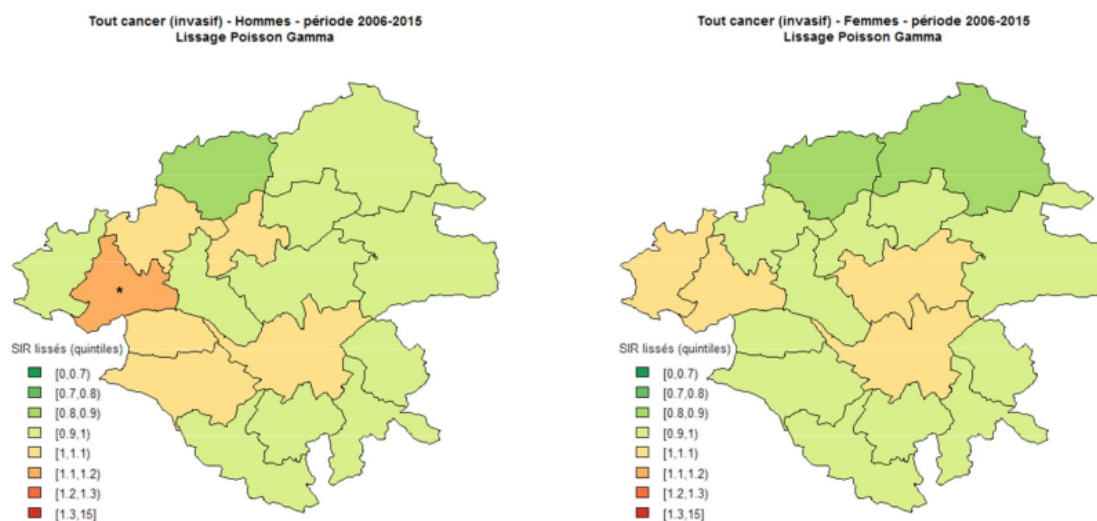


FIGURE 1.6 – SIR lissés pour l'ensemble des cancers, chez les hommes (à gauche) et chez les femmes (à droite), en Loire-Atlantique, sur la période 2006-2015, comparateur ensemble de la Loire-Atlantique *Source : Registre des Tumeurs Loire Atlantique/Vendée, 2019[1]*

de plus de 10% sont retrouvées sur les communes de Donges, Besné, Saint-Joachim, Saint-Malo-de-Guersac et la Chapelle-des-Marais. Les femmes ont une incidence et une mortalité par cancer du poumon comparable au reste de la Loire-Atlantique.

Il existe également chez les hommes une surincidence (+28%) et une surmortalité (+26%) importante des cancer des VADS. À l'exception de Pornichet et Saint-André-des-Eaux, cette surincidence concerne toutes les communes (+12-45%) mais n'est statistiquement significative que pour les 3 communes ayant les surincidences les plus élevées (>+30%). La CARENE est le premier EPCI du département pour l'incidence masculine du cancer des VADS. Les EPCI du Nord-Ouest du département (Cap-Atlantique, Sud Estuaire, Pontchateau) tendent également à être plus touchés par les cancers des VADS que ceux du Sud-Est du département. Les femmes ont une incidence des cancers des VADS élevée (+14%) mais non statistiquement significative du fait des faibles effectifs et une mortalité comparable au reste de la Loire-Atlantique.

Concernant le cancer du colon-rectum, pour les 2 sexes, l'incidence est comparable à la moyenne départementale. Par contre il existe une surmortalité (+ 32%).

La CARENE est le premier EPCI de Loire-Atlantique pour le cancer de la plèvre, avec une surincidence de 139%. objectivée sur toutes les communes, et plus particulièrement

sur Trignac, Saint-Nazaire, Donges et Montoir-de-Bretagne. Les EPCI limitrophes de Pontchâteau et Cap Atlantique sont également plus touchés (+16% à +47% non significatif) que le reste du département.

La CARENE ne présente pas de différence d'incidence et de mortalité notable par rapport à la Loire-Atlantique pour les cancers de la prostate et du sein, les LNH et le mélanome cutané. Il existe des disparités intercommunales avec une incidence du cancer de la prostate significativement plus élevée à Trignac (+19%) et à Saint-Nazaire (+10%), et non significativement plus élevée à Montoir et Saint-Joachim (+17% et +12% respectivement). On observe également une incidence plus élevée (>10%) non-significative de cancer du sein à Pornichet et de mélanome cutané à Saint- André- des-Eaux, Pornichet et Trignac.

La CARENE se démarque du reste de la Loire-Atlantique par la surincidence et la surmortalité de certains cancers connus pour être favorisés par des comportements à risque ou expositions professionnelles et environnementales. Pour mieux comprendre et expliquer cette surincidence et surmortalité des cancers, il est primordial de connaître les particularités démographiques, sociologiques et économiques de la CARENE que nous présentons ci-après.

Les données actualisées du registre des cancers de Loire-Atlantique Vendée et de l'ORS ont été publiées en octobre 2023, après le rendu de ce manuscrit. Les principaux résultats sont présentés en annexe 6. Il n'y a pas de changement majeur par rapport aux chiffres précédents.

1.3 La CARENE, un EPCI contrasté

La CARENE est un EPCI (Etablissement public de Coopération Intercommunale) qui couvre une zone de 320 km². Le recensement de 2020 dénombre 128.829 habitants dans la CARENE, dont un peu moins de la moitié à Saint-Nazaire. A l'échelle de l'EPCI, la densité de population est de 402 habitants par km²[4].

1.3.1 Une population vieillissante

D'après le recensement de l'INSEE, la population de la CARENE est plus âgée que celle de Loire-Atlantique et de la France (tableau 1.2), et plus particulièrement dans les communes de Saint-André-des-Eaux et de Pornichet. Ainsi, un tiers des habitants de Pornichet ont plus de 65 ans.

La CARENE est marquée par un départ des 15-39 ans, et une arrivée de retraités, avec un solde migratoire positif de 1000 habitants par an[2].

1.3.2 Un secteur industriel très représenté

Les données de l'INSEE montrent un taux d'emploi dans l'industrie dans la CARENE de 24% en 2020, contre 13% en Loire-Atlantique et 13,3% en France[4]. De nombreuses entreprises (Grand Port, chantier naval STX, Yara, Cargill, Total, Airbus...) sont installées dans les communes de Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne, Donges et Trignac.

Le secteur industriel employant de nombreux ouvriers spécialisés, les personnes de plus de 15 ans dont le diplôme le plus haut est un CAP (Certificat d'Aptitudes Professionnelles) ou d'un BEP (Brevet d'Études Professionnelles) sont plus nombreuses dans la CARENE que sur le reste de la Loire-Atlantique; les personnes sans aucun diplôme sont également plus représentées (tableau 1.3). Par contre, on note une sous-représentation des diplômés du supérieur, sauf sur les communes de Saint-André-des-Eaux et Pornichet.

Les communes de Pornichet et Saint-André-des-Eaux sont tournées vers le tourisme balnéaire, Pornichet comportant plus de 50% de résidences secondaires. Les villes de Saint-Joachim, la Chapelle-des-Marais, Saint-Malo-de-Guersac et Besné sont quant à elles plus rurales.

Tableau 1.2 – Répartition de la population par âges dans la CARENE, la Loire-Atlantique et sur l'ensemble de la France métropolitaine en 2020. *Source : portail de l'INSEE[4]*

	CARENE	Loire-Atlantique	France
Moins de 25 ans	28,8%	31,2%	29,6%
25 à 64 ans	48,3%	50,4%	50,2%
Plus de 65 ans	22,9%	18,4%	20,2%

1.3.3 De grandes disparités socioéconomiques

D'après les données INSEE de 2016, les taux de pauvreté, de RSA (Revenu de Solidarité Active), de chômage, de bénéficiaires de la CMUc (Couverture Maladie Universelle complémentaire) et de l'AAH (Allocation Adulte Handicapé)² sont plus élevés dans la CARENE que dans le reste de la Loire-Atlantique (tableau 1.3)[2]. La médiane du niveau de vie y est également plus faible. De fortes disparités apparaissent entre les communes, Saint-Nazaire étant la plus touchée par la précarité, et les communes de Pornichet et Saint-André-des-Eaux au contraire plus favorisées que le reste du département.

La précarité semble toucher avant tout les plus jeunes dans la CARENE. Ainsi, en 2020, le taux de pauvreté des moins de 30 ans est de 20,1% contre 16,9% au niveau départemental et 22,4% au niveau national, la différence allant en s'amenuisant au fur et à mesure de la progression dans la pyramide des âges, pour s'inverser dans la tranche des plus de 75 ans (6,7% sous le seuil de pauvreté dans la CARENE contre 7,5% en moyenne départementale et 9,9% en France)[4].

On dénombre également un peu plus de personnes vivant seules dans la CARENE qu'ailleurs, et un nombre de familles monoparentales plus élevé (tableau 1.3).

2. Qui est conditionnée aux revenus

Tableau 1.3 – Données socioéconomiques dans la CARENE, en Loire-Atlantique et en France en 2020 (sauf mention contraire). *Source* : portail de l'INSEE, rapport de l'ORS exploitant des données de l'INSEE et de la CAF sur la période 2015-2016[2, 4].

	CARENE	Min-max des communes de la CARENE	Loire-Atlantique	France
Taux de diplômes parmi les 15-64 ans ¹				
<i>Aucun diplôme</i>	17,5%	[9,8-21,3%]	15,5%	21,1%
<i>CAP ou un BEP</i>	31,6%	[22,9%-40,9%]	26,2%	24,4%
<i>Diplômés du supérieur</i>	28,2%	[19,6%-39,2%]	36,2%	31,5%
Taux de chômage parmi les 15-64 ans (2016)	15%	[9-18%]	12%	14%
Taux de RSA parmi les 15-64 ans (2016)	11%	2-15%	8%	11%
Taux de personnes sous le seuil de pauvreté (2015)	12,2%	[7-16%]	10%	13,9%
Taux de bénéficiaires de la CMUc (2016)	7%	ND	5,5%	7%
Taux de bénéficiaires de l'AAH (2016)	3,7%	ND	2,6%	2,7%
Médiane du niveau de vie en 2020 (€/an/personne)	22320	ND	23430	22320
Médiane du niveau de vie en 2016 (€/an/personne)	20261	[18889-24689]	21276	20566
Taux de familles monoparentales	16,7%	[8,4-20,1%]	13,6%	16,7%
Taux de familles nombreuses (plus de 3 enfants)	8,4%	[4,5-11%]	9,3%	9,1%
Taux de personnes vivant seules	18%		16%	16%
Taux de logements suroccupés	2,3%	[0,4-2,9%]	2,2%	4,8%

¹Les taux de diplômés sont ceux de la population des 15-64 ans.

1.4 La CARENE, une des grandes zones industrielles françaises

En plus d'une plus grande défavorisation sociale par rapport à la Loire-Atlantique, la CARENE présente sur son territoire l'une des plus grandes zones industrielles en France pouvant être à l'origine d'expositions professionnelles et environnementales.

La zone industrialo-portuaire de Nantes-Saint-Nazaire (comprenant des infrastructures sur les communes de Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne, Donges et Nantes) est à l'origine en 2015 de 24400 emplois directs et indirects dans la région (contre 16000 en 2008), dont 6000 à Saint-Nazaire, 5000 à Montoir-de-Bretagne, 1800 à Donges[5].

Ces emplois représentent 11% des salariés habitant la CARENE (16% à Montoir-de-Bretagne, 15% à Donges et à Saint-Malo-de-Guersac et 9% à Saint-Nazaire), mais aussi 10% des salariés de la région de Pontchâteau, 8% de la communauté de communes du Sud-Estuaire, 7,5% de l'EPCI Loire-et-Sillon, et 2 à 6% dans certaines communes du Morbihan.

Un quart des salariés de la zone industrialo-portuaire résident dans la CARENE en 2015. Cette proportion de travailleurs de l'industrie portuaire habitant la CARENE tend à diminuer, puisqu'elle dépassait les 30% en 2008[6].

Le port de Nantes-Saint-Nazaire est le 3ème port français pour l'emploi et présente certaines spécificités : en effet, il regroupe 86% des constructions de navires et structures flottantes, et 67% de la fabrication du matériel de levage et de manutention en France. Il est le 4ème port français pour le trafic, 68% de celui-ci étant lié au secteur de l'énergie (raffinerie Total à Donges, centrale électrique EDF à Cordemais, terminal méthanier d'Elengy à Montoir-de-Bretagne).

La figure 1.7 permet de situer les principales entreprises à l'intérieur du port de Saint-Nazaire.

1.4.1 Activités directement liées au port de Nantes-Saint-Nazaire

En 2015, le port de Nantes-Saint-Nazaire (comprenant les activités portuaires de ces deux villes, mais aussi des villes intermédiaires de Montoir et Donges) offre environ 7700 emplois directs dans les activités maritimes : 3739 dans la construction maritime (hors chantiers de l'Atlantique), 1098 dans l'affrètement et l'organisation des transports, 906 dans la messagerie et le fret express, 686 emplois dans les douanes, 470 dans la manutention portuaire, 392 dans d'autres services liés au port, 385 dans les transports de la voie d'eau[5].



FIGURE 1.7 – Photographie du bassin de Saint-Nazaire (quai oblique à droite, quartier de Méan Penhouët en fond) et principales industries présentes à proximité de la zone résidentielle de Méan Penhouët. *Source : Air Pays de la Loire, 2013[7]*

1.4.2 Le secteur de l'énergie

La raffinerie Total de Donges (figure 1.8) est la deuxième plus grande raffinerie de France après celle de Gonfreville, elle occupe une superficie de 350 hectares et traite 11 millions tonnes de pétrole brut par an[8]. Elle représente plus de 50% de l'activité maritime du port de Nantes-Saint-Nazaire et emploie 650 salariés de Total, ainsi que 400 employés de sous-traitants.

Les premiers réservoirs de pétrole et de charbon sont construits à Donges en 1917, le raffinage débute dans les années 1930. La raffinerie étend progressivement ses activités dans la deuxième partie du XXème siècle. En 2008, trois nouvelles unités sont construites. En 2023 deux nouvelles unités sont en construction avec la déviation de la voie ferrée qui traversait jusque là le site. Ce projet représente 600 emplois sur deux ans.

Le processus de raffinage comporte quatre étapes : la séparation sur colonnes de distil-



FIGURE 1.8 – Raffinerie Total de Donges. *Source : office du tourisme de Saint-Nazaire (<https://www.saint-nazaire-tourisme.com/>)*

lation du pétrole brut, la transformation des produits obtenus (par la chaleur, la pression et parfois un catalyseur), l'épuration (qui permet notamment de faire baisser la teneur en soufre) et le mélange des produits de base afin d'obtenir les produits finaux. Des unités de pétrochimie sur le site utilisent également des opérations de vapocraquage et de reformage catalytique. La torchère de la raffinerie est allumée pour brûler les gaz lors des opérations de maintenance programmées ou non ; ces opérations de maintenance sont prévues plusieurs fois par an, et un "Grand Arrêt" a lieu tous les trois ans. Le brûlage du gaz dégage de grandes quantités de gaz à effet de serre, mais aussi de produit de combustion des hydrocarbures, de suies, de dioxyde de soufre, de dioxyde et monoxyde d'azote.

Implanté en 1980, le terminal méthanier de Montoir-de-Bretagne est exploité par Elengy, filiale d'Engie (ex-GDF Suez)[9]. Il s'agit d'un des plus grands terminaux européens, pouvant accueillir des bateaux transportant jusqu'à 267 000 m³ de gaz naturel liquéfié et distribuant chaque année 10 milliards de mètres cube de gaz, soit un quart de la consommation française. Sont également liés au groupe Engie une centrale à gaz, employant une vingtaine de personnes et gérée par la Société de Production Electrique de Montoir-de-Bretagne, et un méthaniseur créé en 2022.

L'entreprise américaine General Electric, qui construit dans la CARENE des éoliennes, emploie 350 personnes à Montoir-de-Bretagne. Entre 2020 et 2022, lors de la construction du parc éolien offshore au large de la côté d'Amour, elle employait 200 salariés supplémentaires à Saint-Nazaire[10].

A proximité de la CARENE, la centrale à charbon de Cordemais est située à une quinzaine de kilomètres de Donges. Mise en service en 1970, 328 employés d'EDF et 170 de sous-traitants y travaillent, jusqu'à 620 en cas de pics de demande électrique. La centrale fournit 6% de l'électricité de la région[11].

1.4.3 La construction navale et aéronautique

Les chantiers navaux (figure 1.9) sont implantés depuis 160 ans à Saint-Nazaire, dans la zone industrialo-portuaire ; les Chantiers de l'Atlantique naissent en 1955 de la fusion des Chantiers de la Loire et des Chantiers de Penhouët[12]. Au fil des rachats, ils ont porté le nom de Aker Yards puis STX, puis de nouveau de Chantiers de l'Atlantique depuis 2018. L'entreprise s'est tournée vers la construction de bateaux de croisières et militaires, et plus récemment vers les éoliennes offshore. Ils emploient 3500 salariés actuellement.

Installé à Montoir-de-Bretagne, Airbus Atlantique emploie 3060 personnes pour l'assemblage du fuselage des avions A320, A330 et A380[13]. Elle possède également la marque Stelia Aerospace (fusion d'Aerolia et de SOGERMA), avec une implantation à Saint-Nazaire pour la réalisation de l'intérieur des cabines d'avions.

Les Chantiers de l'Atlantique et Airbus travaillent avec des sous-traitants dans des domaines variés. Ainsi, des entreprises comme Idea group gèrent l'approvisionnement et la mise en place de plateformes pour les chaînes de travail, dont de la robotique et de la manutention[14]. D'autres, comme Mecasoud, réalisent des pièces pour diverses industries, avec des activités de soudure, de chaudronnerie, de débit et pliage d'acier[15], ou comme Daher Aerospace des pièces de textile industriel. Certains sous-traitants, comme Clemessy (groupe Eiffage, 305 employés), interviennent dans le domaine naval et sur la raffinerie[16].



FIGURE 1.9 – Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire. *Source : site web de l'office de tourisme de Saint-Nazaire (<https://www.saint-nazaire-tourisme.com/>)*

1.4.4 Le secteur de l'agro-alimentaire

L'entreprise Cargill France est spécialisée dans la production d'huile de tournesol et de colza destinée à l'alimentation humaine et de tourteaux de colza destinés à l'alimentation animale (figure 1.10)[17]. L'huile de colza sert aussi dans les biocarburants. L'huile est obtenue par trituration, c'est-à-dire par pression puis par extraction de l'huile résiduelle par un solvant organique. L'huile est ensuite raffinée, c'est-à-dire débarrassée de ses impuretés, ce qui implique l'usage d'acides notamment. Les tourteaux pour l'alimentation animale sont obtenus à partir des matières sèches résiduelles de la trituration.

Cargill dispose de deux sites dans la CARENE[18] :

- un dans la zone portuaire de Saint-Nazaire (pour le tournesol), implanté depuis 1964, doté d'environ 75 salariés et traitant 600.000 tonnes de graines de tournesol par an ;
- un à Montoir-de-Bretagne (pour le colza), employant une cinquantaine de personnes et traitant 850.000 tonnes de graines de colza par an.

L'entreprise norvégienne Yara est implantée à Montoir-de-Bretagne depuis 1972 (figure 1.11)[19]. Elle dispose de trois unités de production pour la fabrication d'acide nitrique, d'engrais NPK (engrais complexes contenant de l'azote, du phosphore et du potassium) et d'engrais azotés (ammonitrates)[20]. Elle a accru son rendement en 2003 avec l'implantation de nouveaux broyeurs ; en 2015, des investissements ont également été menés pour diminuer les rejets de NPK dans l'air de 90% (mur de protection autour des stocks d'ammoniaque et nouvelle unité catalytique de NO_2). Elle emploie environ 175 salariés, et deux à trois fois plus d'intérimaires.

L'entreprise de logistique Idea group effectue également du stockage de produits céréaliers sur le port[7].



FIGURE 1.10 – Sites de Cargill à Saint-Nazaire (à gauche) et à Montoir-de-Bretagne (à droite).
Source : sites web de Cargill France (<https://www.cargill.fr/>)



FIGURE 1.11 – Site de Yara à Montoir-de-Bretagne *Source : site de Yara France*
(<https://www.yara.fr/>)

1.4.5 Autres activités industrielles de la CARENE

À Montoir-de-Bretagne, les Sablières de l'Atlantique extraient chaque année un millier de tonnes de sable au large de l'estuaire de la Loire à destination de la construction et des activités de maraîchage "à la nantaise" [21]. L'entreprise appartient au groupe Charier, implanté à Couëron.

La carrière des Six Croix à Donges produit quant à elle des sables et graviers.

En résumé :

- La CARENE présente une surmortalité globale par rapport au reste de la France, en lien avec une surmortalité par cancer et par mortalité cardiovasculaire. D'autres indicateurs (maladies respiratoires, maladies liées à l'alcool) sont également défavorables.
- L'incidence et la mortalité par cancers sont plus élevés dans la CARENE que dans le reste de la Loire-Atlantique, en particulier chez les hommes avec une surincidence/surmortalité pour les cancers des poumons, des VADS et de la plèvre.
- La CARENE est caractérisée par une présence importante du secteur industriel.
- La population de la CARENE est globalement plus défavorisée socialement que celle du reste de la Loire-Atlantique.

1.5 Objectifs

En raison d'une surincidence pour certaines localisations cancéreuses (notamment poumon, VADS et plèvre) dans la CARENE, de certains indicateurs de santé défavorables et du contexte socio-économique, la surincidence observée dans la CARENE pourrait être liée à une prévalence plus élevée de certains facteurs de risque par rapport au reste du département et de la France métropolitaine.

L'objectif de ce travail a été de rechercher des données sur les facteurs de risque de cancers disponibles à l'échelon de la CARENE pour expliquer la surincidence des cancers dans la CARENE et *in fine* orienter les actions de santé publique pour réduire cette surincidence.

2.1 Facteurs de risque retenus

La liste des facteurs de risques de cancers reconnus et évitables présents en France a été établie à partir des travaux du Centre de Recherche International sur les Cancers (CIRC)[22].

Le CIRC (ou International Agency for Research on Cancers, IARC) est l'instance de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) qui étudie les facteurs de risque de cancers. Il réalise des synthèses de la littérature prenant en compte en priorité les données humaines, et en second lieu l'expérimentation animale ou cellulaire. Il classe es substances comme cancérigènes certains (CIRC I), probables (CIRC 2A), possibles (CIRC 2B) ou incertains (CIRC 3) à partir de synthèses de la littérature prenant en compte en priorité les données humaines, et en second lieu l'expérimentation animale ou cellulaire. La liste des principaux facteurs de risque reconnus par le CIRC est présentée en Annexe 1. Nous avons ajouté le cannabis à cette liste du fait de la forte suspicion de carcinogénicité d'après les données de la littérature, et du nombre important de consommateurs en France[23].

En 2018, le CIRC a évalué la part des cancers incidents attribuables aux facteurs de risque évitables (liés au mode de vie et à l'environnement) chez les adultes de plus de 30 ans en France en 2015[22]. Dans cette analyse, pour chaque localisation cancéreuse, les facteurs de risque évitables ont été listés ainsi que leur contribution dans l'incidence.

Pour les localisations cancéreuses en surincidence dans la CARENE (poumon, VADS, plèvre), les facteurs de risque connus et évitables sont les expositions individuelles (tabac, alcool, alimentation, activité physique, surpoids et obésité), les expositions professionnelles et environnementales et les radiations ionisantes (Figure 2.1).

À partir de cette liste de facteurs de risque, nous avons identifié les 3 hypothèses évoquées dans ce travail pour expliquer la surincidence de cancers dans la CARENE :

- des comportements individuels à risque (excès de consommation d'alcool et de tabac, nutrition déséquilibrée et surpoids/obésité etc.) ;
- des expositions professionnelles en lien avec les secteurs d'activité de la CARENE ;
- des expositions environnementales lié aux particularités industrielles de la CARENE.

2.1.1 Modalités de la recherche des données disponibles sur les facteurs de risque retenus

Différentes sources de données ont été consultées pour rechercher des données sur la prévalence des facteurs de risque retenus.

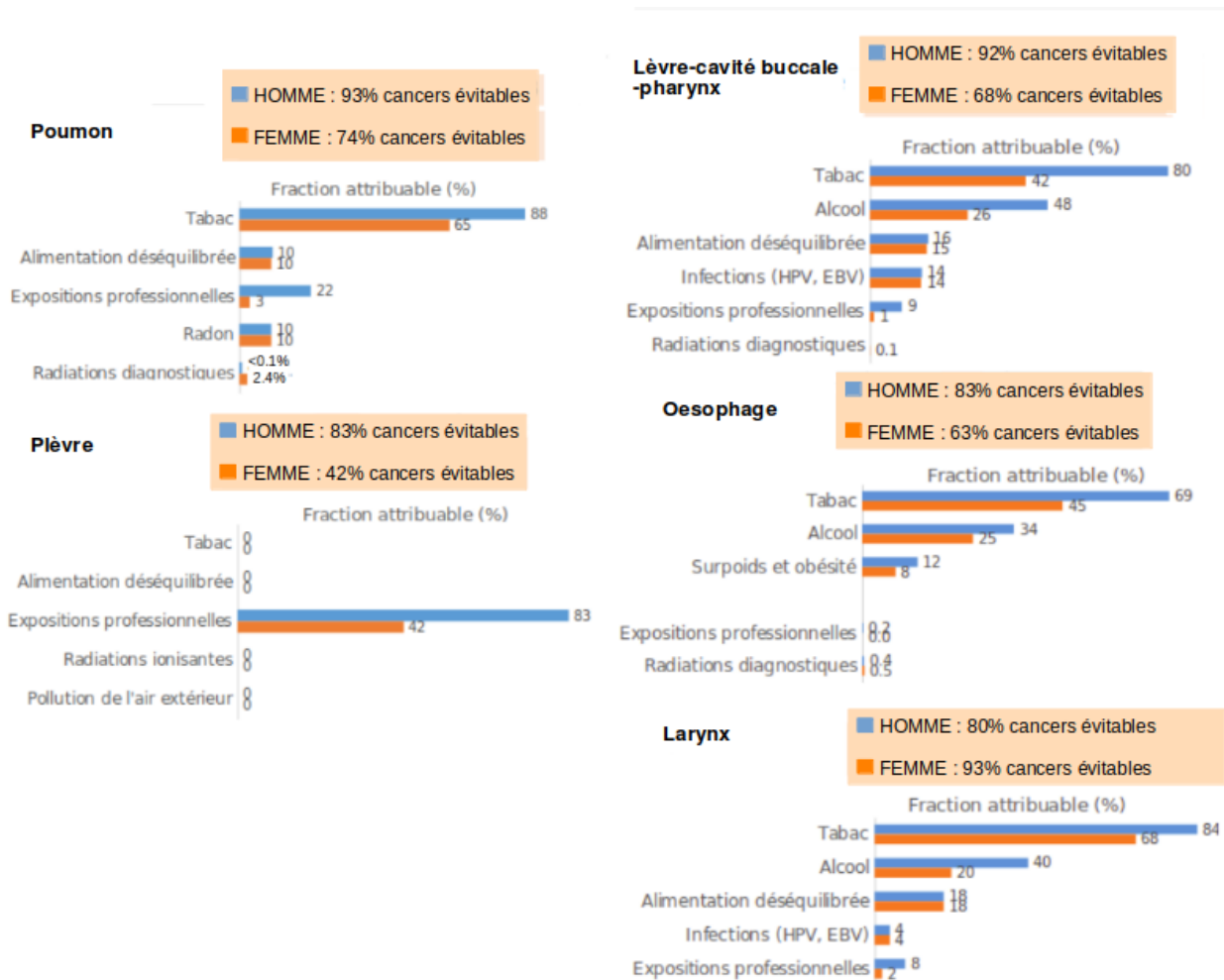


FIGURE 2.1 – Part des principaux facteurs de risque évitables chez les adultes de plus de 30 ans en France en 2015 d'après le CIRC pour les cancers dont l'incidence est augmentée dans la CARENE[22]

Les publications scientifiques

Pour identifier les données de la littérature scientifique déjà publiées, une recherche bibliographique a été réalisée par mots-clés sur Pubmed, Lyssa, Scopus, Madoc, Science direct, ainsi que sur le site de la bibliothèque de l'université de Nantes. Les mots-clés utilisés ont été "CARENE", "Saint-Nazaire" ou le nom des autres villes de la CARENE, associé à "cancer", "tabac", "cigarette", "alcool", "addictologie", "cannabis", "obésité", "surpoids", "expositions professionnelles", "amiante", "benzène", "expositions environnementales", "pollution atmosphérique" en français ou en anglais.

Par ailleurs, pour répondre à certaines questions sur la cancérogénicité des pics de pollution par rapport à une exposition continue, nous avons effectué une recherche bibliographique complémentaire dans les bases de données de Pubmed, Lissa, Scopus, Science direct et Google Scholar avec les mots-clés suivants : "air pollution peak", "air pollutant peak", "peak exposure", "environmental pollutant peak", "ambient air pollution peak", "atmospheric pollutant peak", "traffic pollution peak", "PM2.5 peak", "PM10 peak", "ozone peak", "ultrafine particules peak" associés au mot-clé "cancer".

Les entretiens avec les acteurs locaux de santé publique

Des entretiens ont été menés avec divers acteurs locaux de santé publique issus de différents secteurs. Trois médecins du travail ont été contactés et deux ont répondu (chez Total et la DREETS), ainsi que les deux oncologues contactés, une association de riverains sur les deux contactées, le service de recherche clinique de l'hôpital de Saint Nazaire, la mairie de Saint-Nazaire, l'ARS Pays de la Loire et le CRDC des Pays de la Loire, l'association Marsoins. Nous n'avons pas eu de réponse du service d'addictologie ni de médecine polyvalente de l'hôpital de Saint-Nazaire, ni de la médecine du travail d'Airbus et des chantiers de l'Atlantique.

Au cours de ces échanges, nous avons notamment demandé à nos interlocuteurs :

- s'ils disposaient de données non publiées,
- quelles données publiées étaient pertinentes pour notre étude, et
- s'ils avaient des observations issues de leur pratique professionnelles pertinentes pour notre sujet de recherche.

L'analyse de données existantes provenant d'études locales ou nationales

Plusieurs investigateurs d'études locales ou nationales portant sur les facteurs de risque individuels ont été sollicités pour récupérer des données anonymisées pouvant être réanalysées à une échelle plus locale.

Les études déjà publiées ont été identifiées par la recherche bibliographique (cf paragraphe 2.2.1). Les études non publiées ont été identifiées lors des entretiens (cf paragraphe 2.2.2) ou

par les travaux du registre des cancers de Loire-Atlantique Vendée.

Des données sur les facteurs de risque individuels ont ainsi été réanalysées à l'échelle du département ou de la CARENE. Il s'agit des résultats du Baromètre de santé publique France 2017, de l'étude KPB (sur les cancers pulmonaires), d'une étude de 2004 du registre des tumeurs sur les cancers du poumon et d'une étude sur les tumeurs des VADS dans la CARENE, comparée à des données non encore publiées[24, 25, 26, 27]. Des comparaisons géographiques ont été réalisées à l'aide des tests du χ^2 (variables qualitatives) et le t-test (variables quantitatives). Les analyses ont été réalisées avec les logiciels Python (module Scipy) et Stata.

Certains facteurs de risque décrits par le CIRC (carence en vitamine D, absence de prise d'aspirine à faible dose, facteurs hormonaux) ne figurent pas dans ce travail pour plusieurs raisons[22]. La vitamine D et l'aspirine sont des facteurs protecteurs des cancers colorectaux, mais leur impact est relativement faible selon le CIRC. Les facteurs hormonaux ne sont pas des facteurs de risques connus pour les cancers en surincidence dans la CARENE.

Par ailleurs, la liste des facteurs de risque professionnels et environnementaux a été affinée au cours de nos recherches documentaires et des entretiens avec des professionnels de santé locaux.

Expositions individuelles liées au mode de vie

3.1 Tabac

3.1.1 Carcinogénicité du tabac

Le tabac est classé comme cancérigène certain (groupe 1) par le CIRC pour de nombreux types de cancers et est le premier facteur de risque de cancers évitables en France en 2015[22]. Le tabagisme est la première cause de mortalité évitable en France avec 75000 décès par an dont 45000 par cancer[28].

Selon le CIRC, en France, en 2015, le tabac est responsable de la survenue de 19,8% des cancers : 28,5 % (54000 cas) chez l'homme et 9,3 % (14000 cas) chez la femme. Le tabac est en grande partie responsable de la survenue des cancers du poumon, des VADS, et dans une moindre mesure concerne de nombreux autres cancers (Figure 3.1). Par ailleurs, le tabac est un facteur de risque probable de cancer du sein (groupe 2A), avec 2300 cas attribuables (4.4%) en 2015 en France selon le CIRC.

Le tabagisme passif expose les non-fumeurs au risque de cancer, en particulier du poumon et des VADS (larynx, pharynx, œsophage), et est responsable de 0,25% de l'ensemble des cancers liés au tabac. Le tabac sans fumée est également cancérigène, notamment pour les cancers des VADS (cavité buccale, œsophage) et du pancréas. Le risque de développer un cancer lié au tabagisme actif dépend de la consommation moyenne de tabac, la durée du tabagisme, l'âge de début du tabagisme et l'arrêt du tabac[29].

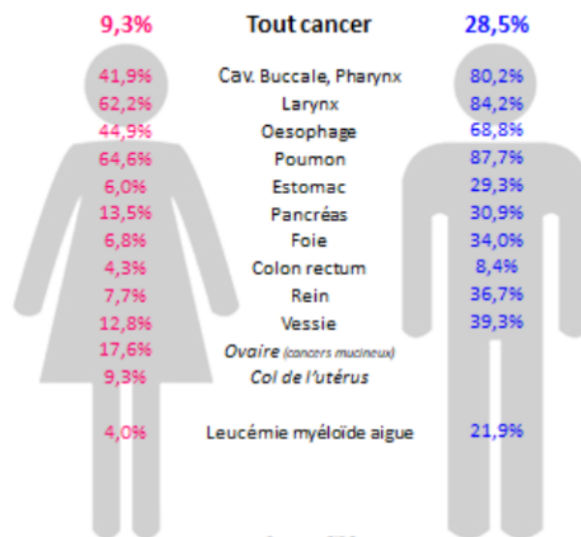


FIGURE 3.1 – Proportion de cancers liés au tabac chez les sujets de 30 ans et plus en France en 2015 d'après le CIRC[22]

3.1.2 Prévalence du tabagisme dans la CARENE

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données sur le tabagisme à l'échelon de l'EPCI de la CARENE. Cependant la prévalence du tabagisme dans la CARENE peut être approchée :

- À partir des données régionales et départementales sur le tabagisme,
- À partir de données indirectes issues d'études sociologiques, des douanes et des bureaux de tabac,
- À partir des données issues d'études épidémiologiques.

La liste des études permettant d'appréhender les facteurs de risque individuels des cancers dans la CARENE sont listées à l'annexe 2.

Situation régionale et départementale vis-à-vis du tabagisme

Le principal outil pour suivre les tendances en santé à l'échelle nationale et régionale en France est le **Baromètre de Santé Publique France**.

Il s'agit d'une enquête prospective téléphonique menée tous les 5 ans environ. D'après les baromètres de Santé publique France de 2005, 2010, 2014, 2017 et 2021, les Pays de la Loire sont une des régions les moins touchées par le tabagisme quotidien, avec, en 2017, une prévalence standardisée de 23% chez les 18-75 ans contre 27% à l'échelle nationale (Figure 3.2)[24].

Cette prévalence du tabagisme quotidien reste plus faible en 2021 que dans le reste de la France métropolitaine (22.4% contre 25% en France)[30]. Ce tabagisme plus faible concerne les deux sexes, et surtout la classe d'âge des 35-54 ans. Cet avantage régional n'est pas observé chez les adultes plus jeunes, la prévalence régionale chez les moins de 35 ans atteignant comme en France 33%. En 2017, la région comptait également 5% de fumeurs occasionnels, et 25% d'anciens fumeurs (5 et 31,1% en France).

Nous avons contacté Santé Publique France pour avoir les données brutes de 2017, afin de les analyser à l'échelle de la Loire-Atlantique. Parmi les 25000 personnes interrogées, 1597 résidaient dans les Pays de la Loire, dont 554 en Loire-Atlantique (tableau 3.1). La population de la Loire-Atlantique apparaît globalement plus favorisée et moins rural que les populations des autres départements des Pays de la Loire. Les proportions de fumeurs, ex-fumeurs et non-fumeurs y sont comparables au reste de la région, de même que le nombre moyen de cigarettes fumées par jour. Cette analyse présente néanmoins des limites méthodologiques, car l'échantillon a été construit à l'échelle régionale et non départementale. Les résultats complets de cette analyse sont présentés en Annexe 3.

Parmi les autres sources de données, l'**enquête ESCAPAD** est menée par l'OFDT¹ auprès de jeunes de 17 ans participant à la JAPD (Journée d'Appel de Préparation à la Défense). En 2005, 2008 et 2011, le tabagisme quotidien était similaire en France et dans la

1. Observatoire Français des Drogues et des Tendances addictives.



FIGURE 3.2 – Prévalence (en %) du tabagisme quotidien par région parmi les 18-75 ans en 2017, France métropolitaine, Baromètre de Santé Publique France 2017[24]. * : $p.value < 0.05$

Tableau 3.1 – Données socioéconomiques et statut tabagique issues du baromètre de Santé Publique France 2017 en Loire-Atlantique et dans le reste des Pays de la Loire.

	Loire-Atlantique	Autres départements des Pays de la Loire
Effectif	1597	554
Âge moyen en années (écart-type)	47 (15,7)	50,6 (15,6)
Femmes (%)	54,5	58,7
Cadres et professions supérieures (%)*	16,79	12,3
Ouvriers(%)*	16,4	23,6
Revenus dans le premier tercile(%)*	36,6	28,6
Diplômés du supérieur(%)*	45,1	32,6
Population rurale(%)*	24,8	42,2
Fumeur occasionnel (%)	7,1	4,7
Fumeur quotidien (%)	20,3	19,2
Ex-fumeur (%)	36,7	36,4
Non-fumeur (%)	36	39,5
Nombre moyen de cigarettes/jour	2,2	2,4

* : $p.value < 0.05$

région Pays de la Loire. Mais en 2014 et 2017, le tabagisme quotidien tend à être plus élevé dans la région (28% chez les garçons, 25% chez les filles dans les Pays de la Loire contre 26,3 et 23,8% à l'échelle nationale, différence non significative) avec une expérimentation du tabac significativement plus fréquente dans les Pays de la Loire (61% chez les garçons, 64% chez les filles contre 58,1 et 59,9%)[31].

Selon les données de Santé Publique France, les Pays de la Loire sont un peu plus épargnés par le tabagisme que les régions limitrophes. Cependant, une vigilance particulière s'impose concernant la consommation tabagique des adolescents et jeunes adultes.

Données indirectes

Données de la douane française

La douane dispose de données sur les **ventes de tabac** par département mais ne les rend plus accessibles au public depuis 2012. La figure 3.3 montre que la Loire-Atlantique fait partie des départements avec un niveau intermédiaire de vente de cigarettes en 2012. Contactées, les douanes n'ont pas souhaité nous communiquer leur données brutes plus récentes. Seules des tendances évolutives sont publiées à partir de ces données par l'OFDT. Le rapport de l'OFDT de 2021 est peu exploitable du fait de la fermeture des frontières lors des confinements qui a empêché les achats de cigarettes transfrontaliers[32]. Néanmoins, une baisse des achats de tabac dans les Pays de la Loire et la Loire-Atlantique était notée sur la période 2017-2021.

Selon l'**annuaire des débits de tabac** établi par la douane française, en 2018, la Loire-Atlantique compte un bureau de tabac pour 3211 habitants contre un bureau pour 2722 habitants en Pays de La Loire et un bureau pour 2640 habitants en France (Figure 3.3)[33]. Il existe 44 bureaux de tabac dans la CARENE. Rapporté au recensement de 2015 dans la CARENE, cela représente un bureau de tabac pour 2793 habitants, soit un peu plus de bureaux que la moyenne de la Loire-Atlantique mais moins qu'en France.

Ces chiffres donnent néanmoins des informations limitées, car les bureaux de tabac peuvent avoir des chiffres de ventes variables selon la zone géographique. Contactées, les douanes ne disposent pas de chiffres de vente par commune. Nous avons également contacté les principaux industriels du tabac, sans réponse de leur part. Nous avons envisagé de contacter un par un les 44 bureaux de tabac de la CARENE pour obtenir des chiffres de vente. Cela n'a finalement pas été réalisé car cela représentait un travail important pour des données probablement peu informatives.

En effet les données de vente sont inexploitable pour les régions frontalières des autres pays de l'Union Européenne, les fumeurs ayant tendance à passer la frontière pour éviter les taxes. Enfin, comme les autres commerces, les ventes de tabac vont bénéficier de l'afflux

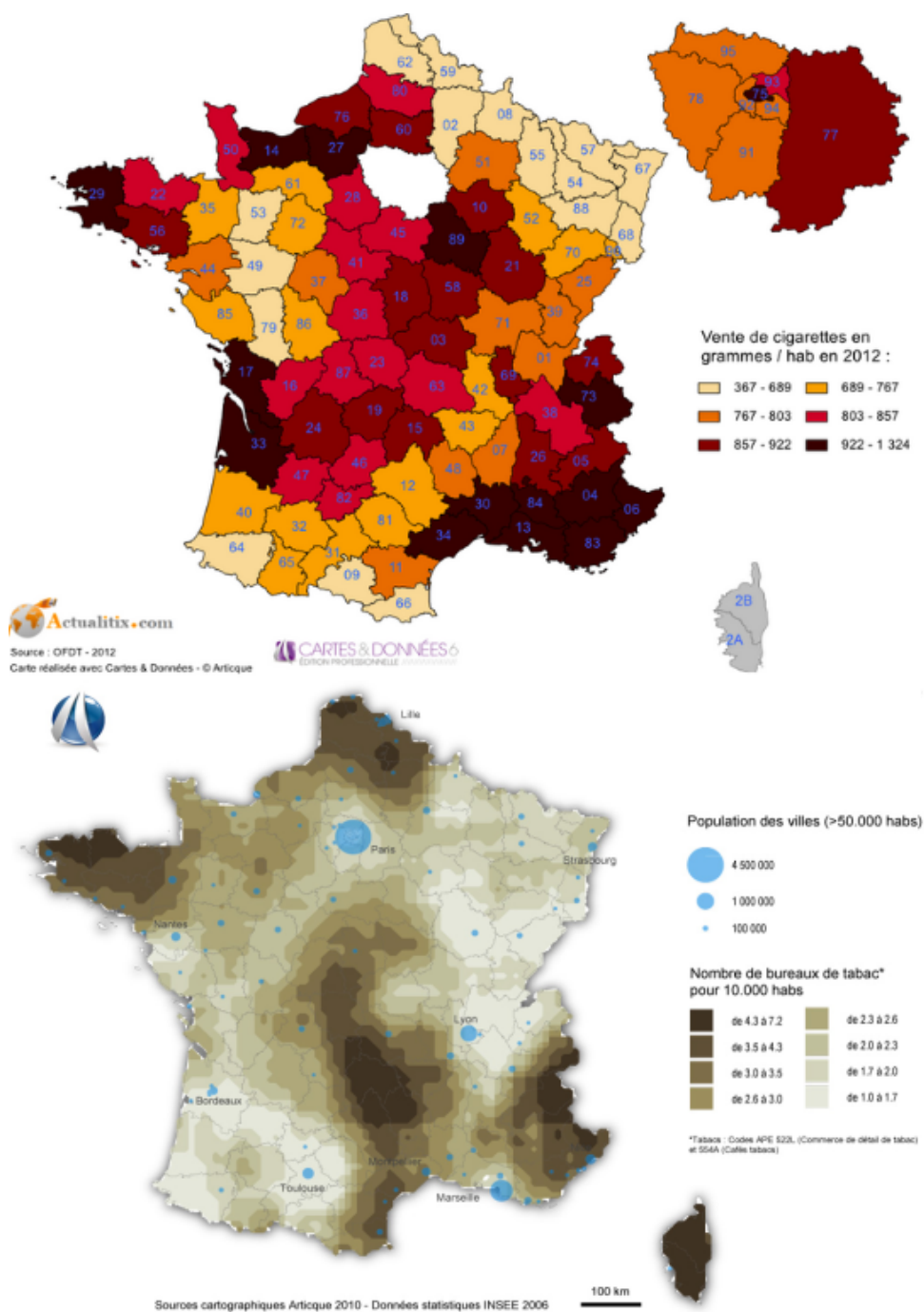


FIGURE 3.3 – Vente de cigarettes au gramme par habitant en 2012 (haut) et nombre de bureaux de tabac par habitant en 2018 (bas) en France

touristique sur le littoral en haute saison, ce qui induit un biais pour les départements de Loire-Atlantique et Vendée notamment.

Données sociologiques sur le tabagisme en France

L'usage du tabac est marqué par de fortes inégalités sociales en France. De nombreuses études rapportent que le tabagisme est plus fréquent chez les personnes ayant un niveau de diplôme ou de revenus plus faible et chez les personnes au chômage[28, 34, 35, 22, 36].

À titre d'exemple, en 2017, d'après le **baromètre de Santé Publique France**, 35,8% des personnes n'ayant aucun diplôme déclaraient fumer quotidiennement contre 17,3% des personnes ayant un baccalauréat ou un diplôme plus élevé (27 et 15% respectivement dans les Pays de la Loire)[28, 24]. Par ailleurs, le tabagisme important (plus de 10 cigarettes par jour) est plus fréquent chez les personnes aux revenus plus modestes et chez les moins diplômées, alors que le tabagisme occasionnel est plus fréquent dans les classes sociales plus favorisées.

Les inégalités socioéconomiques de consommation du tabac augmentent depuis 2000. Une baisse continue du tabagisme quotidien est ainsi observée depuis 2000 chez les personnes ayant les revenus les plus élevés et/ou un diplôme supérieur au baccalauréat alors que les tendances sont fluctuantes (à la hausse ou stable) pour les autres catégories sociales[37]. La même tendance est observée dans les Pays de la Loire entre 2014 et 2017 (dernières données disponibles)[24].

Les secteurs professionnels les plus concernés par le tabagisme sont pour l'homme les activités immobilières, les activités administratives et de soutien, la construction, la production et distribution d'eau, l'hébergement et la restauration, le commerce et la réparation automobile. Pour la femme, il s'agit des activités immobilières, de la construction, de l'hébergement et de la restauration [38, 34]. Il est possible que le secteur de l'hébergement et de la restauration soit plus représenté dans la zone de la CARENE du fait des zones touristiques littorales.

Avec une surreprésentation de catégories socioprofessionnelles sujettes au tabagisme, on peut s'attendre à une prévalence plus élevée du tabagisme dans la CARENE. Néanmoins, chez l'homme, le sentiment d'être exposé à des produits toxiques dans le travail serait associé à un tabagisme moins fréquent, peut-être lié à un choix de réduire les expositions nocives[35]. Ce fait est intéressant dans le contexte de la CARENE, où comme nous le discuterons dans le chapitre 4, les expositions professionnelles sont particulièrement fréquentes.

Le tabagisme a un poids important dans les inégalités sociales d'incidence des cancers en France. La part des cancers attribuables à la défavorisation sociale est particulièrement importante pour les cancers liés au tabac (VADS, poumon, col utérin)[36]. Selon le CIRC, le tabagisme causerait 41% des cancers (70% des cancers liés au tabac) chez les hommes les plus défavorisés socialement contre 26% (56%) chez les hommes les plus favorisés[22]. Chez les femmes, les fractions attribuables au tabac des cancers sont respectivement de 14% (38% des cancers liés au tabac) et 8% (26%) selon la classe sociale.

À l'échelle des communes de la CARENE, la surincidence des cancers, notamment des cancers liés au tabac (poumon, VADS) concerne trois des communes les plus défavorisées : Montoir-de-Bretagne, Trignac et Saint-Nazaire. Pornichet et Saint-André-des-Eaux sont relativement épargnées, ce qui peut correspondre à une moindre exposition au tabac bien décrites dans les classes sociales plus favorisées.

Parmi les autres pathologies potentiellement liées au tabac, selon le rapport de l'ORS, les pathologies cardiovasculaires et respiratoires ont une prévalence plus élevée dans la CARENE mais plus faible dans les communes plus aisées de Pornichet et Saint-André-des-Eaux[2].

Le tabagisme est dans la région Pays de la Loire comme au niveau national également fortement associé avec la pathologie mentale, dont la prévalence apparaît comme plutôt élevée dans la CARENE[24, 28].

Études à partir des registres de cancers

Étude sur les cancers des VADS

Une seule étude publiée dans la littérature a inclus des données sur le tabagisme dans la CARENE[26]. Il s'agit d'une **étude descriptive exhaustive des cancers des VADS** (c'est-à-dire carcinomes invasifs de la cavité buccale, de l'oropharynx et de l'hypo-pharynx) survenus entre 2012 et 2017 chez les adultes habitant la CARENE. Cette étude réalisée à partir des données du registre des tumeurs de Loire-Atlantique/Vendée a inclus 192 patients dont 83.3% étaient des hommes et 64.1% avaient moins de 65 ans. Parmi ces patients, 66.1% étaient fumeurs actifs, 26.8% avaient arrêté il y a plus d'un an et 7.1% seulement n'avaient jamais fumé[12]. Cette étude n'a pas inclus de comparateurs extérieurs à la CARENE, ce qui ne permet pas de savoir si la part de fumeurs parmi les patients atteints de ces cancers est comparable ou non à d'autres zones géographiques. De plus, cette étude n'a pas recueilli des données sur les expositions professionnelles ou environnementales.

Afin d'avoir un comparateur extérieur, nous avons contacté trois registres des cancers localisés en Normandie (région avec une prévalence du tabagisme proche de celle des Pays de La Loire) et dans les Hauts-de-France (région avec une prévalence du tabagisme très élevée) pour avoir les données brutes d'une étude non encore publiée décrivant la prise en charge des cancers des VADS (c'est-à-dire carcinomes invasifs de la cavité buccale, et de l'oropharynx) diagnostiqués en 2018-2019. Pour permettre une comparaison, nous avons réanalysé les données de l'étude réalisée sur la CARENE en excluant les cancers de l'hypopharynx. On observe des différences significatives ($p < 0,05$) selon le statut tabagique : la proportion de fumeurs actifs est la plus élevée dans la CARENE (Tableau 3.2). La proportion de non-fumeurs dans la CARENE est plus élevée que dans la Somme mais plus faible que dans les départements de Normandie. Cependant l'existence de données manquantes et les périodes d'étude différentes rendent l'interprétation des résultats difficile.

Tableau 3.2 – Statut tabagique des patients atteints de cancers des VADS dans la CARENE (2012-2017) et dans 3 départements du Nord-Ouest de la France (2018-2019).

Tabagisme n(%)	CARENE 2012-2017 ¹	Normandie (Calvados, Manche) 2018-2019	Hauts-de-France (Somme) 2018-2019
Actif ²	96(72,0)	161(53,1)	64(60,9)
Sevré	27(20,0)	99(32,7)	38(36,2)
Non-fumeur	10(8,0)	43(14,2)	3(2,9)
Inconnu	7	14	15
Total	140	317	120

¹Exclusion des cancers de l'hypopharynx

²Dont 6 cas de tabagisme occasionnel (pour la Somme)

Étude sur les cancers du poumon

Le registre des cancers de Loire-Atlantique Vendée participe à une **étude descriptive** non encore publiée sur la prise en charge des **cancers non à petites cellules pulmonaires** diagnostiqués en 2019-2020. Cette étude est réalisée par l'ensemble des registres de tumeurs français : pour chaque département couvert par un registre, un échantillon de 100 patients par année et par département est tiré au sort. Nous avons pu récupérer et analyser les données anonymisées recueillies par le registre des cancers de Loire-Atlantique Vendée. En Loire-Atlantique, 204 cas avaient été inclus, et 188 cas en Vendée.

Les patients de Loire-Atlantique et Vendée avaient un âge moyen (67,5 ans), une proportion d'hommes (respectivement 64,2% et 70,2%) et un statut tabagique statistiquement comparables (figure 3.4). Cependant, les tumeurs découvertes en Vendée avaient à un stade plus tardif (63,8% de stade IV contre 55,7% en Loire-Atlantique, p. value < 0.05) (Figure 3.4).

Dans cette étude, 23 patients habitant la CARENE ont également été inclus et ont pu être comparés aux autres patients de Loire-Atlantique. L'âge moyen des patients (70,3 ans) était statistiquement comparable à celui de la Loire-Atlantique, de même que la proportion d'hommes, le stade au diagnostic (même si on observe une plus faible proportion de cancer localisé -stade I) et le statut tabagique. Cependant, l'analyse est limitée par la faible taille de l'échantillon et les résultats doivent être interprétés avec précaution.

Nous avons pu réanalyser les données d'une autre **étude menée en 2004 par les registres des tumeurs français** sur 1959 patients atteints d'un **cancer du poumon**, nous permettant de comparer les 176 patients de Loire-Atlantique avec ceux des autres départements couverts par un registre des tumeurs (Calvados, Manche, Isère, Doubs, Hérault, Bas-Rhin, Somme, Tarn, Val-de-Marne)[27]. En 2004, en Loire-Atlantique, 45,3% des patients atteints d'un cancer du poumon étaient fumeurs, 44,7% anciens fumeurs et 10% non

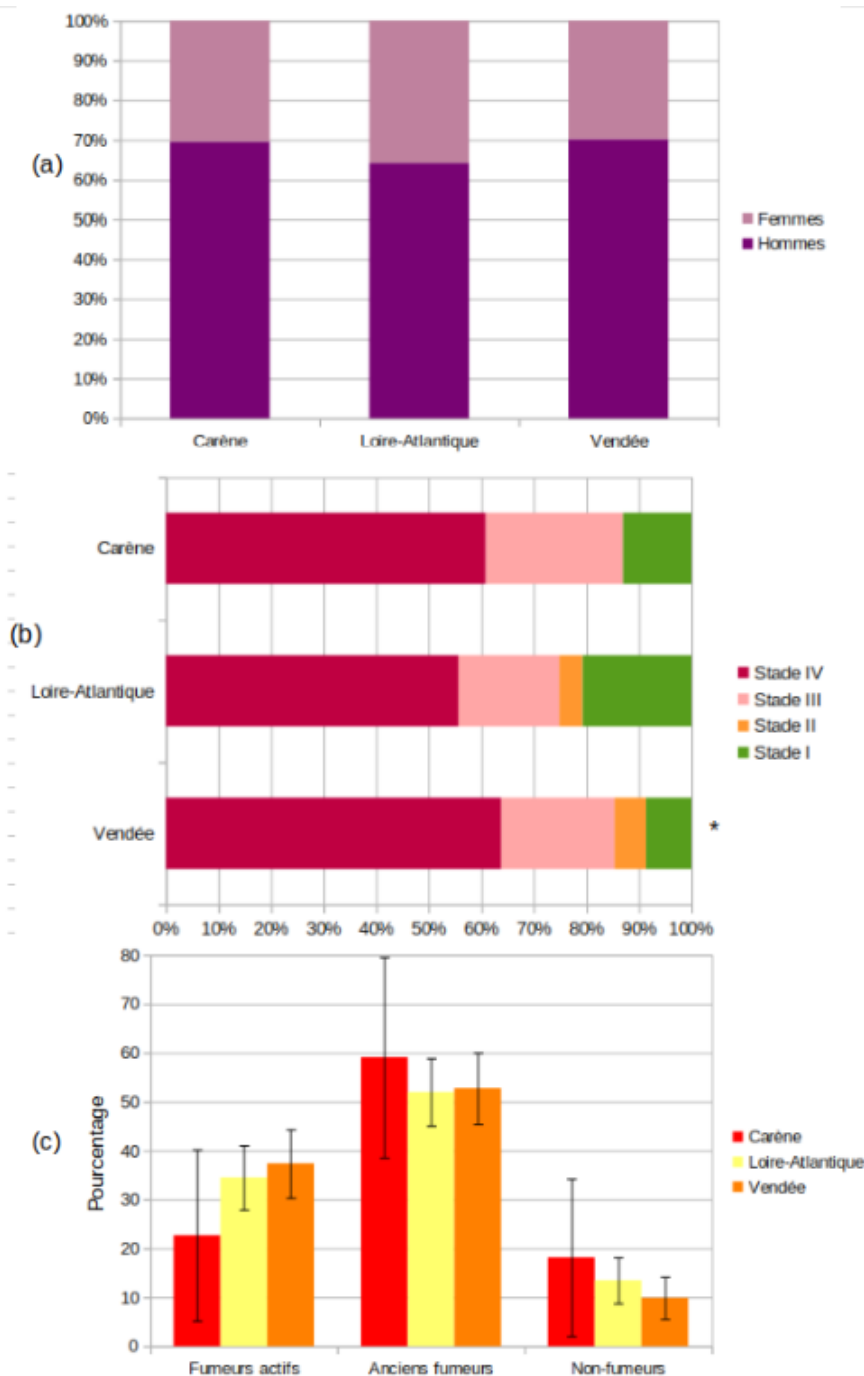


FIGURE 3.4 – Répartition des patients selon le sexe (a), le stade du cancer (b) et le statut tabagique (c) au diagnostic dans la CARENE, en Loire-Atlantique et Vendée selon les données issues d'une étude menée par le registre des cancers de Loire-Atlantique Vendée en 2019-2020. * : Différence statistiquement significative avec la Loire-Atlantique (p value inférieure à 0.01)

fumeurs, contre respectivement 47%, 45,1% et 7,9% sur l'ensemble des départements de l'étude (différence significative). Les données de cette étude ne permettaient pas une analyse à un échelon plus faible.

Étude KPB

L'étude KPB est une cohorte prospective incluant tous les patients adultes atteints d'un cancer du poumon dans les hôpitaux publics français (hors CHU) en 2000, 2010 puis 2020[25]. Les principales évolutions constatées à l'échelle nationale sont une augmentation de la proportion de malades non-fumeurs dans un contexte de baisse globale de la consommation de tabac, une augmentation de la proportion de femmes chez les malades associée à une hausse du tabagisme féminin, ainsi qu'une augmentation des adénocarcinomes.

Nous avons contacté les investigateurs de l'étude KPB afin de récupérer les données 2020 des patients de l'hôpital de Saint-Nazaire et de deux comparateurs régionaux (La Roche-sur-Yon (85) et Cholet (49)). Aucun centre Nantais n'a été inclus car hormis le CHU, les autres hôpitaux et cliniques sont privés.

En 2020, l'étude a inclus 8999 patients sur 82 centres ; 102 patients (dont 57 hommes) diagnostiqués à l'hôpital de Saint-Nazaire ont été inclus et comparés aux 102 patients (73 hommes) de Cholet et aux 197 patients (129 hommes) de la Roche-sur-Yon.

Eu égard aux faibles échantillons, seules des analyses univariées ont été réalisées. Le tabagisme a été analysé en 3 catégories : fumeurs actifs, ex-fumeurs, non-fumeurs.

Dans le cadre de cette analyse, les patients déclarant un arrêt de tabac dans l'année du diagnostic ont été considérés « fumeurs actifs » pour 2 raisons : les arrêts de tabac pouvaient être motivés par l'apparition de symptômes avant le diagnostic, et le diagnostic du cancer était potentiellement retardé dans la CARENE du fait d'une problématique d'accès aux soins que nous détaillerons dans la discussion (chapitre 5). Cette modification de la catégorie a été réalisée uniquement sur les patients des Pays de la Loire car les données brutes sur la France entière n'étaient pas disponibles. Cependant la proportion de fumeurs actifs est restée significativement plus faible que les chiffres nationaux, ce qui montre une certaine solidité des résultats.

Les analyses montrent que la proportion de fumeurs actifs était significativement plus élevée en France que dans les trois centres des Pays de la Loire (Figure 3.5). Chez les hommes, la prévalence du tabagisme actif tendait à être moins importante sur les centres de Saint-Nazaire et La Roche-sur-Yon par rapport à Cholet sans être statistiquement significative. L'inverse s'observait chez les femmes (à noter néanmoins que les effectifs sont beaucoup plus réduits dans cette population). Les proportions de non-fumeurs étaient globalement similaires sur tous les centres.

Le nombre de paquets-années était globalement similaire sur les trois centres des Pays de la Loire, mais significativement plus important pour la France entière (Tableau 3.3). Il n'exis-

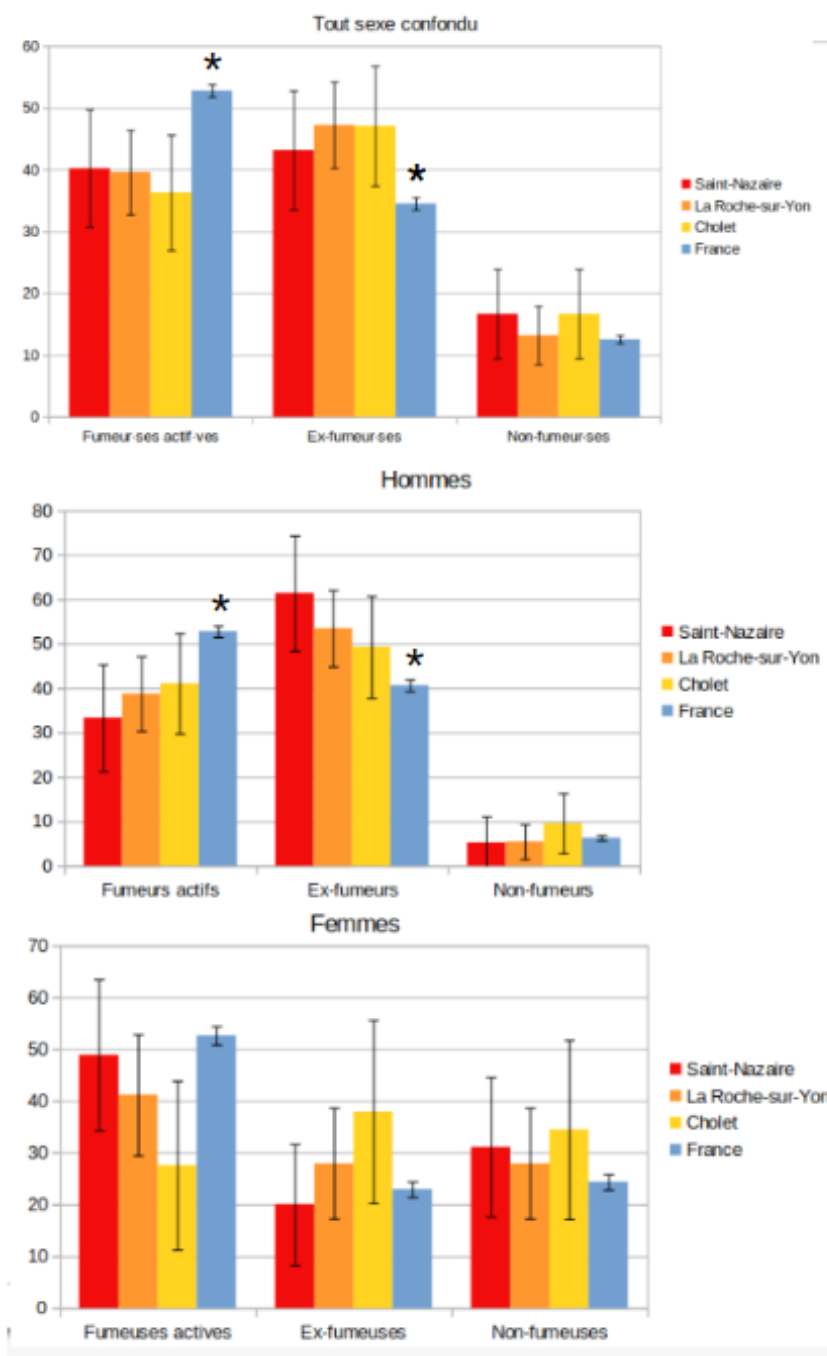


FIGURE 3.5 – Répartition des patients selon leur statut tabagique au diagnostic dans les différents centres de l'étude KPB (%). * : *Différence statistiquement significative avec le centre de Saint-Nazaire (p. value inférieure à 0.01)*

Tableau 3.3 – Exposition tabagique des fumeurs et ex-fumeurs dans les différents centres de l'étude KPB 2020.

	Nombre d'années de tabagisme	Nombre de paquets-années
Saint-Nazaire	37,7 ($n=53$)	36,7 ($n=75$)
La Roche-sur-Yon	40,25 ($n=124$) <i>p. value 0,99</i>	37,9 ($n=166$) <i>p. value 0,16</i>
Cholet	42,5 ($n=67$) <i>p. value 0,15</i>	36,3 ($n=78$) <i>p. value 0,91</i>
France	40 ($n=4943$) <i>p. value 0,14</i>	42,5* ($n=7362$) <i>p. value 0,036</i>

Les *p. value* indiquées correspondent à la comparaison par rapport aux jeux de données nazairiens.

tait pas de différence statistiquement significative du nombre d'années de tabagisme parmi les fumeurs. Cependant ces résultats sont à interpréter avec prudence en raison des effectifs faibles et du nombre important de données manquantes (pour les paquets-années, 12% de données manquantes à Saint-Nazaire, 3% à la Roche-sur-Yon, 8% à Cholet, 6% en France ; pour le nombre d'années de tabagisme, 38% de données manquantes à Saint-Nazaire, 27% à la Roche-sur-Yon, 21% à Cholet, 36% en France).

La proportion de femmes chez les malades était significativement plus élevée à Saint-Nazaire qu'à Cholet et dans le reste de la France (tendance similaire mais non significative par rapport à la Roche-sur-Yon) (Figure 3.6). Pourtant, les proportions de fumeuses/ex-fumeuses et non-fumeuses ne semblaient pas très différentes entre les différents centres, hormis peut-être à Cholet où les ex-fumeuses sont plus nombreuses par rapport aux fumeuses actives.

Dans les trois centres des Pays de la Loire, les cancers étaient majoritairement diagnostiqués à des stades très tardifs (80% au stade IV métastaté à Saint-Nazaire, 69% à la Roche-sur-Yon, 68% à Cholet), sans différence significative entre les centres après regroupement des stades en 4 classes (I/carcinome occulte, II, III et IV) ou en 3 classes (occulte/I/II, III, IV) (Figure 3.7). L'article publié de l'étude KPB ne détaille pas les stades au niveau national, mais indique que 57,6% des cancers du poumon étaient découverts à un stade métastaté (IV), statistiquement moins que les trois centres des Pays de la Loire ($p<0.01$).

Par ailleurs, certaines histologies de cancers pulmonaires (carcinome épidermoïde, cancer à petites cellules) sont plus associées au tabagisme que d'autres (adénocarcinome, cancer à grandes cellules)[39]. Or, le carcinome épidermoïde et les cancers à petites cellules semblaient moins représentés parmi les patients de l'hôpital de Saint-Nazaire (Figure 3.8). A l'inverse, les adénocarcinomes étaient plus fréquents à Saint-Nazaire que dans les autres centres des Pays de la Loire et qu'au niveau national.

L'analyse des données de l'étude KPB ne semble pas plaider pour une prévalence plus importance du tabagisme dans la CARENE qui expliquerait la surincidence de cancers, notamment pulmonaires.

Toutefois ces données présentent des limites. Il est probable que des patients n'habitant

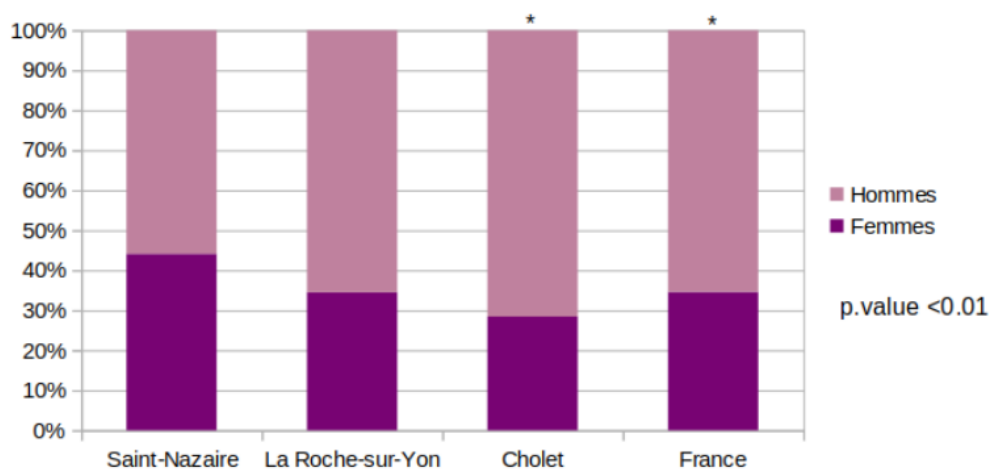


FIGURE 3.6 – Sex ratio parmi les patients des différents centres de l'étude KPB 2020

* : Différence statistiquement significative avec le centre de Saint-Nazaire (*p. value inférieure à 0.01*)

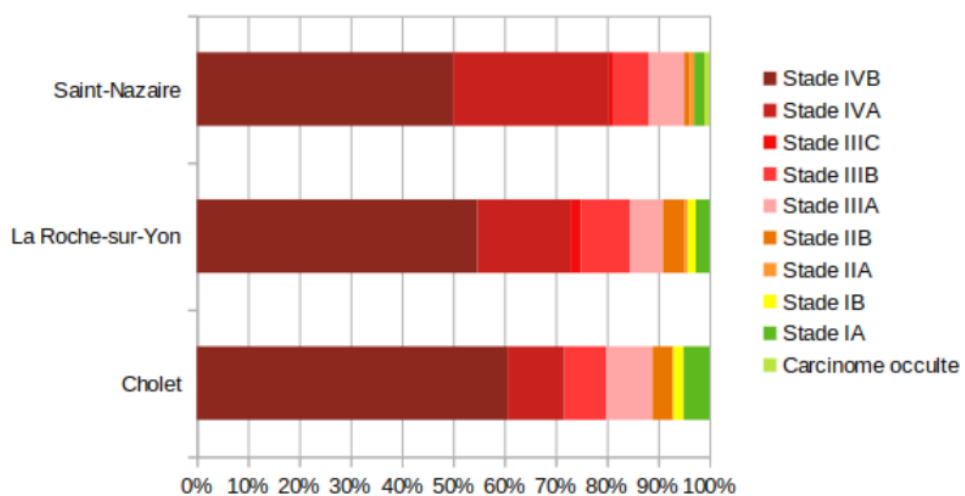


FIGURE 3.7 – Répartition des cancers des patients de l'étude KPB 2020 selon leur stade au diagnostic

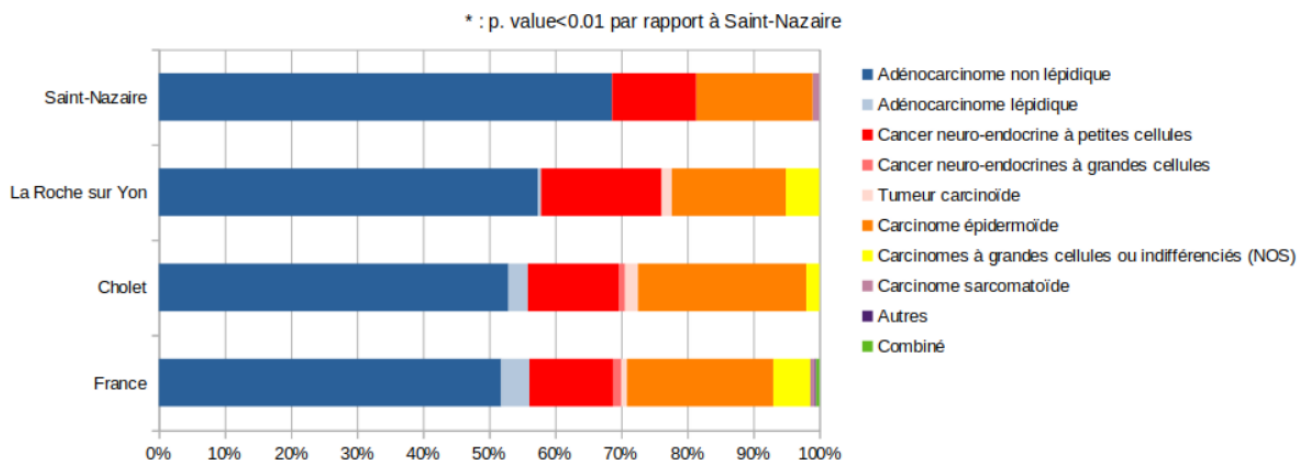


FIGURE 3.8 – Répartition des tumeurs de l'étude KPB 2020 selon leur type histologique

pas la CARENE ont été inclus pour l'hôpital de Saint-Nazaire. Cependant, les EPCI adjacents à la CARENE, dont peuvent être issus certains patients suivis à Saint-Nazaire, semblent être touchés par des problématiques de santé similaires à la CARENE. Au contraire certains habitants de la CARENE peuvent être suivis les établissements privés de Saint Nazaire (Clinique mutualiste de l'Estuaire, Polyclinique de l'Europe) ou dans dans les établissements nantais (Institut de Cancérologie de l'Ouest, Confluent, CHU de Nantes etc) pour des raisons personnelles ou médicales. Il aurait été intéressant d'avoir des données d'un établissement plus proche comme Nantes, ou une comparaison avec l'ensemble de la région. Cholet et la Roche-sur-Yon sont toutefois des comparateurs intéressants car les problématiques y sont assez différentes de la CARENE, avec notamment des indicateurs de maladies respiratoires et cardiovasculaires plus favorables que le reste de la région[2]. Enfin, les données portent sur une seule année, 2020, et sont donc soumises à des fluctuations aléatoires et au contexte de la pandémie de COVID.

En résumé :

- D'après les baromètres de Santé Publique France et les chiffres de vente, les Pays de la Loire et plus particulièrement la Loire-Atlantique sont globalement plus épargnés par le tabagisme que le reste de la France métropolitaine, au moins chez les adultes.
- Le tabagisme est plus présent dans les milieux plus précaires, or la population de la CARENE est plutôt plus défavorisée que le reste de la région.
- Les études épidémiologiques réalisées sur les patients atteints de cancers des VADS et du poumon montrent des résultats divergents sur la fréquence du tabagisme dans la CARENE. Par ailleurs, ces analyses sont de faible niveau de preuve eu égard aux petits effectifs, aux données manquantes et au caractère non standardisé du recueil des données.

3.2 Alcool

3.2.1 Carcinogénicité de l'alcool

L'alcool est classé comme cancérigène certain (groupe 1 du CIRC), et est la deuxième cause évitable de cancers en France[22]. Le CIRC estime qu'en France, en 2015, chez les personnes âgées de 30 ans et plus, 8,0% des nouveaux cas de cancers (28000) sont attribuables à l'alcool (Tableau 3.4). Toutes causes confondues, l'alcool est responsable de 40.000 décès par an en France[40].

3.2.2 Prévalence de la consommation d'alcool dans la CARENE

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données sur la consommation d'alcool à l'échelon de l'EPCI de la CARENE. Cependant la prévalence de la consommation d'alcool dans la CARENE peut être approchée :

- À partir des données régionales et départementales,
- À partir de données indirectes et issues d'études épidémiologiques

Situation régionale et départementale vis-à-vis de la consommation d'alcool

À l'inverse du tabac, la consommation d'alcool dans les Pays de la Loire est plus importante qu'au niveau national, avec une problématique toute particulière chez les adolescents et jeunes adultes.

D'après le **baromètre de Santé Publique France**, la consommation d'alcool dépassant les repères de consommations à moindre risque (c'est-à-dire plus de deux verres standard en une journée, ou plus de dix verres standard par semaine ou une consommation d'alcool plus de cinq jours sur sept) est nettement supérieure en Pays de la Loire : 29% en 2017 (contre

Tableau 3.4 – Proportion de cancers attribuables à l'alcool chez les sujets de 30 ans et plus en France en 2015. *Source : CIRC 2018*[22].

Hommes		Femmes
60,9%	Cavité buccale et pharynx	33,8%
62,5%	Oesophage	40,6%
54,8%	Foie	18,7%
39,6%	Larynx	20,5%
	Sein	15,1%

24% en France)[41]. Malgré la baisse nationale et régionale de la consommation d'alcool, la situation défavorable des Pays de la Loire reste inchangée en 2021 (27,9% contre 22%)[42].

La région est aussi marquée par un contraste entre les deux prévalences de consommation d'alcool mesurées en 2017 chez les personnes de 18-75 ans : une prévalence quotidienne parmi les moins élevées de France (8,2% contre 10,0% en France métropolitaine) et une prévalence hebdomadaire parmi les plus élevées de France (43,7% contre 40,0%), notamment pour les alcools forts et les alcools autres que le vin et la bière. La région enregistre également une prévalence de consommateurs hebdomadaires particulièrement élevée parmi ses jeunes adultes (18-30 ans) : 40,7% contre 32,5%[41].

En réanalysant les données brutes 2017 du Baromètre de Santé Publique France à l'échelle départementale, il n'existe pas de différence significative entre la Loire-Atlantique et les autres départements des Pays de la Loire pour la consommation d'alcool au moins une fois dans la vie de l'individu (98,4% contre 98,1%), la consommation d'alcool au cours de l'année (91,2% contre 92,6%), la consommation quotidienne d'alcool (8,7% contre 9,5%), la consommation de plus de 6 verres d'alcool en une seule occasion dans la semaine (4,9% contre 3,9%), dans le mois (18,6% contre 15,2%) ou dans l'année (37,7% contre 37%) (Annexe 3). Cette analyse présente néanmoins des limites méthodologiques, car l'échantillon a été construit à l'échelle régionale et non départementale.

Les consommations d'alcool à l'âge de 17 ans sont les plus défavorables du pays. Parmi les adolescents de 17 ans interrogés lors de l'**enquête Escapad**, la part de consommateurs réguliers (plus de 10 usages par mois) apparaît plus importante chez les jeunes hommes ligériens² que sur le reste du territoire (18% contre 12%, les taux féminins étant comparables sur les deux populations, autour de 5%)[31]. Pour les 2 sexes, les taux d'expérimentation de l'alcool, d'usage dans le mois (≥ 1 usage), d'alcoolisation ponctuelle importante ponctuelle (≥ 1 /mois) ou répétée (≥ 3 /mois) sont significativement plus importants dans la région que dans le reste de la France, respectivement 92%, 76%, 53%, 22% (contre 86%, 66%, 44%, 16%).

Données indirectes

Pathologies liées à l'alcool

Une prévalence plus importante des maladies liées à l'alcool plaident en faveur d'une consommation supérieure à la moyenne nationale.

Ainsi, par rapport au niveau national, le **rapport de l'ORS** notait 40% d'ALD en plus pour des maladies directement reliées à l'alcool (maladie alcoolique du foie, fibrose et cirrhose du foie, troubles mentaux liés à la consommation d'alcool), 80% d'hospitalisations en plus

2. Ligériens : habitants des Pays de la Loire

pour sevrage et dépendance alcoolique, 64% d'hospitalisation supplémentaire pour maladie alcoolique du foie et 70% en plus d'accidents de la vie courante[2]. Par ailleurs, parmi les 72 EPCI de la région, la CARENE se situait au 11ème rang pour les hospitalisations en court séjour pour une pathologie liée à l'alcool, au 15ème rang pour les mises en ALD pour pathologies directement liées à la consommation excessive d'alcool et au 4ème rang pour la mortalité par pathologies directement liées à la consommation excessive d'alcool. Le rapport de l'ORS ne précise pas quelles communes sont les plus touchées.

Données sociologiques sur la consommation d'alcool en France

D'après le **baromètre de Santé Publique France de 2017**, 23,7% de la population âgée de 18 à 75 ans dépasserait les repères de consommation à moindre risque par jour[42]. Cela concernerait 33,2% des hommes et 14,7% des femmes. Parmi les personnes dépassant les limites de consommation recommandées, les plus jeunes dépassent plus fréquemment les deux verres en une consommation (notamment du fait des pratiques de *binge drinking*) et les plus âgés plus fréquemment les cinq jours par semaine.

A l'inverse du tabac, la consommation excessive d'alcool (au-delà des repères) était plus fréquente chez les hommes et femmes aux plus hauts revenus, chez les femmes ayant un diplôme de l'enseignement supérieur et chez les hommes au chômage[42]. Dans les Pays de la Loire, une proportion plus grande de consommateurs hebdomadaires est retrouvée chez les personnes ayant des niveaux de revenus plus élevés[41]. En 2015, l'étude Esteban trouvait également une plus grande tendance à l'abstinence dans les milieux moins favorisés[43].

D'après le baromètre Santé Publique France de 2017 et les données de l'**INPES en 2010**, les secteurs les plus touchés par la consommation quotidienne d'alcool sont l'agriculture et la construction chez les hommes (aucune différence selon le secteur d'activité chez les femmes) [34, 44]. Les alcoolisations ponctuelles sont quant à elles plus fréquentes dans les métiers de l'industrie, la restauration, l'information et la communication, les arts et spectacles chez les hommes et dans la restauration chez les femmes. Les résultats du baromètre Santé Publique France montraient par ailleurs que l'alcool est encore très présent dans la culture professionnelle d'au moins 10% des travailleurs, notamment dans les secteurs de l'agriculture, sylviculture et pêche, de la construction, des activités financières et d'assurance, ainsi que dans les activités spécialisées scientifiques ou techniques, que ce soit sur le lieu de travail ou lors de temps conviviaux.

D'après le baromètre de santé publique France, à l'échelle nationale, la consommation d'alcool est associée avec la pathologie mentale (étiologies non précisées; cette association n'a pas été étudiée à l'échelle régionale)[42]. Elle est également associée avec le fait d'habiter en milieu rural, mais cette association n'est pas retrouvée dans les Pays de la Loire. Une augmentation de la consommation d'alcool suite à des problèmes professionnels est retrouvée

chez 5% des hommes et 4% des femmes habitant les Pays de la Loire en 2017[41].

Il n'existe pas, à notre connaissance de données disponibles sur les ventes d'alcool à l'échelle des Pays de la Loire ou de la Loire-Atlantique.

3.2.3 Etudes à partir des registres de cancers

Les résultats de l'étude sur les cancers des VADS diagnostiqués entre 2012 et 2017 chez des adultes résidant dans la CARENE a inclus des données sur la consommation d'alcool[35]. Parmi les 192 patients inclus, 58.1% avaient une consommation d'alcool actuelle jugée excessive par les investigateurs de l'étude, 23.5% étaient sevrés depuis un an et 17.6% ne consommaient pas d'alcool (inclus la consommation d'alcool sans excès). Cette étude n'a pas inclus de comparateurs extérieurs à la CARENE, ce qui ne permet pas de savoir si la consommation d'alcool parmi les patients atteints de ces cancers est comparable ou non à d'autres zones géographiques.

A titre de comparaison, nous avons pu analyser les données de l'étude non encore publiée décrivant la prise en charge des cancers des VADS (cavité buccale, et oropharynx) diagnostiqués en 2018-2019 dans 3 départements localisés en Normandie (profil similaire à celui des Pays de la Loire) et dans les Hauts-de-France (région avec une prévalence très élevée) (Tableau 3.5). On observe des différences significatives ($p < 0,05$) selon la consommation d'alcool, la CARENE ayant un profil intermédiaire entre les 2 régions. Cependant l'existence de données manquantes et les périodes d'étude différentes rendent l'interprétation des résultats difficile.

Tableau 3.5 – Consommation d'alcool des patients atteints de cancers des VADS dans la CARENE (2012-2017) et dans 3 départements du Nord-Ouest de la France (2018-2019).

Alcool, n (%)	CARENE 2012-2017 ¹	Normandie (Calvados, Manche) 2018-2019	Hauts-de-France (Somme) 2018-2019
En cours	76 (57,0)	169 (59,9)	60 (60,0)
Sevré	30 (24,0)	47 (16,7)	27(27)
Non-consommateur	23 (19,0)	66(23,4)	13(13,0)
Inconnu	17	35	20
Total	140	317	120

¹Exclusion des cancers de l'hypopharynx

En résumé :

- D'après les baromètres de Santé Publique France et de l'OFDT, la consommation d'alcool dans les Pays de la Loire est supérieure au reste de la France métropolitaine.
- La forte prévalence des maladies directement imputables à l'alcool dans la CARENE et les données d'études épidémiologiques sur les cancers des VADS sont plutôt en faveur de consommations d'alcool plus importantes qu'en France et dans le reste du département.
- La défavorisation sociale n'est pas associée, en France, à des consommations d'alcool plus élevées ; cependant, les travailleurs du secteur industriel et les personnes atteintes d'une pathologie mentale sont plus à risque, or ces deux catégories sont plus représentées dans la CARENE.

3.3 Cannabis

3.3.1 Carcinogénicité du cannabis

Le cannabis n'est pas classé par le CIRC. Les études chez l'Homme restent peu nombreuses, notamment du fait de petits effectifs de grands fumeurs de joints et surtout la consommation de tabac comme facteur de confusion quasi-systématique[23].

Cependant, des études sur des machines à fumer montrent que la fumée de joints contient les mêmes substances cancérigènes que la fumée de cigarette, avec des différences quantitatives : des taux d'ammoniaque 20 fois plus élevés, des taux d'oxydes nitriques, de cyanure d'hydrogène et de certaines amines aromatiques 3 à 5 fois plus élevés mais certains hydrocarbures aromatiques polycycliques un peu moins concentrés pour le cannabis.

3.3.2 Prévalence de la consommation de cannabis dans la CARENE

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données sur la consommation de cannabis à l'échelon de l'EPCI de la CARENE. Cependant la prévalence de la consommation de cannabis dans la CARENE peut être approchée à partir des données régionales et de données indirectes.

Situation régionale et départementale vis-à-vis de la consommation de cannabis

D'après les résultats du **Baromètre Santé Publique France 2017**, la consommation régulière de cannabis concerne majoritairement les hommes et les 18-44 ans[45].

En Pays de la Loire les indicateurs de consommation sont proches des chiffres nationaux. Parmi les 18-64 ans, en 2017, 41% des habitants des Pays de la Loire (44% en France) ont déjà consommé du cannabis, des chiffres en progression en 2021 (respectivement 46,6% et 47,3%)[46, 47]. Dans les Pays de la Loire, les usages dans l'année (≥ 1 usage/an) ou réguliers (≥ 10 usages/mois) sont en hausse en 2021 (respectivement 10,2% et 2,9%). Au niveau national les usages réguliers (3,0%) sont plutôt en baisse en 2021 et les usages dans l'année restent stables depuis 2017 (10,6% en 2021).

La réanalyse des données du Baromètre 2017 de Santé Publique France à l'échelle de la Loire-Atlantique retrouve un taux d'expérimentation significativement plus élevé dans ce département que dans les autres départements des Pays de la Loire (47,6% contre 35,7%), de même que pour les taux d'usage au cours de l'année (10,7% contre 7,4%), mais les taux d'usage dans le mois sont comparables (6,3% contre 3,7%) (Annexe 3).

Parmi les jeunes de 17 ans passant leur JAPD interrogés en 2017 dans le cadre de l'étude **ESCAPAD**, les taux d'expérimentations et d'usage dans le mois étaient plus élevés chez

les hommes Ligériens qu'au niveau national (46% et 27% contre 41,8% et 24,2%)[31]. Les usages réguliers étaient similaires chez les hommes, autour de 10% et plus bas chez les jeunes femmes, à environ 5% (Figure 3.9).

Données indirectes

L'expérimentation du cannabis est plus fréquente chez les personnes ayant un haut niveau de diplôme (49% vs 35% dans les Pays de la Loire, avec une tendance similaire au niveau national). Cependant, la consommation régulière se retrouve plutôt chez les plus défavorisés : 2,9% des ouvriers, agriculteurs et employés sont concernés, contre 1,1% dans les autres catégories[46]. D'après le baromètre 2017 de Santé Publique France et l'étude de 2010 de l'INPES, au niveau national, les chômeurs sont plus consommateurs que le reste de la population[45, 34]. La consommation de cannabis est plus fréquemment observée dans la construction, la restauration et de manière encore plus prononcée dans les métiers des arts et du spectacle.

Le cannabis est fréquemment associé à la pathologie psychiatrique à l'échelle nationale et locale[46]. Les consommateurs de cannabis sont également 85% à être fumeurs de tabac et un tiers consomment régulièrement de l'alcool, 30% cumulant les trois expositions.

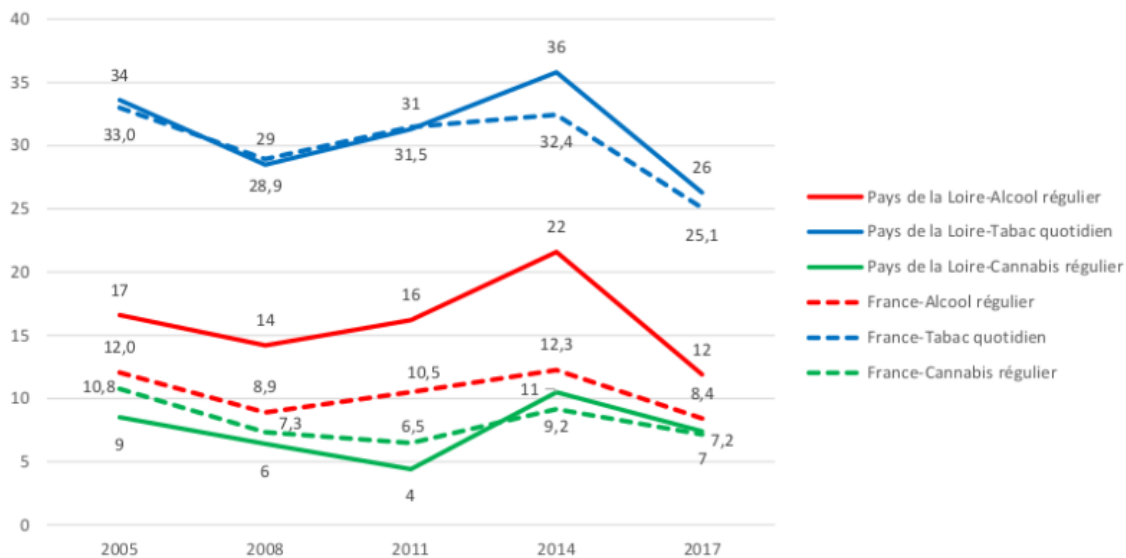


FIGURE 3.9 – Évolution des consommations de cannabis, d'alcool et de tabac chez les adolescents de 17 ans présents à la JAPD selon l'enquête Escapad entre 2005 et 2017[31]

Étude KPB

Les données de l'étude KPB dont nous disposons indiquent que parmi les patients nazairiens atteints d'un cancer du poumon, 4 sur 102 (3,9%) se déclaraient fumeurs de joints, contre 1 sur 102 (0,9%) à Cholet et 17 sur 197 (8,6%) à la Roche-sur-Yon. Ces données ne semblent pas exploitables du fait des faibles effectifs et des très probables biais de déclaration liés à l'interdiction du cannabis.

En résumé :

- La consommation de cannabis en Loire-Atlantique semble plus élevée que dans le reste de la région.
- Il n'existe pas de données nous permettant de comparer la consommation de cannabis dans la CARENE au reste du département, à la région ou à la France.
- Au niveau national, les ouvriers et les personnes au chômage ou atteintes de pathologies mentales sont plus souvent consommatrices régulières de cannabis.

3.4 Alimentation, activité physique, surpoids et obésité

3.4.1 Activité physique, alimentation, poids et risque de cancers

Un manque d'activité physique, un excès de poids (surpoids, obésité) et une alimentation déséquilibrée sont des facteurs favorisant la survenue de cancers. Le CIRC estime qu'en France en 2015[22] :

- 5,4% des nouveaux cas de cancers seraient attribuables à une alimentation sous-optimale (5,7% des cas masculins et 5,1% des cas féminins) ;
- 5,4% des cancers seraient liés au surpoids et à l'obésité (6,8% des cas féminins et 4,2% des cas masculins) ;
- 0,9% des cancers seraient liés au manque d'activité physique, avec une prédominance féminine.

Les estimations du CIRC sont basées sur la non-adéquation aux recommandations du World Research Cancer Fund (WCRF) : au moins 600 g/jour de fruits et légumes, 25 g/jour de fibres alimentaires, 2 portions de produits laitiers par jour, moins de 300 g de viande rouge par semaine et aucune viande transformée (charcuterie). Les recommandations françaises sont assez similaires, hormis sur la viande (viande transformée moins de 150g/semaine, viande rouge < 500g/semaine)[48]. Concernant l'activité physique, les recommandations françaises préconisent de pratiquer une activité physique modérée à vigoureuse d'au moins 30 minutes tous les jours de la semaine. Les fractions attribuables aux facteurs de risque alimentaires sont résumés dans le Tableau 3.6.

3.4.2 Situation dans la CARENE

En France, en 2015, une majorité des adultes ne consommaient pas les quantités recommandées de fruits et légumes, de fibres alimentaires et dépassaient les quantités recommandées de viande rouge et transformée[43]. Le niveau d'activité physique était insuffisant pour 58,3% de la population française[22].

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données à l'échelon de l'EPCI de la CARENE. Cependant les prévalences du surpoids, de l'obésité, d'une alimentation sous-optimale, d'un manque activité physique peuvent être approchées dans la CARENE à partir des données régionales et de données indirectes.

Situation régionale et départementale

Obésité, surpoids

D'après les résultats du baromètre Santé Publique France de 2017, les Pays de la Loire sont moins touchés par l'obésité que la moyenne nationale (11% vs 13,5%), et présentent une proportion de personnes en surpoids comparable (31,5%)[49]. Cette faible prévalence de

Tableau 3.6 – Proportions de cancers attribuables au surpoids, à l’obésité, au manque d’activité physique et à l’alimentation chez les sujets de 30 ans et plus en France en 2015.
Source : CIRC 2018[22].

Surpoids, obésité		Activité physique insuffisante	
Adénocarcinome de l’oesophage	37,1%	Colon-rectum	3,6%
Cardia de l’estomac	18,2%		
Colon	13,6%		
Rectum	7,1%		
Foie	17,2%		
Vésicule biliaire	19,2%		
Pancréas	9,8%	Sein post-ménopausique	3,8%
Sein post-ménopausique	10,6%		
Endomètre	34,1%		
Ovaire	5,2%		
Rein	21,8%	Endomètre	6%

Alimentation				
	<i>Fibres alimentaires/fruits et légumes insuffisants</i>	<i>Produits laitiers insuffisants</i>	<i>Viande rouge en excès</i>	<i>Viande transformée</i>
Colon-rectum	6,1%	2,2%	4,3%	9,8%
Estomac				10,7%
Pancréas			2,9%	
Sein	4,3%			
Poumon	10,1%			
Cavité orale, pharynx et larynx	17,9%			

l'obésité en Pays de la Loire est retrouvée en 2020 (14,4% contre 17%) selon l'étude Obépi-Roche (Figure 3.10)[50]. La prévalence de l'obésité a augmenté entre 1997 et 2020 (8,5% en 1997), tandis que le surpoids est stable[51]. La prévalence du surpoids et l'obésité augmente avec l'âge. Néanmoins, en France et dans les Pays de la Loire, c'est dans les tranches d'âge les plus jeunes que l'augmentation de prévalence de l'obésité au fil des ans est la plus forte. Les hommes sont plus souvent en surpoids que les femmes (36,9% contre 23,9% en 2020), pour l'obésité les prévalences sont comparables (16,7% contre 17,4% en 2020).

La réanalyse des données du Baromètre 2017 à un échelon départemental retrouve des taux de surpoids et d'obésité significativement plus faibles en Loire-Atlantique que dans le reste des Pays de la Loire (surpoids : 26,1% contre 32,5%, obésité : 9,4% contre 11,6%) (Annexe 3).

Activité physique

D'après les résultats du baromètre Santé Publique France de 2017, concernant l'activité physique, 38% des Ligériens déclarent pratiquer une activité physique régulière (au moins 30 minutes tous les jours ou presque), un taux proche de la moyenne nationale[49]. Les hommes sont plus nombreux à pratiquer régulièrement un sport ; il n'existe pas de variation signifi-

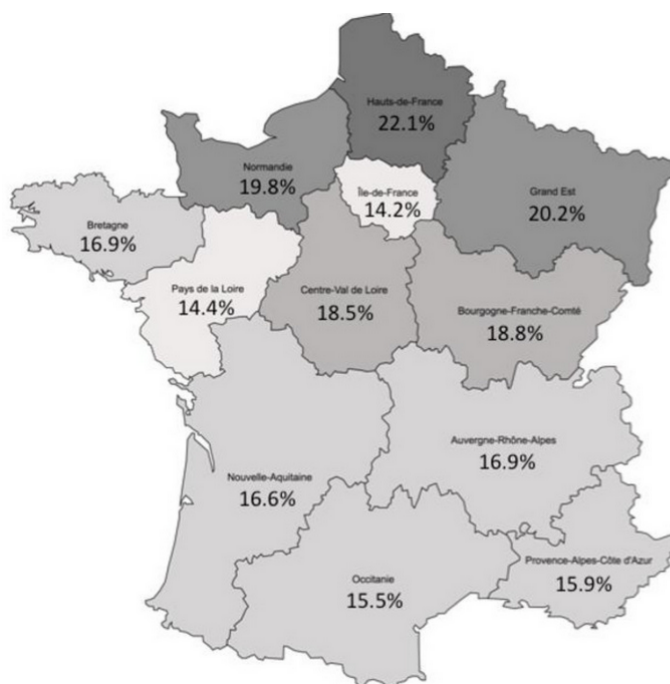


FIGURE 3.10 – Prévalence de l'obésité par région dans la population adulte française en 2020, étude Obépi-Roche[50]

tive en fonction de l'âge. La sédentarité est significativement plus faible en Loire-Atlantique que dans le reste des Pays de la Loire (4,3% contre 7,4%) (Annexe 3). Les proportions de personnes pratiquant une activité physique régulière, ponctuelles ou pas d'activité physique du tout sont quant à elles similaires (71,5%, 11,9% et 16,6% en Loire-Atlantique contre 63%, 11,3% et 25% en Pays de la Loire) avec toutefois un nombre important de données manquantes pour ces indicateurs (48%).

D'après l'Institut national de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire (INJEP), 355882 licences sportives étaient délivrées en Loire Atlantique en 2021, soit 24,6% de personnes licenciées (23,3% en Pays de la Loire, 18,2% en France)[52]. En Loire-Atlantique, 60,5% de ces licences étaient masculines, et, à l'échelle des Pays de la Loire, 56,8% de ces licences étaient détenues par des personnes de moins de 19 ans.

L'étude INCA 3 menée en 2014-2015 par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a interrogé 5800 personnes de 0 à 79 ans habitant en France sur leur mode de vie et leurs habitudes alimentaires[53]. La zone Nord-Ouest du territoire (correspondant aux régions Pays de la Loire, Bretagne, Normandie, Centre-Val de Loire) est marquée par une plus forte inactivité chez les enfants de 3 à 10 ans. Cependant, il n'y a pas de différence avec les taux nationaux pour les autres classes d'âge.

Alimentation

En 2014-2015, d'après l'étude INCA3, les habitants du Nord-Ouest de la France consommaient plus de charcuterie et de produits laitiers que ceux du reste de la France, les consommations de fruits et légumes étant quant à eux dans la moyenne nationale[53]. Ces tendances se retrouvent chez les enfants et les adultes.

Il n'existe pas à notre connaissance de données à l'échelle départementale ou de l'EPCI.

L'étude Esteban a été menée en France entre avril 2014 et mars 2016, incluant 1104 enfants de 6 à 17 ans et 2503 adultes de 18-74 ans[43]. Nous avons contacté ses investigateurs pour savoir s'il serait possible de réanalyser leurs données à une échelle locale, mais cela n'était pas possible au vu des données contenues dans la base.

Données indirectes

Lien avec d'autres pathologies

Hormis des facteurs génétiques, le diabète est très fortement corrélé au surpoids et à l'obésité. On peut noter que la région Pays de la Loire, la Loire-Atlantique et la CARENE semblent moins touchées par le diabète que le reste de la France métropolitaine, avec des taux d'ALD pour diabète autour de 4,2% pour ces trois entités géographiques contre 5,2% à l'échelle nationale, ce qui s'inscrit logiquement dans ce contexte régional moins marqué par le surpoids et l'obésité[2].

Dans la CARENE, les communes plus favorisées de Pornichet et Saint-André-des-Eaux apparaissent moins touchées par le diabète que le reste de la Loire-Atlantique, et inversement pour les communes moins favorisées. Ceci peut être mis en rapport avec la moindre prévalence du surpoids et de l'obésité dans les populations plus favorisées (cf. plus bas).

Il existe cependant une corrélation entre obésité et troubles psychiatriques, dont on a vu qu'ils étaient plus fréquents dans la CARENE (cf. chapitre 1).

Données sociologiques

En France, le surpoids et l'obésité sont plus fréquents dans les milieux modestes et chez les personnes sans diplôme ou ayant un diplôme inférieur au baccalauréat[43, 50, 53]. D'après le baromètre de Santé Publique France 2017, contrairement à l'obésité, les différences de surpoids entre les classes sociales retrouvées à l'échelle nationale ne sont pas présentes à l'échelle des Pays de la Loire[49].

D'après l'enquête Esteban, la consommation de fruits et légumes était également plus importante dans les ménages plus diplômés[43]. Les hommes moins diplômés avaient tendance à consommer plus de viandes, volailles et oeufs. La consommation de produits laitiers n'était pas influencée par le niveau de diplôme.

Le niveau d'activité physique n'était pas corrélé au niveau de diplôme ; par contre, la sédentarité³ était plus marquée dans les milieux sociaux les plus favorisés, surtout du fait de l'activité professionnelle. En Pays de la Loire, les personnes issues de milieu modeste sont plus nombreuses à pratiquer une activité physique régulière, comme à l'échelle nationale[49].

3. La sédentarité est définie à partir du temps passé à avoir une activité sédentaire (par exemple écrans) dans une journée. Dans l'enquête Esteban, le niveau de sédentarité est considéré pour les adultes comme élevé au delà de 7 heures par jour, et bas en-dessous de 3 heures par jour.

En résumé :

- Les Pays de la Loire présentent un taux d'obésité plus faible que celui de la France, mais la région Nord-Ouest est marquée par une plus grande consommation de charcuterie.
- Il n'existe pas de données nous permettant de comparer l'alimentation, l'activité physique ou le statut pondéral dans la CARENE avec le reste du département, la région ou la France.
- La population de la CARENE, moins favorisée socialement que le reste du département, est susceptible d'être plus touchée par le surpoids, l'obésité, une consommation trop faible de fruits et légumes, mais moins par la sédentarité et l'absence d'activité physique.
- Les ALD pour diabète dans la CARENE, qui peuvent indirectement refléter les taux de surpoids et d'obésité, sont similaires aux taux départemental et régional, mais les communes plus défavorisées sont plus touchées.

3.5 Autres facteurs d'exposition individuels

3.5.1 Exposition aux UV et zone balnéaire

L'exposition UV est un facteur de risque de cancers cutanés (dont les mélanomes) et probablement des cancers des lèvres et de l'œil. Le CIRC estime que 83,5% des cas de mélanomes étaient attribuables à l'exposition solaire en France en 2015 chez les personnes âgées de 30 ans et plus, soit plus de 10000 cas par an[22]. Par ailleurs, 4,6% des cas féminins et 1,5% des cas masculins étaient liés à l'utilisation de cabines UV. Le CIRC ne fournit pas d'estimation pour les autres cancers cutanés.

En France, l'incidence des mélanomes est plus élevée dans les populations les plus favorisées, possiblement en lien avec une plus grande exposition solaire ou avec un dépistage plus fréquent[36]. Il est connu que l'incidence des mélanomes en France et en Europe est plus marquée au Nord qu'au Sud et à l'Ouest qu'à l'Est, en lien avec une exposition au soleil et des types de peaux différents, ainsi qu'à l'effet de réverbération de l'eau sur le littoral[54]. Ainsi, la Loire-Atlantique est plus touchée que le reste de la France. Dans la CARENE, les communes présentant une surincidence de mélanome sont plus particulièrement les communes balnéaires et favorisées de Pornichet et Saint-André-des-Eaux, et de manière plus inattendue la commune de Trignac, ce qui pourrait être lié à des expositions professionnelles type PCB (Polychlorobiphényle, cf. chapitre 4).

3.5.2 Facteurs de risque infectieux

Agents infectieux cancérogènes

Selon le CIRC, 4% des cancers diagnostiqués chaque année en France chez les personnes âgées de 30 ans et plus seraient attribuables à des agents infectieux⁴, soient 14000 cas (Tableau 3.7)[22].

Présence des facteurs infectieux cancérogènes dans la CARENE

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données à l'échelon de l'EPCI de la CARENE. Cependant la prévalence de ces agents infectieux peut être approchée dans la CARENE à partir des données régionales/départementales et de données indirectes.

4. Le VIH n'est pas mentionné dans cette liste du fait de l'absence de carcinogénicité hors présence d'autres agents infectieux, et de l'absence de données de coinfections disponibles.

Tableau 3.7 – Facteurs infectieux cancérigènes en France en 2015[22].

Agent infectieux	Localisation (fraction attribuable)
Papillomavirus (HPV)	Col de l'utérus (100%) Anus (91,3%) Vulve et vagin (48% avant 54 ans, 28% entre 55 et 64 ans, 15% après 65 ans) Oropharynx (34,2%) Pénis (26,8%) Cavité bucale et larynx (4%)
<i>Helicobacter pylori</i>	Estomac hors cardia (89%) LNH gastriques du MALT (70,4%)
Hépatite C (VHC)	Foie (18,1%) LNH (2,1%)
Hépatite B (VHB)	Foie (7,6%)
Virus d'Epstein-Barr (EBV)	Nasopharynx (87,5%) Lymphomes hodgkiniens (29,6%) LNH de Burkitt (fraction non disponible)
Herpès humain type 8 (HH-8)	Sarcomes de Kaposi (100%)

Données dans les Pays de la Loire et la Loire-Atlantique

D'après les données de Santé Publique France, la Loire-Atlantique apparaît comme un département peu touché par l'hépatite B et C (Figure 3.11)[55, 56, 57].

Les taux de diagnostic de découverte de séropositivité au VIH en Pays de la Loire sont parmi les plus bas de France[58]. La prise en charge en ALD pour un VIH en Loire-Atlantique semble légèrement plus élevée que dans les départements adjacents (1,8 pour 1000, contre 1,1 en Vendée, 1,3 en Maine-et-Loire, 1,4 en Île-et-Villaine et dans le Morbihan) mais nettement inférieurs aux chiffres de l'Île-de-France (entre 2,6 et 10 pour 1000)[59].

Il n'existe pas, actuellement, de données à l'échelle régionale ou départementale sur la prévalence de l'HPV. Cependant, avec la généralisation du dépistage par frottis en 2020, des données devraient être probablement exploitables dans les années à venir.

Le département de Loire-Atlantique semble moins touché que le reste de la France métropolitaine par le cancer du col de l'utérus, très fortement relié au HPV (5,4/100.0000 personnes-années contre 6,6 au niveau national, et 6 en Vendée)[56]. En 2021, la couverture vaccinale est similaire chez les filles de 15-18 ans en France et dans les Pays de la Loire (53,9%), avec une proportion plus importante de personnes vaccinées quand le parent inter-

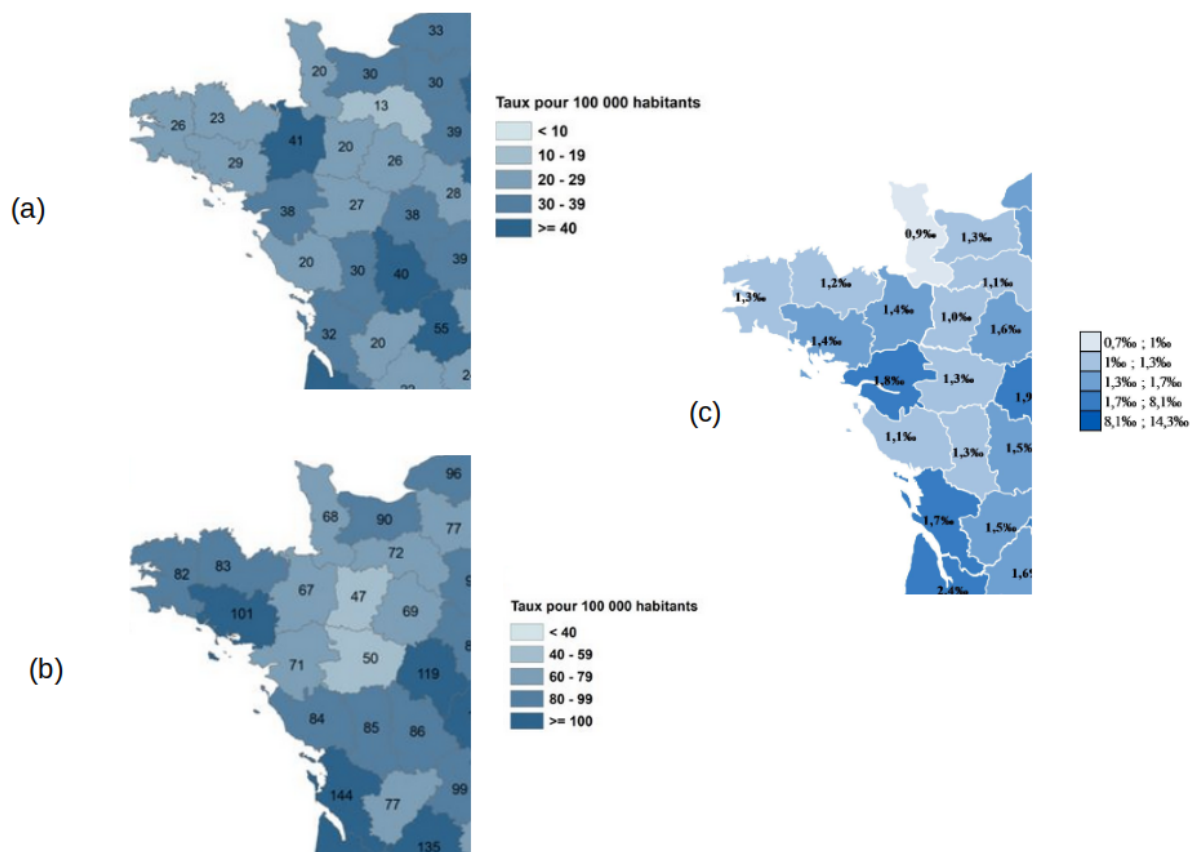


FIGURE 3.11 – Taux d'ALD pour l'hépatite B (a), l'hépatite C (b) et le VIH (c) dans les départements de l'ouest de la France. *Source : Ameli, Santé Publique France*

rogé a des revenus élevés ou un haut niveau d'étude[60]. D'après les données du Baromètre 2017 de Santé Publique France, 19% des Ligériens présentaient une défiance vis-à-vis des vaccins, des chiffres similaires à la moyenne nationale[61].

À notre connaissance, il n'existe pas de donnée concernant la prévalence d'*H. pylori* ni du HH-V8 à un échelon local.

En résumé :

- Les populations des communes balnéaires de Saint-André-des-Eaux et Pornichet sont vraisemblablement plus exposées aux UV, du fait de la réverbération notamment.
- Le VHB, le VHC et le VIH sont relativement peu présents en Loire-Atlantique et dans les Pays de la Loire.
- Il n'existe pas actuellement de données directes sur la prévalence de l'HPV, cependant la Loire-Atlantique semble peu touchée par le cancer du col de l'utérus

**Environnement industriel de la Carène : expositions
environnementales et professionnelles**

Les expositions environnementales sont généralement distinguées des expositions professionnelles. Dans le cadre de cette revue qualitative des données sur les expositions dans la CARENE, il semble néanmoins pertinent de traiter ces deux sujets de manière conjointe.

En effet, les composés émis dans ce contexte industriel exposent aussi bien les travailleurs que les riverains. De plus, de nombreux employés de la zone industrialo-portuaire habitent à proximité de leur lieu de travail, et sont donc potentiellement concernés par les deux expositions. Il existe donc un *continuum* entre l'exposition professionnelle, sur le lieu de travail, et l'exposition de l'ensemble des usagers de la zone sur leur lieu d'habitation notamment.

La carcinogénicité de la plupart des substances concernées a été établie à partir des données d'expositions professionnelles, mais l'étude des polluants dans la CARENE a majoritairement été réalisée à visée de protection des habitants, avec des mesures de qualité de l'air dans les zones résidentielles notamment.

4.1 Pollution atmosphérique et expositions à des cancérigènes inhalés sur le lieu de travail

4.1.1 Sources de données sur la CARENE

Dans cette partie, nous présenterons les sources des données sur la pollution atmosphérique et les expositions professionnelles dont nous détaillerons les résultats par la suite. La liste des études environnementales citées est disponible en annexe 4.

Mesures d'Air Pays de la Loire

La principale source d'information sur la pollution atmosphérique dans la région se trouve dans les rapports d'Air Pays de la Loire. Parmi les 454 rapports disponibles en ligne, nous avons sélectionné 19 rapports ayant trait à la CARENE, ainsi que les rapports annuels régionaux publiés entre 1995 et 2022 (Annexe 4).

En 2010, Air Pays de la Loire comptait 32 sites de mesure fixes sur la région, produisant des données sur les 71 EPCI. Il existe également une surveillance spécifique aux abords des 55 sites Seveso¹ de la région[62]. Les polluants mesurés sont, selon les stations, les particules fines, le dioxyde d'azote, l'ozone, le dioxyde de soufre, le benzène, le benzo(a)pyrène et les métaux lourds.

La zone de la CARENE compte 11 stations d'Air Pays de la Loire (Figure 4.1) :

- deux à Saint-Nazaire même, en fond urbain (avenue Léon Blum et Parc Paysager) ;
- une à Pornichet, avenue Gaspard, à la limite de Saint-Nazaire ;

1. Sites industriels présentant un risque d'accident majeur selon la réglementation de l'Union Européenne.



FIGURE 4.1 – Activités industrielles dans la CARENE et ses environs immédiats en 2023

- une à Trignac ;
- cinq dans des zones résidentielles de Donges (lieu dit Les Bossènes, rue Ampère, rue Parcseau du Plessis, lieu dit la Megretais et rue Pasteur) ;
- deux à Montoir-de-Bretagne (lieux-dits la Camée et Bonne Fontaine).

Dans les EPCI limitrophes de la CARENE, on notera également une station à Paimboeuf, une à Frossay (toutes deux au Sud de la Loire), une à Saint-Etienne-de-Montluc et une à Savenay.

Par ailleurs, Air Pays de la Loire réalise régulièrement des campagnes de mesures ponctuelles ciblées avec des sites d’enregistrement et des polluants spécifiques, notamment pour répondre aux arrêtés préfectoraux concernant certaines entreprises émettrices de la région.

Enfin, Air Pays de la Loire a réalisé en 2008, 2010 et 2015 des modélisations de la qualité de l’air sur la Carène [63, 64, 65].

Rapport de la société de conseil Ginger Burgeap

Suite au constat de la surmortalité dans la CARENE, Santé Publique France a été saisie pour évaluer l’intérêt et la faisabilité d’une étude épidémiologique environnementale sur cette zone[66]. En attendant ses résultats (attendus dans plusieurs années du fait d’une orientation plutôt prospective des recherches), le cabinet de conseil Ginger Burgeap a été sollicité pour

faire un état des lieux de la pollution atmosphérique dans la CARENE². Pour des raisons de temps de calcul et afin de se concentrer sur les zones comportant des sites industriels, il a été décidé de réduire la zone d'étude aux communes de Saint-Nazaire, Donges, Montoir-de-Bretagne, Trignac et Pornichet.

La première phase de ce projet, terminée en octobre 2022, a constitué en une estimation des rejets annuels moyennés sur 2019, 2020 et 2021 de 124 substances par différentes sources (industrielles, agricoles, liées au transport etc.) dans la CARENE, à partir de la base Basemis. Cette dernière est un inventaire des émissions de tous les secteurs sur une zone donnée à partir du cadastre et de données standardisées par activité, réalisée par Air Pays de la Loire. Des données complémentaires ont été recueillies pour les entreprises pour lesquelles les données contenues dans Basemis étaient jugées trop imprécises. La liste des établissements concernés a été établie à partir des entreprises recensées comme ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)³ et complétée par une liste fournie par les associations de riverains, la médecine du travail, la DREAL (Direction Régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) etc.[67]⁴. Les entreprises se sont vues transmettre un questionnaire pour estimer leurs émissions.

La phase 2 de ce projet a permis de produire une nouvelle modélisation de la pollution de l'air sur la CARENE, réalisée par la société Numtech. Des estimations de la répartition dans l'air de 47 substances considérées comme prioritaires du fait de leurs effets sur la santé humaines ont été réalisées. La modélisation prend en compte 352 sources différentes dont 54 industrielles. Il est à noter que le nombre de sources prises en compte est très élevé par rapport à d'autres études de zones en France, et a demandé un mois de calcul sur plusieurs serveurs. Une réunion de rendu des résultats de la phase 2 de l'étude a eu lieu le 9 juin 2023 à la sous-préfecture de Saint-Nazaire. Il a été proposé au cours de cette réunion de faire une carte des émetteurs non pris en compte pour s'assurer qu'ils sont répartis homogènement, et que des zones de pollution n'ont pas été oubliées avant la phase de mesures.

La troisième phase portera sur des mesures dans les zones identifiées comme plus exposées par le modèle de la phase 2, et devrait être lancée dans les mois à venir.

Rapport du GIST (Groupe Intersectoriel de Santé au Travail) de Saint-Nazaire

Le GIST est un regroupement de médecins du travail intervenant dans la zone de Saint-Nazaire.

2. Une partie de leurs recherches dans la première phase de leur étude traitait également des pollutions des eaux et des sols, mais il a été conclu que celles-ci étaient trop difficiles à modéliser.

3. Entreprises considérées comme susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement du fait de leurs rejets ou de présenter des risques (incendie, explosion...), et soumises de ce fait à un cadre légal spécifique.

4. Les associations avaient listées 180 entreprises initialement, mais des données manquaient pour 94 d'entre elles ; parmi elles, 16 ont répondu à un questionnaire et ont pu être incluses.

En 2018, le GIST a publié un rapport d'activités[68]. Ce dernier permet d'avoir une première approche des expositions des salariés de la CARENE. D'après ce rapport, en 2018, près de 54600 personnes étaient suivies par 13 médecins du GIST sur le secteur de Saint-Nazaire. Les données présentées dans le rapport varient en fonction des praticiens. Ainsi, 10 d'entre eux ont rempli des tableaux d'exposition pour l'amiante, le benzène et les rayonnements ionisants (données exploitables pour 42203 patients). Neuf ont rempli un tableau plus complet de risque de maladies professionnelles en plus de l'amiante et du benzène, notamment concernant les expositions aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), aux métaux, à la silice cristalline, et aux poussières de bois (36880 patients). Trois médecins n'ont pas ou quasiment pas indiqué les expositions professionnelles des salariés suivis. Pour 29341 patients suivis, les médecins du travail ont répertorié les examens complémentaires prescrits. Les noms des entreprises suivies ne sont pas recensées dans les tableaux. Il n'est donc pas possible de savoir si les données manquantes dues aux 3 médecins ayant peu rempli les données concernant les expositions professionnelles correspondent à des employés avec un profil différent de ceux pour lesquels des données étaient disponibles, ce qui induirait un manque de représentativité des données de ce rapport.

Des entretiens ont également été conduits auprès du médecin du travail de Total, le Dr François-Xavier Gourlay, et d'un des médecins de la DREETS (Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités), le Dr Véronique Ménétrier.

4.1.2 Particules fines, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et ozone

Carcinogénicité de la pollution atmosphérique, des particules fines et du dioxyde d'azote

La pollution atmosphérique induit des effets aux niveaux respiratoire et cardiovasculaire pouvant conduire à un décès prématuré[69]. Elle contribue également au développement de maladies telles que le diabète et à certaines maladies neurodégénératives. Selon Santé Publique France, 40.000 décès prématurés par an seraient liés à la pollution atmosphérique en France[70].

En 2016, le CIRC a classé la pollution atmosphérique comme cancérigène certain pour l'Homme (groupe 1), entraînant des cancers pulmonaires[71]. Le CIRC précise également que la pollution atmosphérique pourrait jouer un rôle dans la survenue des cancers de la vessie et des leucémies infantiles. Selon le CIRC, en 2015 en France, 3.6% des cancers du poumon seraient imputables à la pollution atmosphérique, soient 1466 cas par an[22].

Les particules fines désignent l'ensemble des particules en suspension dans l'air. Parmi elles, on distingue les PM_{10} (particules dont le diamètre est inférieur à $10\mu m$) qui comprennent elles-mêmes les $PM_{2.5}$ (diamètre inférieur à $2.5\mu m$), et les particules ultrafines PM_1

(diamètre inférieur à $1\mu\text{m}$). Bien qu'il soit difficile de séparer les effets des différents polluants dans les études, l'exposition aux $\text{PM}_{2.5}$ et aux PM_1 est considérée comme la plus probablement cancérigène car les particules les plus fines pénétreraient plus profondément dans les bronches.

Il reste difficile de dire si l'exposition au dioxyde d'azote (NO_2) est cancérigène.

En septembre 2021, sur la base des dernières publications scientifiques et de l'avis d'un panel d'experts internationaux, l'OMS a abaissé les objectifs de concentrations moyennes annuelles (hors pics de pollution) de PM_{10} à $15\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, de $\text{PM}_{2.5}$ à $5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de NO_2 à $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (contre respectivement $20\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ depuis 2005)[72]. Cette révision fait suite à la mise en évidence de l'absence de seuil en dessous duquel il n'y aurait pas d'effets sur la santé humaine[73].

Des valeurs limites de concentration des principaux polluants atmosphériques pour la qualité de l'air extérieur sont fixées par l'État français ou l'Union européenne (UE) depuis 2008 (Tableau 4.1)[74]. Les moyennes horaires et journalières visent à prévenir les effets à court terme d'une exposition aigue pour la population, les moyennes annuelles sont destinées à prévenir les effets à long terme d'une exposition chronique.

Production anthropique

Le tableau 4.2 liste les quantités de certains polluants (notamment particules fines, NO_2 , ozone - O_3 -, monoxyde de carbone - CO -, et dioxyde de soufre - SO_2 - émis chaque année en France, dans les Pays de la Loire et sur la zone d'étude de Ginger Burgeap.

Les émissions de particules fines sont dues aux transports routiers, à l'activité agricole et industrielle, au chauffage au bois, à l'usure des routes, aux carrières, aux chantiers, et à certaines activités portuaires comme le déchargement de grains etc.

Les émissions de dioxyde d'azote sont liées au trafic routier, aux centrales à charbon mais aussi en zone rurale à l'activité agricole (notamment à l'épandage d'engrais azotés).

Si l'ozone est un composé normalement retrouvé aux hautes altitudes (à environ 12km du sol), dans la stratosphère, l'ozone de basse altitude se forme dans une atmosphère polluée en présence de ses précurseurs, notamment les dérivés azotés NO_x et les composés organiques volatiles (COV) ; cette réaction est amplifiée par les UV, notamment en période printanière ou estivale. La pollution à l'ozone est généralement assez homogène sur le territoire.

La production de monoxyde de carbone (CO) est liée à la combustion incomplète de matières organiques et de produits pétroliers, notamment *via* le trafic routier.

Tableau 4.1 – Normes de qualité de l’air en vigueur en 2023 en France (synthèse entre les normes européennes et françaises). *Source : site du Ministère de l’écologie, <https://www.ecologie.gouv.fr>[74].*

	Objectif de qualité ou valeur cible	Seuil d’information et de recommandation	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	Seuil d’alerte
NO ₂ <i>Moyenne annuelle</i> <i>Moyenne horaire</i> <i>Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18h par an</i> <i>Moyenne horaire plus de 3h de suite</i>	40µg/m ³	200µg/m ³	40µg/m ³ 200µg/m ³	400µg/m ³
PM ₁₀ <i>Moyenne annuelle</i> <i>Moyenne sur 24h</i> <i>Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an</i>	30µg/m ³	50µg/m ³	40µg/m ³ 50µg/m ³	80µg/m ³
PM _{2.5} <i>Moyenne annuelle</i>	10µg/m ³		25µg/m ³	
CO <i>Moyenne 8-horaire glissante</i>			10mg/m ³	
O ₃ <i>Moyenne horaire</i> <i>Moyenne horaire plus de 3h de suite</i> <i>Maximum journalier de la moyenne 8-horaires à ne pas dépasser plus de 25 jours par an</i>	120µg/m ³	180µg/m ³	240µg/m ³	

Objectif de qualité : concentration à atteindre sur le long terme si cela est réalisable par des mesures proportionnées.

Valeur cible : objectif à atteindre dans un délai donné si possible.

Seuil d’information et de recommandation : concentration au-delà de laquelle une exposition de courte durée est un risque aigü pour la santé des populations les plus vulnérables.

Seuil d’alerte : concentration au-delà de laquelle une exposition de courte durée présente un risque aigü pour la santé de l’ensemble de la population.

Tableau 4.2 – Emissions annuelles des principaux polluants ayant des effets sur la santé humaine en France (2022), dans les Pays de la Loire (2021) et dans la zone d'étude de Ginger Burgeap (communes de Saint-Nazaire, Pornichet, Donges, Trignac et Montoir-de-Bretagne) (moyenne 2019-2021). *Source : <https://www.citepa.org/fr/>, rapport d'Air Pays de la Loire et Basemis cité par Gingerburgeap[67, 75, 76]*

	Émissions totales annuelles (tonnes)			Émissions annuelles par habitant (kilogrammes)		
	France	Pays de la Loire	Zone d'étude de Ginger Burgeap	France	Pays de la Loire	Zone d'étude de Ginger Burgeap
CO	$2,58.10^6$	$1,10.10^5$	$2,9.10^3$	37,2	26,1	28,8
PM ₁₀	$2,47.10^5$	$1,6.10^4$	$8,1.10^2$	3,0	4,2	8
PM _{2.5}	$1,63.10^5$	$7,8.10^3$	$4,3.10^2$	1,9	2,1	4,3
PM ₁	$1,40.10^5$	ND	$2,1.10^2$	2,1	ND	2,1
NOx	$7,24.10^5$	$4,3.10^4$	$7,4.10^3$	10,5	11,2	73,5
SO ₂	$8,75.10^4$	5.10^3	$4,5.10^3$	1,5	1,4	44,7
COVNM	$1,12.10^6$	ND	3.10^3	16,9	ND	29,8
Benzène	$8,2.10^3$	$4,1.10^2$	$4,7.10^1$	0,13	0,11	0,47
HAP	$1,33.10^2$	2.10^{-1}	4.10^{-2}	$5,5.10^{-4}$	5.10^{-5}	4.10^{-4}
Chrome	$2,1.10^1$	ND	$6,0.10^{-2}$	3.10^{-4}	ND	$5,9.10^{-4}$
Cadmium	2,5	$4,1.10^{-2}$	$1,9.10^{-3}$	4.10^{-5}	1.10^{-5}	2.10^{-5}
PCB	$3,5.10^{-2}$	ND	4.10^{-5}	5.10^{-7}	ND	$3,9.10^{-7}$

CO : monoxyde de carbone ; PM : particules fines (particulate matter) ; NOx : oxydes d'azote ; SO : dioxyde de soufre ; COVNM : composés organiques volatiles non méthaniques ; HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques ; PCB : polychlorobiphényles.

Dans la CARENE, en 2021, selon les estimations de Basemis reprises par Ginger Burgeap, les émissions de particules fines étaient principalement liées à l'industrie (66%), et aux transports (24%)[67]. La production anthropique de dioxyde d'azote était à 87% liée aux transports, et le monoxyde de carbone était produit à 31% par le trafic routier et à 41% par l'industrie.

Mesures des taux de particules fines, monoxyde de carbone, ozone et de NO₂ dans la CARENE

Stations fixes

D'après les données des stations fixes d'Air Pays de la Loire de Saint-Nazaire et Pornichet, en 2022, la qualité de l'air était dégradée 18% des jours de l'année, et mauvaise 7% des jours de l'année, la qualité étant considérée comme moyenne le reste du temps⁵[75]. Ces résultats sont similaires voire un peu meilleurs que ceux des autres grandes agglomérations de la région, notamment sur Nantes où la qualité de l'air est mauvaise ou dégradée 28% du temps.

Dans ces deux villes, la concentration annuelle moyenne en ozone est considérée comme trop élevée, comme sur l'ensemble de la région.

Concernant les concentrations journalières de PM₁₀, dans la zone industrielle, un jour de dépassement des seuils d'information est noté en 2022 à Mégretais et la Camée (Figure 4.1). En revanche, la station Léon Blum à Saint-Nazaire, qui se trouve à distance du port industriel, n'a enregistré aucun dépassement du seuil de recommandations en PM₁₀, contrairement à d'autres stations urbaines de la région, comme à Nantes. Une baisse importante du nombre de jours de dépassement du seuil d'information est à noter depuis 2013 dans la zone urbaine de Saint-Nazaire (18 jours en 2013 contre 1 en 2020 et 0 en 2022), en lien avec l'amélioration du dépoussiérage des fours des particuliers et des industriels, et l'évolution des moteurs des automobiles.

En 2022, les seuils de dioxyde d'azote n'ont pas été dépassés dans la CARENE, comme ailleurs dans la région. Il n'y a pas d'enregistrement en continu des taux de monoxyde de carbone dans la CARENE.

Modélisations

En complément de ces mesures directes, la modélisation par Ginger Burgeap et Numtech sur la Carène sur la période 2019-2021 retrouve pour le NO₂ un dépassement de la valeur moyenne annuelle de 10µg/m³ sur la quasi-totalité de sa zone d'étude, et de la valeur de 40µg/m³ à la sortie du pont de Saint-Nazaire et dans certaines parties de la zone industrielle[67]. La concentration moyenne en PM₁₀ dépassait les 15µg/m³ au niveau de la carrière Charrier et au bas du pont. Concernant les PM_{2,5}, les plus hautes concentrations (supérieures à 5µg/m³) étaient observées au bas du pont, et dans une moindre mesure dans

5. La qualité de l'air est actuellement définie à partir de l'indice européen ATMO, qui se calcule à partir des concentrations quotidiennes de PM₁₀ PM_{2,5}, d'ozone, de dioxyde d'azote et de dioxyde de soufre.

le centre-ville de Saint-Nazaire.

Air Pays de la Loire a également produit pour l'année 2015 des cartes de modélisation de la pollution sur tout le territoire de la CARENE (figure 4.2)[65]. Dans cette modélisation, la qualité d'air était principalement altérée par les moyennes annuelles en dioxyde de soufre, qui dépassaient les seuils réglementaires dans une zone de 1,5 km² autour de la raffinerie de Donges. Il n'y a pas d'habitation dans cet espace. Les autres zones où la qualité de l'air était altérée approchaient ou dépassaient la valeur limite pour le dioxyde d'azote, notamment au niveau des voies rapides (RD213, RD492, RN171 et RN471, avec plusieurs dizaines de milliers de passages de véhicules par jour), ainsi qu'au niveau de deux croisements d'axes urbains importants et du centre sablier rue des Evens à Montoir-de-Bretagne.

En 2008 et 2010, une modélisation plus détaillée avait été produite par Air Pays de la Loire[63, 64]. Selon ces estimations, les taux annuels moyens de dioxyde d'azote ou de poussières fines dépassaient leurs valeurs réglementaires ou de qualité respectives essentiellement au niveau des axes routiers. Il était estimé que 2 à 2,4% de la population de la CARENE, soit moins de 2000 personnes, habitaient dans cette zone. Le reste de la zone

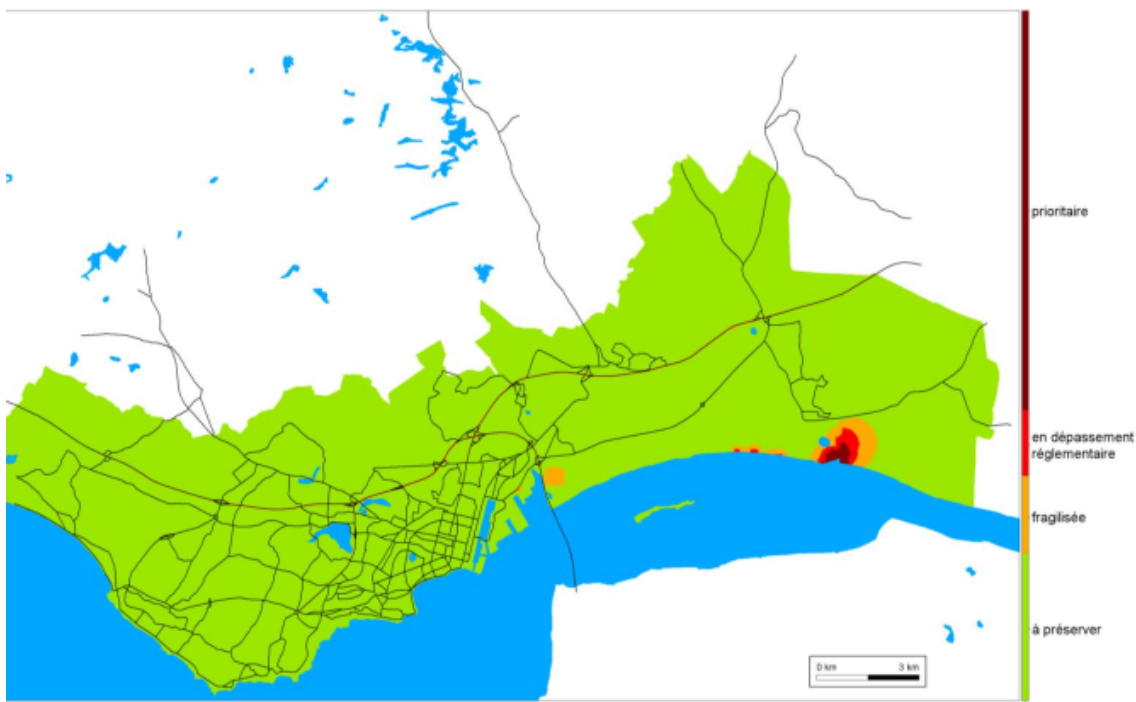


FIGURE 4.2 – Modélisation des zones de pollution atmosphérique sur la zone de la CARENE en 2015. Source : *Carte stratégique Air CARENE 2015, Air Pays de la Loire 2017.*

présentait des valeurs moyennes annuelles autour de $15\text{-}20\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules fines, soit 50 à 66% de l'objectif actuel de qualité de l'air (Tableau 4.1).

La comparaison des valeurs mesurées avec les modélisations montre, en ville, une bonne estimation, et dans la zone industrielle de forts écarts au modèle (positifs ou négatifs selon les polluants et les stations). Le trafic maritime et les déchargements de grains n'ont pas pu être pris en compte dans les analyses, faute de modèle mathématique développé pour cela, ce qui induit un risque de sous-estimation des pics de particules fines notamment.

Campagnes ponctuelles

Cependant, les campagnes ponctuelles ciblées d'Air Pays de la Loire laissent entrevoir un tableau plus complexe que les modélisations et les mesures sur des stations fixes.

En 2002, une première campagne de mesures des niveaux de PM_{10} dans le quartier résidentiel jouxtant la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire avait retrouvé un dépassement du seuil de précaution journalier de l'époque (abaissé depuis) de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 jour sur 72 au niveau des douanes (centre-ville de Saint-Nazaire, figure 4.3), et un dépassement des $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 4 jours sur 72[77].

De décembre 2011 à avril 2012, des mesures quotidiennes des taux de particules fines ont été effectuées à Saint-Nazaire au niveau du théâtre, du quai de Penhouët (limite sud du

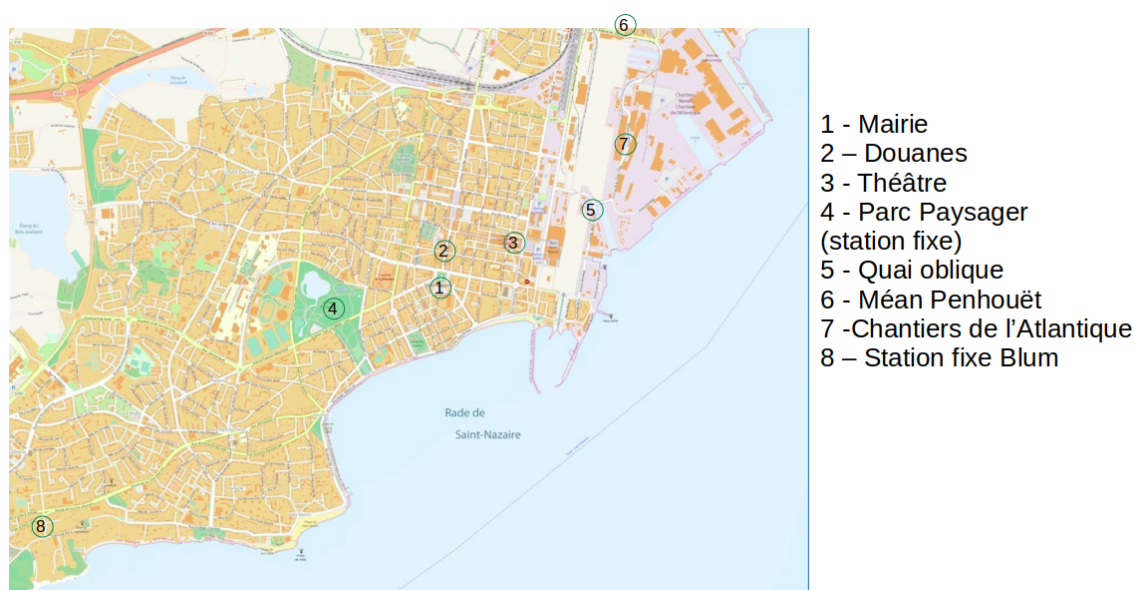


FIGURE 4.3 – Carte de Saint-Nazaire avec les principaux sites d'émissions et de mesure lors des campagnes d'Air Pays de la Loire *Source : Office du tourisme de Saint-Nazaire.*

quartier de Méan Penhouët) en parallèle de l'enregistrement à la station permanente Léon Blum (Figure 4.3)[7]. Les niveaux moyens de particules fines étaient en-dessous des normes réglementaires, à $24\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $\text{PM}_{2.5}$, et à des niveaux similaires à ceux observés au site de la Chauvinière à Nantes, choisi par Air Pays de la Loire comme site urbain de comparaison. Cependant, on note d'importants pics journaliers, essentiellement corrélés aux épisodes de pollution généralisée, aux travaux de voiries mais aussi aux déchargements de céréales : pour les PM_{10} , le seuil d'information de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ était dépassé 23 jours sur 108 sur les 3 sites, et le seuil d'alerte de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ l'était 6 jours sur 108 au niveau du théâtre uniquement. La particularité du secteur réside dans des niveaux de pointe très élevés, avec des moyennes horaires maximales de PM_{10} atteignant $148\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Léon Blum, $295\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Penhouët et $350\mu\text{g}/\text{m}^3$ au théâtre. De tels niveaux horaires n'ont jamais été atteints sur le reste du réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire au cours de la période étudiée (maximum à $122\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nantes).

Au cours de la campagne de mesure de 2011-2012, une analyse des sédiments menées au niveau du quai de Penhouët, du quai oblique et du théâtre a montré que ces particules fines sont constituées de résidus de blé, tourteaux de tournesol, et dans une moindre mesure de grains de sable de carrière, de métaux et de particules minérales naturelles. D'après le rapport d'analyse, la source la plus importante pour expliquer les pics horaires est le déchargement de céréales sur le quai du GrandPuits de Penhouët (environ 64 chargements/déchargements de blé et tournesol par an). Les autres sources potentielles sont Idea group (stockage de produits céréaliers), Cargill (trituration de tournesol et fabrication de tourteaux), les entreprises réalisant des travaux de grenailage, de sablage et de peinture (Mecasoud, STX, Aerolia, Idea logistic), le terminal sablier, la remise en suspension de particules par la circulation routière, les cheminées de navires marchands, les brûlages volontaires de pneus au cours des grèves, les travaux d'une rue avoisinante, les plages lors des vents de Sud-Ouest, et les particules importées lors des épisodes de pollution généralisée à l'échelle européenne⁶[7].

Des campagnes de mesure au niveau d'une zone de stationnement rue de la République à Saint-Nazaire ont été menées en 2008 et 2013 afin d'estimer l'impact de la création d'un service de bus (Helyce) en centre-ville, mais reflète plutôt l'état du trafic. En 2013, 4 jours de dépassement du seuil d'alerte pour les PM_{10} et 27 dépassements du seuil d'information

6. L'exposition aux polluants émis par les entreprises de la CARENE est très dépendante des conditions météorologiques. Ainsi, les vents de Sud-Ouest, plutôt présents par mauvais temps, ont tendance à ramener les polluants vers les zones d'habitation de Donges, mais sont également plus favorables à leur dispersion[67]. En pratique, les mesures d'Air Pays de la Loire montrent que les concentrations de polluants sont plus importantes dans les zones habitées limitrophes de l'aire industrielle lorsque ces vents sont présents. Les vents de Nord-Est, plus faibles, vont favoriser une stagnation des masses d'air mais aussi l'arrivée de pollution depuis l'intérieur des terres. Ils rabattent les fumées de la zone industrielle de Montoir-de-Bretagne vers l'Est de Saint-Nazaire. Le relief de la région, assez plat, est globalement peu favorable à l'accumulation des polluants.

étaient notés, avec un maximum à $87\mu\text{g}/\text{m}^3$, des résultats similaires à ceux d'une station proche du trafic boulevard Victor Hugo à Nantes[78].

À Trignac, une campagne de mesures conjointes en proximité du trafic automobile boulevard Léon Blum comparé à la rue Mendes France au Mans menée sur l'année 2010 par Air Pays de la Loire a retrouvé des taux de dioxyde d'azote, de monoxyde d'azote et de PM_{10} globalement inférieurs à ceux mesurés dans le centre-ville du Mans[79].

En 2014, des mesures ont été menées sur la rue du stade à Donges[80]. Elles retrouvent des taux de dioxyde d'azote et de PM_{10} légèrement plus élevées à Donges qu'à Saint-Nazaire (station Léon Blum), mais moins élevées qu'à Nantes, sans pic important. Les concentrations en monoxyde de carbone sont également plus faibles à Donges qu'à Nantes.

En 2019, Air Pays de la Loire a mené une campagne de mesure de quatre semaines en février-mars et de deux semaines en juin dans les cours de 2 écoles du quartier de Méan Penhouët à l'Est de Saint-Nazaire[81]. Les concentrations horaires mesurées de PM_{10} étaient comparables avec la station Léon Blum à Saint-Nazaire : autour de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des pics de pollution horaire allant jusqu'à $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ par vent de Nord/Nord-Est (c'est-à-dire quand les écoles étaient sous l'influence de la zone industrialo-portuaire). Les concentrations de dioxyde d'azote étaient plus élevées au niveau des cours d'école que dans les stations urbaines de Saint-Nazaire (11 vs $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver, 6 vs $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été), avec des élévations probablement en lien avec les activités industrielles. Les valeurs plus hautes hivernales sont en lien avec l'utilisation de chauffage par les particuliers.

À Saint-Nazaire, les quartiers touchés par des pics de pollution très élevés aux PM_{10} , liés notamment au déchargement de grains, sont des quartiers résidentiels assez denses ; le centre commercial du Ruban bleu, adjacent au théâtre, compte environ 3 millions de passage par an et le quartier culturel (théâtre, musée, cinéma...) 1 million de fréquentations[7].

L'entreprise Yara, qui d'après les estimations de Ginger Burgeap est le plus gros émetteur de particules fines de la zone industrialo-portuaire, est à l'origine d'environ 200 tonnes de poussières et particules fines par an. Cette pollution est source d'une inquiétude toute particulière des riverains motivant ainsi de nombreux recours judiciaires[82].

Une première étude menée en 2008 sur les niveaux de poussière dans l'environnement de cette usine a montré des taux de particules fines supplémentaires imputables à Yara de $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'environnement immédiat du site et de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le centre-ville de Donges lors d'une vingtaine de pics en 3 mois, ayant duré chacun de 3 à 4h[83]. Les valeurs moyennes de particules fines totales sur ces sites étaient sensiblement similaires à celles des sites urbains de la région (cimetière de la Bouteillerie à Nantes et Beaux-Arts à Angers), autour de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En 2016, une nouvelle campagne de mesures a mis en évidence des taux moyens de PM_{10} sur les zones habitées les plus proches de Yara similaires aux sites urbains (environ $20\mu g/m^3$ à la Camée comme à Nantes, $16\mu g/m^3$ dans le centre de Donges et à Saint-Nazaire ; $PM_{2.5}$ à environ $10\mu g/m^3$ en moyenne à La Camée, Saint-Nazaire et Donges, 15 à Nantes ; figure 4.4)[19]. Cependant, on retrouve des maximums horaires journaliers beaucoup plus hauts dans le site proche de Yara à la Camée, avec 11 dépassements du seuil de $50\mu g/m^3$ en 5 mois, dont un pic à 230 et un à $100\mu g/m^3$. Air Pays de la Loire précise dans son rapport que les températures douces de l'année 2016 pourraient contribuer à un niveau de pollution aux particules fines plus bas que les valeurs habituelles. Les analyses des poussières retrouvées conduisent à mettre en cause des émetteurs divers et pas seulement l'entreprise Yara, notamment : les zones de stockage de charbon, de sable et granulats, les activités de manutention de produits en grains ou poudre au niveau du terminal multivrac à Montoir-de-Bretagne, la carrière des Six-Croix à Donges, les activités de cimenterie, la combustion dans les nombreuses industries alentours et les embruns marins par vents forts de sud-ouest.

La dernière campagne d'Air Pays de la Loire autour de Yara date de 2021 avec des mesures qui ont été réalisées sur l'année entière (Figure 4.4)[84]. Au niveau du site de la Camée, les taux de particules fines sont influencées par Yara principalement lorsque les vents viennent du Sud, entraînant sur ces journées des surconcentrations de $9,2$ à $14,3\mu g/m^3$ en PM_{10} et de 4 à $14\mu g/m^3$ pour les $PM_{2.5}$ par rapport aux stations alentours. Ainsi, une quinzaine de pics horaires de particules fines sont retrouvés à la Camée ou au Plessis hors contexte de pollution généralisée (pas de pic à Nantes sur la même période), dont un atteignant les $210\mu g/m^3$ de PM_{10} .



FIGURE 4.4 – Position des différentes stations d'enregistrement d'Air Pays de la Loire par rapport à Yara. *Source : Air Pays de la Loire[83]*

Des mesures ont parfois été réalisées au sein même des entreprises : ainsi, les mesures de particules fines dépassent régulièrement les $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'après les relevés d'OTCM (terminal charbonnier de Montoir-de-Bretagne) effectués depuis 2011. Le seuil des $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ était régulièrement franchi par Sea Invest (terminal alimentaire avec notamment du vrac sec) dans les années 1990, avec moins de dépassements sur les valeurs récentes[67]. Les autres entreprises menant des campagnes de surveillance de poussières (CETRA granulats, CHARIER CM, COLAS, EQIOM KERCIM, IMERYS et les Sablières de l'Atlantique) ont mesuré les retombées de poussières totales et non les concentrations dans l'air ambiant.

Carcinogénicité des pics de particules fines et du dioxyde d'azote par rapport à l'exposition continue

Sur les 121 articles retrouvés lors de notre recherche par mots-clés sur l'impact des pics de pollution sur le risque de cancer, nous en avons sélectionné 4 qui étaient pertinents pour notre question de recherche[85, 86, 87, 88]. Seules deux études se sont intéressées à l'impact de pics de pollution atmosphérique sur le risque de cancer :

1. Une étude cas-témoin nichée dans une cohorte pédiatrique, réalisée en Suède dans les années 1990, ayant inclus 127000 enfants dont 142 cas de cancers pédiatriques[85]. Cette étude a trouvé une association entre le risque de survenue de cancers chez l'enfant et le 99ème percentile de pollution horaire au NO_2 sur l'année (ce qui correspond à l'intensité des pics) au domicile. Le surrisque était particulièrement important pour des pics supérieurs à $80\mu\text{g}/\text{m}^3$. Un surrisque était notamment constaté pour les leucémies et les tumeurs du système nerveux central, de manière non significative eu égard aux petits effectifs.
2. Une courte communication d'une équipe chinoise, datant de 2015, retrouvait après ajustement une association entre cancers de la prostate et pics de $\text{PM}_{2.5}$, mais pas avec la moyenne annuelle[86]. Cependant cette étude semble présenter un risque de biais important. Tout d'abord, l'effectif de l'étude n'est pas précisé. D'autre part, l'association n'a été retrouvée que pour la mortalité et pas l'incidence, et sur une seule des deux périodes de mesure considérées. Enfin, la pollution atmosphérique n'est pas considérée actuellement comme un facteur de risque de cancer de la prostate par le CIRC.

Ces études ne permettent pas de tirer des conclusions quant à la cancérogénicité des pics de particules fines par rapport à l'exposition continue, d'une part du fait de leurs faibles effectifs, de l'absence de réplication et ainsi que le peu d'information et les faiblesses méthodologiques sur la deuxième étude. Par ailleurs, elles ne concernent pas les localisations de cancer en surincidence sur la CARENE.

Par ailleurs, nous avons identifié deux revues qui proposaient des modèles théoriques de

l'impact des pics de pollution[87, 88]. Ces modèles reposaient notamment sur l'hypothèse selon laquelle plusieurs mutations seraient nécessaires à la carcinogenèse, et que ces mutations sont d'autant plus probables lorsque l'exposition à un produit est importante à un temps donné. Dans ces modèles, une exposition aiguë à de grandes quantités de carcinogènes serait plus à risque qu'une petite exposition continue ; cet effet serait d'autant plus important dans les premières années de vie de l'individu. Ces données ont été confirmées par certains modèles animaux, avec cependant une très forte variabilité selon les cancérigènes considérés. Néanmoins, les auteurs soulignent qu'il est difficile d'estimer le rôle des pics par rapport à l'exposition continue dans la carcinogenèse chez l'homme, notamment dans les études portant sur les expositions professionnelles en raison du temps d'exposition très variable (de quelques minutes à quelques jours) selon les études, des difficultés à mesurer l'intensité des expositions accidentelles, et à recenser le nombre de pics lors du recueil des données. Par ailleurs, il est difficile de déterminer l'exposition de la population aux pics : en effet, les mesures sont généralement faites sur l'air extérieur, mais l'air intérieur peut être encore plus pollué[81].

Les employés des entreprises émettrices de particules fines et de dioxyde d'azote sont probablement exposés à des pics de pollution bien plus haut que les riverains. L'étude SUMER (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) de 2003 indiquait que les expositions au gaz d'échappement moteur, notamment diesel, faisaient partie des expositions professionnelles très mal contrôlées, et il est probable que l'exposition aux particules fines et au dioxyde d'azote le soit tout autant[89].

En résumé :

- Les niveaux de pollution en particules fines moyennés sur l'année restent globalement similaires voire inférieurs dans la CARENE par rapport aux autres sites urbains des Pays de la Loire.
- Cependant des pics journaliers ou horaires importants sont constatés spécifiquement sur cette zone, en lien avec l'activité industrielle et portuaire.
- Un nombre important d'habitants, travailleurs de la CARENE et de visiteurs sont potentiellement exposés à ces pics.
- Le risque cancérigène de ces pics est incertain en l'état actuel des connaissances scientifiques.

4.1.3 Dioxyde de soufre

Carcinogénicité du dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre a des effets connus au niveau respiratoire (exacerbation des affections respiratoires préexistantes, notamment asthme et peut-être BPCO) et possiblement sur la mortalité cardiovasculaire[90]. Par ailleurs, le dioxyde de soufre est classé dans le

groupe 3 (incertain) du CIRC[71]. Un rôle dans la survenue du cancer broncho-pulmonaire est suspecté. Il est globalement difficile de différencier l'implication du dioxyde de soufre et des autres composés dans les études, étant donné les sources d'émissions communes hors contexte industriel. En 2021 l'OMS a relevé son seuil de référence de 20 à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, restant largement en-dessous de la norme française de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 4.3)[72].

Production anthropique

Le dioxyde de soufre SO_2 provient de la combinaison des impuretés soufrées interagissant avec l'oxygène de l'air, particulièrement lors du raffinage du pétrole, de la combustion industrielle du charbon, mais aussi du chauffage des particuliers. Il s'oxyde au contact de l'air pour donner des ions sulfates et de l'acide sulfurique.

D'après Air Pays de la Loire, en 2022, la zone englobant la raffinerie Total à Donges, le terminal méthanier à Montoir-de-Bretagne et la centrale à charbon de Cordemais était à l'origine de 83% des émissions de la région[75]. Sur la zone d'étude de Ginger Burgeap (Saint-Nazaire, Pornichet, Trignac, Donges, Montoir-de-Bretagne), entre 2019 et 2021, d'après Basemis complétée par les déclarations d'entreprises, les émissions de dioxyde de soufre sont de 4506 tonnes par an, la raffinerie Total à Donges étant à l'origine à elle seule de 84% de ces émissions[67]. Dans la modélisation qui a été réalisée pour la phase 2 de l'étude de zone, la centrale à charbon de Cordemais n'est pas prise en compte car il a été supposé que les polluants ne diffusaient pas de Cordemais jusque dans la CARENE ; cette hypothèse s'appuie sur des relevés de métaux lourds émis par la centrale à charbon, qui ne sont plus retrouvés à 2 km de la centrale à charbon[91]. Cependant, nous n'avons pas de données sur la distance que peuvent parcourir des polluants plus volatiles comme le dioxyde de soufre.

Exposition au dioxyde de soufre dans la CARENE

Dans les modélisations réalisées en 2008 et 2010 par Air Pays de la Loire, les taux moyens de dioxyde de soufre ne dépassaient pas les 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y compris aux alentours de la raffinerie[63]. La modélisation réalisée par Ginger Burgeap et Numtech en 2021 retrouve une zone d'exposition étendue sur la zone sud de la CARENE, au plus proche du cours de la Loire, notamment influencée par le trafic maritime. La concentration moyenne annuelle la plus haute y est estimée à 41,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pour un objectif de qualité inférieur à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 4.3).

Les 7 stations fixes d'Air Pays de la Loire situées à Donges, Trignac et Montoir-de-Bretagne se trouvent dans la zone d'influence de la raffinerie de Donges, des escales des navires pétroliers et gaziers accostant à Donges et Montoir, et possiblement de la centrale

Tableau 4.3 – Normes de qualité de l’air en vigueur en 2023 en France (synthèse entre les normes européennes et françaises). *Source : site du Ministère de l’écologie, <https://www.ecologie.gouv.fr>[74].*

	Objectif de qualité ou valeur cible	Seuil d’information et de recommandation	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	Seuil d’alerte
SO ₂ <i>Moyenne horaire</i> <i>Moyenne horaire plus de 3h de suite</i> <i>Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24h par an</i> <i>Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an</i> <i>Moyenne annuelle</i>		300µg/m ³	350µg/m ³ 125µg/m ³	500µg/m ³
Benzène C ₆ H ₆ <i>Moyenne annuelle</i>	2µg/m ³		5µg/m ³	
Benzo(a)pyrène <i>Moyenne horaire de la fraction totale de PM₁₀</i>			1ng/m ³	
Plomb <i>Moyenne annuelle</i>	0,25µg/m ³		0,5µg/m ³	
Arsenic <i>Moyenne horaire de la fraction totale de PM₁₀</i>			6ng/m ³	
Cadmium <i>Moyenne horaire de la fraction totale de PM₁₀</i>			5ng/m ³	
Nickel <i>Moyenne horaire de la fraction totale de PM₁₀</i>			20ng/m ³	

thermique de Cordemais (Figure 4.1). Une campagne ponctuelle a également été menée rue du stade à Donges en 2014[80].

Les mesures de terrain montrent globalement une amélioration de la situation au cours des deux dernières décennies. En 2003, une quarantaine de jours de dépassement des seuils d'information à $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 en moyenne journalière étaient mesurés sur les stations de la zone industrielle. Les valeurs horaires maximales pouvaient atteindre les $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la fin des années 1990 et au début des années 2000[62].

Suite à des travaux d'amélioration de la raffinerie de Donges et de la centrale de Cordemais entre 2010 et 2012, le seuil d'information a été dépassé moins de trois jours par an sur les dix dernières années, et les pics horaires sont désormais plutôt autour des 100 à $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la zone industrielle[75]. Les hivers plus doux ont également fait baisser les émissions liées aux chauffages des particuliers.

En 2019, Air Pays de la Loire a également réalisé une campagne de mesures ciblées dans les cours de 2 écoles du quartier de Méan Penhouët à Saint-Nazaire[81]. Les concentrations de dioxyde de soufre étaient globalement faibles, avec néanmoins deux pics à $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ (période hivernale) et $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ (période estivale), probablement en lien avec la raffinerie de Donges.

4.1.4 Benzène et ses dérivés, hydrocarbures aromatiques polycycliques

Effets sur la santé humaine des BTEX et des HAP

Le benzène est classé cancérigène certain (CIRC 1) pour la leucémie aigue myéloïde et les leucémies aigues non lymphocytaires de l'adulte[92]. Il est classé "probablement cancérigène" (CIRC 2A) pour le cancer du poumon, la leucémie myéloïde aigue de l'enfant et plusieurs hémopathies chez l'adulte (leucémie myéloïde chronique, leucémie lymphoïde chronique, myélome multiple, LNH).

Plusieurs hémopathies (dont la leucémie aigue myéloblastique et lymphoblastique) survenant suite à l'exposition professionnelle au benzène sont éligibles à une déclaration en maladie professionnelle au titre du tableau 4 du régime général [93].

Dans la littérature, les niveaux d'exposition ayant un impact hématologique (cytopénies notamment) et carcinologiques sont très élevées, de l'ordre de $100\text{mg}/\text{m}^3$ le plus souvent, dans le cadre d'expositions professionnelles[92]. Néanmoins, dans son guide sur la pollution intérieure, l'OMS considère qu'il n'y a pas de seuil en-dessous duquel le benzène pourrait être considéré comme non-toxique[94]. Par ailleurs, le risque de toxicité lié à l'inhalation de benzène serait le même que l'exposition ait lieu à l'intérieur ou à l'extérieur (les concentrations intérieures étant généralement plus élevées que celles de l'air extérieur en raison de l'infiltration du benzène présent dans l'air extérieur et de l'existence de nombreuses autres sources intérieures). Il n'y a donc aucune raison pour que les recommandations pour l'air intérieur diffèrent de celles pour l'air extérieur.

Les études sur l'exposition professionnelle ne retrouvent pas d'association plus marquée pour le risque de cancers avec les pics de benzène qu'avec l'exposition continue cumulée[88]. Cependant, la définition des pics reste incertaine et ne correspond pas forcément au contexte d'exposition des riverains de la raffinerie.

Le styrène, une molécule proche du benzène, est classé « probablement cancérigène » (CIRC 2A), avec un probable surrisque de leucémie, lymphome et myélome multiple. Parmi les autres molécules proches du benzène, l'éthylbenzène et le cumène sont classés « peut-être cancérigènes » (CIRC 2B) ; le toluène, est classé « incertain » (CIRC 3) mais certains de ses dérivés, notamment les toluènes alpha-chlorés et le 2-nitrotoluène, sont classés CIRC 2A.

Parmi les HAP, le benzo[a]pyrène est également classé 1 par le CIRC pour le poumon, la vessie et la peau (hors mélanome), sur la base d'études convergentes en milieu professionnel et d'études chez l'animal[95]. Néanmoins, dans le cadre professionnel, il est difficile de faire la différence entre l'exposition au benzo[a]pyrène et aux autres composés cancérigènes, notamment le benzène et les autres HAP. Trois composés sont classés CIRC 2A (le cyclopenta[c,d]pyrène, le dibenzo[a,h]anthracène et le dibenzo[a,l]pyrène), 11 autres CIRC 2B⁷ et de nombreux autres CIRC 3⁸, pour les mêmes localisations[96].

Le CIRC considère que les travailleurs de différents secteurs industriels impliquant une exposition aux HAP présentent un surrisque de cancer cutané, pulmonaire et vésical (Tableau 4.4)[96].

En France, l'étude Sicapro, réalisée à partir des données 2010-2014 des registres des tumeurs du Doubs/Belfort et de Lille et de la Caisse Nationale d'Assurance Vieillesse avec 39208 cas de cancers analysés, retrouvait un risque accru pour les cancers du poumon pour la "production et la distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné" (OR=1,82 (1,1-3,0))[38]. Après prise en compte du tabagisme, aucun surrisque n'a été observé.

Plusieurs tableaux de maladies professionnelles se rapportent à des produits incluant des HAP⁹. Il s'agit des tableaux 16 bis et 36 bis du Régime général. Le 16 bis permet la reconnaissance pour certains travaux exposant à la houille et au charbon du cancer broncho-pulmonaire, des cancers cutanés, et des tumeurs des voies urinaires, sous réserve d'une expo-

7. Anthracène, benzo[a]anthracène, benzo[e]pyrène, dibenzo[a,f]pyrène, dibenzo[a,h]pyrène, benzo[b]fluoranthène, Benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, chrysène, indéno[1,2,3-cd]pyrène, naphthalène

8. Pyrène, dibenzo[e,l]pyrène, dibenzo[a,e]pyrène, benzo[e]pyrène, naphtho[2,3-e]pyrène, acepyrène(3,4-dihydrocyclopenta[cd]pyrène, 7-Nitrobenz[a]anthracène, dibenz[a,c]anthracène, dibenz[a,j]anthracène, 9-nitroanthracène, 5,6-cyclopenteno-1,2-benzanthracène, fluoranthène, benzo[a]fluoranthène, benzo[ghi]fluoranthène, naphtho[2,1-a]fluoranthène, naphtho[1,2-b]fluoranthène, 3-méthylfluoranthène, 2-méthylfluoranthène, dibenzo[a,e]fluoranthène, 3-nitrofluoranthène...

9. Ces tableaux, dont le premier a été créé en 1919, ont progressivement été enrichis par l'INRS (Institut National de Recherche et Statistiques), à partir des données de la littérature scientifique.

Tableau 4.4 – Activités professionnelles exposées aux HAP et risque de cancer d’après le CIRC[96].

Produits et secteurs d’activité	CIRC	Preuves suffisantes chez l’Homme	Preuves insuffisantes chez l’Homme
Goudron et brai de houille	1	Poumon, cancer cutané	Vessie
Suies	1	Poumon, cancer cutané	Vessie
Cokerie	1	Poumon	
Fabrication d’aluminium	1	Poumon, vessie	
Gazéification du charbon	1	Poumon	
Fonderie de fer et d’acier	1	Poumon	
Emissions diesel	1	Poumon	Vessie
Créosote	2A		Poumon
Raffinage du pétrole	2A		Cancer cutané, leucémie
Extrait noir de charbon	2B		
Emissions d’essence	2B		

sition de 10 ans. Le tableau 36 bis fournit quant à lui, la liste limitative des travaux liés aux dérivés du pétrole susceptibles de provoquer le cancer cutané sous réserve d’une exposition minimale de 10 ans[93].

Production anthropique

Les composés organiques non méthaniques (COVNM) les plus connus sont le benzène et ses dérivés (toluène, éthylbenzène et xylène) souvent regroupés sous l’appellation ”BTEX” ainsi que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), qui représentent une grande famille de composés organiques.

Les BTEX sont des composés présents dans les carburants, les solvants et certains composés de l’industrie chimique. Ils sont volatiles et peuvent se diffuser dans l’atmosphère. Les HAP provenant de la combustion incomplète de la matière organique (charbon, bois, carburant automobile...) à haute température, d’origine domestique et industrielle (production industrielle, production d’énergie *via* les centrales électriques fonctionnant au pétrole ou au charbon, incinérateurs...).

Les industries émettant les quantités les plus importantes d’HAP sont caractérisées par des procédés utilisant des produits dérivés de la houille (goudron et brai de houille) : cokeries produisant du coke à partir de distillation de la houille, sidérurgie par l’utilisation du coke, production d’électrodes en carbone à partir du brai, électrolyse de l’aluminium et production

de silicium principalement par l'utilisation d'électrodes composées de brai de houille, mais également de pâte de brai nécessaire à la réfection des fours, aciérie.

Des HAP sont en outre très présents dans la fumée de tabac, avec une inhalation de l'ordre de 100ng/jour chez les personnes fumeuses. Les HAP peuvent également être ingérés dans l'eau de boisson et l'alimentation, notamment les céréales, les produits de la mer et leurs dérivés. Le fumage, le rotissage, les grillades augmentent le taux de HAP dans les aliments.

Estimation des émissions de BTEX et d'HAP dans la CARENE

Sur la zone d'étude de Ginger Burgeap, en 2021, les émissions de benzène annuelles ramenées au nombre d'habitants sont plus de trois fois plus élevées que dans les Pays de la Loire et la France métropolitaine (tableau 4.2).

En 2008, les émissions par la raffinerie Total de Donges de COVNM (dont les HAP et les BTEX) sont estimées à 1390 tonnes/an par Air Pays de la Loire[97]. La raffinerie estimait en 2008 ses émissions de benzène à 11,7 tonnes/an, et jusqu'à 17 tonnes en 2006 avant ses derniers travaux visant à limiter les rejets[97]. En 2021, les estimations de Ginger Burgeap concernant les émissions de benzène de Total n'étaient plus que de 8431kg/an, soient 18% des émissions de sa zone d'étude (Saint-Nazaire, Donges, Trignac, Montoir-de-Bretagne, Pornichet), le reste émanant du reste du secteur industriel, des transports ou du secteur résidentiel[67]. Les estimations de Ginger Burgeap sur sa zone d'étude concernant les émissions de benzène, de ses dérivés et des HAP sont résumées dans le tableau 4.5.

Tableau 4.5 – Émissions de BTEX et d'HAP d'après le rapport de Ginger Burgeap sur sa zone d'étude en 2021[67]

BTEX (kg/an)		HAP (kg/an)	
Benzène	45890	Styrène	1914,9
Toluène	30367	Fluoranthène	82,4
Ethylbenzène	2525,7	Benzo(a)anthracène	8,7
Xylène	80331	Benzo(ghi)pérylène	5,3
		Benzo(b)fluoranthène	7,1
		Benzo(k)fluoranthène	5,3
		Benzo(a)pyrène	6,1
		Indéno(1,2,3-cd)pyrène	4,9
		Naphtalène	2,6
		Cumène	1,5
		Dibenzo(a,h)anthracène	1

Expositions aux BTEX et HAP dans la CARENE

Depuis 2005, Air Pays de la Loire réalise annuellement des campagnes de surveillance du benzène dans l’environnement de la raffinerie Total de Donges. D’abord réalisées sur des périodes d’une semaine, les mesures de benzène, sont, à partir de 2008, réalisées sur quatre périodes de trois semaines[97]. À partir de 2021, des mesures des COV ont également été réalisées.

En 2022, la campagne d’Air Pays de la Loire a permis d’étudier les concentrations de COV et du benzène autour de la raffinerie sur 2 sites, la Megretais et la gare SNCF, située dans l’enceinte de la raffinerie [98]. En concordance avec les relevés précédents, le site de la gare SNCF avait les concentrations horaires moyennes en benzène les plus importantes ($2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en avril et $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en novembre contre respectivement $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la Megretais). On observe donc une décroissance rapide avec l’éloignement de la raffinerie, l’influence de celle-ci sur la concentration de benzène s’observant jusqu’à 300 mètres environ d’après les estimations d’Air Pays de la Loire. La concentration horaire moyenne de COVNM de la Gare SNCF ($227 \mu\text{g}$ équivalent Carbone/ m^3) est nettement supérieure à celle de la Megretais ($18 \mu\text{g}$ éq. C/ m^3), avec des maximums à $900 \mu\text{g}$ éq. C/ m^3 en novembre.

En 2022, les maximums horaires de benzène mesurés par Air Pays de la Loire sont à $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la gare sur la période automnale. Ces pics sont nettement plus bas que sur les premières années de mesures, avec en 2008 des taux horaires maximum de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (contre $9,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rue Victor Hugo à Nantes sur la même période) et jusqu’à $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2006. A proximité d’autres raffineries comme celle de Feyzin (Rhône), des taux horaires pouvant atteindre les $239 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avaient été relevés (données gouvernementales citées par Air Pays de la Loire).

Les taux de benzène atmosphériques modélisés par Ginger Burgeap et la société Numtech restent relativement faibles dans les zones résidentielles[67]. Néanmoins, on note sur certaines zone de la raffinerie une concentration moyenne de benzène de $32.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit 6 fois la valeur limite pour la protection de la santé humaine (Tableau 4.3). Cela représente une exposition importante pour les employés de la raffinerie, y compris à des postes non directement exposés comme l’administration. Une autre zone d’exposition était la zone de Saint-Nazaire la plus proche du trafic maritime, à la base du pont, avec des concentrations moyennes annuelles modélisées entre 1 et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les autres BTEX et HAP modélisés présentent des concentrations moyennes annuelles maximales sur la zone de la CARENE plus basses que leurs valeurs réglementaires.

Les estimations de Ginger Burgeap ne représentent que des émissions de fond et ne tiennent pas compte des rejets accidentels plus importants. Or, d’après la base de donnée de l’ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), 25 accidents ont été recensés à la raffinerie de Donges entre 2015 et 2019, dont 13 impliquant des fuites de produits et

trois incendies[99].

Lors du dernier incident majeur (une fuite sur un des bacs de stockage) survenue le 21/12/2022, Air Pays de la Loire a pu faire des mesures pour quantifier l'impact au niveau de la ville de Donges (Figure 4.5)[100]. Les sites d'enregistrement ont été plus ou moins touchés en fonction du sens des vents. Au cours de la nuit qui a suivi l'incident, le site situé au niveau de la mairie à Donges a enregistré des taux de toluène, benzène, xylène et éthylbenzène respectivement de 2400, 750, 600 et 150µg/m³. Trente-neuf composés en tout ont été détectés sur ce premier enregistrement.

Vingt-quatre heures après l'accident et le début des mesures pour pomper le carburant qui s'était déversé dans la cuvette de rétention, les concentrations des composés restaient



N°Site	Adresse
AIRPL-1	La Poste (rue Halgand) DONGES
AIRPL-2	Centre culturel Espace Renaissance (rue Laennec / rue Boulay Paty, DONGES)
AIRPL-3	Ecole primaire Saint Joseph, DONGES
AIRPL-4	Air de jeux , rue du stade, DONGES
AIRPL-5	Croisement rue de Châteaubriant et rue Pasteur, DONGES
AIRPL-6	Rue Le Larron (Hélandière)
AIRPL-7- Remorque	Stade municipal, rue du stade, DONGES
SDIS-1	Route de la Hélandière, Donges
SDIS-2	Mairie de Donges
SDIS-3	Rue du stade Donges

FIGURE 4.5 – Carte des points de mesures réalisées par Air Pays de la Loire en décembre 2022 suite à la fuite sur la raffinerie Total de Donges. *Source : Air Pays de la Loire[100].*

élevées dans le centre-ville de Donges (toluène 2700 µg/m³, benzène 500µg/m³, éthylbenzène 250µg/m³, xylène 1000µg/m³)[101]. Les concentrations sont restées assez élevées jusqu'à fin décembre dans le centre-ville, avec une baisse rapide des concentrations à partir du 1er janvier, après résolution de l'incident[102]. Ces données soulèvent la question de l'impact potentiel de ce type d'accident sur la santé des populations.

Expositions professionnelles aux BTEX et aux HAP dans la CARENE

En 2018, parmi les 42203 employés suivis par le GIST pour lesquels les données sont exploitables, 144 salariés (dont 95% d'hommes) avaient une exposition déclarée au benzène, soit 0,34%[68]. En comparaison, 0,2% des salariés de l'étude SUMER de 2017, à l'échelle nationale, présentaient une telle exposition[103]¹⁰. Les secteurs d'activité concernés sont l'industrie pétrochimique, l'industrie chimique, la parfumerie, l'industrie électronique, les garages automobiles, les postes exposés au trafic routier, et notamment les travailleurs des autoroutes. Les données issues du rapport du GIST sont potentiellement sous-estimées par rapport aux résultats qui seraient obtenus avec l'enquête plus approfondie de Sumer, d'une part car les tableaux remplis sont moins précis, et d'autre part car tous les salariés de la zone ne sont pas vus annuellement et que seuls les risques de ceux vus ont été consignés dans le rapport annuel.

Une exposition à différents HAP (goudrons de houille, huile de houille, braies de houille ou suies de combustion du charbon) est rapportée pour 472 salariés suivis, dont 91% d'hommes. Cela représente 1,3% de l'ensemble des salariés contre 0.2% des salariés dans l'étude SUMER. Il n'est pas précisé dans le rapport du GIST si le champs d'action du GIST dans la zone de Saint-Nazaire s'étend jusqu'à Cordemais, avec notamment l'exposition des employés de la centrale à charbon.

L'entretien avec le Dr François-Xavier Gourlay, médecin du travail chez Total, apporte quelques éléments supplémentaires sur le suivi des employés exposés :

- Une métrologie atmosphérique est réalisée une fois par an sur tous les postes exposés au benzène. Tous les salariés considérés comme exposés sont rattachés à un groupe homogène d'exposition (cela ne concerne pas les personnes travaillant dans les bureaux par exemple).
- Des capteurs de benzène sont distribués aux employés.
- Une biométrie est régulièrement réalisée sur bilan sanguin ou urinaire pour les

10. Les études SUMER (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) sont des études menées par la DARES (Direction de l'Animation de la Recherche, des Études et des Statistiques) tous les 7 ans environ (1987, 1994, 2003, 2010, 2017) sur un échantillon de salariés du privé et du public choisis aléatoirement en France (26494 répondants en 2017), visant à recenser les expositions professionnelles à un certain nombre de substances. Pour chaque salarié vu, les médecins du travail remplissent des questionnaires standardisés dont le but est d'être aussi exhaustifs que possible.

employés de Total et des sous-traitants, avec des mesures du benzène, du toluène, des HAP ou de leurs marqueurs sanguins ou urinaires.

- Des mesures supplémentaires sont prises en cas d'exposition accidentelle.
- Un traçage pour suivi post-exposition et reconnaissance en maladie professionnelle est réalisé le cas échéant.

Le suivi est globalement bien accepté par les employés, hormis certaines craintes liées à un contrôle de THC (Tétrahydrocannabinol, composé du cannabis) urinaire par exemple. Les taux de positivité aux BTEX et à leurs dérivés sanguins et urinaires ont diminué ces dernières années pour les employés exposés dans le cadre d'opérations programmées, en raison d'une meilleure acceptation du port de protection individuelle et à la robotisation de certaines tâches, comme pour le nettoyage des cuves. Cependant, des accidents d'exposition continuent de se produire en cas d'événements imprévisibles, les employés n'ayant pas toujours le temps de mettre leur matériel de protection avant d'intervenir.

4.1.5 Composés aliphatiques

Carcinogénicité des composés aliphatiques

Les composés aliphatiques sont des hydrocarbures (c'est à dire des chaines de carbone appartenant aux COVNM) non cycliques (à la différence des composés aromatiques type HAP évoqués ci-dessus). Les composés aliphatiques peuvent être saturés -les alcanes- ou insaturés - comme les alcènes (propylène, butylène..) et les alcynes (acétylène...).

La distillation du pétrole va permettre l'obtention :

- d'huiles minérales, quasi-exclusivement composées d'aliphatiques de type alcane de 15 à 40 atomes de carbone ;
- de fuel lourd, contenant des HAP, des cycloalcanes et des alcanes avec des chaines de plus de 16 carbones en général ;
- d'essence, contenant des HAP, des cycloalcanes, des alcènes et des alcanes avec des chaines de moins de 16 carbones ;
- de gazole, contenant principalement des HAP et des alcanes avec des chaines de moins de 16 carbones.

Les huiles minérales peu ou non raffinées sont classées CIRC 1 pour les carcinomes cutanés. Les fuels lourds sont classés CIRC 2B. Les produits obtenus après distillation (essence et gazole), plus légers, sont en classe 3 [96].

Parmi les aliphatiques de petite taille, les composés comme le 1,3 butadiène peuvent être émis lors de la production de polymères et d'élastomères (dont le nylon) et de l'utilisation de carburants par les moteurs. Une exposition secondaire (c'est-à-dire survenant après la

production du produit) au 1,3-butadiène peut être due à la manufacture de produits en plastiques et caoutchouc et à la manipulation ou l'utilisation de Gaz de pétrole liquéfié (GPL)[104]. Le 1,3-butadiène est classé CIRC 1 pour les leucémies, les lymphomes et le myélome multiple.

Production et exposition à des dérivés aliphatiques dans la CARENE

Selon Ginger Burgeap, chaque année, 52300 kg de composés aliphatiques avec plus de 16 carbones et 7700kg/an de composés aliphatiques entre 9 et 16 carbones seraient émis dans sa zone d'étude[67]. Cette estimation correspond aux consommations de carburant de STX, Airbus, Man Energy, IDEA, GERB et Ouest Coating mais ne semble pas inclure les émissions de la raffinerie Total. Les composés aliphatiques C6-C7¹¹ correspondent à la fraction la plus importante parmi les COVNM retrouvés jusque dans le centre ville de Donges, sous l'influence de la raffinerie[98]. Lors de la fuite survenue à la raffinerie Total en décembre 2022, les concentrations de butane mesurées par Air Pays de la Loire atteignaient les 5500 µg/m³ et les concentrations de 4 autres aliphatiques approchaient les 3000µg/m³ dans le centre-ville de Donges[100].

Selon le rapport du GIST44, une exposition à certains dérivés du pétrole éligibles à la reconnaissance en maladie professionnelle ("huiles minérales peu ou non raffinées et huiles minérales régénérées utilisées dans les opérations d'usinage et de traitement des métaux, extraits aromatiques, résidus de craquage, huile moteur usagées ainsi que suies de combustion des produits pétroliers") est consignée chez 59 employés sur 36880, tous de sexe masculin[68]. Il est à noter que 4 des 13 praticiens du GIST de l'époque n'avaient pas rempli de tableaux permettant d'avoir cette information pour les patients qu'ils suivaient. Une exposition aux "huiles et graisse d'origine minérale ou de synthèse" est également rapportée chez 134 travailleurs (dont 97% d'hommes).

D'après le rapport de Ginger Burgeap, les émissions de 1,3 butadiène seraient principalement liées au transport routier et représenteraient 919,6 kg/an dans la CARENE. Seuls 2 employés sur 36880 sont considérés comme concernés dans l'estimation du GIST. Lors de l'entretien avec le médecin du travail de Total, celui-ci a indiqué que ce composé pouvait être produit dans l'unité d'alkylation pour la fabrication du SP95 et 98, mais que la réaction était réalisée en vase clos, avec un risque quasi nul d'exposition pour les salariés d'après des études menées il y a une dizaine d'années.

11. Composés à 6 ou 7 carbones. Les composés aliphatiques sont souvent regroupés selon leur nombre de carbones pour des raisons techniques de mesures.

4.1.6 Amines

Les amines sont des composés organiques utilisés dans l'industrie des matières plastiques (catalyseurs, durcisseurs), du caoutchouc, des textiles, du cuir ainsi que dans la fonderie, la métallurgie (huiles, lubrifiants, inhibiteur de corrosion), et l'industrie du pétrole[105]. Parmi elles, les amines aromatiques (notamment la 2-naphthylamine) sont des cancérigènes certains d'après le CIRC[96].

L'utilisation des amines aromatiques est en nette diminution en France, et dès 2003 leur usage apparaissait comme bien contrôlé[89].

En 2019-2021, Ginger Burgeap estime l'émission d'amines à 2,7kg/an dans la CARENE, en lien avec les activités de Ouest Coating (sous-traitant d'Airbus spécialisé dans le revêtement des surfaces métalliques)[67]. Les tableaux du GIST de Saint-Nazaire ne permettent pas de faire la différence entre les expositions aux différentes amines, mais on note que sur 36880 employés suivis (et *a priori* en bonne santé)[68] :

- 516, soit 1,3% sont notés comme susceptibles d'être exposés aux affections cutanées ou respiratoires provoquées par les amines aliphatiques, amines alicycliques, éthanolamines ou isophoronediamine. Il s'agit à 83% d'hommes ;
- pour 248 d'entre eux, soit 0,7% (91% d'hommes), le médecin du travail a noté qu'ils sont à risque de maladies professionnelles du fait de leur exposition aux résines époxydiques et leurs constituants (durcisseurs, adjuvants) : amines aromatiques, amines aliphatiques, anhydrides d'acides volatiles, azo-dicarbonamide.

4.1.7 Autres composés chimiques organiques

Dans la CARENE, un certain nombre de sous-traitants ont une activité de plasturgie (B plast industrie, Daher Aerospace, Thermoplast concept, Promens etc.), de textile industriel (ACS production, Daher aerospace etc.), de mécanique industrielle (Eiffage, Rabas, Besné mécanique de précision etc.) et de fabrication de vernis et peintures (Peintures Synthétiques modernes...). Cela implique des expositions à des composés organiques variés.

Le formaldéhyde¹² est utilisé dans l'industrie chimique, le travail du bois, la fonderie, la construction (et notamment l'industrie du ciment), le traitement des eaux etc.[106]. Le formaldéhyde est classé "carcinogène certain" (groupe 1) pour le cancer du nasopharynx, les leucémies aiguës non lymphocytaires et la leucémie myéloïde chronique. Il est considéré "probablement carcinogène" (groupe 2A) pour les cancers des cavités nasales et des sinus[96]. En 2018, l'ANSES a fixé une norme réglementaire pour l'air intérieur à 100µg/m³[107].

Selon le cabinet Ginger Burgeap, 8775 kilos de formaldéhyde par an seraient émis dans l'atmosphère dans la CARENE[67]. Concernant les expositions professionnelles individuelles,

12. Aussi appelé parfois aldéhyde formique ou méthanal

56 employés sur 36880 suivis par le GIST de Saint-Nazaire et pour lesquels ces données sont exploitables étaient déclarés exposés au formaldéhyde. Il s'agissait de femmes à 77%. Il n'est pas précisé dans ce rapport si ces expositions sont liées au domaine de la santé (laboratoire d'anatomopathologie par exemple) ou au travail dans l'industrie.

En 2012, Air Pays de la Loire a réalisé des mesures de formaldéhyde dans l'air intérieur de 3 écoles (école primaire Casanova à Donges, lycée Clémenceau à Nantes et école maternelle Molière à Cholet)[108]. Il n'y avait pas de différence entre les taux en formaldéhyde de l'air intérieur des différentes écoles. À Donges, les taux intérieurs étaient très supérieurs aux mesures en air extérieur ($63,9\mu\text{g}/\text{m}^3$ en intérieur et $1,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ en extérieur). Aucune donnée extérieure n'a été collectée pour les autres écoles). Ces résultats sont cohérents avec une exposition au formaldéhyde essentiellement dans l'air intérieur.

Le chlorure de vinyl est un composé à la base de la synthèse des polychlorures de vinyl (PVC), matériau plastique largement utilisé dans l'industrie. Le chlorure de vinyl est classé cancérigène certain (CIRC 1), avec un surrisque de cancer hépatique. Seuls 4 salariés étaient déclarés comme touchés d'après le rapport du GIST. Ginger Burgeap et Air Pays de la Loire n'ont pas réalisé d'estimation ni de mesures sur la CARENE de ce composé.

Le tétrachlorure de carbone est parfois encore employé dans l'industrie chimique, malgré une très forte restriction réglementaire de son usage depuis les années 1990, lié à son impact sur la couche d'ozone[109]. Il est classé "peut-être cancérigène" (CIRC 2B). Son exposition est notifiée chez 49 personnes suivies par le GIST (16% de femmes). Ginger Burgeap et Air Pays de la Loire n'ont pas réalisé d'estimation ni de mesures sur la CARENE de ce composé.

L'acétaldéhyde est utilisé comme intermédiaire en synthèse organique dans différentes industries : fabrication de colorants, synthèse du caoutchouc, industrie du parfum, les cosmétiques et l'industrie alimentaire[110]. L'acétaldéhyde est classé "peut-être cancérigène" (CIRC 2B). Selon Ginger Burgeap, 106,7 kg d'acétaldéhyde seraient émis chaque année dans la CARENE.

Les furanes sont utilisés comme précurseurs en chimie et sont classés "peut-être cancérigènes" (CIRC 2B), de même que l'alcool furfuryl. Ginger Burgeap estime leur émission dans la CARENE à 0,022kg/an. Cela semble peu au regard des 401 salariés sur 36880, soit 0,9% (dont 25% de femmes) touchés par une exposition à ses dérivés le furfural et l'alcool furfurylique d'après le GIST[68]. Il n'est pas précisé dans quel secteur travaille les personnes exposées, mais Ginger Burgeap note surtout des émissions en lien avec la raffinerie Total.

Le bisphénol A est utilisé comme précurseur dans l'industrie du plastique et des résines. L'éther diglycidique de bisphénol A est classé CIRC 3. Les émissions d'éther diglycidique du bisphénol A sont estimées à 119,4kg/an dans la zone d'étude de Ginger Burgeap.

Le 2-butoxyéthanol est un solvant, dont les émissions sont estimées à 13,5kg/an dans la CARENE par Ginger Burgeap. La gamma-butyrolactone est utilisée dans l'industrie comme solvant de peinture, époxyde ou vernis à ongles : ses émissions sont estimées à 31,6kg/an. Ces 2 composés sont classés cancérogènes incertains (CIRC 3). Les émissions de phénol, également classé CIRC 3, sont estimées à 2kg par an dans la zone d'étude de Ginger Burgeap[67].

4.1.8 Composés métalliques

Effet sur la santé humaine des métaux

De nombreux composés métalliques sont cancérogènes pour l'homme tel que l'arsenic, le nickel et le cadmium (Tableau 4.6)[111, 96]. Les tableaux des cancers liés aux métaux reconnus en maladies professionnelles sont synthétisés dans le tableau 4.7.

En France, les résultats publiés en 2018 du programme COSMOP (suivi par l'INSEE de la mortalité d'un échantillon au 1/100^{ème} de la population française, soit 654398 individus, sur la période 1976-2005) retrouvait une surmortalité par cancer pour les travailleurs des métaux (RR 1,16 (1,12-1,20)), avec un excès de mortalité notamment pour le cancer bronchopulmonaire et de la trachée (RR 1,22 (1,13-1,31)), du larynx (RR 1,25 (1,04-1,51)) et de la vessie (RR 1,27 (1,04-1,56))[112].

Production anthropique

Des métaux peuvent être mis en suspension par les activités humaines créant des particules fines dans l'air :

- le plomb est surtout lié au secteur du trafic routier (usure des plaquettes de frein) et aérien ;
- l'arsenic est émis par les fonderies, l'usure des plaquettes de frein et la combustion dans le secteur résidentiel ;
- le nickel est produit par le raffinage du pétrole, la production d'électricité et les stations d'enrobage routier ;
- le cadmium est lié aux raffineries et fonderies, à la combustion de produits pétroliers des secteurs résidentiels et routiers.

En plus de ces sources, dans la CARENE, la raffinerie Total de Donges et la pratique de la soudure dans de très nombreuses usines, notamment Airbus, les Chantiers de l'Atlantique et leurs sous-traitants sont à l'origine d'importants rejets métalliques. Bien que 90% soit capté par les torches et systèmes de filtration dans les entreprises effectuant des soudures, Ginger Burgeap a estimé que sur 2019-2021 plus de deux tonnes de métaux étaient émises dans l'air chaque année sur sa zone d'étude (Tableau 4.8)[67].

Tableau 4.6 – Classification des métaux en fonction de leur carcinogénicité d’après le CIRC[96].

Produits et secteurs d’activités	CIRC	Localisations avec des preuves suffisantes chez l’Homme	Autres localisations avec des preuves limitées chez l’Homme
Arsenic et composés inorganiques de l’arsenic	1	Poumon, peau, vessie	Prostate, rein, foie, canaux biliaires
Composés du nickel	1	Poumon, cavités nasales et sinus de la face	
Cadmium et composés du cadmium	1	Poumon	Prostate, rein
Béryllium et composés du béryllium	1	Poumon	
Fonderies de fer et d’acier	1	Poumon	
Composés du chrome (VI)	1	Poumon	Cavités nasales et sinus de la face
Dérivés inorganiques du plomb	2A		Estomac
Sels de cobalt (II)	2A		Poumon
Antimoine	2A		Poumon
Dioxyde de titane	2B		
Composés du chrome (hors VI)	3		
Mercure, selenium	3		
Manganèse, tungstène	Non classés		

Tableau 4.7 – Tableaux des cancers professionnels liés à l'exposition aux métaux reconnus en France[93]

Tableau	Exposition	Localisation cancéreuse
RG10ter	Fabrication de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins, chromate de zinc, mise au bain dans les unités de chromage électrolytique dur.	Poumon Fosses nasales
RG20bis et ter	Vapeurs d'arsenic (métallurgie et fabrication de pesticides) Arsenopyrites aurifères (travail dans les mines)	Poumon
RG37ter	Grillage des mattes de nickel	Poumon Ethmoïde et sinus de la face
RG44bis	Travail dans les mines de fer	Poumon
RG61bis	Fabrication d'accumulateurs et de piles électriques au nickel-cadmium. Récupération de matières métalliques recyclables contenant du cadmium.	Poumon
RG70ter	Poussières de cobalt et de carbure de tungstène dans la fabrication des carbures métalliques (industrie métallurgique spécialisée)	Poumon

Tableau 4.8 – Quantités de métaux émis dans l’atmosphère en 2021 sur la zone d’étude de Ginger Burgeap[67]

Metal	Quantité (kg)	Principaux émetteurs
Fer	1064,1	Chantiers de l’Atlantique (95%), sous-traitants ayant des activités de soudure
Nickel	467	Transport (57%), raffinerie (22%), soudure
Dioxyde de titane	271,6	Atlantique Peinture Marine Industrie (85%, sous-traitant des Chantiers)
Plomb	146,1	Transport (78%)
Chrome	110,3	Ouest Coating (revêtement de surfaces métalliques, 26%), Chantier de l’Atlantique (23%)
<i>dont chrome VI</i>	9	Chantiers de l’Atlantique (44%), Egiom Kercim (cimenterie, 45%)
Manganèse	43	Chantiers de l’Atlantique (38%), GDE Derichebourg (traitement des déchets, 37%), raffinerie (22%)
Tungstène	42	Ouest Coating (100%)
Cobalt	18,3	Ouest Coating (80%)
Arsenic	12,7	Raffinerie (57%)
Aluminium	6	Ouest Coating (100%)
Selenium	6	Raffinerie (54%)
Etain	5,9	Raffinerie (83%)
Mercuré	2,5	Transport (44%), raffinerie (17%)
Antimoine	1,6	Raffinerie (75%)
Cadmium	1,5	Transport (41%), raffinerie (29%)

Expositions environnementales aux métaux lourds dans la CARENE

Les modélisations de Ginger Burgeap et Numtech montrent une exposition restreinte à l'environnement autour des entreprises (Chantiers, Kermar, Ouest Coating, Total, RFS selon les polluants).

Air Pays de la Loire a régulièrement mesuré les concentrations de certains composés métalliques dans la CARENE :

- D'octobre 2016 à mars 2017, Air Pays de la Loire a mesuré les produits dérivés du chrome hexavalent sur deux sites du quartier industriel de Méan Penhouët (Rabas et Formes du Radoub) à Saint-Nazaire[113]. Une usine sous-traitante de l'aéronautique, Rabas Protec, y utilise du chromate de strontium pour ses peintures anti-corrosives, avec une dérogation de l'UE car le produit est normalement interdit. L'usine Stellia, dont Rabas Protec est un des sous-traitants, utilise également ces peintures. De plus diverses activités en lien avec l'aéronautique et le naval dans la zone sont potentiellement émettrices de chrome. Les concentrations de chrome et de strontium étaient les plus souvent inférieures à $2\text{ng}/\text{m}^3$, similaires à celles retrouvées dans une zone urbaine non industrielle à Nantes. Mais, sur une quinzaine de jours en février 2017, les taux de chrome ont pu atteindre des niveaux très supérieurs à ceux nantais avec des pics entre $10,2\text{ng}/\text{m}^3$ et $12,3\text{ng}/\text{m}^3$. Il est possible que les mesures soient sous-estimées car Rabas Protec fonctionnait à 30-50% de ses capacités lors des mesures.
- En novembre 2022, les mesures réalisées dans les environs de la raffinerie Total de Donges révèlent que le site de la gare SNCF (situé dans l'enceinte de la raffinerie) est le plus exposé, avec des taux très supérieurs à la moyenne des concentrations relevées sur les autres sites (centre-ville de Donges et zones habitées aux alentours) pour le zinc (taux x24), pour le plomb (x45), pour le cuivre (x11) et pour le titane (x3). Cependant ces surconcentrations pourraient être dues à la réfection de la route au moment des mesures, car elles ne sont pas objectivées sur l'autre période de mesures de l'année, en avril 2022[98].

En décembre 2020, des mesures atmosphériques réalisées sur le site d'Airbus par l'industriel retrouvaient des taux de chrome VI entre 0,03 et $0,12\text{ng}/\text{m}^3$, soit à peine supérieurs au niveau de fond local mesuré sur la commune de Trignac ($0,03$ à $0,07\text{ng}/\text{m}^3$)[67].

Expositions professionnelles aux métaux lourds dans la CARENE

Parmi les expositions professionnelles recensées par le GIST de Saint-Nazaire dans son rapport de 2018, sur 36880 employés, on note[68] :

- 302 expositions à l'antimoine et au sélénium, soit 0,8% des employés (86% d'hommes),

- probablement en lien avec des activités de soudure ; .
- 30 expositions aux poussières d'oxyde de fer, 93% chez des hommes ;
- 29 expositions au trioxyde de chrome et 6 au chromate de zinc, toutes chez des hommes ;
- 6 expositions déclarées au mercure, toutes chez des femmes ;
- 5 expositions au cobalt, 4 au cadmium, 3 à l'hydrogène arsenié, 2 au béryllium.

Par ailleurs, pour les 29341 employés suivis par des médecins qui ont mentionné les examens complémentaires réalisés, une mesure de la chromurie a été effectuée chez 142 patients (soit 0,5%), dont environ 18% de femmes. Une plombémie a été réalisée chez 128 patients (sexe non précisé pour un praticien, ne permettant pas d'avoir un sex ratio pour l'ensemble).

Le médecin du travail de Total a précisé que des catalyseurs solides au nickel, au cobalt et au molybdène étaient utilisés dans le nettoyage des réacteurs, exposants surtout les sous-traitants, pour lequel un suivi biologique est demandé. Une exposition au plomb liée à la peinture ancienne peut aussi être constatée.

4.1.9 Silice cristalline

Carcinogénicité de la silice cristalline

La silice peut exister sous forme cristalline ou amorphe. Les principales variétés de silice cristallines sont le quartz (utilisé comme matière première dans plusieurs procédés industriels -bétons, céramiques- et dans différents secteurs d'activités) ainsi que la cristobalite et la tridymite, obtenues à partir du quartz.

La silice amorphe peut être d'origine naturelle (terre de diatomée utilisée comme insecticide ménager, dans la fabrication des peintures et les travaux ménagers, et comme produit réfractaire ou abrasifs dans certaines industries) ou synthétique (retrouvées dans l'industrie comme agents épaississants -élastomères, résines, peintures et encres- ou dans la clarification de la bière et du vin).

La poussière de silice cristalline sous la forme de quartz ou de cristobalite est classée cancérigène certain (CIRC 1) pour le cancer du poumon[96]. Les silices amorphes sont classées "incertains" (CIRC 3). Les cancers du poumon liés à l'exposition à la silice sont reconnus en maladie professionnelle au titre du tableau 25 du régime général[93].

Production et exposition à la silice cristalline dans la CARENE

Sur la zone d'étude de Ginger Burgeap, les émissions de silice cristalline sont estimées à plus de 8 tonnes par an, en lien essentiellement avec la carrière des Six Croix (groupe Charrier)[67].

La modélisation de Ginger Burgeap et Numtech a montré des taux de silice cristalline moyens de $14,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des carrières de Montoir, soit 4,77 fois la VTR retenue¹³. Cette exposition concerne essentiellement les employés et ne s'étend pas à la zone résidentielle. Lors de la réunion en sous-préfecture du 9 juin, des mesures sur la commune de Montoir ont été demandées, notamment sur la route adjacente qui semble très exposée.

Selon le GIST de Saint-Nazaire, en 2018, pour les 36880 salariés pour lesquelles les données sur cette exposition sont disponibles, 437 patients, soit 1,2% de l'ensemble (19% de femmes), étaient concernés par une exposition à la silice, soit le même ordre de grandeur que la proportion retrouvée dans SUMER 2017 (1,4%)[103]. Une exposition aux ciments (pouvant contenir entre autre de la silice, mais également parfois du chrome ou de l'amiante) est notée chez 258 personnes (98% d'hommes).

4.1.10 Poussières de bois

L'exposition aux poussières de bois est un cancérigène certain (CIRC 1) pour les cancers du nasopharynx, des cavités nasales et des sinus[96].

D'après les données du GIST, 148 employés sur 36880, dont 94% d'hommes, seraient exposés dans la CARENE[68]. Cela est possiblement en lien avec la fabrication d'emballage en bois par IDEA et Soflog.

L'exposition aux poussières de bois n'a pas été estimée ni mesurée par Air Pays de la Loire ni par Ginger Burgeap.

13. La valeur toxicologique de référence est une concentration à partir duquel on considère que le risque de développer une maladie (ici, un cancer du poumon) dépassera un risque jugé acceptable (ici, $1/100.000$)

4.2 Autres expositions particulières aux travailleurs de la CARENE

4.2.1 L’amiante, exposition passée aux impacts toujours présents

L’amiante est un minéral fibreux longtemps utilisé pour sa résistance à la chaleur dans l’industrie du bâtiment et l’industrie navale.

L’amiante est classée cancérigène certain par le CIRC pour le cancer du poumon, de la plèvre, du larynx, de l’ovaire et cancérigène probable pour les cancers du pharynx, de l’estomac, du colon, du rectum [96]. Les cancers du poumon et les mésothéliomes de la plèvre, du péritoine ou du péricarde liés à l’exposition aux poussières d’amiante sont reconnus comme maladies professionnelles au titre du tableau 30bis du régime général de la sécurité sociale[93].

En France, l’étude Cosmop (1968-1999) retrouvait une surmortalité élevée par mésothéliome de la plèvre pour la construction mécanique ($RR = 2,57$ (1,24-5,36)), probablement en lien avec cette exposition[114].

Bien que cette association soit connue depuis les années 1960, l’amiante n’est interdite en France que depuis 1997. Dès les années 1970, il est démontré que les effets de l’exposition à l’amiante sont démultipliés en présence d’une exposition au tabac : le risque de cancer du poumon est 50 fois supérieur chez les travailleurs de l’amiante fumeurs par rapport aux personnes non-exposées (alors que ce risque est multiplié par 5 chez les travailleurs de l’amiante non-fumeurs et par 10 chez les fumeurs non exposés à l’amiante) [115].

L’exposition des employés nazairiens vis-à-vis de l’amiante, notamment sur les chantiers navals, est connue depuis plusieurs dizaines d’années et est associée à une des plus hautes incidences de mésothéliome de France[116]. D’après les recueils faits sur les hôpitaux de la région, les données épidémiologiques de la période 1965-1992 montraient que, sur 217 cas dans le secteur, 127 travaillaient sur les chantiers navals (soit 58%) ; les autres secteurs d’activité retrouvés étaient la mécanique, la métallurgie et l’électricité. Les hommes représentaient 91% des patients atteints. Dans la CARENE, l’incidence des mésothéliomes tend à s’amenuiser depuis l’interdiction de l’amiante. La zone de Saint-Nazaire comptabilisait 4,5 mésothéliomes par an entre 1956 et 1984, et 13 cas par an entre 1985 et 1992. Sur la période 2000-2015, l’incidence des cancers de la plèvre (qui incluent le mésothéliome) n’est plus que de 9 cas par an dans la CARENE (6/an à Saint-Nazaire) malgré l’augmentation de la population[1].

En 2018, parmi les 42203 employés suivis par les 10 médecins du travail ayant rempli de manière assez complète leurs tableaux d’activité, le GIST recensait 303 exposés à l’amiante, à 98% des hommes[68]. Cela représente 0,7% des travailleurs suivis par le GIST. Dans l’étude SUMER 2017, 0,5% des salariés étaient exposés tous secteurs confondus[103].

4.2.2 Rayonnement ionisant

Les radiations ionisantes X et Gamma sont des cancérrogènes certains (CIRC 1) notamment pour toutes les formes de leucémies y compris infantiles, les cancers du poumon, du sein, du rein, de la vessie, de la thyroïde, de l'oesophage, de l'estomac, du colon, des glandes salivaires, de l'os, du système nerveux central et de la peau (hors mélanome)[96]. Les rayonnements ionisants sont probablement cancérrogènes (CIRC 2A) pour les cancers du rectum, du foie, des voies biliaires, du pancréas, des ovaires, de la prostate, ainsi que le LNH et le myélome multiple.

Les travailleurs de l'industrie sont fréquemment exposés aux rayonnements ionisants du fait des contrôles radiographiques des processus industriels¹⁴.

Dans la CARENE, 102 travailleurs exposés aux rayonnements ionisants étaient recensés par le GIST de Saint-Nazaire en 2018 parmi les 42203 patients pour lequel cette donnée est mentionnée, soit 0,24%[68]. Il s'agit à 39% de femmes. L'étude SUMER mentionne des taux d'exposition nettement plus haut de 2,7% sur l'ensemble des salariés en France en 2017, probablement car les données du GIST de Saint-Nazaire n'incluent pas les salariés du secteur public et donc pas ceux de la fonction publique hospitalière[103].

4.2.3 Le travail posté ou de nuit : une exposition partagée par de nombreux secteurs industriels

En 2011, le CIRC a classé le travail posté et le travail de nuit comme cancérigènes probables, notamment pour le cancer du sein, l'impact sur le cancer de la prostate et le cancer colorectal étant plus incertains[117].

D'après le rapport du GIST de Saint-Nazaire, 591 personnes, dont 27% de femmes, seraient exposées au travail de nuit ou au travail posté plus de 270 heures par an, soit 1,6% de l'ensemble des 36880 salariés[68]. En 2017, 5,1% des salariés suivis dans le cadre de l'étude SUMER travaillaient de nuit plus de 45 nuits par an, avec pour les employés de l'industrie des taux entre 4 et 22,5% de personnes exposées selon les secteurs[103]. D'après la DREETS et le médecin du travail de Total, le travail posté est très représenté dans la CARENE, en lien notamment avec les 3/8 dans l'industrie (Chantiers de l'Atlantique, Airbus, Total...).

14. Il est à noter que l'on estime à 2300 le nombre de nouveaux cas de cancers liés à l'imagerie médicale chaque année. Il n'y a pas de raison de penser que la CARENE serait plus touchée qu'une autre zone par cette exposition. Néanmoins, comme discuté plus haut, des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants peuvent survenir dans l'industrie, notamment dans le contrôle qualité des produits.

4.2.4 Polyexpositions : l'exemple des dockers

Les polyexpositions correspondent à des expositions multiples, de manière simultanée ou séquentielles, et ce tout au long de la carrière professionnelle.

L'approche par exposition est rarement suffisante pour évaluer les risques professionnels. Les salariés sont généralement confrontés à une polyexposition professionnelle. Ces effets peuvent être indépendants les uns des autres ou bien interagir entre eux, notamment en se potentialisant. Par exemple, un effet multiplicatif entre expositions professionnelles (radon, amiante, amines aromatiques etc.) et tabagisme a été démontré dans la survenue du cancer de la vessie et du poumon notamment[115, 118, 119]. Même si les effets de la polyexposition sur la santé ne sont actuellement pas bien connus, leur prise en compte permettrait une évaluation des risques plus réaliste.

Le cas des dockers est emblématique de la situation de polyexpositions des travailleurs de la CARENE, et, à des doses moindres, de ses habitants.

Dans les années 2000, l'association pour la protection de la santé au travail dans les métiers portuaires (APPSTMP44) a réalisé une étude téléphonique auprès de 353 dockers en activité en 1992 (année de réforme du statut de docker, à partir de laquelle les travailleurs des ports ne sont plus recensés dans un bureau centralisé et deviennent donc plus difficile à retrouver pour une enquête). Parmi les 243 personnes jointes, 85 signalent une maladie grave et 43 sont décédés, dont 70% d'un cancer, surtout du poumon et de la prostate.

A la suite de ces résultats, l'étude ESCALES a interrogé 27 dockers atteints d'un cancer et ayant travaillé sur les ports de Nantes, Saint-Nazaire ou Montoir-de-Bretagne (18 à Nantes, 8 à Saint-Nazaire et Montoir-de-Bretagne, un sur les 3 sites)[120]. Les expositions ont pu être retracées grâce à leurs souvenirs mais également *via* la lecture des carnets journaliers tenus par les dockers pour vérifier les sommes versées par les contremaîtres au regard du travail effectué, ce qui permet une plus grande fiabilité des données recueillies.

Cette étude a montré que tous les dockers interrogés ont été exposés à 4 cancérogènes ou plus au cours de leur carrière de dockers, et à au moins 8 cancérogènes au cours de leur vie entière. Les expositions recensées sont rapportées dans le tableau 4.9.

La multiplication des facteurs d'expositions semble un paramètre crucial à prendre en compte dans la surincidence de cancers dans la région de Saint-Nazaire. Par ailleurs, la multiplicité des expositions rend difficile l'imputabilité à une substance particulière et peut compliquer la reconnaissance en maladie professionnelle. L'un des buts de l'étude de zone de Santé Publique sera de mesurer les risques spécifiques de la polyexposition. La méthodologie employée n'est pas encore connue. Le cabinet Ginger Burgeap devrait aussi faire une estimation de ce risque sur la CARENE.

Tableau 4.9 – Expositions retrouvées au cours de la carrière de dockers travaillant dans les ports de Nantes, Saint-Nazaire ou Montoir-de-Bretagne en 1992. *Source : étude ESCALES[120]*

Exposition	Pourcentage de dockers exposés sur le port de Nantes (n=19)	Pourcentage de dockers exposés sur les ports de Saint-Nazaire et Montoir-de-Bretagne (n=9)
Échappements de diesel et d'essence (<i>via</i> les engins de manutention et rouliers)	84%	100%
Pesticides (cargaisons de bois, soja, tournesol, citrus, tourteaux d'arachide, blé, manioc et agrumes, chlordécone pour les bananes)	89,5%	100%
Silice (ciment, charbon)	26,3%	66,7%
Chrome VI (gants tannés, ciment)	31,6%	77,8%
Mycotoxines (tourteaux d'arachides et de soja, blé, manioc)	21%	33,3%
HAP (boulets de charbon, coke de pétrole, brai de houille)	57,9%	55,6%
Poussières de bois (cargaisons de bois)	89,5%	55,6%
Amiante (tôles fibrociment, bateaux frigos russes délabrés)	84%	100%
Rayonnements ionisants (conteneurs d'uranate)	0	22,2%
Arsenic (cargaisons de bois)	21,1%	11,1%
Formaldéhyde (cargaisons de bois)	42,1%	22,2%
Travail posté ou de nuit	31,6%	22,2%

4.2.5 Le cas des sous-traitants et des travailleurs étrangers à Saint-Nazaire : une sous-évaluation de l'impact carcinogène du travail industriel ?

En 2008, 7,3% des emplois de la zone industrialo-portuaire étaient liés aux sous-traitants, une proportion qui a probablement augmenté depuis comme pour l'ensemble du secteur industriel en France[6].

Dans l'étude SUMER 2003, les personnels procédant à l'installation, l'entretien, le réglage et la réparation étaient les plus exposés aux produits toxiques, 1,5 fois plus que les salariés de production et 4 fois plus que les salariés de la manutention, du magasinage ou du transport[89]. Les salariés de la maintenance étaient en 2003 46% à être exposés à deux cancérogènes ou plus, contre 30% des employés de la production. Les études suivantes séparent moins clairement les différents groupes d'activités au sein d'un même secteur. En 2017, 50,1% des employés classés par les enquêteurs de SUMER dans la branche "Autres industries manufacturières, réparation et installation de machines et d'équipements" étaient exposés à au moins un agent chimique, proche des 53,3% d'employés exposés dans la branche "Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements" mais au-dessus des 25,8% des salariés de l'industrie chimique ou des 9,2% dans la distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'eau[103].

En outre, le programme COSMOP retrouvait une surmortalité par cancer (RR 1,17 (1,14-1,21)) pour les personnes ayant travaillé dans le secteur des "services fournis principalement aux entreprises", avec un surrisque notamment pour le cancer bronchopulmonaire (RR 1,28 (1,21-1,35)) et de la vessie (RR 1,18 (1-1,39))[112].

Or, ces emplois de maintenance sont souvent délégués à des sous-traitants (également suivis par le GIST). Par exemple, les médecins du travail de Total et de la DREETS indiquent que les nettoyages de cuves de la raffinerie ou de machines sont souvent délégués. Les sous-traitants emploient un nombre important de travailleurs étrangers, issus souvent d'Europe de l'Est (Pologne, Bulgarie, Russie, Lituanie), de Grèce, d'Espagne, ou encore d'Afrique du Nord[121]. Certains de ces employés ne resteront donc pas en France, et leurs éventuelles maladies professionnelles ne seront donc pas déclarées dans la région, entraînant une sous-estimation du risque.

4.3 Pollution de l'eau et des sols

4.3.1 Sources de données sur la qualité de l'eau dans la CARENE

La liste des études sur les polluants aquatiques citées dans cette thèse est présente en annexe 5.

Approvisionnement en eau de la CARENE

L'eau distribuée dans la CARENE dépend des usines de traitement de la Roche à Nantes, de Bocquehand à Campbon, et de l'usine de Drézet à Férel, comme les EPCI limitrophes. Le distributeur est Véolia, comme sur le reste du département[122]. Les normes de qualité pour l'eau sont fixées par des directives européennes ou par l'INERIS, selon les substances.

Les eaux de boisson sont très régulièrement contrôlées, avec 283 prélèvements pour l'année 2020. D'après l'ARS, la qualité des eaux brutes captées nécessite un traitement complet aux usines de Férel et de Nantes avant distribution. La bonne qualité des eaux captées dans la nappe de Campbon ne nécessite qu'une simple filtration et une légère chloration avant distribution.

Qualité de l'eau douce de surface dans la CARENE

La CARENE est une zone à l'hydrologie complexe du fait de sa position géographique sur l'estuaire, avec un mélange d'eaux douces issues de la Loire et d'eaux salées issues de l'océan Atlantique. Le Brivet, sur la commune de Trignac, est le dernier affluent de la Loire, et le Nord de la CARENE est sur la zone du marais de Brière. La CARENE présente également plusieurs ruisseaux, étangs, canaux et autres plans d'eau douce.

Bien qu'aucune usine de traitement de l'eau ne soit installée dans la CARENE, les habitants sont susceptibles d'être impactés par les polluants de l'eau douce *via* la consommation de produits de la pêche, de produits locaux arrosés avec des eaux de puits ou des eaux de puits elles-mêmes.

Des mesures de la qualité de l'eau sont régulièrement réalisées en lien avec la DREAL dans la région des Pays de la Loire. Avant 2007, des stations de mesure sur la Loire à Indre et Cordemais permettaient d'avoir une idée de la qualité des eaux de la Loire au niveau de la CARENE, située en aval de ces stations[123]. Avec l'avènement du Réseau de Contrôle et de Surveillance en 2007, des points de contrôle plus nombreux ont été mis en place afin de mieux suivre la qualité des petits cours d'eau. Cependant, le nombre de stations a entretemps baissé de 15 à 13 en Loire-Atlantique, avec notamment la suppression des stations d'Indre et Cordemais, proche de la CARENE et seules stations en aval de Nantes sur la Loire.

Depuis 2019, des données sont à nouveau disponibles à proximité de la CARENE, avec une station sur la Loire à Cordemais et une autre sur le Brivet à Trignac (Figure 4.6)[124].

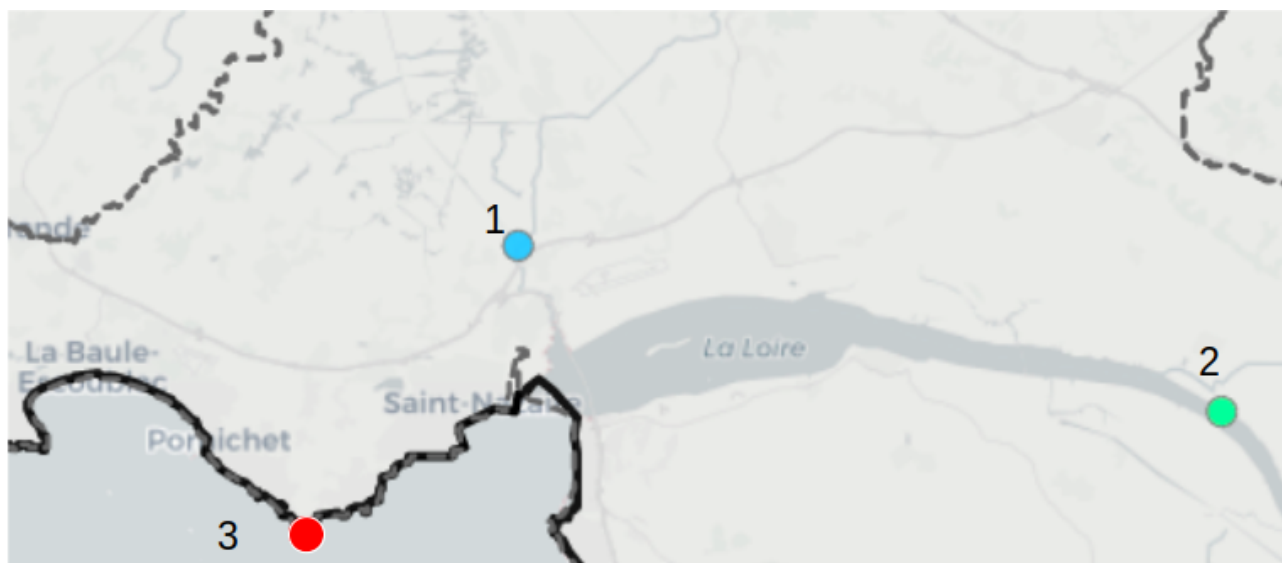


FIGURE 4.6 – Localisation de la station de mesures de la qualité de l’eau sur le Brivet à Trignac(1) et de la Loire à Cordemais (2), ainsi que de la pointe de Chemoulin (3)[124, 125].

Qualité des eaux douces souterraines de la CARENE

Les habitants de la CARENE sont susceptibles d’être affectés par la qualité de ces eaux *via* l’utilisation d’eau des puits privés notamment. Diverses campagnes de mesures piézométriques ont été réalisées.

Qualité des eaux côtières de la CARENE

Les habitants de la CARENE sont susceptibles d’être affectés par la qualité des eaux côtières lors des activités de baignade sur les nombreuses plages de Saint-Nazaire et Pornichet, ainsi que lors de la pêche à pied sur le littoral.

L’Ifremer (Institut Français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer) réalise des mesures sur les sédiments de l’Estuaire et sur les moules de la pointe de Chemoulin à Saint-Nazaire, permettant d’évaluer la pollution dans les eaux littorales (Figure 4.6)[125].

4.3.2 Composés cancérigènes d’origine industrielle dans l’eau de boisson et l’alimentation

Polluants atmosphériques retrouvés dans l’eau

Une grande partie des polluants atmosphériques décrits précédemment (benzène, HAP, métaux lourds...) peuvent contaminer l’eau.

Métaux

Les campagnes de mesures piézométriques menées par les industriels ont montré des concentrations élevées en métaux (arsenic, chrome, nickel, plomb, cuivre, fer, manganèse selon les zones) autour du site d'IDEA Services Vrac, du terminal charbonnier de Montoir, de SPEM, de Yara, de Rabas Protec, de la Cuneix (déchèterie)[67].

En 2021, les prélèvements réalisés par l'Ifremer sur les moules de la pointe de Chemoulin (ouest de Saint-Nazaire) montraient des concentrations en cadmium très supérieures à la médiane nationale (0,234mg/kg contre 0,069 à 0,207mg/kg pour les autres stations de la région), les concentrations en zinc étant quant à elles légèrement plus élevées[125]. Les concentrations en plomb, mercure, cuivre et argent à la pointe de Chemoulin sont peu différentes des moyennes nationales. Toutes les stations du secteur Loire-Atlantique/Nord-Vendée présentaient des concentrations en nickel légèrement supérieures à la médiane nationale.

Entre 1993 et 2010, les taux de plomb dans les moules de la pointe de Chemoulin étaient très élevés, probablement en lien avec les rejets de l'usine OCTEL, spécialisée dans la fabrication de plomb en additifs au carburant [125]. Depuis l'interdiction de cette pratique, une rapide chute des niveaux de plomb dans les moules a été observée. Cependant, en 2021, les sédiments de la Loire présentaient des concentrations en plomb encore élevées au niveau de l'Estuaire

Les concentrations d'arsenic mesurées étaient élevées au niveau des sédiments de l'Estuaire sur la dernière décennie, avec cependant moins de dépassements des seuils observés en 2020 que les années précédentes[67].

HAP

Les relevés piézométriques réalisés par les industriels sur leurs sites sur la période 2016-2020 retrouvaient des hydrocarbures surtout sur certains secteurs au niveau de la raffinerie de Donges et autour de Rabas Protec, site présentant aussi des teneurs assez hautes en benzène. Des taux de carbone organique totaux (pouvant inclure des HAP) étaient également retrouvés au niveau du terminal charbonnier de Montoir-de-Bretagne[67].

D'après l'Ifremer, les prélèvements de sédiments dans l'Estuaire en 2021 retrouvaient des taux de benzo(g,h,i)pérylène (un type d'HAP) anormalement élevés et en 2020 des dépassements des seuils pour l'acénaphthalène (un autre HAP)[125]. Les moules de la pointe de Chemoulin présentaient quant à elles en 2021 des taux de fluoranthène inférieurs à la moyenne nationale, ce qui pourrait indiquer que l'influence de la raffinerie est faible à cette distance de l'entrée de l'estuaire. Des accidents, notamment au niveau de la raffinerie ou des

navires pétroliers l'alimentant, peuvent significativement impacter l'eau du littoral avec une pollution aux hydrocarbures[126].

Nitrates

Carcinogénicité des nitrates dans l'eau de boisson

La source principale d'ingestion de nitrates est alimentaire, surtout liée à la consommation de végétaux et notamment de feuilles. Dans le tube digestif, environ 5% des nitrates sont transformés en nitrite, qui peut se transformer en composés N-nitroso cancérogènes. La transformation de nitrate en nitrite est cependant inhibée par la vitamine C, limitant le risque pour la consommation des nitrates végétaux.

Suite à l'analyse des publications scientifiques parues depuis les travaux de référence de l'EFSA et du CIRC, l'ANSES a confirmé en 2022 l'existence d'une association entre le risque de cancer colorectal et l'exposition aux nitrites et/ou aux nitrates, qu'ils soient ingérés par la consommation de viande transformée, ou *via* la consommation d'eau de boisson[127, 128, 129]. D'autres risques de cancers sont suspectés mais les données disponibles ne permettent pas, à ce jour, de conclure à l'existence d'un lien de causalité.

Le seuil de 50mg/L dans l'eau de boisson a été fixé par l'OMS pour prévenir la méthémoglobinémie du nourrisson[130]. La concentration en nitrite de l'eau est en général inférieure à 3mg/L[129].

Production anthropique

Le nitrate est un composé naturel intervenant dans le cycle de l'azote. Néanmoins, depuis les années 1900, son extraction minière puis sa synthèse industrielle ont contribué à augmenter massivement sa concentration dans l'environnement. Il est utilisé dans l'agriculture comme engrais, ainsi que dans l'industrie de la viande et du poisson comme conservateur, fixateur de couleur et exhausteur de goût[131].

La CARENE est une zone très peu agricole : 0,2% des emplois sont des exploitants agricoles, contre 1,5% en France, 1,2% en Loire-Atlantique et 2,2% sur l'ensemble des Pays de la Loire[4]. Cependant, les eaux potables distribuées dans la CARENE contiennent des nitrates issus des zones où elles sont prélevées. Par ailleurs, au niveau de l'Estuaire, la qualité des eaux de la Loire est susceptible d'être influencée par toutes les activités agricoles d'amont. Enfin, il est possible que des rejets de nitrates soient liés à l'entreprise Yara, située en bord de Loire à Montoir-de-Bretagne.

Exposition aux nitrates dans la CARENE

Les taux de nitrate moyens dans les eaux de boisson distribuées dans la CARENE sont de

8,74mg/L en 2022 avec un maximum à 31mg/L, en diminution par rapport à 2019 (moyenne 13mg/L hors Pornichet, avec un maximum à 35mg/L)[132, 122]. Sur la commune de Pornichet, le taux moyen était de 17mg/L (2-34mg/L) en 2019. Ces taux sont globalement dans la moyenne des EPCI limitrophes, avec de fortes variabilités d'une commune à l'autre selon la répartition des stations d'approvisionnement (taux de nitrates moyen minimum de 2,85mg/L à Campbon-Quilly, taux maximum à 43,5 mg/L à Blain). Ces taux sont très supérieurs à ceux associés à un surrisque de cancer dans certaines études (autour de 4 mg/L)[133].

Concernant les eaux douces de surface, on note une pollution beaucoup plus importante sur la Loire (station de Cordemais) que sur son affluent le Brivet, avec des taux de nitrates moyens sur 2019, 2020 et 2021 à 21,9mg/L, 21,6mg/L et 21mg/L contre 1,9mg/L, 3,3mg/L et 1mg/L[124]. Cela est probablement dû aux rejets de nitrate par l'agriculture en amont. Il n'existe pas de station en aval de Yara qui permettrait d'évaluer les rejets de l'entreprise.

Sur la période 2017-2019, les campagnes de mesures piézométriques sur les eaux souterraines ont révélé des quantités significatives de composés azotés autour de Yara, en lien avec l'activité actuelle, et des teneurs de nitrates et nitrites en décroissance par rapport aux années 1990[67]. Les taux de nitrates et nitrites étaient anciennement très importants autour d'IDEA Services Vrac, en raison de l'activité passée de l'usine de la Grande Paroisse.

Cas des nitrates inhalés

Outre la pollution aquatique, les nitrates produits par l'entreprise Yara ou épandus comme engrais sont volatiles et peuvent être inhalés.

En 2021, les relevés d'Air Pays de la Loire ont montré des taux moyens de nitrate à $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la Camée et à $1,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ au Plessis (Figure 4.1)[84]. Les taux d'ammonium, un autre composé azoté produit lors de la fabrication d'engrais, étaient de $0,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur ces deux sites. Ces taux étaient plus élevés lorsque les sites de mesure étaient sous les vents de l'industrie. Ils sont en baisse par rapport à 2008 (taux moyens de nitrates à $5,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ et d'ammonium à $9,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ à La Camée, pas de mesure au Plessis)[83]

Il n'existe pas de valeur réglementaire ou de référence pour les expositions aux nitrates dans l'air, avec seulement des valeurs accidentelles définies par l'INERIS de $30\text{mg}/\text{m}^3$, soit 1000 fois plus que les valeurs maximales observées. Il n'existe aucune valeur de référence pour l'ammonium dans l'air[134].

Les nitrates et l'ammonium par voie inhalée ne sont pas classés par le CIRC. Il a été suggéré que le nitrate inhalé pourrait être réduit en nitrite dans la bouche sous l'effet des enzymes buccales, le nitrite pouvant être lui-même transformé en substances cancérigènes[135, 136]. Cependant, les preuves d'un tel mécanisme manquent.

En l'état, les preuves sur la cancérogénicité des nitrates inhalés ne semblent pas suffisantes pour conclure.

Toxines des cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des micro-organismes dont le développement est fortement favorisé par l'eutrophisation des milieux aquatiques, c'est-à-dire les modifications en lien avec l'augmentation des taux de nitrates[137].

Carcinogénicité des toxines issues des cyanobactéries

Les données actuelles ne permettent pas de conclure sur les effets cancérigènes liés à la consommation d'eau de boisson contenant des cyanotoxines. La présence de microcystine-LR dans l'eau de consommation est classé « peut-être cancérigène » par le CIRC et serait susceptible d'induire des cancers hépatiques¹⁵[131].

Exposition aux toxines des cyanobactéries dans le secteur de la CARENE

L'ANSES considère que les eaux de boisson sont suffisamment bien traitées pour éviter l'exposition aux cyanobactéries et à leurs toxines, mais une exposition peut survenir dans les eaux de baignades. Entre 2006 et 2018, l'ANSES a recensé 95 cas d'intoxications aiguës aux toxines des cyanobactéries dont 4 dans les Pays de la Loire (la majorité sont survenus en région Bretagne). Ces cas sont survenus essentiellement entre 2016 et 2018, et l'ANSES considère que cette intoxication est probablement sous-diagnostiquée du fait du manque de spécificité des symptômes. Nous n'avons pas trouvé de mesures spécifiques de la présence des cyanobactéries dans la CARENE.

15. Les toxines des cyanobactéries (microcystines, cylindrospermopsines, nodularines, anatoxines, saxitoxines, lyngbyatoxines, aplysiatoxines...) représentent une famille de molécules différentes des mycotoxines (aflatoxines, citrinines, fumonisines, ochratoxines A, patulines...), produites par des champignons, et qui sont elles des cancérigènes certains (CIRC 1) pour l'Homme.

Pesticides

Les pesticides regroupent un nombre très important de substances (Tableau 4.10). Les sources d'exposition aux pesticides de la population générale se retrouvent dans tous les compartiments de l'environnement : l'alimentation, l'eau de consommation, l'air intérieur et extérieur, les sols, l'utilisation domestique des pesticides.

Carcinogénicité des pesticides

L'évaluation de la carcinogénicité des principaux pesticides est résumée dans le tableau 4.10. Les LNH (dont la leucémie lymphoïde chronique), le myélome multiple et le cancer de la prostate liés à l'exposition professionnelle aux pesticides sont reconnus comme maladies professionnelles en France (tableaux 59 et 61 du régime agricole)[93].

Les eaux prélevées pour l'eau de boisson ne doivent pas dépasser des taux réglementaires de pesticides de $2\mu\text{g/L}$ pour chaque substance, et de $5\mu\text{g/L}$ pour la somme de ces substances[139]. Une fois l'eau traitée, les taux de conformité pour les quelques 200 pesticides testés sont fixés à $0,1\mu\text{g/L}$ pour la plupart des produits, et à $0,5\mu\text{g/L}$ pour la somme des concentrations. Les taux de certains produits comme l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachloroépoxyde doivent être quant à eux inférieurs à $0,03\mu\text{g/L}$.

Exposition aux pesticides dans l'eau de la CARENE

En 2022, les taux réglementaires de pesticides sont respectés pour l'eau de boisson dans la CARENE, avec une valeur maximale ne dépassant pas $0,05\mu\text{g/m}^3$ pour chaque pesticide individuellement[122].

Concernant les eaux douces de surface, le groupe GIP Loire Estuaire a réalisé entre 1996 et 2011 3050 mesures de pesticides dans l'eau et les sédiments de la Loire entre la Maine et la mer sur 12 stations situées entre les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire[139]. Le glyphosate, et surtout son métabolite l'AMPA (acide aminométhylphosphonique) étaient les plus fréquemment associés à des dépassements des normes de qualité. Le chlortoluron et l'isoproturon présentent des concentrations assez stables sur la période d'étude, avec des détections surtout en hiver du fait de leur utilisation ciblée. Les taux de substances comme le carbétamide, l'imidaclopride (substitut du lindane), le métaldéhyde et le propyzamide (substitut du diuron) tendaient à augmenter. À l'inverse, des substances comme l'aminotriazole, le bentazone et l'acétochlore avaient tendance à se raréfier.

Parmi les substances désormais interdites, on note une décroissance progressive des concentrations d'atrazine, de simazine, de lindane, d'alachlore. La carbendazime a tendance à être plus souvent décelée du fait d'un abaissement du seuil de détection. Du fait d'une demi-

Tableau 4.10 – Principaux pesticides commercialisés ou l’ayant été en France et toxicité[96, 138].

Famille	Composé	Cancérogénicité	Remarques
Organo-phosphorés	Glyphosate, malathion, diazinon, parathion	CIRC 2A	Autorisés, suspicion d’augmentation de la fréquence des LNH
	Tétrachlorvinphos Pirimiphos-méthyl	CIRC 2B Non classé	Autorisé
Organochlorés	Lindane Chlordécone S-métolachlore	CIRC 1 CIRC2B Possiblement cancérigène d’après l’EPA	Interdit depuis 2003 Interdit depuis 2004 dans l’UE Interdit en 2003, réautorisé en 2005. Réinterdiction prévue en 2023. Neuro, hépato et néphrotoxicité.
	Alachlore Acétochlore, DDT, chlortoluron, isoproturon	Non classé Non classés	Interdit en 2008 (toxicité aigue) Autorisés
Néonicotinoïdes	Imidaclopride, thiaméthoxame, clothianidine...	Non classé	Interdictions dans l’UE depuis 2013 (impact sur les abeilles). Dérogations, notamment en France.
Azines et dérivés	Atrazine, simazine, terbuthylazine	CIRC 3	Interdites dans l’UE depuis 2003 (risque tératogène)
	Bentazone	Non classé	Autorisé
Urées substituées	Diuron	Non classé	Interdit en 2008 dans l’agriculture (risque reproductif, toxicité aigue, risque pour l’environnement). Autorisé en traitement des surfaces.
Carbamates	Carbendazime	Non classé	Interdite en 2009 dans l’UE (toxicité aigue)
	Carbétamide, zinèbe	Non classés	Autorisés
Aldéhydes	Métaldéhyde	Non classé	Intoxication aigues
Azolés	Aminotriazole	Non classée	Autorisée

vie longue, et malgré son interdiction entre 2003 et 2005, on n'observait pas de diminution des taux de métalochlore sur la période des mesures.

Peu de mesures ont été réalisées en aval de Nantes, malgré la présence de stations à Saint-Nazaire, Indre et Cordemais. Sur l'année 2020, la station la plus proche de Saint-Nazaire enregistrant les taux de pesticides se trouve à Saint-Michel-chef-chef (à une quinzaine de kilomètres au sud de Saint-Nazaire). Sur les 11 prélèvements réalisés sur l'année, tous retrouvaient du métalochlore, l'AMPA était retrouvé pour 9 d'entre eux avec un dépassement des normes réglementaires sur une mesure[140]. L'atrazine et l'alachlore n'étaient retrouvées sur aucun prélèvement.

D'après le rapport de l'Ifremer de 2021, les niveaux d'un pesticide organochloré (DDT, ou dichlorodiphényltrichloroéthane) dans les moules de la pointe de Chemoulin (à Saint-Nazaire ouest) sont nettement plus élevées que la moyenne nationale (0,62µg/kg contre 0,41-0,43 sur les autres prélèvements de la région)[125].

Expositions aux pesticides par voie inhalée dans la CARENE

D'après le rapport de Ginger Burgeap, deux groupes de manutention et de stockage portuaire (IDEA et UnionInVivo) utilisent des produits phytosanitaires sur place, dont des pesticides comme le pyrimiphos-méthyl (organophosphoré). L'entreprise Cargill ne serait pas concernée. Le traitement peut exposer les employés et peut-être les riverains à une inhalation. Le Grand Port a annoncé au cours de la réunion en sous-préfecture le 9 juin 2023 qu'il lancerait prochainement un groupe de travail sur le sujet.

Le Zinèbe (carbamate), un fongicide, est utilisé par les Chantiers de l'Atlantique, engendrant des émissions à hauteur de 3,1kg/an.

Polychlorobiphényles (PCB) et Polybromobiphényles éthers (PBDE)

Carcinogénicité des PCB et des PBDE

Les polychlorobiphényles représentent une famille de 209 composés. Il s'agit de composés persistants longtemps dans l'environnement, notamment dans l'eau et les sols. L'exposition est notamment significative *via* les produits de la mer (fruits de mer, poisson).

Les PCB sont cancérogènes certains pour le CIRC, notamment pour le mélanome cutané. Ils sont également fortement suspectés de favoriser la survenue de cancer du sein et des LNH (CIRC 2A), selon les voies d'exposition[96]. Les PBDE sont cancérigènes probables (CIRC 2A)

Production anthropique des PCB et PBDE

Ils ont été utilisés comme lubrifiants (turbines, pompes...), dans la fabrication de transformateurs électriques et de condensateurs, dans certains adhésifs, peintures, huiles etc. avant de voir leur usage restreint à partir de 1987 puis interdit en 1996[141] Il peut de ce fait exister une exposition professionnelle par voie cutanée et inhalée à des concentrations importantes. Le rapport Ginger Burgeap estime que les émissions atmosphériques de PCB sur sa zone d'étude sont aujourd'hui de l'ordre de quelques dizaines de grammes[67].

Les polybromobiphényles éthers étaient quant à eux utilisés pour ignifuger les matières plastiques et les textiles, ainsi que dans l'industrie pétrolière. Ils sont interdits depuis 2004 dans l'Union Européenne.

Exposition aux PCB et PBDE dans la CARENE

D'après le rapport de l'Ifremer de 2021, les taux de PCB153 (utilisé comme indicateur pour le reste de la famille) mesurés dans les moules de la pointe de Chemoulin (à Saint-Nazaire ouest) sont 1,5 fois plus élevées que la moyenne nationale, mais en décroissance depuis les années 1990 (de 20 à 3µg/kg entre 1993 et 2021)[125]. Les taux de PBDE sont de 0,0745µg/kg, supérieures à la médiane nationale, avec des taux dans les autres stations de la région compris entre 0,034 et 0,041µg/kg. Leur concentration est stable depuis le début des mesures en 2013. Il n'existe pas de normes environnementales pour ces substances, bien que des normes soient définies pour le poisson vendu et certains déchets.

4.3.3 Pollution des sols

Sources de données

Bien que Ginger Burgeap ait décidé de ne pas lancer d'investigations complémentaires sur l'état des sols de la CARENE, le rapport fait état de quelques données anciennes, datant essentiellement d'avant 2010[67] Ces données se basent sur les recueils des Secteurs d'information sur les Sols (SIS, rapports publié par l'Etat); la base de pollutions suspectées ou avérées des sols (BASOL); les mesures de l'INRA-ASPIET; les études d'interprétation des milieux (IEM) autour d'Airbus-Atlantique à Saint-Nazaire et de la raffinerie Total à Donges.

Le rapport précise que certains des sites sont difficiles à situer, voire que certains composants sont difficiles à identifier au vu de l'ancienneté des relevés.

Exposition des habitants de la CARENE

Les sites dont la pollution était avérée correspondent pour la plupart à d'anciens sites industriels : dépôt Shell, décharge de Donges, station service Total, usine à gaz de Saint-

Nazaire, zone de sous-traitants des Chantiers de l'Atlantique, forges de Trignac etc. En tout, la Casias (Carte des anciens sites industriels et activités de services) recense 416 sites sur les communes de Saint-Nazaire, Donges, Trignac et Montoir-de-Bretagne ; ce décompte ne concerne que les sites qui ne sont plus en activité. Des relevés n'ont été faits que sur une partie d'entre eux.

Plusieurs sites sont touchés par des pollutions aux hydrocarbures (notamment les HAP, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le xylène), aux métaux (plomb, arsenic, zinc, cuivre, chrome), les composés organo-halogénés volatils, le cyanure¹⁶, les PCB, l'ammoniaque, des produits phytosanitaires.

Ces résultats suggèrent une potentielle exposition des habitants de la CARENE *via* la consommation de produits de potager individuel notamment, ou l'exposition aux poussières du sol.

4.3.4 Radon : une zone relativement épargnée

D'après le CIRC, en France, 9,8% des cancers du poumon (4000 cas) seraient attribuables à l'exposition au radon dans l'air intérieur chaque année, avec une exposition très variable selon les régions, de 0,5mSv à 10mSv/an[22]. L'interaction entre l'exposition au radon et le tabagisme est bien établie[142].

L'Ouest de la France, de la Normandie au Nord de la Charente-Maritime, est fortement concerné par le risque radon du fait du sous-sol granitique, notamment au niveau du massif armoricain[143]. Cependant, comme la plupart des bassins fluviaux, la zone sud de la CARENE, la plus peuplée, est relativement épargnée du fait des dépôts sédimentaires de la Loire (figure 4.7).

16. Le cyanure est utilisé dans plusieurs domaines industriels (notamment la métallurgie et la chimie) et présente une toxicité aigue pour l'Homme et l'environnement.

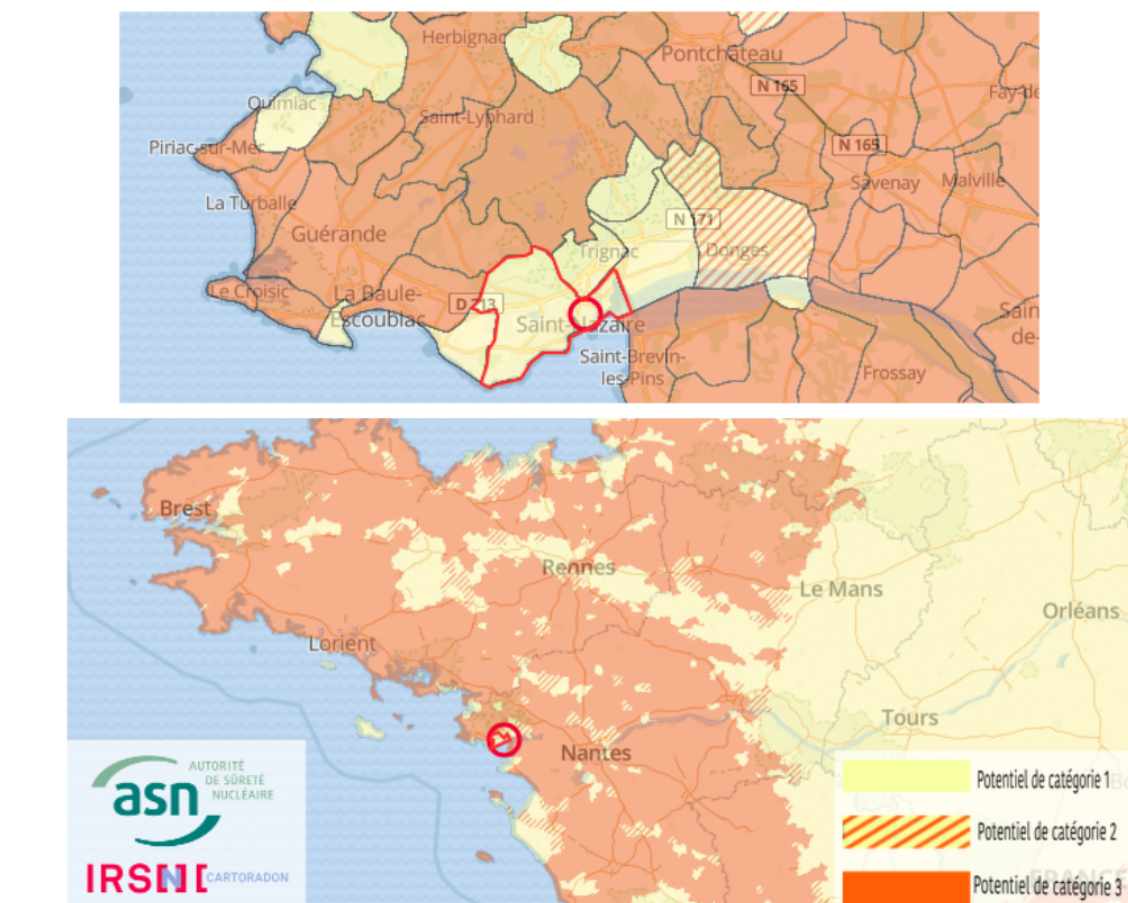


FIGURE 4.7 – Exposition au risque radon sur l'Ouest de la France (bas) et sur la zone de la CARENE (haut). La catégorie 1 correspond à une exposition de moins de 20% des bâtiments à des doses de 100 Bq.m^{-3} et de moins de 2% à des doses de 300 Bq.m^{-3} , la catégorie 3 à une exposition de plus de 40% des bâtiments à des doses de 100 Bq.m^{-3} et de plus de 10% des bâtiments à des doses de 300 Bq.m^{-3} . La catégorie 2 est intermédiaire. Source : IRSN, <https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/environnement/connaitre-potentiel-radon-ma-commune>

4.4 Résumé

Les expositions par voie inhalée dans la CARENE pour les travailleurs et les habitants sont donc caractérisée par les éléments suivants :

- des niveaux de pollution atmosphérique moyens en particules fines, en dioxyde d’azote et en dioxyde de soufre équivalents voire relativement plus faibles que dans les autres grandes agglomérations de la région ;
- des pics de particules fines et de dioxyde de soufre pouvant être très élevés dans certaines zones, et notamment à proximité des quais de déchargement de grains ou des entreprises situées à Donges ; l’impact de ces pics est incertain quant à leur cancérogénicité mais ils pourraient être liés aux niveaux d’asthme et de maladies cardiovasculaires objectivés dans la CARENE ;
- des pics de pollution atmosphérique pour certains composés cancérogènes, localisés dans certains sites industriels, notamment des pics de chrome VI à Méan Penhouët, de benzène et d’HAP à Donges ;
- des expositions à des carcinogènes professionnels surreprésentées dans la CARENE par rapport au niveau de l’étude SUMER, notamment l’amiante et les poussières métalliques.

L’eau potable distribuée dans la CARENE n’est pas affectée par les industries de la CARENE. Cependant les taux de nitrates sont assez élevés, comme sur l’ensemble de la région, or de tels niveaux sont associés au développement de cancers digestifs. Des polluants, notamment métalliques, les PCB et les HAP sont présents dans l’eau des puits privés, dans l’eau de baignade et en cas de pêche dans les fruits de mer. Des pesticides peuvent être retrouvés dans les fruits de mer et dans les eaux de surface. Le peu de données disponibles indique que plusieurs anciens sites industriels présentent une pollution des sols.

5.1 Synthèse des données

Ce travail de recherche avait pour objectif de rechercher des données sur les facteurs de risques connus des cancers surreprésentés en CARENE, qu'ils soient liés à des comportements individuels ou à des expositions professionnelles et environnementales. Aucune donnée sur les comportements à risque (tabagisme, consommation d'alcool, surpoids/obésité, sédentarité, alimentation, ...) n'est disponible à l'échelon de la CARENE. A l'inverse, des données sont disponibles pour les facteurs environnementaux et dans une moindre mesure sur les expositions professionnelles, en lien avec une surveillance renforcée des activités industrielles sur la CARENE par Air Pays de la Loire.

D'après les données recueillies, les Pays de la Loire et la Loire-Atlantique présentent des taux de fumeurs plus faibles que le reste de la France. Dans la CARENE, la qualité des données sur le tabagisme des patients atteints d'un cancer du poumon ou des VADS issues d'études épidémiologiques ne permettent pas de conclure quant à une différence de prévalence du tabagisme dans cette population par rapport au reste de la région ou du pays. L'alcool semble au contraire plus présent dans la CARENE, et dans les Pays de la Loire en général, que dans le reste de la France. Le surpoids, l'obésité et l'absence d'activité physique sont des facteurs un peu moins présents dans les Pays de la Loire et en Loire-Atlantique que dans le reste de la France, mais nous n'avons pas de données à l'échelle de la CARENE. Les comportements alimentaires en Pays de La Loire ne sont pas connus, mais le Nord-Ouest de la France présenterait une consommation excessive de charcuterie et produits laitiers par rapport au reste de la France, et une consommation comparable de fruits et légumes. Les expositions professionnelles et possiblement environnementales aux particules fines, poussières métalliques, benzène, HAP et amiante semblent plus importantes dans la CARENE qu'ailleurs dans la région. Au contraire, l'exposition au radon est de plus faible ampleur. Enfin, l'exposition aux nitrates dans l'eau de boisson est importante comme dans le reste de la région. Des polluants (notamment métaux, PCB et HAP, certains pesticides) sont aussi présents dans l'eau et dans les sols de plusieurs anciens sites industriels.

Comme discuté dans les chapitres précédents, à l'échelle de la France et de la région une partie des facteurs de risque sont socialement déterminés. L'un des chapitres de la publication de 2018 du CIRC consacré aux facteurs de risque évitables de cancers en France s'intéresse spécifiquement aux inégalités sociales[22]. Les cancers de l'estomac, du foie, des lèvres-bouche-pharynx et du poumon sont plus fréquents dans les deux sexes pour les classes sociales les plus défavorisées. Chez l'homme on observe également une surincidence de cancers du larynx, de l'oesophage, du pancréas et de la vessie, et chez la femme une surincidence des cancers du col de l'utérus dans les milieux les plus précaires[36]. À l'inverse, les cancers du sein et de la prostate sont plus fréquemment diagnostiqués dans les classes sociales les plus favorisées.

Nous n'avons pas trouvé de données permettant d'étudier l'association entre le statut sociodémographique et la survenue de cancer dans la population de la CARENE. Cependant, on constate que la surincidence de cancers dans cet EPCI est surtout marquée dans les villes moins favorisées de Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne et Trignac notamment.

Dans le cas particulier de la CARENE, la profession exercée est probablement un facteur de risque majeur, notamment pour les ouvriers de la zone industrialo-portuaire. Ces salariés peuvent être soumis à une polyexposition professionnelle, à laquelle peut s'ajouter des facteurs de risque individuels. L'effet multiplicatif des expositions, notamment entre l'amiante et le tabagisme, a été démontré[119]. Or, les milieux ouvriers, plutôt défavorisés, ont tendance à être plus touchés par le tabagisme. Enfin l'ensemble de la population de la CARENE peut être concerné par une polyexposition via des expositions environnementales et une exposition individuelle au tabac et à l'alcool. La multiplication des expositions aux facteurs de risque semble un paramètre crucial à prendre en compte pour expliquer la surincidence des cancers dans la CARENE.

5.2 Autres facteurs pouvant expliquer la situation défavorable dans la CARENE

5.2.1 Santé mentale

Il a été suggéré que certains facteurs psychologiques puissent expliquer la plus grande incidence des cancers dans les milieux les plus défavorisés. Ainsi, le risque de cancer pourrait être augmenté par la dépression, l'anxiété, les événements de vie traumatique et l'isolement social[144]. Cela pourrait concerner le cancer du sein notamment, et peut-être les cancers cérébraux, gastriques, colorectaux, pancréatiques, prostatiques, pulmonaires et des leucémies. Le mécanisme suggéré est une augmentation des processus inflammatoires en lien avec le stress.

A l'échelle des Pays de la Loire comme sur le reste de la France, les personnes issues des milieux sociaux les plus défavorisés se déclarent moins souvent en bonne santé que les autres, et moins satisfaits de leur vie actuelle ; en outre, elles déclarent moins fréquemment avoir un entourage pouvant les soutenir en cas de problème grave[61].

5.2.2 Accès aux soins

Un accès aux soins limité peut être à l'origine d'une moindre prévention des comportements individuels à risque et d'un moindre respect de la sécurité au niveau professionnel (port de masques, gants...), d'un moindre dépistage des expositions professionnelles et d'une surmortalité par cancers liée à des diagnostics plus tardifs ne permettant pas des traitements

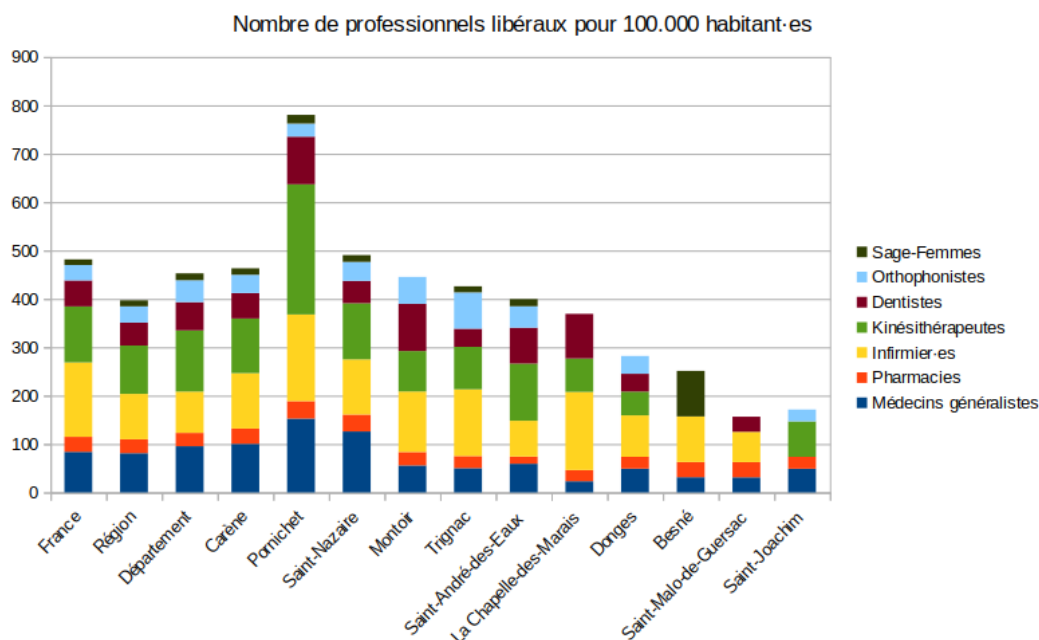


FIGURE 5.1 – Densité des différents professionnels de santé en France, en Pays de la Loire, en Loire-Atlantique et dans la CARENE en 2022. *Source : CartoSanté[145].*

curateurs optimaux. En France et dans les Pays de la Loire, le recours aux soins est socialement déterminé, avec notamment des renoncements aux soins pour des raisons financières[61].

Professionnels de santé dans la CARENE

La CARENE est dotée de trois hôpitaux, dont un centre d'oncologie. Les densités de professionnels totaux et par métier sont assez similaires au reste du département et à la France, et un peu meilleur que dans l'ensemble de la région Pays de la Loire[145]. Cependant, la répartition de ces professionnels n'est pas homogène, avec une concentration sur la commune de Pornichet et une raréfaction sur Donges, Besné, Saint-Malo-de-Guersac et Saint-Joachim (Figure 5.1). À titre d'exemple, entre 2017 et 2019, un quart des habitants de la CARENE n'ont eu aucun recours à des soins dentaires, avec plus de recours à Pornichet et Saint-André-des-Eaux où la densité de soignants est plus forte, mais moins chez les personnes atteintes de pathologies chroniques[146].

Malgré ce tableau globalement favorable, il semble exister un retard au diagnostic, comme en témoigne l'étude sur les cancers des VADS dans la CARENE : les cancers étaient diag-

nostiqués à un stade tardif et rarement lors d'un examen de dépistage (respectivement 80% et 3,7% des patients inclus.)[26]. Le délai moyen entre la première consultation et le début des traitements était de plus de 60 jours.

Pour réduire ces diagnostics tardifs et les délais de prise en charge, des dispositifs de prise de rendez-vous simplifiés (pour les examens et les consultations) ont été proposés, ainsi qu'une meilleure coopération interdisciplinaire entre médecins, dentistes, médecins du travail et associations travaillant sur les thématiques de précarité et d'addiction.

La mise en œuvre de ces propositions reste cependant limitée par la relative saturation des cabinets médicaux du secteur, de nombreuses personnes ne trouvant pas de médecin traitant actuellement.

Dépistages dans la CARENE

Nous avons contacté le Centre Régional de Dépistage des Cancers (CRDC) qui coordonne le dépistage organisé des cancers en Pays de la Loire pour récupérer les données sur le cancer du sein et du colon-rectum. La participation à ces deux dépistages est significativement plus faible sur la CARENE que dans le reste du département, en particulier sur les dernières années (Figure 5.2). L'analyse sur les communes de la CARENE, sur la période 2008-2019, retrouve des taux de dépistage plus élevés dans les communes plus favorisées de Saint-André-des-Eaux et de Pornichet (Figure 5.3). Ces résultats concordent avec les données de l'assurance maladie sur la période 2015-2017 citées dans le rapport de l'ORS[2].

Pour le cancer du col de l'utérus, le déploiement du dépistage organisé en 2020 permettra de disposer de données dans les prochaines années. D'après les données de remboursement de l'assurance maladie fournies par le rapport de l'ORS, sur la période 2015-2017, le taux de frottis (hors frottis en intra-hospitalier) réalisés dans la CARENE (54%), est proche des moyennes nationale (55%) et départementale (53%).

Concernant le cancer de la prostate, une thèse a été réalisée en 2017 sur le dosage des PSA en Loire-Atlantique[147]. Cependant, les données ont été perdues suite à un problème informatique.

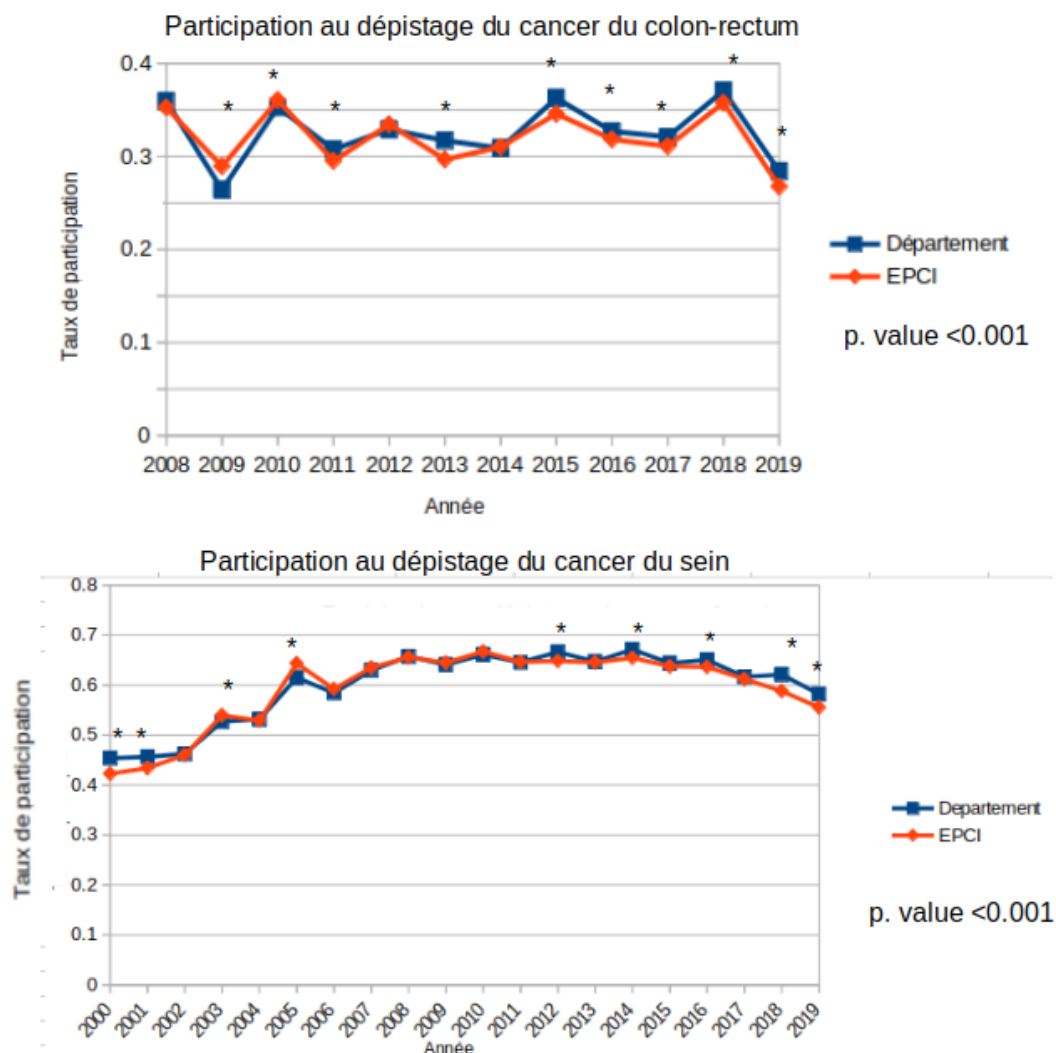


FIGURE 5.2 – Participation au dépistage organisé du colon-rectum (2008-2019) et du cancer du sein (2000-2019), dans la CARENE et dans l'ensemble de la Loire-Atlantique. *Source : CRDC.*

* : Différence statistiquement significative entre les taux de participation de l'EPCI de la CARENE et de l'ensemble de la Loire Atlantique (p . value inférieure à 0.001)

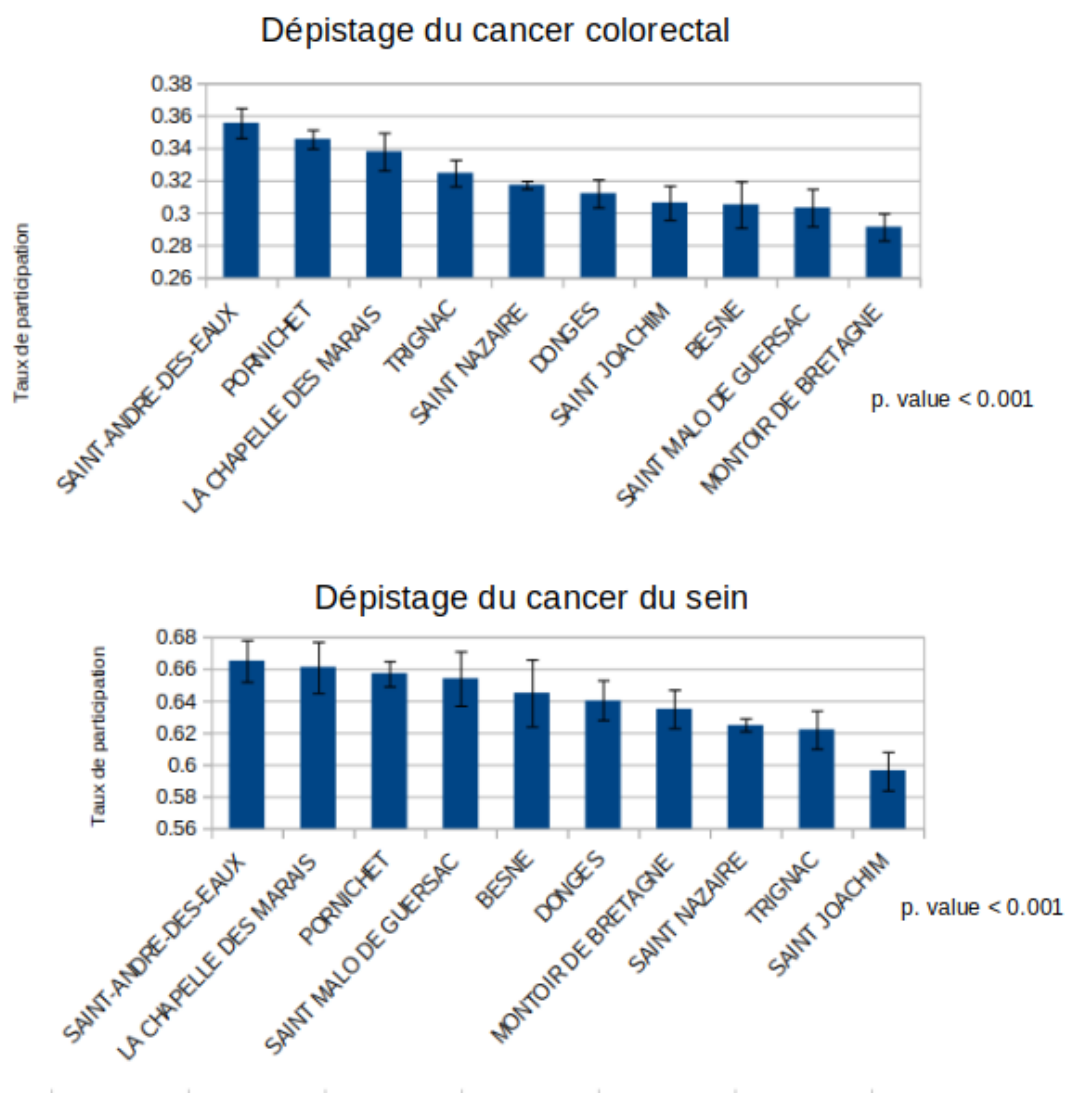


FIGURE 5.3 – Taux de participation au dépistage organisé du cancer colorectal et mammaire (moyenné entre 2008 et 2019) dans les communes de la CARENE. *Source : CRDC*
p. value inférieure < 0.001 : Différence statistiquement significative entre les communes de l'EPCI de la CARENE

5.3 Limites et forces de cette étude

Ce travail présente plusieurs limites.

Aucune étude portant sur l'association entre les facteurs de risques liés au mode de vie (tabac, alcool, obésité/surpoids, alimentation. . .) et l'incidence des cancers dans la CARENE ou au niveau départemental n'a été trouvée dans le cadre de ce travail. En l'absence de données individuelles sur ces facteurs de risque, il n'est pas possible de déterminer quels facteurs pourraient expliquer la surincidence des cancers dans la CARENE. Ces données ne sont pas recueillies en routine dans les registres de cancers car elles sont peu consignées dans les dossiers médicaux. Il en est de même pour les expositions professionnelles et environnementales. De plus, pour les expositions environnementales, il est difficile de trouver des comparateurs pertinents. Seules des études spécifiques (incluant des questionnaires auprès des patients) permettraient de pallier cet écueil.

Malgré notre effort de collectes de données, ce travail ne repose pas sur une méthodologie de recherche systématique et peut souffrir d'un manque d'exhaustivité. Par ailleurs, les études dont nous avons pu récupérer les données pour les réanalyser sont de faible qualité, notamment du fait d'un recueil non standardisé à partir des dossiers médicaux, de données manquantes et d'effectifs faibles.

Ce travail présente également certaines forces. Nous avons notamment pu collecter des informations issues de sources variées, à la fois des publications scientifiques mais également des rapports environnementaux et d'organismes de santé publique. Nous avons également été en contact avec divers acteurs locaux et régionaux travaillant sur le sujet dans différents domaines. Cependant, tous les acteurs que nous avons contacté n'ont pas donné suite à nos sollicitations.

5.4 Perspectives

L'une des conclusions de ce travail est que malgré de nombreuses informations éparses, il n'existe pas d'étude comparative solide permettant de lier des facteurs de risque à la surincidence des cancers dans la CARENE. Une étude prospective est prévue par Santé Publique France sur la CARENE et pourrait permettre de déterminer plus précisément la part des cancers professionnels parmi l'ensemble des cancers dans la CARENE, *via* le suivi de cohorte d'ouvriers, et peut-être la part des expositions environnementales. Les conclusions définitives de l'étude de zone menée par Ginger Burgeap sur les expositions environnementales devraient être publiées dans quelques années et inclure de nouvelles mesures ciblées des polluants dans la CARENE. L'étude des expositions environnementales des riverains reste complexe au vu des pollutions atmosphériques qui sont multiples et évoluant surtout par pics. Néanmoins, au vu des données collectées (nombreux pics par an pour plusieurs composants), il y a un

enjeu à se pencher sur l'évaluation de leur impact sur la santé de la population en CARENE, en développant une méthodologie adéquate.

L'ensemble de ces études ne permettront pas de déterminer la part attribuable des expositions environnementales et des expositions professionnelles dans les cancers de la CARENE, notamment en l'absence de données sur les comportements individuels à risque.

Dans ce contexte d'incidence augmentée des cancers, il est important pour les médecins de la CARENE et des EPCI avoisinants d'être particulièrement attentifs aux addictions et aux symptômes évocateurs d'un cancer afin de ne pas retarder le diagnostic. La promotion des 3 dépistages organisés (sein, colon-rectum, col utérin) auprès de la population et des professionnels de la santé du secteur reste primordiale ainsi que le dépistage ciblé des cancers des VADS. Il est également pertinent d'avoir quelques notions de médecine du travail afin de réaliser une surveillance rapprochée des travailleurs exposés, et ce même après leur retraite ou leur changement d'entreprise et d'obtenir des reconnaissances en maladie professionnelle le cas échéant. Réduire les facteurs de risque individuels, notamment le tabagisme, la consommation d'alcool et les facteurs alimentaires doit être une priorité chez les travailleurs de l'industrie, notamment en raison des fréquentes co-expositions à de nombreux autres cancérigènes mais doit aussi concerner le reste de la population de la CARENE. À notre connaissance, il n'existe pas actuellement de programme de formation continue pour enrichir les connaissances des médecins généralistes de la CARENE sur le sujet des expositions professionnelles et environnementales. Le développement de ce type de formation pourrait être un enjeu à l'avenir.

Ce travail souligne également les inégalités d'accès aux soins de santé et à la prévention sur le territoire. Certains patients n'ont pas accès à la médecine générale et la médecine du travail souffre également d'un manque de personnel à l'échelle régionale et nationale.

La surincidence de cancers dans les villes portuaires était déjà décrite dans les années 1970[148]. Dans les années 1990, des mesures pour limiter les pics de particules fines liés aux déchargement de céréales avaient été pris dans la ville de Barcelone (limitation du nombre de déchargements simultanés et des déchargements les jours où les quartiers résidentiels étaient sous les vents du port), avec une diminution des pics épidémiques d'asthme[149, 150]. Des mesures similaires pourraient possiblement être envisagées sur la ville de Saint-Nazaire. Par ailleurs, une information adaptée pourrait être délivrée aux riverains vulnérables sur la conduite à tenir en cas de pic de pollution industrielle (notamment éviction du sport en extérieur, aérer sur les périodes de la journée les moins polluées)[151].

Annexe 1 - Liste des principaux facteurs de risque de cancers présents en France en 2015 d'après le CIRC[22]

Classification selon le CIRC	Facteur de risque
1	Tabac
1	Alcool
1	Surpoids, obésité
1	Apports insuffisants en légumes, fruits et fibres, produits laitiers
1	Excès de viande rouge, consommation de viande transformée
1	Manque d'activité physique
1	Particules fines/pollution atmosphérique
1	Amiante
1	Rayonnement ionisant dont radon
1	Chrome VI, nickel, cadmium, béryllium
1	Benzène, formaldéhyde, 1,3-butadiène, amines aromatiques, chlorure de vinyle, PCB
1, 2A, 2B ou 3	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (selon les molécules)
1, 2A ou 2B	Pesticides (selon les molécules)
1	Silice cristalline
1	Poussières de bois
1	Travail dans les fonderies de fer et d'acier
1	Exposition au goudron, aux suies et à la braie de houille
1	Exposition au diesel, émissions d'essence et raffinage du pétrole
1	Rayonnement ultra-violet
1	Papillomavirus humain, hépatite B et C, <i>H. pylori</i> , EBV, HHV-8
1	Traitement hormonal, absence d'allaitement maternel
1	Carence en vitamine D
2A	Dérivés inorganiques du plomb, sels de cobalt, antimoine
2A	Nitrates dans l'eau de boisson
2A	Travail posté et de nuit
2A	Absence de prise d'aspirine faible dose
2B	Dioxyde de titane
2B	Tétrachlorure de carbone, acétaldéhyde, furfurane, alcool furfuryl
2B	Fuels lourds
3	Fuels légers
3	Chrome non VI, mercure, sélénium
3	Dioxyde de soufre, éther diglycidique du bisphénol A, butyrolactone, 2-butoxyéthanol, phénols

Annexe 2 - Liste des études sur les facteurs de risque individuels de cancers citées dans cette thèse

Année/étude	Échelon géographique	Population étudiée (mode de recueil)	Facteurs de risque	Référence
Santé Publique France				
Baromètres 2021 et 2017	France, régions	Adultes de 18 à 75 ans (enquête téléphonique)	Alcool, tabac, cannabis, poids, activité physique	[28, 30, 37, 42, 47] [24, 41, 44, 46, 49, 61]
Esteban (2014-2016)	France	Population de 6 à 74 ans (enquête téléphonique, pesée et mesure)	Poids, activité physique, nutrition	[43]
Sicapro (2010-2014)	Doubs, Belfort, Lille	Patients atteints d'un cancer (croisement des données des registres de cancer et de la Caisse Nationale assurance vieillesse (CNAV)	Tabac, expositions professionnelles	[38]
2017-2020	France, départements	Population générale (déclarations obligatoires, ALD)	VIH, hépatites	[57, 58, 59]
2021	France, régions	Femmes de 15 à 18 ans (données de l'assurance maladie)	Couverture vaccinale contre le HPV	[60]
OFDT				
ESCAPAD 2005-2017	France, régions	Adolescents de 17 ans (enquête lors de la JAPD)	Alcool, tabac, cannabis	[31]

Études des registres des tumeurs				
2012-2017	CARENE	Patients atteints d'un cancer des VADS (dossiers médicaux)	Tabac, alcool	[26]
2018-2019	Manche, Calvados, Somme	Patients atteints d'un cancer des VADS (dossiers médicaux)	Tabac, alcool	Données non publiées
2019-2020	Loire-Atlantique, Vendée, CARENE	Patients atteints d'un cancer pulmonaire (dossiers médicaux)	Tabac	Données non publiées
2004	Calvados, Manche, Isère, Doubs, Hérault, Bas-Rhin Somme, Tarn	Patients atteints d'un cancer pulmonaire (dossiers médicaux)	Tabac	[27]
Étude KPB				
2020	France, hôpitaux publics hors CHU	Patients atteints d'un cancer pulmonaire (dossiers médicaux)	Tabac	[25]
Autres				
DARES 2010	France	Travailleurs et chômeurs (enquête par la médecine du travail)	Tabac	[35]
INPES 2010	France	Population active (16-64 ans) (enquête par la médecine du travail)	Tabac, alcool, cannabis	[34]
INCA 3, 2017 (ANSES)	France, Nord-Ouest	Population de 0 à 79 ans (enquête téléphonique)	Alimentation	[53]
Douanes 2018	France, communes	Nombre de bureaux de tabac		[33]
INJEP 2022	France, département	Nombre de licences sportives		[52]

**Annexe 3 - Analyse des données du Baromètre de Santé Publique France 2017
par département pour les départements des Pays de la Loire.**

	44- Loire -Atlantique	49- Maine -et-Loire	53- Mayenne	72- Sarthe	85- Vendée	Total
Nombre de person- nes interrogées	554	341	128	235	339	1597
<i>dont femmes (%)</i>	54,5	58,9	50	57,5	62,5	57,2
Âge (années), moy- enne (écart-type)*	46,9 (15,7)	48,6 (16,1)	49,1 (15,6)	48,6 (15,6)	50,5 (15)	48,5 (15,7)
Classes d'âge, n (%)						
<i>18-24 ans</i>	54 (9,8)	31 (9,1)	11 (8,6)	21 (8,9)	21 (6,2)	138 (8,6)
<i>25-34 ans</i>	90 (16,3)	51 (15,0)	15 (11,7)	26 (11,1)	35 (10,3)	217 (13,6)
<i>35-44 ans</i>	99 (17,9)	44 (12,9)	23 (18,0)	49 (20,9)	59 (17,4)	274 (17,2)
<i>45-54 ans</i>	116 (20,9)	77 (22,6)	27 (21,1)	47 (20,0)	69 (20,4)	336 (21,0)
<i>55-64 ans</i>	100 (18,1)	70 (20,5)	27 (21,1)	43 (18,3)	85 (25,1)	325 (20,4)
<i>65-75 ans</i>	95 (17,2)	68 (19,9)	25 (19,5)	49 (20,9)	70 (20,7)	307 (19,2)
Situation profes- sionnelle, n (%)						
<i>Travail</i>	343 (61,9)	193 (56,6)	78 (60,9)	140 (60,0)	180 (53,1)	934 (58,5)
<i>Études</i>	29 (5,2)	16 (4,7)	6 (4,7)	11 (4,7)	12 (3,5)	74 (4,6)
<i>Chômage</i>	38 (6,9)	24 (7,0)	6 (4,7)	13 (5,5)	24 (7,1)	105 (6,6)
<i>Retraite</i>	122 (22,0)	89 (26,1)	34 (26,6)	64 (27,2)	106 (31,3)	415 (26,0)
<i>Autres inactifs</i>	22 (4,0)	19 (5,6)	4 (3,1)	7 (3,0)	17 (5,0)	69 (4,3)
Catégorie sociopro- fessionnelle, n (%)*						
<i>Agriculteurs</i>	8 (1,4)	10 (2,9)	7 (5,5)	7 (3,0)	9 (2,7)	41 (2,6)
<i>Commerçants, artisans, chefs d'entreprise</i>	34 (6,1)	11 (3,2)	8 (6,3)	12 (5,1)	31 (9,1)	96 (6,0)
<i>Cadres, professions intellectuelles</i>	93 (16,8)	50 (14,7)	13 (10,2)	37 (15,7)	28 (8,3)	221 (13,8)
<i>Professions intermédiaires</i>	162 (29,2)	88 (25,8)	28 (21,9)	55 (23,4)	85 (25,1)	418 (26,2)
<i>Employés</i>	163 (29,4)	91 (26,7)	39 (30,5)	68 (28,9)	115 (33,9)	476 (29,8)
<i>Ouvriers</i>	91 (16,4)	89 (26,1)	32 (25,0)	55 (23,4)	70 (20,7)	337 (21,1)
<i>Autres personnes sans activité professionnelle</i>	3 (0,5)	2 (0,6)	1 (0,8)	1 (0,4)	1 (0,3)	8 (0,5)

	44- Loire -Atlantique	49- Maine -et-Loire	53- Mayenne	72- Sarthe	85- Vendée	Total
Revenus, n (%)						
<i>1er tercile (faible)</i>	156 (29,3)	115 (34,8)	39 (32,2)	69 (30,8)	96 (29,9)	475 (31,1)
<i>2ème tercile</i>	173 (32,5)	122 (37)	49 (40,5)	93 (41,5)	128 (39,9)	565 (37,0)
<i>3ème tercile (élevé)</i>	203 (38,2)	93 (28,2)	33 (27,3)	62 (27,7)	97 (30,2)	488 (31,9)
<i>Non connu</i>	22	11	7	11	18	69
Niveau de diplôme, n (%)*						
<i>Sans diplôme</i>	22 (4,0)	21 (6,2)	12 (9,4)	17 (7,2)	26 (7,7)	98 (6,1)
<i>Inférieur au bac</i>	176(31,8)	131(38,4)	52(40,6)	91(38,7)	135(39,9)	585 (36,7)
<i>Bac ou équivalent</i>	106 (19,1)	67 (19,7)	27 (21,1)	45(19,2)	78(23,1)	323(20,2)
<i>Bac +2</i>	94(17,0)	44(12,9)	17(13,3)	22(9,4)	47(13,9)	224(14,0)
<i>Bac +3/+4</i>	88(15,9)	48(14,1)	10(7,8)	36(15,3)	38(11,2)	220(13,8)
<i>Bac+5 ou plus</i>	68(12,3)	30(8,8)	10(7,8)	24(10,2)	14(4,1)	146(9,2)
<i>Inconnu</i>	0	0	0	0	1	1
Contexte rural /urbain, n (%)*						
<i>Rural</i>	137 (24,8)	116 (34,0)	59 (46,5)	89 (38,0)	174 (51,8)	575 (36,1)
<i>Urbain (taille d'agglomération <100 000 habitants)</i>	90 (16,3)	100 (29,3)	34 (26,8)	56 (23,9)	119 (35,4)	399 (25,1)
<i>Très urbain (taille d'agglomération >100 000)</i>	326 (59,0)	125 (36,7)	34 (26,8)	89 (38,0)	43 (12,8)	617 (38,8)
<i>Inconnu</i>	1	0	1	1	3	6

	44- Loire -Atlantique	49- Maine -et-Loire	53- Mayenne	72- Sarthe	85- Vendée	Total
Statut tabagique						
<i>Fumeurs occasionnels</i>	39 (7,1)	19 (5,6)	3 (2,3)	11 (4,7)	17(5,0)	89 (5,6)
<i>Fumeurs quotidiens</i>	112(20,3)	68(19,9)	27(21,1)	51(21,8)	54(15,9)	312(19,6)
<i>Ex-fumeurs</i>	203(36,7)	133(39,0)	50(39,1)	74(31,6)	123(36,3)	583(36,6)
<i>Non fumeurs</i>	199(36,0)	121(35,5)	48(37,5)	98(41,9)	145(42,8)	611(38,3)
<i>Inconnu</i>	1	0	0	0	0	1
Nombre de cigarettes par jour et par fumeur ¹						
0-1	27(17,9)	16(18,4)	1(3,3)	8(12,9)	9(12,7)	61(15,2)
1-5	38(25,2)	12(13,8)	7(23,3)	11(17,7)	21(29,6)	89(22,2)
5-10	43(28,5)	29(33,3)	11(36,7)	18(29,0)	27(38,0)	128(31,9)
10-15	26(17,2)	20(23,0)	4(13,3)	8(12,9)	6(8,5)	64(16,0)
15-20	9(6,0)	7(8,1)	5(16,7)	12(19,4)	5(7,0)	38(9,5)
Plus de 20	8(5,3)	3(3,5)	2(6,7)	5(8,1)	3(4,2)	21(5,2)
<i>Inconnu</i>	1	0	0	1	0	2
Nombre de cigarettes/jour, moyenne (écart-type)	2,2 (5,2)	2,3 (5,4)	2,8 (7,0)	3,0 (7,2)	1,8 (5,2)	2,3 (5,8)
Alcool au cours de la vie (%)	98,4	97,7	97,7	98,7	98,2	98,2
Alcool au cours de l'année (%)	91,2	90,9	93,0	93,6	93,5	92,1
Alcool hebdomadaire (%)	45,9	45,2	39,8	40,4	41,0	43,4
Alcool quotidien (%) (un verre/jour ou 2 verres 4 fois/semaine)	8,7	13,5	10,2	6,8	7,1	9,2
> 6 verres en une occasion ² (%)						
<i>dans l'année</i>	37,7	39,7	41,4	32,3	36,0	37,3
<i>dans le mois</i>	18,6	18,5	14,1	12,3	14,5	16,4
<i>dans la semaine</i>	4,9	4,7	4,7	2,6	3,8	4,3

	44- Loire -Atlantique	49- Maine -et-Loire	53- Mayenne	72- Sarthe	85- Vendée	Total
Cannabis au cours de la vie (%) ^{*3}	47,6	34,8	37,9	38,7	33,8	40,0
Cannabis dans l'année (%) ^{*3}	10,7	8,4	5,8	5,9	4,5	7,8
Cannabis dans le mois (%) ³	6,3	4,4	2,9	4,3	3,0	4,7
Poids, n (%)						
<i>Obésité*</i>	52(9,4)	28(8,2)	14(10,9)	35(15,0)	44(13,1)	173(10,9)
<i>Surpoids*</i>	144(26,1)	100(29,4)	45(35,2)	78(33,5)	114(33,8)	481(30,3)
<i>Normal/maigreur</i>	355 (64,4)	212 (62,3)	69 (53,9)	120 (51,5)	179 (53,1)	935 (58,3)
<i>Inconnu</i>	3	1	0	2	2	8
Activité physique ⁴ >30 minutes/jour (%)	4,3	5,0	10,2	8,9	7,7	6,3
Sport						
<i>> 2fois par semaine</i>	71(25,6)	52(29,1)	21(32,3)	35(28,5)	53(29,4)	232(28,2)
<i>1 à 2/semaine</i>	127(45,9)	65(36,3)	19(29,2)	41(33,3)	61(33,9)	313(38,0)
<i>Ponctuel</i>	33(11,9)	21(11,7)	6(9,2)	17(13,8)	18(10,0)	95(11,5)
<i>Jamais</i>	46(16,6)	41(22,9)	19(29,2)	30(24,4)	48(26,7)	184(22,3)
<i>Inconnu</i>	277	162	62	111	159	771
Médicaments psychotropes dans l'année (%)	12,6	9,4	8,6	16,2	14,5	12,5

¹ Uniquement chez les 403 fumeurs (occasionnels ou quotidiens).

² 1 donnée manquante pour le Maine et Loire

³ Question posée à 1290 personnes, dont 1 donnée manquante pour la Loire-Atlantique.

⁴ 1 donnée manquante pour la Vendée

* : *différence significative entre les départements*

Annexe 4 - Liste des études sur les polluants atmosphériques dans la CARENE et les Pays de la Loire citées dans cette thèse

Air Pays de la Loire				
Année	Zone géographique	Polluants mesurés	Type de mesure	Référence
	Rapports annuels sur l'ensemble des Pays de la Loire et en particulier pour la zone d'intérêt sur les stations de Saint-Nazaire (Gaspard, Léon Blum, parc paysager), Donges (Ampère, Plessis, Pasteur, Megretais, Bossène), Trignac et Montoir (la Camée), 1995-2022	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , CO, NO ₂ , ozone, HAP, benzène, métaux, selon les stations	Enregistrement horaire continu (stations fixes)	[62, 152, 75]
2022	Donges (centre-ville)	BTEX, HAP, autres COV	Mesures de 30 minutes sur canisters installés rapidement après incident à la raffinerie	[100, 101, 102]
2022	Donges (abords de la raffinerie, Mégretais, collège)	BTEX, HAP, métaux, acide cyanhydrique	Concentrations horaires sur deux mois (avril et novembre)	[98]
2022	Saint-Nazaire, entreprise Cargill	Composés odorants	Estimation par des professionnels des odeurs	[153]
2020	Montoir-de-Bretagne, Donges (zones d'habitations proches de Yara)	PM _{2.5} , PM ₁₀	Mesures horaires sur un an	[84]
2019	Écoles de Méan-Penhouët (Saint-Nazaire), comparaison intérieur et extérieur	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , CO ₂	Moyenne horaire sur 2 périodes de 3 semaines (février et juin)	[81]
2016-2017	Méan-Penhouët(Saint-Nazaire) près de sites émetteurs de chrome VI	Chrome total, strontium	Moyennes bihebdomadaires	[113]

Air Pays de la Loire				
Année	Zone géographique	Polluants étudiés	Type de mesure	Réf.
2016	La Camée, Bossène (environs de Yara)	PM _{2.5} , PM ₁₀ , nitrate, ammonium	Mesures horaires sur 4 mois	[19]
2008, 2013	Avenue de la République (centre-ville de Saint-Nazaire)	PM ₁₀ , NO ₂	Mesures horaires sur 4 mois	[78]
2014	Donges (rue du stade)	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , CO	Mesures horaires sur 3 semaines	[80]
2012	Saint-Nazaire (Penhouët, théâtre, quai oblique)	PM _{2.5} , PM ₁₀	Mesures horaires sur 108 jours	[7]
2010	Trignac (avenue Léon Blum)	NO ₂ , PM ₁₀ , CO, benzène	Mesures horaires sur un an	[79]
2008	Alentours de la raffinerie, centre-ville de Donges	Benzène	Mesures horaires sur 12 semaines	[97]
2008	La Camée, Bossène, Plessis (environs de Yara)	PM ₁₀ , nitrate, ammonium	Mesures horaires sur 10 mois	[83]
2002	Saint-Nazaire, quartier résidentiel portuaire	PM ₁₀	Moyennes journalières sur 72 jours	[77]
2015	CARENE	NO ₂ , SO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , benzène	Modélisation numérique	[65]
2008, 2010	CARENE	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , benzène, ozone, CO	Modélisation numérique	[63, 64]

EDF				
2020-2021	Cordemais (zone de la centrale à charbon)	Métaux	Zone de retombée des métaux	[91]
Cabinet de conseil Ginger Burgeap				
2021	Saint-Nazaire, Montoir, Donges, Trignac, Pornichet	NO ₂ , SO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , BTEX, HAP, métaux, PCB, dioxines, furanes etc.	Estimation des rejets à partir des déclarations d'entreprises et de bases préétablies	[67]
Étude SUMER (DARES)				
1987, 1994, 2003, 2010, 2017	Échantillon aléatoire de salariés du privé et du public choisis aléatoirement en France	Expositions professionnelles à un certain nombre de substances	Questionnaires standardisés	[103]

Annexe 5 - Liste des études sur les polluants aquatiques dans la CARENE et les Pays de la Loire citées dans cette thèse

Nantes métropole/ARS				
Année	Zone géographique	Polluants étudiés	Type de mesure	Référence
Rapports annuels sur la qualité de l'eau potable du réseau d'alimentation sur les communes du département		Nitrates, pesticides, fluor, dureté, aluminium, bactériologie	Prélèvements ponctuels (283 en 2020 sur la CARENE)	[122, 132]
DREAL				
2005 - 2021	Pays de la Loire, prélèvements des eaux de surface	Nitrates, pesticides, ammonium, phosphore, carbone organique et oxygène dissous	Prélèvements ponctuels	[123, 124] [140, 154]
Agence de l'eau Loire-Bretagne, Groupement d'Intérêt Public Loire-Estuaire				
1996 -2011	Loire entre la Maine et la mer	Pesticides (bilan des mesures de la DREAL sur cette période)	Prélèvements ponctuels	[139]
Ifremer				
2020	Littoral de Loire-Atlantique et Vendée	Métaux, PCB, pesticide, HAP	Mesure sur les sédiments et les moules	[125]
Industriels				
Mesures depuis les années 1990	Sites industriels (FAMAT, Yara, Cargill, Idea, OTCM, SAIPOL, SPEM, Total, Rabas Protec, CARENE Cuneix)	Métaux, BTEX, COHV, hydrocarbures, nitrites, nitrates selon les sites	Piézomètres (eaux souterraines)	[67]

**Annexe 6 - Données mises à jour du registre des cancers de Loire-Atlantique
Vendée et de l'ORS après le rendu de cette thèse[155, 156]**

Indicateur	Comparateur	Période	CARENE	Commentaire
Mortalité générale H ¹ Mortalité générale F ²	France	2013- 2017	+17%* +6%*	Mortalité générale en baisse chez les hommes
Mortalité prématurée H ¹ Mortalité prématurée F ²	France	2013- 2017	+42%* +9%	
SIR : <i>Tous cancers H</i> <i>Tous cancers F</i> <i>Prostate</i> <i>Sein</i> <i>Colon-rectum H</i> <i>Colon-rectum F</i> <i>Poumon H</i> <i>Poumon F</i> <i>LNH H</i> <i>LNH F</i> <i>VADS H</i> <i>VADS F</i> <i>Mélanome cutané H</i> <i>Mélanome cutané F</i> <i>Foie H</i> <i>Plèvre HF</i>	Loire- Atlantique	2010- 2019	1,13* 1,07* 1,06 1,04 1,14* 1,11 1,19* 1,06 1,02 1,03 1,28* 1,09 1,13 1,10 1,05 1,93	Surincidence significative : SN, D, T, MdB, P SN, P P SN SN SN SN, T MdB, T SN, P

¹ Homme

² Femme

* Résultat significativement différent entre le comparateur et la CARENE

SN : Saint-Nazaire ; D : Donges ; T : Trignac ; MdB : Montoir-de-Bretagne ; P : Pornichet

Bibliographie

- [1] Delacour S, Cowppli-Bony A, Molinie F. Cartographie du risque cancer sur la zone Carène. 2019.
- [2] Observatoire régionale de santé. La santé des habitants de la Carène. 2019.
- [3] Site du registre des tumeurs de Loire-Atlantique et Vendée; 2023. [Accès août 2023]. <https://www.registre-cancers-44-85.fr/>.
- [4] INSEE. Base de données publiques en ligne de l'INSEE; 2023. [Accès mars 2023]. <https://statistiques-locales.insee.fr/>.
- [5] Coutard G, Gicquaud N, Rodrigues A. 24 400 emplois sur le complexe industrialo-portuaire de Nantes Saint-Nazaire. INSEE Analyses. 2015;(18).
- [6] Belkacem C, Cloarec N, Hamard J, Joseph S, Bagoulla C, Brecard D, et al. L'impact socio-économique du port de Nantes Saint-Nazaire. INSEE Pays de La Loire - Dossier. 2008;(31).
- [7] Air Pays de la Loire. Influence de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire sur le niveau de particules. 2013.
- [8] Groupe Total. Site web du groupe Total à Donges; 2023. "https://donges.totalenergies.fr/".
- [9] Elengy. Site web du groupe Elengy, implantation à Montoir-de-Bretagne; 2023. "https://www.elengy.com/implantations/terminal-methanier-montoir-bretagne".
- [10] Les Echos. A Saint-Nazaire, General Electric fait enfin des éoliennes pour la France; 17 septembre 2020. "https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/a-saint-nazaire-general-electric-fait-enfin-des-eoliennes-pour-la-france-1243278".

- [11] EDF. Page du site d'EDF consacré à la centrale à charbon de Cordemais ; 2023. "https ://www.edf.fr/centrale-thermique-cordemais".
- [12] Chantiers de l'Atlantique. Site web des Chantiers de l'Atlantique (STX) ; 2023. "https ://chantiers-atlantique.com/".
- [13] Airbus. Site web d'Airbus ; 2023. "https ://www.airbus.com/en/our-worldwide-presence/airbus-in-france".
- [14] IDEA group. Site web du groupe IDEA ; 2023. "https ://www.groupe-idea.com/fr".
- [15] Mecasoud. Site web du groupe Mecasoud ; 2023. "https ://www.mecasoud.com/".
- [16] Dupin M. Grève à Eiffage Saint-Nazaire : "On a la même exposition aux risques que les ouvriers de Total, mais pas les mêmes salaires" ; 28 octobre 2022. https ://actu.fr/pays-de-la-loire/saint-nazaire_44184/greve-a-eiffage-saint-nazaire-on-a-la-meme-exposition-aux-risques-que-les-ouvriers-de-total-mais-pas-les-memes-salaires_54851912.html.
- [17] Cargill France. Site web de Cargill France ; 2023. "https ://www.cargill.fr/fr/saint-nazaire?language=fr".
- [18] Ouest France. Huile de tournesol. À quoi servent les travaux chez Cargill à Saint-Nazaire ? ; 2018. "https ://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/saint-nazaire-44600/saint-nazaire-quoi-ont-servi-les-travaux-chez-cargill-5533259".
- [19] Air Pays de la Loire. Evaluation des niveaux de poussière et de nitrate d'ammonium dans l'environnement de Yara. 2016.
- [20] Yara France. Site web de Yara - Sites de Production Français ; 2023. https ://www.yara.fr/espace-presse2/mieux-nous-connaître/.
- [21] Ocean FR. Les Sablières de l'Atlantique ; 2023. "https ://www.respectocean.com/sablieres-de-latlantique/".
- [22] International Agency for Research on Cancer. Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine. Lyon : IARC. 2018.
- [23] Jett J, Stone E, Warren G, Cummings KM. Cannabis use, lung cancer, and related issues. *Journal of Thoracic Oncology*. 2018;13(4) :480-7.
- [24] Bournot MC, David S, Tallec A, ORS Pays de la Loire. Tabac dans les Pays de la Loire - Résultats du Baromètre de Santé Publique France 2017. 2019.
- [25] Debieuvre D, Molinier O, Falchero L, Locher C, Templement-Grangerat D, Meyer N, et al. Lung cancer trends and tumor characteristic changes over 20 years (2000–2020) : Results of three French consecutive nationwide prospective cohorts' studies. *The Lancet Regional Health–Europe*. 2022;22.
- [26] Bergerot P, Le Quellenec G, Molinie F, Delacour-Billon S. Description de la prise en charge des patients atteints d'un cancer des Voies Aéro-Digestives Supérieures dans la CARENE : synthèse. 2021.

- [27] Seigneurin A, Delafosse P, Trétarre B, Woronoff A, Velten M, Grosclaude P, et al. Are comorbidities associated with long-term survival of lung cancer ? A population-based cohort study from French cancer registries. *BMC cancer*. 2018 ;18(1) :1-10.
- [28] Pasquereau A, Andler R, Guignard R, Soullier N, Gautier A, Richard JB, et al. Consommation de tabac parmi les adultes en 2020 : résultats du baromètre de Santé Publique France. 2021.
- [29] Schwartz AG, Cote ML. Epidemiology of lung cancer. *Lung cancer and personalized medicine : Current knowledge and therapies*. 2016 :21-41.
- [30] Santé Publique France. Tabac : Indicateurs 2021 Pays de la Loire.
- [31] Observatoire français des drogues et des tendances addictives. Rapports ESCAPAD, 20 ans d'observation des usages à l'adolescence. Mars 2022.
- [32] OFDT. Tabagisme et arrêt du tabac en 2021. Avril 2022.
- [33] Direction générale des Douanes et des Droits Indirects. Annuaire des bureaux de tabac. 2018.
- [34] Beck F, Guignard R, Léon C, Ménard C, Richard JB. Usages de substances psychoactives et milieu du travail - Baromètre Santé de l'INPES. 2010.
- [35] DARES. Quelle influence des conditions de travail sur la consommation de tabac ? 2016.
- [36] Bryere J, Dejardin O, Launay L, Colonna M, Grosclaude P, Launoy G. Environnement socioéconomique et incidence des cancers en France. *Santé publique France, Bulletin épidémiologique hebdomadaire*. 2017 ;4.
- [37] Santé Publique France. Tabac - Résultats du Baromètre 2021. 2023.
- [38] Santé Publique France. Faisabilité de la mise en place d'un système de surveillance de l'incidence des cancers en lien avec l'activité professionnelle : étude pilote Sicapro (2010-2014). 2021.
- [39] Khuder SA. Effect of cigarette smoking on major histological types of lung cancer : a meta-analysis. *Lung cancer*. 2001 ;31(2-3) :139-48.
- [40] Bonaldi C, Hill C, et al. Alcohol-attributable mortality in France in 2015. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*. 2019 ;(5/6) :97-108.
- [41] Bournot MC, David S, Richard M, Tallec A, de la Loire OP. Alcool dans les Pays de la Loire - Résultats du Baromètre de Santé Publique France. 2017.
- [42] Raphaël Andler AGNSELJBRVNT Guillemette Quatremère. Dépassement des repères de consommation d'alcool à moindre risque en 2020 : résultats du baromètre de Santé Publique France. 2021.
- [43] Santé Publique France. Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban) 2014–2016. Volet nutrition Chapitre Activité physique et sédentarité. 2015.

- [44] Andler R, Rabet G, Guignard R, Pasquereau A, Quatremère G, Richard J, et al. Consommation de substances psychoactives et milieu professionnel - Résultats du Baromètre de Santé Publique France 2017. 2021.
- [45] Le Nézet O, Philippon A, Lahaie E, Andler R. Les niveaux d'usage de cannabis en France en 2020. 2021.
- [46] Bournot MC, David S, Tallec A, de la Loire OP. Drogues illicites dans les Pays de la Loire - Résultats du Baromètre de Santé Publique France. 2017.
- [47] Le Nézet O, Spilka S, Lahaie E, Andler R. Tendances : Les usages de cannabis en population adulte en 2021. 2022.
- [48] Santé Publique France. L'essentiel des recommandations sur l'alimentation. 2019.
- [49] David S, Tallec A, ORS Pays de la Loire. Statut pondéral, activité physique, pratique sportive dans les Pays de la Loire - Résultats du Baromètre de Santé Publique France. 2017.
- [50] Fontbonne A, Currie A, Tounian P, Picot MC, Foulatier O, Nedelcu M, et al. Prevalence of Overweight and Obesity in France : The 2020 Obepi-Roche Study by the "Ligue Contre l'Obesité". Journal of Clinical Medicine. 2023 ;12(3) :925.
- [51] Charles MA, Eschwege E, Basdevant A. Epidémiologie de l'obésité de l'adulte en France Une description socio-démographique : l'enquête OBEPI 1997. Médecine thérapeutique/Endocrinologie. 2001 ;2(6) :512-7.
- [52] INJEP. Site Internet de l'Institut National de la jeunesse et de l'éducation populaire. 2022.
- [53] ANSES. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3). 2017.
- [54] Grange F. Epidemiology of cutaneous melanoma : descriptive data in France and Europe. In : Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. vol. 132 ; 2005. p. 975-82.
- [55] Santé Publique France. Hépatites B et C : données épidémiologiques 2019 ; 2021. "https ://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2021/hepatites-b-et-c-donnees-epidemiologiques-2019".
- [56] Santé Publique France. Portail Geodes - données de Santé Publique France ; 25 juin 2023. "https ://geodes.santepubliquefrance.fr/".
- [57] Vaux S, Pioche C, Brouard C, Pillonel J, Bousquet V, Fonteneau L, et al.. Surveillance des hépatites B et C. Région Pays de la Loire ; 2017.
- [58] Santé Publique France. Surveillance et prévention des infections à VIH et autres infections sexuellement transmissibles ; 2020.
- [59] Assurance maladie - Ameli. Prévalence standardisée des personnes prises en charge pour VIH ou sida par département en 2020 ; 25 juin 2023. "https ://assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/2020_carte-prevalence_vih-sida_1.pdf".

- [60] Hanguelhard R, Gautier A, Souillier N, Barret AS, Parent du Chatelet I, Vaux S. Couverture vaccinale contre les infections à papillomavirus humain des filles âgées de 15 à 18 ans et déterminations de vaccination ;.
- [61] Bournot MC, David S, Tallec A, ORS Pays de la Loire. Santé, bien-être et qualité de vie dans les Pays de la Loire - Résultats du Baromètre de Santé Publique France. 2017.
- [62] Air Pays de la Loire. La qualité de l'air dans les Pays de la Loire, rapport annuel 2020. 2021.
- [63] Air Pays de la Loire. La Carène, cartographies de la qualité de l'air, année 2008. 2010.
- [64] Air Pays de la Loire. Cartographies de la qualité de l'air sur l'agglomération de Saint-Nazaire pour l'année 2010. 2012.
- [65] Air Pays de la Loire. Carte stratégique air Carène 2015. 2017.
- [66] Direction Régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement. Communiqué de presse - Lancement de l'étude de zone sur une partie du territoire de la Carène ; 10 mars 2021.
- [67] Cabinet Ginger Burgeap. Etude de Zone sur le territoire de la Carène - Phase 1 ; 30 octobre 2022.
- [68] Groupement Interprofessionnel de Santé au Travail de Saint-Nazaire. Rapport d'activité médicale 2018 ; 2018.
- [69] Pascal M, de Crouy Chanel P, Corso M, Medina S, Wagner V, Gorla S, et al. Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice : Santé publique France. 2016 :1-158.
- [70] Santé Publique France. Page web de Santé Publique France "Pollution atmosphérique : quels sont les risques?" ;. "https ://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/articles/pollution-atmospherique-quels-sont-les-risques".
- [71] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Outdoor Air Pollution. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2016 ;109 :9.
- [72] Santé Publique France. Pollution de l'air : l'OMS révisé ses seuils de référence pour les principaux polluants atmosphériques ; 14 octobre 2022. "https ://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2021/pollution-de-l-air-l-oms-revisé-ses-seuils-de-reference-pour-les-principaux-polluants-atmospheriques".
- [73] Dominici F, Schwartz J, Di Q, Braun D, Choirat C, Zanobetti A. Assessing adverse health effects of long-term exposure to low levels of ambient air pollution : phase 1. Research Reports : Health Effects Institute. 2019 ;2019.

- [74] Ministère de l'Écologie. Normes françaises et européennes de qualité de l'air ;. "Accès 10/04/2023". "https ://www.ecologie.gouv.fr/".
- [75] Air Pays de la Loire. La qualité de l'air dans les Pays de la Loire, rapport annuel 2022. 2023.
- [76] Site web du Citepa, association évaluant les émissions de polluants en France ; 2023. [https ://www.citepa.org/fr/](https://www.citepa.org/fr/).
- [77] Air Pays de la Loire. Campagnes 2002-2003 de surveillance de la pollution dans l'environnement industrialo-portuaire de Saint-Nazaire. 2003.
- [78] Air Pays de la Loire. Évaluation de l'influence des aménagements de l'avenue de la République à Saint-Nazaire sur la qualité de l'air.
- [79] Air Pays de la Loire. Evaluation de la qualité de l'air en proximité automobile durant l'année 2010 avenue Mendes France au Mans et boulevard Léon Blum à Trignac. 2011.
- [80] Air Pays de la Loire. Évolution de la qualité de l'air en proximité de trafic routier rue du stage à Donges, octobre à décembre 2014. 2015.
- [81] Air Pays de la Loire. Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'air intérieur dans les établissements scolaires. 2020.
- [82] Ouest France. Pollution : près de Saint-Nazaire, l'industriel Yara désavoué par la justice ; 2023. "https ://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/pollution-pres-de-saint-nazaire-lindustriel-yara-desavoue-par-la-justice-2b3e403a-c3d7-11ed-9add-012db42d5c37".
- [83] Air Pays de la Loire. Niveaux de poussières dans l'environnement de YARA France, campagne de mesure octobre 2008 à janvier 2009. 2009.
- [84] Air Pays de la Loire. Evaluation des retombées particulières dans l'environnement de Yara France – campagne 2021. 2023.
- [85] Feychting M, Svensson D, Ahlbom A. Exposure to motor vehicle exhaust and childhood cancer. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 1998 ;8-11.
- [86] Qin X, Wan F, Zhang H, Dai B, Shi G, Zhu Y, et al. MP14-20 short peak exposure to ambient fine particulate matter probably contributed to increased prostate cancer mortality. *The Journal of Urology*. 2015 ;193(4S) :e158-8.
- [87] Bos PM, Baars BJ, van Raaij MT. Risk assessment of peak exposure to genotoxic carcinogens : a pragmatic approach. *Toxicology letters*. 2004 ;151(1) :43-50.
- [88] Checkoway H, Lees PS, Dell LD, Gentry PR, Mundt KA. Peak exposures in epidemiologic studies and cancer risks : considerations for regulatory risk assessment. *Risk Analysis*. 2019 ;39(7) :1441-64.
- [89] Guigon N, Sandret N, Vincent R. Les expositions aux produits cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques. *Documents pour le médecin du travail*. 2005 ;(104) :471-83.

- [90] United States Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment for Sulfur Oxides – Health Criteria. 2017 ;EPA/600/R-17/451.
- [91] EDF. Biosurveillance des retombées atmosphériques dans l’environnement du site EDF de Cordemais - Synthèse du programme de surveillance environnementale 2020-2021 selon la méthode de biosurveillance NF EN 16414 ; 04 mars 2022.
- [92] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Benzene. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2017 ;120.
- [93] INRS. Tableaux des maladies professionnelles ; 2023. ”[https ://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html](https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html)” .
- [94] World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality : selected pollutants. World Health Organization. Regional Office for Europe ; 2010.
- [95] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Benzo[a]pyrene. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2018 ;110F-14.
- [96] CIRC. Site du CIRC ; 2023. ”[https ://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications](https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications)” .
- [97] Air Pays de la Loire. Evaluation des niveaux de benzène dans l’air dans l’environnement de la raffinerie Total à Donges. 2008.
- [98] Air Pays de la Loire. Evaluation des niveaux de COV, de métaux et d’acides cyanhydriques dans l’air, dans l’environnement de la raffinerie de Donges.
- [99] ARIA. Données en ligne de l’Agence ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) ; Mise à jour octobre 2020.
- [100] Air Pays de la Loire. Qualité de l’air liée à l’incident de la raffinerie de Donges - Rapport numéro 1 des mesures effectuées. 2023.
- [101] Air Pays de la Loire. Qualité de l’air liée à l’incident de la raffinerie de Donges - Rapport numéro 2 des mesures effectuées. 2023.
- [102] Air Pays de la Loire. Qualité de l’air liée à l’incident de la raffinerie de Donges - Rapport numéro 3 des mesures effectuées. 2023.
- [103] Matinet B, Rosankis E, Tassy V. Les expositions aux risques professionnels, par secteur d’activité. Dares, Synthèse Stat. 2020 ;35 :1-192.
- [104] Burzoni S. Le 1, 3-butadiène : mise à jour des connaissances et évaluation de l’exposition en milieu de travail. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) ; 2017.
- [105] INRS. Affections cutanées provoquées par les amines aliphatiques, alicycliques ou les éthanolamines ; 2023. ”[https ://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html ?re-fINRS=RG](https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?re-fINRS=RG)

- [106] Ineris. Page de l'INRS sur le formaldéhyde; 2023. "https://www.inrs.fr/risques/formaldehyde/formaldehyde-de-quoi-parle-t-on.html".
- [107] ANSES. Liste des Valeurs guides de qualité d'air intérieur de l'ANSES. 2020.
- [108] Air Pays de la Loire. Diagnostic des sources de formaldéhyde dans 3 établissements scolaires des Pays de la Loire, rapport annuel 2020. 2012.
- [109] INRS. Affections provoquées par le tétrachlorure de carbone; 2023. "https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RG
- [110] Centre de lutte contre le cancer Léon Bernard. Page du site Cancer Environnement sur l'acétaldéhyde; 2023. "https://www.cancer-environnement.fr/fiches/expositions-environnementales/acetaldehyde/".
- [111] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chromium (VI) compounds. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2018;100C-9.
- [112] Geoffroy-Perez B, Fouquet A, Rabet G, Julliard S. Programme Cosmop : surveillance de la mortalité par cause selon l'activité professionnelle. Analyse de la mortalité et des causes de décès par secteur d'activité de 1976 à 2005. Saint-Maurice : Santé publique France. 2018.
- [113] Air Pays de la Loire. Caractérisation de la qualité de l'air, quartier Méan Penhouët à Saint-Nazaire. 2017.
- [114] Geoffroy-Perez B. Analyse de la mortalité et des causes de décès par secteur d'activité de 1968 à 1999 à partir de l'échantillon démographique permanent : étude pour la mise en place du programme Cosmop. Institut de veille sanitaire Saint Maurice; 2006.
- [115] Hammond EC, Selikoff IJ, Seidman H. Asbestos exposure, cigarette smoking and death rates. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1979;330(1) :473-790.
- [116] Chailleux E, Pioche D, Chopra S, Dabouis G, Germaud P, De Lajartre A. Epidémiologie du mésothéliome pleural malin dans la région de Nantes-Saint-Nazaire : évolution 1956-1992. *Revue des maladies respiratoires*. 1995;12(4) :353-7.
- [117] Stevens RG, Hansen J, Costa G, Haus E, Kauppinen T, Aronson KJ, et al. Considerations of circadian impact for defining 'shift work' in cancer studies : IARC Working Group Report. *Occupational and environmental medicine*. 2011;68(2) :154-62.
- [118] Vineis P, Segnan N, Costa G, Terracini B. Evidence of a multiplicative effect between cigarette smoking and occupational exposures in the aetiology of bladder cancer. *Cancer letters*. 1981;14(3) :285-90.
- [119] Saracci R. The interactions of tobacco smoking and other agents in cancer etiology. *Epidemiologic reviews*. 1987;9(1) :175-93.

- [120] Chaumette P, Daubas-Letourneux V, Emame A, Héas F, Coutanceau C. Enjeux de santé au travail et cancers : Les expositions à supprimer dans les métiers portuaires. Une recherche-action sur le Grand Port Maritime de Nantes/Saint-Nazaire. 2014.
- [121] Hascoët Y, Dubief J. Enquête : modes de vie des travailleurs détachés dans la région de Saint-Nazaire. Agence d'urbanisme de la région de Saint-Nazaire (Addrn), 24 rue d'Anjou ... ; 2018.
- [122] ARS métropole. Accès "Infofacture" à la qualité de l'eau en ligne par communes ; 2022.
- [123] Réseau National des Bassins. Qualité des Eaux superficiels des Pays de la Loire. 2006.
- [124] DREAL Pays de la Loire. Accès en ligne aux données de mesure des nitrates dans les eaux superficielles ; 2023. "http ://apps.datalab.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/nitrates_eau/".
- [125] Ifremer. Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2021. Département de Loire-Atlantique Vendée Nord ; 2021.
- [126] Le Monde. A Saint-Nazaire, les riverains manifestent contre le pétrolier Total ; 2008. "https ://www.lemonde.fr/societe/article/2008/03/23/a-saint-nazaire-les-riverains-manifestent-contre-le-petrolier-total_1026573_3224.html".
- [127] ANSES. AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux risques associés à la consommation de nitrites et de nitrates. 2022.
- [128] European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the re-evaluation of sodium nitrate (E 251) and potassium nitrate (E 252) as food additives. EFSA Journal. 2017;15(6) :4787, 123 pp.
- [129] IARC. Red Meat and Processed Meat, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2018);114.
- [130] OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 1998.
- [131] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2010;94 :v.
- [132] ARS Pays de la Loire, Nantes Métropole. Qualité de l'eau distribuée en 2020, fiches de synthèse ; 2020.
- [133] Schullehner J, Hansen B, Thygesen M, Pedersen CB, Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk : A nationwide population-based cohort study. International journal of cancer. 2018;143(1) :73-9.
- [134] INERIS. Page de l'INERIS sur les nitrates ; 2009. "https ://substances.ineris.fr/fr/substance/nom/nitrate".

- [135] Hagmar L, Bellander T, Andersson C, Lindén K, Attewell R, Möller T. Cancer morbidity in nitrate fertilizer workers. *International archives of occupational and environmental health*. 1991 ;63 :63-7.
- [136] Zandjani F, Høgsaet B, Andersen A, Langård S. Incidence of cancer among nitrate fertilizer workers. *International archives of occupational and environmental health*. 1994 ;66 :189-93.
- [137] ANSES. Évaluation des risques liés aux cyanobactéries et à leurs toxines dans les eaux douces. 2020.
- [138] International Agency for Research on Cancer. Monographs, Volume 112 : Some Organophosphate Insecticides and Herbicides : Tetrachlorvinphos, Parathion, Malathion, Diazinon and Glyphosate. Lyon : IARC Working Group ; 2015.
- [139] GIP Loire Estuaire. Micropolluants : les pesticides. Cahier Indicateur N°1. 2013.
- [140] DREAL Pays de la Loire. Accès en ligne aux données de mesure des pesticides dans les eaux superficielles ; 2023. "http ://apps.datalab.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/qualite-des-eaux/".
- [141] de lutte contre le cancer Léon Bernard C. Page du site Cancer Environnement sur les PCB ; 2023. "https ://www.cancer-environnement.fr/fiches/expositions-environnementales/polychlorobiphenyles-pcb/".
- [142] Akhtar N, Bansal JG. Risk factors of Lung Cancer in nonsmoker. *Current problems in cancer*. 2017 ;41(5) :328-39.
- [143] IRSN. Connaître le potentiel radon de sa commune ; 25 juin 2023. "https ://www.irsnn.fr/savoir-comprendre/environnement/connaitre-potentiel-radon-ma-commune".
- [144] Kruk J, Aboul-Enein BH, Bernstein J, Gronostaj M, et al. Psychological stress and cellular aging in cancer : a meta-analysis. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2019 ;2019.
- [145] Base de données publiques en ligne des ARS ; 2023. [Accès juillet 2023]. https ://cartosante.atlasante.fr/.
- [146] ORS Pays de la Loire. Recours au cabinet dentaires des habitants de la Carène. 2020.
- [147] Rocher S. Recours au PSA pour le dépistage du cancer de la prostate : une analyse de la variabilité des pratiques à partir des données collectées par la CPAM de Loire-Atlantique. Université de Nantes ; 2017.
- [148] Picheral H. Villes et cancers des voies respiratoires en France (French towns and respiratory system cancers). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*. 1978 ;55(450) :125-37.

- [149] Antó JM, Sunyer J, Rodriguez-Roisin R, Suarez-Cervera M, Vazquez L, Committee T. Community outbreaks of asthma associated with inhalation of soybean dust. *New England Journal of Medicine*. 1989 ;320(17) :1097-102.
- [150] Villalbí J, Plasencia A, Manzanera R, Armengol R, Antó J. Epidemic soybean asthma and public health : new control systems and initial evaluation in Barcelona, 1996–98. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2004 ;58(6) :461-5.
- [151] Ministère de la Santé et de la Prévention. Recommandations en cas d'épisode de pollution. 2022.
- [152] Air Pays de la Loire. La qualité de l'air dans les Pays de la Loire, rapport annuel 2021. 2022.
- [153] Air Pays de la Loire. Entreprise Cargill France (Saint-Nazaire). Diagnostic olfactif - synthèse. 2022.
- [154] DREAL Pays de la Loire. Qualité de l'eau dans les Pays de la Loire - éléments marquants de l'année 2007. 2007.
- [155] Observatoire régional de la santé des Pays de la Loire. Suivi des indicateurs d'état de santé des habitants de la Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire (Carene) à partir de données médico-administratives ; octobre 2023.
- [156] Delacour-Billon S, Cowppli-Bony A, Molinie F. Risque cancer sur le territoire de la CARENE (actualisation des résultats) ; octobre 2023.

Vu, le président du Jury, le professeur François-Xavier Blanc

Vu, les directices de thèses, les docteurs Léa Duchènes et Anne Cowppli-Bony

Vu, le Doyen de la Faculté,

NOM : Heinrich **PRENOM :** Juliette

Titre de thèse : Facteurs de risque de cancers dans l'EPCI de la CARENE

RÉSUMÉ

Introduction : La CARENE (EPCI de Saint-Nazaire) est marquée par une surincidence de cancers par rapport au reste du département (+13% chez les hommes, +6% chez les femmes). Cela concerne notamment les cancers du poumon, des voies aérodigestives supérieures, et de la plèvre.

Objectif : Réaliser un état des lieux des données disponibles sur les facteurs de risque de cancers dans la CARENE.

Méthodes : Outre des recherches dans la littérature scientifique publiée, des acteurs locaux ont été contactés, et des données d'études précédemment publiées on pu être réanalysées.

Résultats : Selon des analyses de faible niveau de preuve, le tabagisme chez les patients atteints d'un cancer du poumon dans la CARENE semble être à des niveaux similaires au reste du département et de la région, où la proportion de non-fumeurs est plus élevée que dans le reste de la France. La consommation d'alcool est au contraire plus importante que pour le reste de la métropole. Nous ne disposons pas de données à l'échelle locale concernant les facteurs alimentaires, néanmoins les Pays de la Loire et la Loire-Atlantique en particulier semblent moins touchés par l'absence d'activité physique, le surpoids et l'obésité.

Les expositions professionnelles et environnementales pourraient jouer un rôle important dans la CARENE du fait de la zone industrialo-portuaire, avec notamment des expositions à l'amiante, aux fumées de soudure, aux métaux dont le chrome VI, aux particules fines, au benzène, aux HAP et à d'autres composés chimiques organiques, à la silice, au rayonnement ionisant et au travail de nuit. La zone est au contraire peu touchée par l'exposition au radon.

Par ailleurs, la CARENE est une zone marquée par un plus faible accès aux soins et notamment au dépistage.

Conclusion et perspectives : Les études manquent concernant les facteurs de risque, notamment professionnels et environnementaux, à un échelon local. Une étude menée par Santé Publique France devrait prochainement débiter pour explorer plus précisément la part des expositions professionnelles. Dans le contexte de la CARENE, le rôle du médecin généraliste dans le dépistage et la prévention des facteurs de risque paraît essentiel.

Mots-clés : cancers, CARENE, facteurs de risque, tabagisme, alcool, cannabis, surpoids, activité physique, alimentation, activité physique, expositions environnementales, expositions professionnelles.