

Jun 2026  
ÉTUDES ET ENQUÊTES



**Investigation d'une suspicion  
d'agrégat de tumeurs cérébrales  
parmi les salariés d'une entreprise  
du numérique en Île-de-France**

Période 2014-2019

RÉGION ÎLE-DE-FRANCE

## Résumé

### Investigation d'une suspicion d'agrégat de tumeurs cérébrales parmi les salariés d'une entreprise du numérique en Île-de-France. Période 2014-2019

Le 11 avril 2019, le médecin du travail d'une entreprise spécialisée dans la fourniture de services numériques a signalé à l'Agence régionale de santé (ARS) d'Île-de-France, la survenue, depuis 2015, de plusieurs cas de gliomes parmi les salariés d'un des sites de l'entreprise localisé dans les Yvelines (78). Il indique suspecter l'exposition aux champs électromagnétiques comme pouvant avoir un rôle dans la survenue de ces cas.

Suite à ce signalement, le 8 juillet 2019, Santé publique France a été destinataire d'une saisine conjointe de l'ARS et de la direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (Direccte) Île-de-France pour mener une investigation épidémiologique.

L'agence a ainsi mené une investigation afin de recenser et documenter les cas, objectiver l'excès de cas et déterminer la présence ou non d'expositions susceptibles d'être reliées à cet excès, le cas échéant.

La démarche d'investigation adoptée s'appuie sur les méthodes élaborées par Santé publique France pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses. Cette démarche se déroule selon un arbre décisionnel en plusieurs étapes. Sur la base des données sanitaires et environnementales recueillies à chaque étape, il est alors décidé de la poursuite ou non de l'investigation.

Au total, sept cas de tumeurs neuroépithéliales diagnostiquées entre 2016 et 2019 ont été recensés parmi les salariés du site de l'entreprise. Les calculs d'évaluation de l'excès de cas ont montré que le nombre de cas de tumeurs neuroépithéliales était significativement supérieur à l'attendu compte tenu des données d'incidence nationales et de la structure démographique de la population étudiée. Ceci a confirmé l'existence d'un excès de cas. Les investigations environnementales effectuées et les données scientifiques disponibles n'ont, par ailleurs, pas permis de mettre en évidence, dans l'environnement professionnel des salariés, d'exposition qui pourrait potentiellement expliquer l'excès de cas et pour laquelle une étude épidémiologique plus poussée pourrait être envisagée. Un certain nombre de questionnements ont émergé au vu des éléments recueillis. Ainsi, Santé publique France a jugé utile, au-delà de la réponse à la saisine de l'ARS et de la Direccte, de compléter les travaux d'investigation par des compléments d'information. Ces derniers relèvent 1/ de la relecture des dossiers médicaux des cas identifiés par une équipe d'experts ; 2/ du rapprochement des questionnements soulevés par cette investigation de la mise à jour des connaissances relatives au lien entre radiofréquences et cancer effectuée concomitamment par l'Anses.

La revue systématique de la littérature conduite par l'Anses dans le cadre de son expertise a conclu que l'ensemble des données disponibles (épidémiologiques, chez l'animal et mécanistiques) « ne permet pas de conclure à l'existence ou à l'absence d'un effet des radiofréquences sur l'apparition de tumeurs du cerveau et du système nerveux central ».

La revue des dossiers médicaux par les neurologues a conclu que les 7 cas présentaient des caractéristiques similaires (âge au diagnostic initial, localisation anatomique, pronostic, aspects microscopiques, marqueurs immunohistochimiques, données moléculaires) à celles observées de façon la plus fréquente dans la population générale et correspondant au glioblastome IDH normal, grade 4 selon la classification OMS 2021.

Au total, les investigations ont confirmé le nombre de cas supérieur à l'attendu, l'absence de nouveaux cas depuis 2019, l'absence de surexposition actuelle aux radiofréquences ou aux champs électromagnétiques et n'ont pas permis d'identifier une cause commune à ces cas. Le lien a été fait avec le travail le plus récent de l'Anses sur les risques liés aux radiofréquences. L'investigation de cet agrégat est close et pourra être réouverte en cas de survenue de nouveaux cas.

**MOTS-CLÉS :** AGRÉGATS DE CANCERS, TUMEURS CÉRÉBRALES, GLIOMES, SANTÉ AU TRAVAIL, CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

## Summary

### Investigation of a suspected cluster of brain tumors among employees of a digital company in Île-de-France. Period 2014-2019

On April 11, 2019, the occupational physician of a company dedicated to providing digital services reported to the Île-de-France Regional Health Agency (ARS) that, since 2015, there had been several cases of gliomas among employees at one of the company's sites located in the Yvelines (78). He indicated that he suspected exposure to electromagnetic fields may have played a role in the occurrence of these cases.

Following this report, Santé publique France received a joint referral from the ARS and the Île-de-France Regional Directorate for Enterprises, Competition, Consumer Affairs, Labor, and Employment (Direccte) on July 8, 2019 to conduct an epidemiological investigation.

Santé publique France conducted an investigation to identify and document the cases, objectively assess the excess number of cases and determine whether or not an exposure could be linked to this excess, if applicable.

The investigation approach adopted is based on methods developed by Santé publique France for the assessment and management of spatio-temporal aggregates of non-infectious diseases. This approach is based on a multi-stage decision tree. Based on the health and environmental data collected at each stage, a decision is then made whether or not to continue the investigation.

A total of seven cases of neuroepithelial tumors diagnosed between 2016 and 2019 were identified among employees at the company's site. Calculations to assess the excess number of cases showed that the number of neuroepithelial tumor cases was significantly higher than expected based on national incidence data and the demographic structure of the population studied. This confirmed the existence of an excess number of cases. Furthermore, the environmental investigations carried out and the scientific data available did not reveal any exposure in the employees' working environment that could potentially explain the excess cases and for which a more in-depth epidemiological study could be considered. A number of questions arose in light of the information gathered. Santé publique France therefore considered it useful, beyond responding to the referral from the ARS and Direccte, to supplement the investigation with additional information relating to 1/ the review of the medical records of the cases identified by a team of experts; 2/ comparing the questions raised by this investigation with the update of knowledge on the link between radio frequencies and cancer carried out concurrently by ANSES.

The systematic review of the literature conducted by ANSES as part of its appraisal concluded that the available data (epidemiological, animal and mechanistic) "do not allow to conclude whether or not radio frequencies have an effect on the development of tumours of the brain or central nervous system".

The review of medical records by neurologists concluded that the seven cases had characteristics (age at initial diagnosis, anatomical location, prognosis, microscopic features, immunohistochemical markers, molecular data) similar to those most frequently observed in the general population and corresponding to IDH-normal glioblastoma, grade 4 according to the WHO 2021 classification.

In total, the investigations confirmed the higher-than-expected number of cases, the absence of new cases since 2019, and the absence of current overexposure to radio frequencies or electromagnetic fields, and did not identify a common cause for these cases. The link was made with ANSES's more recent work on the risks associated with radio frequencies. The investigation of this cluster is closed and may be reopened if new cases occur.

**KEY WORDS :** CANCER CLUSTER, BRAIN TUMORS, GLIOMAS, OCCUPATIONAL HEALTH, ELECTROMAGNETIC FIELDS

Citation suggérée : Conte M, Marchand JL, Tarantola A. Investigation d'une suspicion d'agrégat de tumeurs cérébrales parmi les salariés d'une entreprise du numérique en Île-de-France. Période 2014-2019. Saint-Maurice : Santé publique France, 2026. 49 p. [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

ISSN : 2609-2174 / ISBN-NET 978-2-37986-078-2 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : JUIN 2026

## Auteurs

<b>Marco Conte</b>	Épidémiologiste, Santé publique France, direction des régions
<b>Jean-Luc Marchand</b>	Épidémiologiste, Santé publique France, direction santé environnement travail
<b>Arnaud Tarantola</b>	Épidémiologiste, Santé publique France, direction des régions

## Contributeurs

Membres du comité de suivi de l'investigation (Groupe d'alerte en santé travail - Gast)

<b>Luc Bauchet</b>	Neurochirurgien, CHU de Montpellier, centre mutualiste neurologique Propara – Inserm U1051, département de neurochirurgie, Hôpital Gui de Chauliac
<b>Lynda Bensefa-Colas</b>	Médecin au Centre de consultation de pathologies professionnelles et environnementales, AP-HP – Université de Paris, Site Hôtel-Dieu
<b>Franck Bielle</b>	Neuropathologiste CHU Pitié-Salpêtrière
<b>Jean-Dominique Dewitte</b>	Université de Bretagne occidentale
<b>Khe Hoang-Xuan</b>	Neurologue CHU Pitié-Salpêtrière
<b>Florence Kermarec</b>	Épidémiologiste, Santé publique France - Pays de la Loire, direction des régions
<b>Guy Marignac</b>	Médecin inspecteur du travail, Drieets Île-de-France
<b>Eric Mazillier</b>	Ingénieur à la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif)
<b>Olivier Merckel</b>	Chef de l'unité d'évaluation des risques liés aux agents physiques, direction de l'évaluation des risques, Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>Lucile Migault</b>	Épidémiologiste, Santé publique France Île-de-France, direction des régions, Santé publique France
<b>Philippe Pépin</b>	Épidémiologiste, Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Direction des régions

Les médecins du travail de l'entreprise

## Abréviations

<b>ANFR</b>	Agence nationale des fréquences
<b>Anses</b>	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>AHS</b>	<i>Agricultural Health Study</i>
<b>ARS</b>	Agence régionale de santé
<b>BRGM</b>	Bureau de recherches géologiques et minières
<b>CCPPE</b>	Centres de consultations de pathologies professionnelles et environnementales
<b>CDI</b>	Contrat à durée indéterminée
<b>CépiDC</b>	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès - Inserm
<b>CHSCT</b>	Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
<b>CHU</b>	Centre hospitalo-universitaire
<b>CIM</b>	Classification internationale des maladies
<b>CIRC</b>	Centre international de recherche sur le cancer
<b>Cnamts</b>	Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés
<b>Cramif</b>	Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France
<b>Criirem</b>	Centre de recherche et d'information indépendantes sur les rayonnements électromagnétiques (Association française indépendante, créée en 2001)
<b>CRPPE</b>	Centre régional de pathologies professionnelles et environnementales
<b>Diraccte</b>	Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi
<b>DMNTT</b>	Direction des maladies non transmissibles et traumatismes de Santé publique France
<b>Drieets</b>	Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi
<b>Dset</b>	Direction santé environnement travail (de Santé publique France)
<b>DVAGS</b>	Direction veille, alertes et gestion sanitaires (ARS)
<b>Francim</b>	Réseau français des registres des cancers
<b>Gast</b>	Groupe d'alerte en santé travail
<b>GSM</b>	<i>Global System for Mobile Communications</i> (Norme de 2 <sup>e</sup> génération (2G) pour la téléphonie mobile, lancée dans les années 1990)
<b>HCL</b>	Hospices civils de Lyon
<b>IARC</b>	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
<b>INCa</b>	Institut national du cancer
<b>INRS</b>	Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>IRSN</b>	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
<b>RnhTpSNC</b>	Recensement national histologique des tumeurs primitives du système nerveux central
<b>RNIPP</b>	Répertoire national d'identification des personnes physiques
<b>SNDS</b>	Système national des données de santé
<b>SIR</b>	Ratio standardisé d'incidence
<b>SIS</b>	Secteur d'informations sur les sols
<b>TI</b>	Taux d'incidence
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> (Norme de 3 <sup>e</sup> génération (3G), déployée à partir des années 2000)

## Table des matières

Résumé.....	2
Summary.....	3
Auteurs.....	4
Contributeurs.....	4
Abréviations .....	5
<b>1 CONTEXTE ET SIGNALEMENT .....</b>	<b>7</b>
<b>2 OBJECTIFS.....</b>	<b>8</b>
<b>3 MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>9</b>
3.1 Démarche générale d'investigation .....	9
3.2 Recueil des données nécessaires à l'étape 2 (analyse et validation de l'agrégat).....	10
3.3 Création d'un comité d'appui thématique .....	10
3.4 Modalités réglementaires du traitement des données à caractère personnel .....	11
3.5 Communication.....	11
<b>4 RÉSULTATS .....</b>	<b>12</b>
4.1 Données de la littérature sur les tumeurs cérébrales .....	12
4.1.1 Définition.....	12
4.1.2 Épidémiologie .....	12
4.1.3 Facteurs de risque .....	13
4.2 Analyse des données sanitaires .....	14
4.2.1 Définition de cas .....	14
4.2.2 Description des cas .....	15
4.2.1 Évaluation de la réalité d'un excès de cas .....	16
4.3 Analyse des données environnementales.....	22
4.3.1 Description de l'entreprise et du site de Les-Clayes-sous-Bois .....	22
4.3.2 Expositions environnementales sur la commune .....	22
4.3.3 Mesures des expositions sur le site de l'entreprise .....	24
4.3.4 Expertise Anses sur l'effet des radiofréquences.....	26
4.3.5 Bilan de l'analyse de données environnementales.....	27
<b>5 DISCUSSION .....</b>	<b>28</b>
5.1 Synthèse des résultats.....	28
5.2 Forces et limites de l'investigation menée.....	29
5.3 Perspectives envisagées .....	30
<b>6 CONCLUSION.....</b>	<b>31</b>
<b>7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>32</b>
<b>8 ANNEXES .....</b>	<b>34</b>
Annexe 1 : Schéma général du protocole d'investigation d'un agrégat spatio-temporel.....	34
Annexe 2 : Taux d'incidence estimés des glioblastomes avec confirmation histologique et calcul du taux standardisé d'incidence .....	35
Annexe 3 : Résultats des analyses de sensibilité pour le calcul du taux standardisé d'incidence .	36
Annexe 4 : Analyse des mesures de l'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences sur le campus de l'entreprise .....	37
Annexe 5 : Analyse des mesures de l'exposition aux radiofréquences sur le site de l'entreprise	45

# 1 CONTEXTE ET SIGNALEMENT

Le 11 avril 2019, le médecin du travail d'une entreprise spécialisée dans la fourniture de services numériques signalait à l'Agence régionale de santé (ARS) d'Île-de-France la survenue, depuis 2015, de plusieurs cas de gliomes parmi les salariés d'un des sites de l'entreprise localisé dans les Yvelines (78).

Les éléments fournis en avril 2019 par le médecin du travail faisaient état de quatre cas de gliomes. Ce signalement a ensuite été complété en juin 2019 par deux cas supplémentaires. Le médecin du travail indiquait suspecter l'exposition aux champs électromagnétiques (radiofréquences) comme pouvant avoir un rôle dans la survenue de ces cas.

Des mesures de champs électromagnétiques avaient été réalisées le 22 mars et le 15 mai 2019 sur le campus de l'entreprise à la demande de l'employeur. Elles faisaient état d'un niveau d'exposition respectant les valeurs limites réglementaires. D'autres campagnes de mesures des champs électromagnétiques sur le site avaient également été effectuées en 2004, 2006, 2010 et 2011. La première, en 2004, avait été réalisée à la suite de signalements de maux de tête par les salariés et défaut d'affichage sur les écrans cathodiques.

La situation engendrait des inquiétudes de la part des employés du site qui suspectaient également l'exposition aux champs électromagnétiques d'être à l'origine des cas de gliomes observés. Le sujet a fait l'objet d'un Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) extraordinaire le 18 avril 2019. Les mesures réalisées lors de la campagne de 2019 y ont été contestées et les membres du CHSCT ont décidé de recourir à une nouvelle expertise par un prestataire de leur choix.

À la suite du signalement à l'ARS, Santé publique France a été saisie conjointement par l'ARS et la Direccte<sup>1</sup> Île-de-France le 8 juillet 2019. Cette saisine portait sur une demande d'investigation afin d'évaluer :

- Le caractère anormalement élevé du nombre de gliomes survenus parmi les personnels de l'entreprise ;
- Le cas échéant, si ce nombre anormalement élevé était en lien avec des facteurs environnementaux auxquels seraient exposés les travailleurs sur leur lieu de travail.

Pour traiter cette saisine, Santé publique France Île-de-France a réuni le Groupe d'alerte en santé travail (Gast) d'Île-de-France le 16 juillet 2019. Cette réunion a permis de valider la prise en charge du signal sanitaire au vu des éléments fournis, et de décider de la réalisation d'une investigation épidémiologique.

Cette investigation a donc mobilisé le Gast, un groupe en santé-travail qui est composé de membres permanents (deux médecins du travail (CRPPE et Drieets), un ingénieur de la caisse régionale d'assurance maladie (Cramif) et deux épidémiologistes de Santé publique France (Santé publique France Île-de-France et direction santé environnement travail). Ce groupe a été élargi à deux personnalités compétentes supplémentaires pour cette investigation : un neurochirurgien responsable du Recensement national histologique des tumeurs primitives du système nerveux central (RnhTpSNC) et le responsable de l'unité d'évaluation des risques liés aux agents physiques de l'Anses.

Les objectifs, le périmètre et la méthodologie d'investigation ont été présentés à la direction et aux salariés de l'entreprise lors d'un CHSCT qui s'est tenu le 3 octobre 2019 dans l'entreprise.

En novembre 2019, au début de l'investigation, un cas supplémentaire a été signalé par le médecin du travail, portant à un total de 7 les cas de gliomes signalés parmi les salariés du site.

---

<sup>1</sup> Les Direccte (Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi) sont devenues en 2021 les [Dreets](#), Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités ([Drieets](#) en Île-de-France).

## 2 OBJECTIFS

L'investigation épidémiologique avait pour but d'objectiver la perception de la médecine du travail concernant un nombre anormalement élevé de gliomes parmi les salariés du site (c'est-à-dire d'évaluer si le nombre était effectivement élevé d'un point de vue épidémiologique) et, le cas échéant, identifier si les salariés atteints de la pathologie partageaient une exposition commune inhabituelle à une ou plusieurs causes connues de cette pathologie. Autrement dit, il s'agissait de confirmer, par des méthodes statistiques, s'il y avait réellement ou non un excès significatif de cas de gliomes par rapport à ce qui serait attendu d'après les données d'incidence de référence pour cette pathologie.

Ainsi, les objectifs de l'investigation étaient :

- i) D'évaluer si le nombre de cas survenus constituait un regroupement inhabituel (excès statistiquement significatif par rapport à l'attendu) ;
- ii) En cas d'excès confirmé, explorer l'existence documentée d'expositions à des facteurs de risque auxquels pourraient être exposés les salariés et susceptibles d'être reliées à cet excès.

Ce type d'investigation est une étude de santé publique, populationnelle. Elle n'a pas pour but d'établir de manière individuelle si la pathologie identifiée est liée à des expositions professionnelles. Les prises en charge individuelles s'effectuent, entre autres, au sein de centres de consultations des pathologies professionnelles et environnementales. Ces derniers proposent aux patients des consultations permettant d'effectuer une reconstitution de carrière et de se prononcer individuellement sur le lien possible entre la pathologie et les expositions professionnelles.

## 3 MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Démarche générale d'investigation

L'investigation réalisée s'intègre dans la démarche générale d'investigation décrite dans le guide méthodologique pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses développée par Santé publique France (Desenclos *et al.*, 2023). Cette démarche générale repose sur un recueil précis, progressif et hiérarchisé d'informations en quatre étapes.

À la fin de chaque étape, au vu de l'interprétation des données recueillies, il est décidé de poursuivre ou non les investigations en engageant l'étape suivante. Les quatre étapes de la démarche sont les suivantes (Annexe 1) :

- L'étape 1 correspond à la prise en charge du signalement. Elle a pour but d'évaluer le signal par le recueil des informations sanitaires et environnementales dans un objectif de description des cas signalés et du contexte environnemental et de rassembler les connaissances épidémiologiques sur la ou les pathologies ;
- L'étape 2 correspond à l'étape d'analyse et de validation de l'agrégat. Cette étape a pour objectif de définir et recueillir les données nécessaires pour permettre d'évaluer l'excès de cas puis d'effectuer les calculs statistiques d'évaluation de l'excès. En cas d'excès vérifié, il convient de recueillir les données disponibles sur des expositions à des facteurs de risque avérés, plausibles ou suspectés auxquels pourrait être exposée la population concernée ;
- L'étape 3 correspond à l'évaluation de la nécessité et de la faisabilité d'une étude épidémiologique complémentaire spécifique. Cette étape est réalisée si la conclusion de l'étape précédente est en faveur de la mise en œuvre d'une enquête épidémiologique plus approfondie. Si cette étape est mise en œuvre il s'agit de préciser les hypothèses à tester et les questions auxquelles il est souhaité de répondre. Il s'agira ensuite d'évaluer la faisabilité et la capacité d'une étude épidémiologique dans la population concernée à répondre à ces questions ;
- L'étape 4 correspond à la mise en place d'une étude épidémiologique spécifique. Si cette étape est atteinte, il s'agira d'identifier, avec les organismes de recherche, l'équipe qui réaliserait l'enquête.

Ce cadre méthodologique est suivi lors de la prise en charge, d'un point de vue épidémiologique, des signalements d'agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses. D'autre part, lorsque ces signalements concernent le milieu professionnel, les expertises autour de la prévention et de la réduction des expositions éventuelles pouvant être identifiées comme à risque doivent également être mobilisées au plus tôt pour une prise en charge globale du signalement.

La saisine de l'ARS et de la Direccte à Santé publique France portait en premier lieu sur la réalisation de l'étape 2 de la démarche.

## 3.2 Recueil des données nécessaires à l'étape 2 (analyse et validation de l'agrégat)

Cette étape 2 de la méthodologie générale consiste en des travaux d'investigation qui se divisent en deux phases principales :

- L'évaluation de l'excès de cas qui nécessite d'i) établir une définition du diagnostic précis des cas, ii) définir une zone géographique et une période d'étude, iii) reconstituer la population d'étude en colligeant les données nécessaires à l'investigation, iv) recenser les cas au sein de la population investiguée et valider le diagnostic des cas par le recueil des dossiers médicaux, v) identifier les données de référence adaptées pour l'évaluation de l'excès de cas et vi) réaliser les calculs d'évaluation de l'excès de cas ;
- Le recueil des données sur les expositions éventuelles à des facteurs de risque qui nécessite d'i) identifier les facteurs de risque avérés, plausibles et suspectés de la pathologie étudiée et ii) identifier et documenter de manière précise l'ensemble des expositions éventuelles à risque dans l'environnement professionnel ;
- Le rapport est basé sur les données disponibles au moment du calcul de l'excès des cas qui a eu lieu en 2022.

## 3.3 Création d'un comité d'appui thématique

Pour l'appuyer dans cette investigation, Santé publique France Île-de-France a sollicité le Groupe d'alerte en sante travail (Gast) d'Île-de-France qui est chargée d'organiser en région la réponse aux signalements d'événements sanitaires inhabituels en milieu professionnel. En Île-de-France, le Gast est constitué d'un médecin inspecteur régional du travail de la Direccte Île-de-France, d'un médecin du Centre de consultation de pathologies professionnelles et environnementales (CCPPE), d'un ingénieur de la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et de deux épidémiologistes de Santé publique France (cellule régionale Île-de-France et direction santé-environnement travail – Dset). Plus spécifiquement pour la prise en charge de ce signal, un comité plus large a été mis en place. Ce comité était constitué des membres du Gast de l'Île-de-France et de deux experts spécialistes de la thématique : un neurochirurgien du CHU de Montpellier, coordonnateur du Recensement national histologique des tumeurs primitives du système nerveux central (RnhTPSNC) et un spécialiste de l'exposition aux champs électromagnétiques, chef de l'unité de l'évaluation des risques liés aux agents physiques à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).

Ce Gast élargi a été formalisé sous la forme d'un Comité d'appui thématique (CAT) de Santé publique France et ses membres ont été nommés par la Directrice générale de Santé publique France (décision n° 67-DG-2021 du 22 mars 2021). Les déclarations publiques d'intérêt de l'ensemble des membres du CAT ont été mises à jour tout au long de l'investigation. Aucun conflit d'intérêts n'a été identifié.

## 3.4 Modalités réglementaires du traitement des données à caractère personnel

L'investigation a nécessité le traitement de données à caractère personnel. Ce traitement s'inscrit dans la mission d'intérêt public de Santé publique France de surveillance et d'alerte (L. 1413-1 du Code de la santé publique). Santé publique France dispose d'une dérogation à l'obligation d'autorisation de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) pour les traitements de données à caractère personnel mis en œuvre en urgence pour répondre à une alerte sanitaire (article 67 loi n° 78-17).

Un protocole décrivant le circuit général des données à caractère personnel traitées dans le cadre de cette investigation a été élaboré en collaboration avec la Cellule qualité, maîtrise des risques et juridique de Santé publique France afin d'appliquer et valider les mesures organisationnelles et techniques nécessaires à la sécurité et la confidentialité des données traitées.

La conformité du traitement de données a fait l'objet, avant sa mise en œuvre, d'une analyse d'impact sur la protection des données, évaluée par la déléguée à la protection des données de Santé publique France.

À cet égard, le traitement effectué prévoyait :

- Un recueil des données du statut vital des cas selon les modalités fixées par le décret n° 98-37 du 16 janvier 1998 qui autorise l'accès aux données relatives au décès des personnes inscrites au RNIPP (Répertoire national d'identification des personnes physiques) ;
- Un recueil des données auprès du Recensement national histologique des tumeurs primitives du système nerveux central (RnhTPSNC). Ce recueil a fait l'objet d'une convention encadrant les modalités de transmission des données ;
- La signature d'une clause de confidentialité par l'ensemble des membres du Comité d'appui thématique. Les médecins du comité ont signé un engagement de confidentialité spécifique à l'analyse des dossiers médicaux des cas, conformément aux dispositions de l'article L.1451-1 et suivants du code de la santé publique ;
- Le chiffrage des transmissions de données à caractère personnel ;
- Des modalités d'informations adaptées à chaque type de population concernée.

## 3.5 Communication

Un courrier d'information à destination de l'ensemble des salariés du site a été transmis le 22 juin 2021 à la direction de l'entreprise pour les informer des modalités de traitement de données à caractère personnel dans le cadre de l'investigation.

Un retour d'information à l'entreprise sur l'état d'avancement de la prise en charge de ce signalement a été régulièrement fait par les membres du comité d'appui thématique lors de réunions spécifiques réunissant les représentants du personnel de proximité, la direction du site, la médecine du travail et l'inspection du travail (réunions du 11 mars 2021, 3 juin 2021 et 31 mars 2022).

# 4 RÉSULTATS

## 4.1 Données de la littérature sur les tumeurs cérébrales

### 4.1.1 Définition

Les tumeurs primitives<sup>2</sup> du système nerveux central sont des pathologies qui peuvent être bénignes ou malignes. Elles sont liées à des proliférations de cellules situées dans le cerveau pour la majorité (tumeurs cérébrales) et, plus rarement, dans la moelle épinière (tumeurs médullaires). Les tumeurs bénignes, (non cancéreuses) se développent lentement et restent localisées. Les tumeurs malignes, cancéreuses, se développent plus rapidement et ont tendance à envahir les tissus voisins. Qu'elles soient bénignes ou malignes, ces tumeurs peuvent être à l'origine de symptômes variés, insidieux, non spécifiques mais qui peuvent être graves, en particulier lorsqu'elles sont situées dans des zones fonctionnelles clés du cerveau.

La classification des tumeurs primitives du système nerveux central la plus utilisée est celle proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (Louis *et al.* 2016). Elle repose sur des critères histologiques et tient compte de la morphologie et du grade de malignité (de I à IV par ordre croissant de malignité). Cette classification comprend plus de deux cents types de tumeurs primitives différentes.

Parmi ces types, les tumeurs neuroépithéliales correspondent au type majoritaire (environ 40% des cas chez l'adulte). Elles sont issues soit des neurones, soit des cellules qui les entourent (les cellules gliales), soit d'un mélange de neurones et de cellules gliales (tumeurs mixtes). Les gliomes sont les tumeurs neuroépithéliales les plus fréquentes. Ils sont classés en quatre grades de pronostic décroissant ; de l'astrocytome pilocytique (grade I), qui touche essentiellement les enfants, de bon pronostic, au glioblastome (grade IV), qui concerne surtout le sujet âgé, de mauvais pronostic (Inserm 2013a).

Les tumeurs des méninges, qui sont constituées principalement par les méningiomes, correspondent au deuxième type le plus fréquent (environ un tiers des cas de tumeurs du système nerveux central chez l'adulte). Elles sont très majoritairement bénignes. Les autres types histologiques, plus rares, sont représentés notamment par les tumeurs des nerfs crâniens et spinaux (par exemple, le neurinome de l'acoustique) et les lymphomes du système nerveux central. Les différents types de tumeurs cérébrales n'ont pas les mêmes causes, pronostics ni traitements.

### 4.1.2 Épidémiologie

Les données d'incidence des tumeurs du système nerveux central – que ce soit en France ou dans le monde - reposent en grande partie sur les données des registres de cancers. D'après la base de données GLOBOCAN de l'OMS, les taux d'incidence des tumeurs du système nerveux central dans le monde, standardisés sur la population mondiale sont estimés, en 2018, à 3,9 et 3,1 pour 100 000 personnes-années respectivement chez l'homme et chez la femme (Bray *et al.* 2018). En Europe, pour la même année, les taux d'incidence standardisés sur la population européenne sont estimés à 8,3 et 5,8 pour 100 000 personnes-années respectivement chez l'homme et chez la femme (Ferlay *et al.* 2013).

Pour la France, les estimations nationales sont produites par le réseau français des registres du cancer (Francim). Les données de 2018 font état de taux d'incidence standardisés sur la population mondiale de 6,7 et de 4,5 pour 100 000 personnes-années et de taux d'incidence standardisés sur

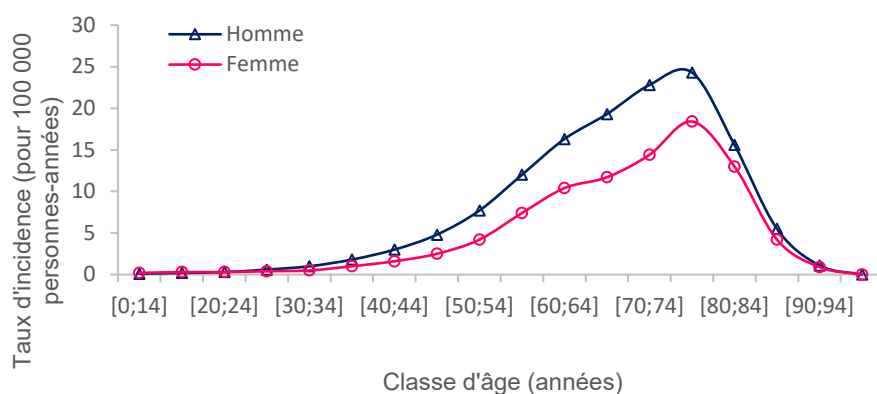
---

<sup>2</sup> Cette définition exclut les tumeurs secondaires du système nerveux central qui sont des métastases issues d'un cancer situé dans une autre partie du corps.

la population européenne de 8,5 et de 5,6 pour 100 000 personnes-années, respectivement chez l'homme et chez la femme (Defossez *et al.* 2019).

Concernant les glioblastomes confirmés histologiquement, les données nationales de 2018 rapportent des taux d'incidence standardisés sur la population mondiale de 3,7 cas pour 100 000 personnes-années chez l'homme et de 2,3 chez la femme, correspondant à 2003 et 1478 cas, respectivement. L'âge médian au diagnostic est de 65 ans chez l'homme et de 67 ans chez la femme en 2018. En 2018, un pic d'incidence à 24,3 pour 100 000 chez les hommes de 75-79 ans et un pic à 18,4 chez les femmes du même âge est observé (Figure 1) (Defossez *et al.* 2019). Il n'y a pas d'estimations des taux nationaux pour l'ensemble des tumeurs neuroépithéliales.

**Figure 1 : Taux d'incidence selon la classe d'âge en France en 2018 (courbe transversale de l'âge) des glioblastomes avec confirmation histologique**



Source : Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018. Volume 1 : tumeurs solides. (Defossez *et al.* 2019)

Des données d'incidence pour l'ensemble des tumeurs neuroépithéliales sont disponibles à une échelle départementale pour le département de la Gironde, seul département français à disposer d'un registre spécialisé des tumeurs cérébrales. Les données d'incidence pour la période 2000-2011 rapportent des taux d'incidence bruts pour les tumeurs neuroépithéliales de 9,7 pour 100 000 habitants pour les hommes, de 6,9 pour 100 000 pour les femmes et de 8,3 pour 100 000 pour les deux sexes. Après standardisation sur la population mondiale ces taux sont respectivement de 7,3 ; 4,9 et 6,1 pour 100 000 habitants (Pouchieu *et al.* 2018). Dès l'enfance, l'incidence des tumeurs neuroépithéliales est plus élevée chez les garçons (4,3/100 000) que chez les filles (2,9/100 000). Cette différence persiste dans toutes les classes d'âge, atteignant même une valeur presque deux fois plus élevée entre 50 et 59 ans chez les hommes (15,0/100 000) par rapport aux femmes (8,9/100 000). Un infléchissement de l'incidence est observé particulièrement chez les femmes pour les âges extrêmes (au-delà de 80 ans) (Pouchieu *et al.* 2018).

### 4.1.3 Facteurs de risque

La recherche sur l'étiologie des tumeurs du système nerveux central a fait l'objet de nombreuses études, principalement cas-témoins et basées sur des données issues de registres de cancers. À ce jour, l'étiologie de ces tumeurs reste encore largement inconnue. Ceci s'explique notamment par de nombreuses difficultés méthodologiques : taille limitée des échantillons liée à la relative rareté de ces tumeurs, qualité limitée des données et des méthodes appliquées (par exemple, difficulté à tenir compte des différents types histologiques ou difficulté à évaluer de manière précise les expositions dans l'environnement général ou professionnel).

Comme tous les cancers, les tumeurs cérébrales sont des pathologies multifactorielles. Il n'est donc généralement pas possible de déterminer une seule cause exacte chez un individu donné. Outre le rôle de l'hérédité (faible), un seul facteur de risque environnemental de tumeurs cérébrales est considéré comme avéré dans les classements du Centre international de recherche sur le cancer

– CIRC (*International Agency for Research on Cancer* – IARC) : l'exposition aux radiations ionisantes (IARC 2000). D'autres facteurs environnementaux sont discutés dans des monographies du CIRC ou des expertises collectives de l'Inserm et l'Anses en France, mais sans que le risque de tumeur cérébrale associé à leur exposition n'y ait été jugé avéré : les rayonnements non ionisants (radiofréquences (IARC 2013, Anses 2025) et champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences (IARC 2002, Anses 2019), les pesticides (Inserm 2013b, Inserm 2021), les composés nitrosés (IARC 2006) et le radon (Inserm 2013a).

## 4.2 Analyse des données sanitaires

### 4.2.1 Définition de cas

Lors de son signalement, le médecin du travail avait initialement fait état de 4 cas de gliomes. Les gliomes correspondent à un des nombreux sous-types des tumeurs cérébrales. Les tumeurs cérébrales sont classées en différents types et sous-types d'après la classification des tumeurs cérébrales de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Dérivée de la troisième édition de Classification internationale des maladies pour l'oncologie (CIM-O-3), elle repose sur des critères histologiques et tient compte de la morphologie et du grade de malignité (de I à IV par ordre croissant du grade de malignité). Elle regroupe plus de deux cents types de tumeurs primitives différentes qui sont identifiables par un code morphologique à cinq chiffres et par un nom dérivé des cellules à partir desquelles elles se développent (par exemple, les glioblastomes se développent à partir des glioblastes, des cellules gliales non différenciées). Le dernier chiffre du code morphologique fait référence au comportement évolutif ou degré d'agressivité (0, 1 et 3 pour les tumeurs bénignes, à évolution imprévisible ou inconnue et malignes, respectivement). Un code topographique issu de la dixième édition de la Classification internationale des maladies (CIM-10) décrivant le site anatomique de la tumeur est également utilisé pour l'enregistrement des cas par les registres. Le terme gliome est utilisé usuellement pour faire référence aux tumeurs neuroépithéliales.

La définition clinique des cas établie dans le cadre de l'investigation correspondait à tout diagnostic de tumeur neuroépithéliale validée histologiquement. À la suite de l'analyse du signalement et en amont du recueil des dossiers médicaux permettant de définir le diagnostic exact des cas, le CAT a décidé de ne pas restreindre la définition de cas aux gliomes mais de l'étendre à l'ensemble des tumeurs neuroépithéliales, notamment parce qu'il n'y a pas de raison étiologique identifiée pour restreindre à un sous-type de tumeurs neuroépithéliales. La notion de validation histologique est importante pour confirmer la nature de la tumeur et notamment pour distinguer les tumeurs primitives des métastases. Les métastases d'autres cancers sont très fréquentes parmi les tumeurs cérébrales mais très différentes des tumeurs primitives en termes d'étiologie et ne peuvent donc être incluses dans la définition de cas établie dans le cadre de l'investigation.

Afin de définir le diagnostic exact des cas signalés, une analyse des dossiers médicaux des cas (recueillis auprès des familles, de la médecine du travail ou des hôpitaux où ont été pris en charge les cas) a été effectuée collégialement par les médecins du Gast. Il a alors été validé que les diagnostics des 7 cas étaient des diagnostics de tumeurs neuroépithéliales primitives (5 glioblastomes, 1 gangliogliome anaplasique, 1 astrocytome anaplasique).

Une seconde revue complémentaire des dossiers médicaux des cas identifiés, incluant un examen anatomopathologique, a été sollicitée dans un deuxième temps auprès d'experts des tumeurs cérébrales. L'objectif était d'évaluer si, à côté de l'investigation épidémiologique réalisée par Santé publique France, l'examen détaillé des tumeurs permettait éventuellement de soulever des hypothèses quant à leur étiologie.

Cette deuxième analyse des 7 observations sur les plans clinique et neuropathologique montre des caractéristiques similaires (âge au diagnostic initial, localisation anatomique, pronostic, aspects microscopiques, marqueurs immunohistochimiques, données moléculaires) entre ces 7 tumeurs et celles observées de façon la plus fréquente dans la population générale et correspondant au

glioblastome IDH normal, grade 4 selon la classification OMS 2021. Les 7 tumeurs ont donc été reclassifiées en tant que glioblastomes.

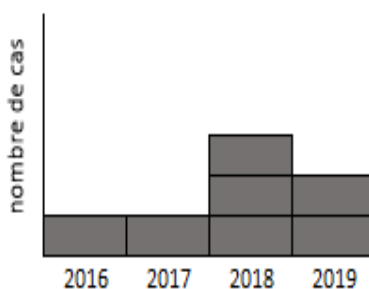
## 4.2.2 Description des cas

### 4.2.2.1 Caractéristiques socio-démographiques et cliniques des cas

Les données sur les caractéristiques sociodémographiques et cliniques des 7 cas de tumeurs neuroépithéliales ont été obtenues à partir des dossiers médicaux et des informations transmises par la médecine du travail, les familles et la direction de l'entreprise.

Les 7 cas comptaient 6 hommes et 1 femme. L'âge au diagnostic variait de 59 à 70 ans avec une médiane à 64 ans. Tous sont décédés. Pour tous les cas, la découverte de leur tumeur a été secondaire à des symptômes de types vertiges, hémiparésie, paralysie faciale, trouble visuel, céphalée, aphasie ou encore ralentissement psychomoteur. Il n'y a pas de notion d'antécédents familiaux de tumeur cérébrale chez les cas ni d'antécédents d'irradiation à forte dose dans le cadre de traitements qui auraient pu avoir eu lieu dans l'enfance. Tous ont été diagnostiqués entre 2016 et 2019 (Figure 2).

**Figure 2 : Date de diagnostics des cas de tumeurs cérébrales survenus parmi les salariés du site de l'entreprise concerné**



### 4.2.2.2 Caractéristiques professionnelles des cas

L'ensemble des cas étaient en CDI dans la structure. Les fonctions exercées par les cas lorsqu'ils étaient en poste sur le site étaient les suivantes :

- Ingénieur support système d'exploitation et conseil (2 cas) ;
- Ingénieur développeur logiciel (3 cas) ;
- Infirmier en santé travail (1 cas) ;
- Directeur commercial (1 cas).

Deux cas étaient fréquemment en déplacement dans le cadre de leur fonction.

Les historiques professionnels indiquaient que 4 des 7 cas avaient exercé diverses fonctions dans d'autres entreprises avant leur prise de poste dans l'entreprise concernée. Il s'agissait des fonctions suivantes :

- Agent de circulation à la SNCF (1 cas) ;
- Infirmier en structures hospitalières (1 cas) ;
- Électricien puis fonctions administratives en base aérienne (appelé service militaire) (1 cas) ;
- Ingénieur informatique éducation nationale puis dans la téléphonie (1 cas).

La Figure 3 illustre les périodes de présence des cas sur le site concerné par l'investigation ainsi que sur d'autres sites de l'entreprise après reconstitution du parcours professionnel (*curriculum laboris*). Les 7 cas ont travaillé sur le site concerné sur des périodes allant de 11 à 43 ans entre 1971 et 2020 (médiane de 19 ans). Tous les cas, à part le cas n° 4, ont été présents sur le site durant l'année 2004. Quatre des 7 cas ont également travaillé sur d'autres sites de l'entreprise.

Deux des cas étaient encore en poste dans l'entreprise au moment de leur diagnostic, un a été diagnostiqué quelques jours après son départ de l'entreprise et les quatre autres avaient quitté l'entreprise 3, 4, 7 et 13 ans avant leur diagnostic. Le délai entre la date de prise de poste sur le site de l'entreprise concerné et la date du diagnostic variait de 9,6 à 45 ans (médiane à 33 ans).

## 4.2.1 Évaluation de la réalité d'un excès de cas

### 4.2.1.1 Reconstitution de la cohorte de travailleurs

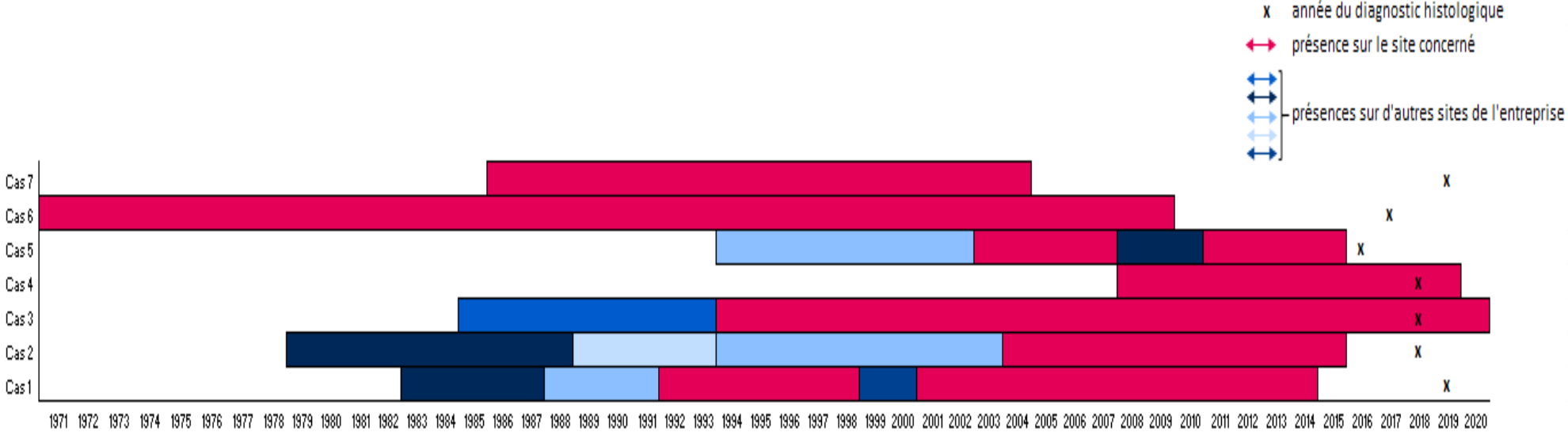
Il s'agissait de reconstituer la population à partir de laquelle seraient réalisés les calculs pour déterminer si la suspicion du regroupement des cas signalés est statistiquement confirmée (évaluation de l'excès de cas).

#### **Définition de la période d'étude sur laquelle est reconstituée la cohorte de travailleurs**

Cette période a été fixée, en accord avec l'entreprise (Direction et représentants des salariés), à la période allant du 1<sup>er</sup> janvier 2014 au 8 juillet 2019 (date de la saisine).

En théorie, la période d'étude doit idéalement être suffisamment large pour couvrir la période où tous les cas signalés ont été présents dans la population des travailleurs (soit ici une période qui s'étendrait de 2005 à 2019). Toutefois la reconstitution exacte de la population des salariés sur une longue période n'est souvent pas réalisable en pratique. En effet, plus la période d'étude est large et ancienne, plus il est difficile de retrouver les informations sur toutes les personnes constituant la population concernée. Cela est le cas dans cette investigation qui concerne un site d'une entreprise où environ 1 000 salariés partent tous les 5 ans. Un compromis réaliste a donc été fixé en accord avec l'entreprise et il a été convenu de considérer la période du 1<sup>er</sup> janvier 2014 au 8 juillet 2019 (date de la saisine). Cela permettait de retenir 5 des 7 cas dans les analyses de l'évaluation de l'excès de cas tout en considérant une période compatible avec la possibilité de recueillir les caractéristiques de l'ensemble des salariés et anciens salariés présents sur le site de l'entreprise au cours de cette période (voir Figure 3).

Figure 3 : Périodes de présence des 7 cas sur le site concerné et sur les autres sites de l'entreprise et dates de diagnostic



## Définition de la population d'étude

La population d'étude a été définie comme tout salarié ou ex-salarié du site de l'entreprise localisé dans les Yvelines, présent ou y ayant travaillé pendant au moins six mois entre le 1<sup>er</sup> janvier 2014 et le 8 juillet 2019.

## Reconstitution de la population des salariés et recueil des données nécessaires à la réalisation des calculs

La population des salariés a pu être reconstituée grâce aux données des ressources humaines transmises par l'entreprise. Ces données comprenaient, pour chaque salarié inclus dans la population d'étude : i) le sexe, ii) la date de naissance, iii) la date d'entrée dans ce site de l'entreprise et iv) la date de sortie de ce site de l'entreprise le cas échéant. En complément, uniquement pour les salariés ayant quitté ce site de l'entreprise pendant la période d'étude : v) le nom, vi) le prénom et vii) le code géographique du lieu de naissance. Ces données nominatives ont été recueillies afin de permettre une recherche de leur statut vital et une recherche active de cas dans cette population (population dans laquelle la survenue de cas aurait pu ne pas être portée à la connaissance de la médecine du travail).

La population d'étude comportait 1 549 salariés dont 775 anciens salariés (c'est-à-dire ayant quitté l'entreprise au cours de la période investiguée) ayant été en poste au moins six mois sur le site de l'entreprise pendant la période d'étude. La population des salariés présentait une majorité d'hommes (75 %) et de personnes qui étaient en poste dans l'entreprise avant le 1<sup>er</sup> janvier 2014 (76 %). La durée moyenne d'activité des salariés sur le site de l'entreprise pendant la période d'étude était de 3,9 (+/- 2,0) ans.

### 4.2.1.2 Recensement des cas

#### Définition de cas au sein de la population d'étude

Il s'agissait de tout salarié ou ex-salarié du site localisé en Île-de-France de l'entreprise, présent ou y ayant travaillé pendant au moins six mois entre le 1<sup>er</sup> janvier 2014 et le 8 juillet 2019 et ayant fait l'objet d'un diagnostic histologique de tumeur neuroépithéliale primaire sur cette même période.

#### Cas signalés entrant dans la population d'étude pour l'évaluation de l'excès de cas

Compte tenu de la définition de la population d'étude établie pour la réalisation des calculs d'évaluation de l'excès de cas, 5 cas des 7 cas signalés entraient dans cette population, les deux autres ayant quitté l'entreprise avant le 1<sup>er</sup> janvier 2014. Ces deux cas n'ont été exclus **que de la réalisation des calculs**.

**Ils ont cependant bien été pris en compte dans la description et la recherche d'information.**

#### Recherche active de cas dans la population des anciens salariés

Afin d'identifier d'éventuels cas supplémentaires au sein de la population d'étude qui n'auraient pas été connus de la médecine du travail au moment du signalement, une recherche active de cas a été effectuée via différentes sources de données.

Un premier mode de recherche a consisté à i) rechercher le statut vital des anciens salariés dans le RNIPP puis à ii) identifier les causes des décès le cas échéant. Cette recherche des causes visait à repérer si la notion de tumeurs cérébrales y était indiquée :

**Tableau 1 : Description de la cohorte de salariés ayant été en poste sur le site de l'entreprise entre le 1<sup>er</sup> janvier 2014 et le 8 juillet 2019**

Population des salariés du site ayant été présents au moins six mois entre le 1 <sup>er</sup> janvier 2014 et le 8 juillet 2019 (N=1 549)		
Caractéristiques	Effectifs	(%)
<b>Statut</b>		
Actif*	774	(50,0)
Ancien	775	(50,0)
<b>Sexe</b>		
Femmes	383	(24,7)
Hommes	1 166	(75,3)
<b>Année d'arrivée dans l'entreprise</b>		
2014 ou avant	1 179	(76,1)
2015	157	(10,1)
2016	85	(5,5)
2017	64	(4,1)
2018	40	(2,6)
2019	24	(1,6)
<b>Durée d'activité sur la période d'étude (années) (moyenne +/- écart-type)</b>	<b>3,9</b>	<b>+/-2,0</b>

\* Le terme « actif » se réfère aux salariés qui étaient encore en activité sur le site au 8 juillet 2019

- Pour la recherche du statut vital : les données nominatives (nom, prénom, date de naissance et code géographique du lieu de naissance) des 775 anciens salariés ont été croisées avec la base de données du Recensement national d'identification des personnes physiques (RNIPP). Suite à ce croisement, le statut vital de 223 des 775 anciens salariés a pu être recueilli. Les dates de décès des cas y ont été identifiées ainsi qu'un décès supplémentaire à ceux des cas signalés. Les 552 autres anciens salariés n'ont pu être identifiés dans le RNIPP en raison de données manquantes sur leur code géographique du lieu de naissance (variable indispensable à l'identification dans le RNIPP). Un calcul du nombre de décès attendus (toutes causes) dans cette population des 552 anciens salariés a été effectué afin d'évaluer l'impact de ces données manquantes. Sur les 552 personnes concernées, le nombre de décès (toutes causes) attendus a été estimé à 14.
- Pour la recherche des causes de décès : cette recherche se fait en croisant les données des personnes identifiées comme décédées via le RNIPP avec les données de la base nationale du CépiDC qui recense les causes de décès de façon exhaustive et validée pour tous les décès survenus jusqu'en 2017 (décalage avec l'année en cours en raison d'un délai de saisie et de validation). L'ancien salarié identifié comme décédé dans le RNIPP et dont la cause de décès n'est pas connue est décédé en 2018. Cette date n'entrant pas dans la base de données validée du CépiDC, une demande spécifique a été effectuée. La dérogation à l'obligation d'autorisation de la Cnil prévue par la loi informatique et liberté (article 67) dont dispose Santé publique France pour ce type d'investigation n'a pas été jugée suffisante pour remplir les conditions demandées par le CépiDC comme préalable de l'analyse de notre demande. Le CépiDC souhaitait que soit déposée une demande d'autorisation auprès de la Cnil sans pouvoir garantir un résultat pour cette recherche de cause de décès, la base de 2018 n'étant pas encore consolidée au moment de la demande. Il a donc été décidé de poursuivre les analyses sans recueil des causes de décès pour cette personne, la probabilité que ce décès soit lié à une tumeur cérébrale étant très faible.

Un second mode de recherche a consisté à interroger le Recensement national histologique des tumeurs primitives du système nerveux central (RnhTpSNC) qui recense, de façon exhaustive les tumeurs cérébrales diagnostiquées jusqu'à fin 2015 quel que soit le statut vital. Cette recherche a été faite en transmettant au RnhTpSNC les données nominatives des anciens salariés afin d'identifier, par croisement avec la base du RnhTpSNC les éventuels cas supplémentaires diagnostiqués en 2014 et 2015. Pour encadrer cette collaboration, une convention a été établie entre Santé publique France et le RnhTpSNC. Aucun cas supplémentaire de tumeur neuroépithéliale n'a été identifié. Un cas de méningiome a été retrouvé (non inclus dans l'étude car sortant de la définition de cas).

### 4.2.1.3 Calculs de l'évaluation de l'excès de cas

#### Principe des calculs

Les calculs d'évaluation de l'excès de cas consistent à comparer :

- le nombre de cas attendus dans la cohorte de salariés si l'incidence des gliomes y était identique à celle d'une population de référence ;
- au nombre de cas de gliome qui ont été réellement observés dans la population des salariés.

Le nombre de cas attendus est calculé en appliquant les taux d'incidence de la population de référence choisie aux effectifs de la population d'étude en tenant compte de sa structure d'âge et de sexe, compte tenu du fait que l'incidence des gliomes dans une population donnée est essentiellement déterminée par sa structure démographique en termes d'âges et de sexe (illustration Figure 1). Dans ce cadre, la taille de la population est exprimée selon une mesure dynamique. Elle correspond à la somme des suivis individuels de chaque salarié/ancien salarié tant qu'ils ont travaillé sur le site de l'entreprise au cours de la période d'étude et s'exprime en personnes-années.

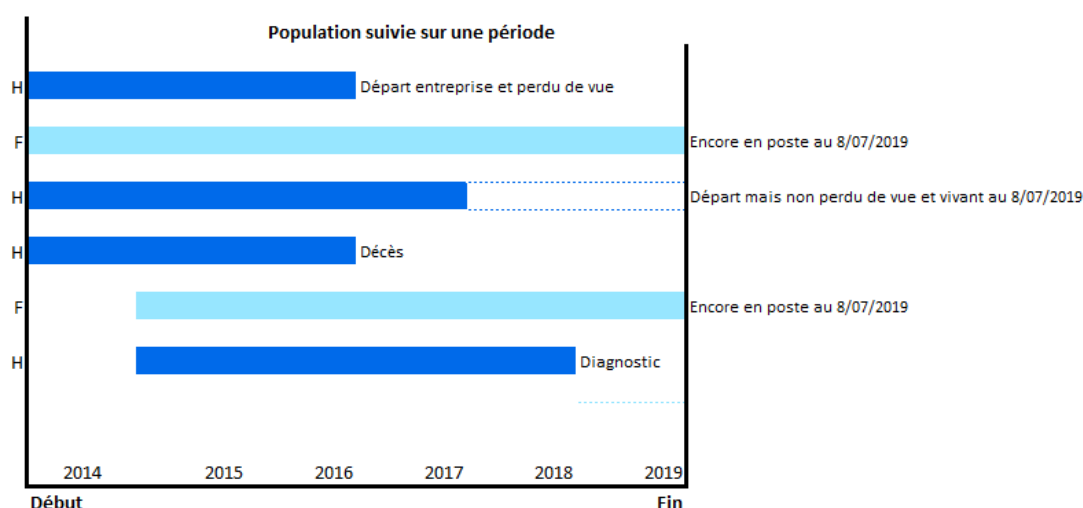
#### Calcul des personnes-années à risque de développer la maladie

Il s'agit de calculer la somme des durées de suivi individuel de chaque salarié sur la période d'étude. Plus précisément, les salariés entrent dans le calcul des personnes-années :

- À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2014 s'ils étaient en poste sur le site de l'entreprise avant cette date ou à partir de leur date d'embauche si celle-ci est postérieure au 1<sup>er</sup> janvier 2014 ;
- Jusqu'à la date :
  - du 8 juillet 2019 si i) ils étaient encore en poste à cette date ou ii) ils avaient quitté l'entreprise mais que l'on savait qu'ils étaient encore vivants à cette date et qu'ils n'avaient pas eu de diagnostic de tumeur neuroépithéliale ;
  - ou jusqu'à la date du diagnostic de tumeur neuroépithéliale le cas échéant ;
  - ou jusqu'à la date du décès si survenu avant le 8 juillet 2019 en l'absence de diagnostic de tumeur neuroépithéliale (Figure 3) ;

La somme des suivis des salariés correspond à 5 761 personnes-années pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 2014 au 8 juillet 2019. Il est à noter que pour l'analyse principale, les 552 anciens salariés non identifiés dans le RNIPP et dont le statut vital au 8 juillet 2019 est inconnu ont été comptés dans les personnes-années jusqu'à leur date de dernières nouvelles, soit leur date de sortie de l'entreprise (Figure 4).

**Figure 4 : Illustration des différentes situations rencontrées et de leur prise en compte dans le calcul des personnes-années de la population des salariés et anciens salariés du site**



Les données nécessaires au calcul des personnes-années ont été obtenues à partir de différentes sources de données :

- les dates d'entrée et de sortie de l'entreprise le cas échéant ont été obtenues dans le fichier transmis par les ressources humaines. Les dates de sortie étaient manquantes pour 113 anciens salariés. Pour ces personnes, une date de sortie au 31 mars 2017 (milieu de période d'étude) a été attribuée ;
- les diagnostics et dates de diagnostic des cas ont été obtenus dans les dossiers médicaux ;
- le statut vital (vivant, décédé) des anciens salariés a été obtenu grâce au croisement avec le RNIPP. Les 552 salariés pour lesquels le statut vital au 8 juillet 2019 n'a pu être identifié dans le RNIPP ont été comptés dans les personnes-années jusqu'à leur date de dernières nouvelles, soit leur date de sortie de l'entreprise.

### Calcul de ratios standardisés d'incidence (SIR)

Choix des taux d'incidence de référence : en l'absence de registre des cancers en Île-de-France, et compte tenu des données disponibles, les taux de référence suivants ont été utilisés pour les glioblastomes :

- D'une part le taux d'incidence des glioblastomes avec confirmation histologique (CIM-10 C71 et CIM-O-3 9440-42) qui sont issus des estimations d'incidence et de mortalité par cancers en France métropolitaine pour 2018 produites par Santé publique France, le Réseau français des registres des cancers (Francim), le service de biostatistique-bioinformatique des hôpitaux civils de Lyon (HCL) et l'Institut national du cancer (INCa) (Defossez *et al.* 2019) ;
- D'autre part le taux d'incidence observé sur la période 2014-2018 sur l'ensemble des départements couverts par un registre de cancer « zone registre », restreinte aux cas de glioblastomes avec confirmation histologique.

Ces taux d'incidence issus de la « zone registre » ont été obtenus suite à une demande d'extraction de la base de données commune des registres cancers (en lien avec réseau des registres Francim et le service biostatistique-bioinformatique des HCL). Le taux observé pour la « zone registre » est *a priori* une bonne approximation du taux national. En effet, les départements couverts par un registre sont en général représentatifs, en termes d'incidence des cancers, des départements métropolitains.

### Cas attendus et ratio standardisé d'incidence

Le nombre de cas attendu est calculé spécifiquement pour chaque sexe et tranche d'âge en multipliant les taux d'incidence de référence avec les personnes-années. Le nombre de cas attendus dans la population d'étude correspond à la somme des cas attendus calculés pour chaque sexe et tranche d'âge. Ce calcul détaillé est illustré en Annexe 2.

Les résultats du nombre de cas attendus et du ratio d'incidence standardisé pour les 5 cas de glioblastome identifiés sur la période d'intérêt sont présentés dans le Tableau 2, les deux cas restants n'étant pas intégrés dans les calculs (section 4.2.3.2) :

**Tableau 2 : Nombre de cas attendus et ratio standardisé d'incidence pour les salariés et anciens salariés du site sur la période 2014-2019. (Personnes-années=5 761)**

Type de tumeur	Cas observés	Cas attendus	Ratio d'incidence standardisé	Significativité
Glioblastomes	5	0,42	12	Significatif

Calculs effectués à partir des données de référence issues des taux d'incidence calculés à partir des données observées sur l'ensemble des départements couverts par un registre des cancers « zone registres » pour les cas confirmés histologiquement. Les calculs effectués à partir des données de référence issues des estimations nationales des taux d'incidence 2018 pour les glioblastomes confirmés histologiquement ont rapporté un résultat similaire (données non présentées dans le tableau, présenté en Annexe 3).

#### 4.2.1.4 Interprétation

Le nombre de cas de glioblastome attendus dans la population des salariés sur la période 2014-2019 est de 0,42. Avec 5 cas observés sur cette période, le ratio standardisé d'incidence est de 12. Ces résultats confirment un excès de cas statistiquement significatif par rapport à l'attendu.

En complément, une analyse de sensibilité a été réalisée en considérant lors du calcul des personnes-années que l'ensemble des anciens salariés dont le statut vital n'a pas été identifié étaient vivants à la date de fin de l'étude. C'est-à-dire qu'au lieu de les considérer dans le comptage des personnes-années jusqu'à la date où elles ont quitté l'entreprise, ces personnes ont été prises en compte jusqu'à la date de fin de l'étude, soit le 8 juillet 2019. Cette hypothèse maximise les personnes-années en comparaison à la précédente et augmente donc le nombre de cas attendus. Les résultats des analyses de sensibilité sont présentés en Annexe 3. Les résultats rapportent des SIR un peu plus bas mais qui restent statistiquement significatifs.

La revue des dossiers médicaux par deux neurologues experts après 2022 a conclu que les 7 cas présentaient des caractéristiques similaires (âge au diagnostic initial, localisation anatomique, pronostic, aspects microscopiques, marqueurs immunohistochimiques, données moléculaires) à celles observées de façon la plus fréquente dans la population générale et correspondant au glioblastome IDH normal, grade 4 selon la classification OMS 2021. Le cas d'astrocytome et de gangliogliome ont donc été reclassés en glioblastome, amenant le total à 7 cas. Ceci ne change pas le calcul puisque 2 des 7 cas de glioblastomes restent exclus des calculs car ils avaient quitté l'entreprise avant le début de la période d'étude, en 2014.

### 4.3 Analyse des données environnementales

#### 4.3.1 Description de l'entreprise et du site de Les-Clayes-sous-Bois

Le site de l'entreprise se situe sur une commune très urbanisée, essentiellement en habitat pavillonnaire. L'environnement du site est mixte, le campus est entouré de quartiers d'habitations, de commerces de proximité, de structures d'éducation et d'une zone industrielle et commerciale.

La société est aujourd'hui spécialisée dans la fourniture de services numériques complexes, dans l'audit des systèmes d'information et dans la conception de produits et solutions de sécurité informatique. Le site de l'entreprise concerné par l'investigation est un campus d'environ 96 000 m<sup>2</sup>. Le campus en 2021 était composé de 10 bâtiments divisés en 18 zones (Figure 5). À partir de 2013, plusieurs bâtiments du campus localisés sur les emplacements des bâtiments NDC et D ont été déconstruits. Il s'agissait des bâtiments hébergeant des zones appelées P1, P2, P3, P4, J1, P9, H1, H3, P6 et E2. Les activités exercées sur le campus sont de type i) tertiaire (ressources humaines, comptabilité...), ii) recherche et développement et iii) hébergement informatique avec datacenters. Il n'y a plus d'activité d'usinage et de production de matériel sur le site depuis les années 1990. D'après les informations transmises par l'entreprise, les zones dans lesquelles des travailleurs sont postés quotidiennement sont les zones NDC, P7, F3 et F9 (Figure 5).

#### 4.3.2 Expositions environnementales sur la commune

##### 4.3.2.1 Sites et sols pollués environnants

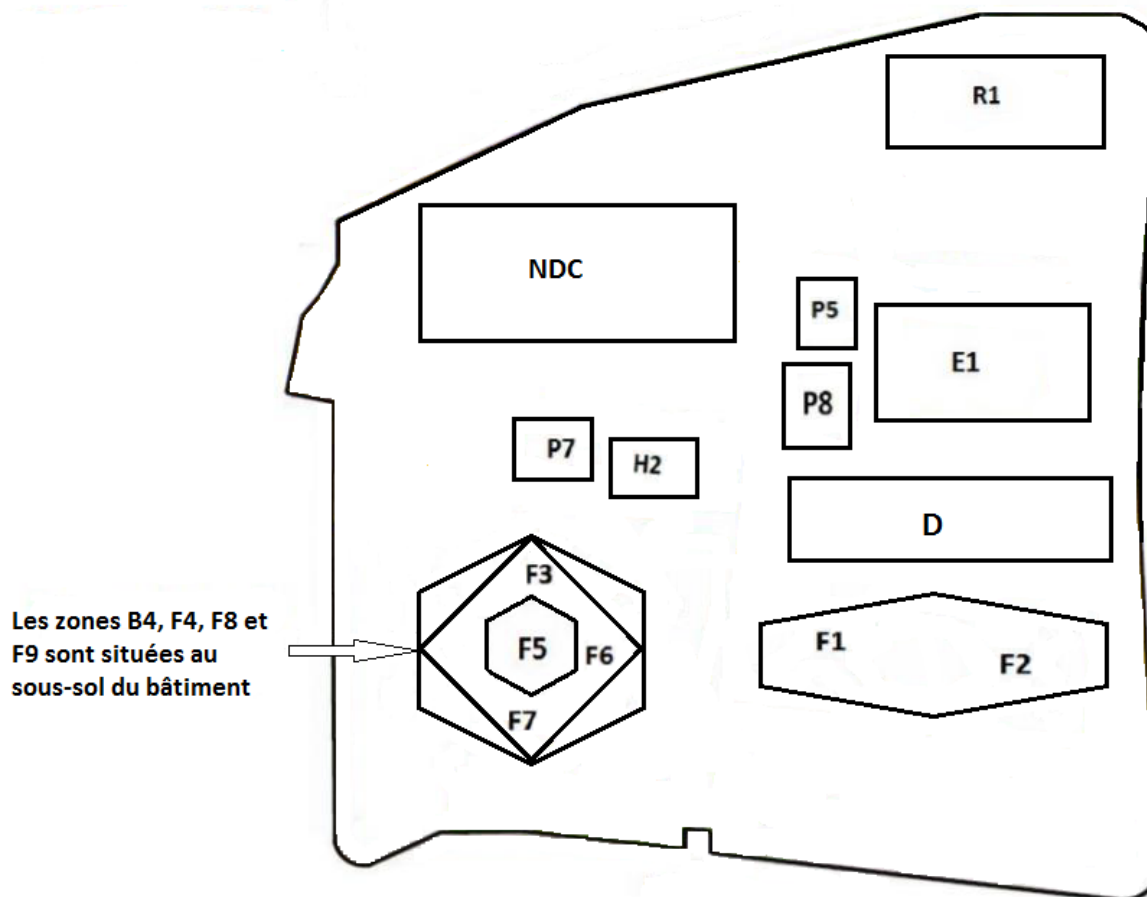
La base de données du ministère chargé de l'environnement BASOL<sup>3</sup> - qui inventorie les sites et sols pollués, ou potentiellement pollués appelant à une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif - a été consultée afin d'identifier une éventuelle pollution sur le site de l'entreprise ou sur des sites à proximité de celle-ci.

---

<sup>3</sup> <http://ssp-infoterre.brgm.fr/basol>

Aucun enregistrement de site pollué ou potentiellement pollué sur la commune où se situe l'entreprise n'a été identifié. La recherche a également été effectuée pour les deux communes limitrophes. Pour l'une, aucun site pollué ou potentiellement pollué n'était inventorié. Pour la seconde, trois sites situés à moins de 5 km de l'entreprise étaient répertoriés. Ces sites avaient fait l'objet de diagnostics de pollution suite à des activités industrielles (hydrocarbures et tétrachloroéthylène). Des travaux de dépollution ont été réalisés sur ces trois sites et les analyses de risques résiduels ont conclu que la qualité des sols était compatible avec un usage industriel, artisanal, commercial ou de service et à l'absence de risque pour la santé des salariés.

**Figure 5: Représentation du campus de l'entreprise et des différents bâtiments**



Au total, aucun site qui pourrait être une source de pollution des sols présentant un risque pour la santé des travailleurs au niveau ou à proximité de l'entreprise n'a été identifié.

Par ailleurs, le passé industriel de certains sites peut être associé à un historique de déversement de produits et de pollutions (dans l'eau, dans l'air et/ou dans les sols) antérieur à l'installation de nouvelles entreprises sur le site. L'identification de ces anciens sites peut être faite via la cartographie des inventaires des sites pollués ou susceptibles de l'être (CASIAS) du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)<sup>4</sup>. Y sont recensés de façon large et systématique tous les sites industriels, abandonnés ou non, susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement. Aucune ancienne activité de la sorte ou accident industriel n'a été mise en évidence à partir de la consultation de la base CASIAS, dans laquelle 32 activités industrielles ou de services localisées sur la commune sont répertoriées. Les activités enregistrées pour les deux communes voisines ont également été consultées. Pour la première commune, 9 activités sont répertoriées et aucune source de pollution des sols ou accident industriel n'y est indiquée. Pour la seconde, 67 activités anciennes ou actuelles sont

<sup>4</sup> <https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/pollutions-sols-sis-anciens-sites-industriels/basias>

enregistrées dans la base. Aucun déversement de produit ou accident industriel qui pourrait être à l'origine d'une pollution des sols à proximité de l'entreprise n'a été identifié.

Enfin, en complément des bases BASIAS/CASIAS et BASOL, la base de données SIS « secteur d'informations sur les sols » a également été consultée. Cette base identifie les terrains où l'État a connaissance d'une pollution des sols justifiant, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publiques et l'environnement. Aucun terrain sur la commune de localisation de l'entreprise n'y est répertorié. Il en va de même pour les deux communes voisines.

#### 4.3.2.2 *Qualité de l'eau distribuée sur la commune*

Les résultats des analyses du contrôle sanitaire - effectué par l'ARS à l'aide d'Orobnat<sup>5</sup> - des mesures effectuées par l'opérateur au niveau d'un captage de la commune des eaux destinées à la consommation humaine rapportent que l'eau d'alimentation était conforme aux exigences de qualité en vigueur pour l'ensemble des paramètres mesurés, que ce soit au niveau bactériologique ou physico-chimique. Il en est de même pour les deux communes voisines.

#### 4.3.2.3 *Radon*

Sur le plan quantitatif, les radiations ionisantes d'origine naturelle représentent les deux tiers de l'exposition aux radiations ionisantes de la population en France métropolitaine. Cette situation est due à l'importance et à la multiplicité des modes d'exposition : irradiation cosmique, irradiation tellurique, consommation d'aliments ou d'eaux de boisson contenant naturellement des éléments radioactifs et surtout inhalation de gaz radon.

Concernant le potentiel d'émission de radon par les formations géologiques, la commune où est localisée l'entreprise ainsi que les communes voisines sont classées en « catégorie 1 » par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (Massif central, Polynésie française, Antilles...).

Un outil développé par l'IRSN permet d'estimer l'exposition du public aux radiations ionisantes en fonction de son lieu d'habitation<sup>6</sup>. Selon cet outil, un habitant de la commune concernée et ne présentant pas de facteurs de risque notable aurait une exposition aux radiations ionisantes de 2,1 mSv/an pour quelqu'un vivant en maison individuelle et de 1,9 mSv/an pour quelqu'un habitant dans un immeuble collectif, soit inférieure à la moyenne nationale qui est de 4,5 mSv/an.

### 4.3.3 Mesures des expositions sur le site de l'entreprise

#### 4.3.3.1 *Radiations ionisantes*

En 2020, dans le cadre du signalement effectué par le médecin du travail et à la demande de l'entreprise, un laboratoire agréé a procédé à la recherche de sources radioactives dans les locaux. Le laboratoire a ainsi procédé à des mesures de radioactivité (en  $\mu\text{Sv/h}$ ) sur l'ensemble du site, aussi bien en intérieur qu'en extérieur. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un appareil de mesure de radioprotection qui permet la mesure des radiations gamma, bêta et X dans une gamme de mesure de 0,1 à 999  $\mu\text{Sv/h}$ .

La réglementation française fixe à 1 millisievert (mSv) par an (ou 0,114  $\mu\text{Sv/h}$ ) la dose efficace maximale admissible résultant des activités humaines en dehors de la radioactivité naturelle et des doses reçues

<sup>5</sup> <https://orobnat.sante.gouv.fr/orobnat/rechercherResultatQualite.do>

<sup>6</sup> <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Sante/exposition-population/exposition-population-france-metropole/Pages/1-Exposition-population-France-moyenne-et-variabilite.aspx?dId=6e1c4064-09e1-4d67-a32a-b77086af04c6&dwId=c5cadac4-41b9-4caa-a7a6-785d67bf1682#.YSOWqLAzaUk>

en médecine<sup>7</sup>. L'ensemble des mesures réalisées rapportaient des valeurs de dose de radioactivité inférieures à la valeur limite de 0,114 µSv/h. En effet les doses moyennes de radioactivité mesurées dans les différentes zones du site (plusieurs points de mesure pour une zone donnée) étaient comprises entre 0,078 et 0,101 µSv/h.

#### 4.3.3.2 Pesticides

En 2020 et à la demande de l'entreprise, un laboratoire agréé a procédé à la recherche de pesticides dans l'air et dans les sols des locaux de l'entreprise. Selon l'Inserm, le risque de tumeur cérébrale associé à l'exposition n'est pas jugé avéré (Inserm 2013b, Inserm 2021).

La recherche de pesticides via les mesures dans les sols par un prestataire mandaté par l'entreprise a mis en évidence la présence de pesticides de types herbicides dans certaines zones du site (F1, F2 et F6). Ces herbicides sont le diflufenican, le 2,6 dichlorobenzonitrile, l'oxadiazon, l'oxyfluorfen, le neburon et le 2,6 dichlorobenzamide. Toutefois aucun niveau d'exposition atypique n'est relevé sur l'ensemble du site concerné, au vu de l'analyse des documents disponibles.

La recherche d'analyse de l'air a, quant à elle, déterminé qu'aucun pesticide n'y était présent.

#### 4.3.3.3 Champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences

##### Définition et sources d'exposition

La circulation d'un courant électrique dans un câble génère dans son environnement un champ magnétique. De même, la présence de charges électriques, la tension aux bornes d'un câble, font naître un champ électrique. Lorsque l'intensité du courant varie en fonction du temps (courant alternatif), l'intensité du champ électromagnétique varie également, selon la même fréquence. Des champs électromagnétiques dits « extrêmement basses fréquences » sont ainsi émis par la génération, la transmission et de façon générale par l'utilisation de l'énergie électrique (fréquence du courant 50 Hz). Les sources extérieures les plus fréquentes sont les lignes de transmission électrique à haute tension aériennes ou enterrées, les moyens de transport alimentés par des lignes électriques tels que les trains, les tramways, les métros. Dans les logements, les sources principales sont les appareils électroménagers, les convertisseurs de tension et les câbles du réseau électrique domestique. D'autres sources intérieures sont les postes de transformation électriques situés dans des sites industriels mais également dans les immeubles d'habitation.

Les sources d'exposition aux champs extrêmement basses fréquences présentes sur le site de l'entreprise sont liées au réseau électrique nécessaire à l'activité de l'entreprise. Il s'agit de postes de transformation, d'onduleurs, de câbles électriques, de locaux électriques, d'armoires électriques, de batteries, de baies informatiques ou encore de locaux TGBT (tableau général basse tension). Contrairement aux émetteurs de champs électromagnétiques radiofréquences (par exemple les antennes relais de téléphonie mobile, les émetteurs de radio et télévision...), dont l'objectif recherché est de transmettre le plus loin possible de l'énergie électromagnétique, les champs magnétiques extrêmement basses fréquences créés par la circulation du courant électrique dans des câbles ne se propagent pas. Ils sont confinés au voisinage des sources, et s'étendent à des distances qui varient en fonction de l'intensité du courant qui circule.

##### Campagnes de mesures réalisées sur le campus

Des campagnes de mesures des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences ont été réalisées sur le campus de l'entreprise par trois prestataires et une association entre 2004 et 2020 à la demande de la direction ou des représentants des salariés. Ces campagnes consistaient à effectuer des mesures des niveaux de champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences à l'aide de champmètres et sondes basses fréquences en différents points du campus :

---

<sup>7</sup>[https://www.irsn.fr/FR/connaissances/faq/Pages/Quelle\\_est\\_la\\_dose\\_de\\_radioactivite\\_dangereuse\\_pour\\_la\\_sante.aspx](https://www.irsn.fr/FR/connaissances/faq/Pages/Quelle_est_la_dose_de_radioactivite_dangereuse_pour_la_sante.aspx)

- au plus près des sources émettrices ;
- dans des zones de passage ;
- au niveau de bureaux ou de postes de travail spécifiques.

La définition des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences, de leurs sources, l'analyse détaillée des mesures réalisées et les sociétés qui ont mené ces campagnes de mesure sont présentées en Annexe 4.

Au total dans les locaux du campus, il n'a pas été retrouvé d'expositions remarquables par rapport à d'autres professions ou environnements professionnels similaires. Les valeurs sont très inférieures aux valeurs limites réglementaires et ne reflètent pas de surexposition des salariés du site.

#### 4.3.3.4 Ondes radiofréquences

##### **Sources émettrices de radiofréquences**

Les principales sources d'exposition des populations aux radiofréquences sont associées à trois grands systèmes de communication : i) les réseaux hertziens de diffusion de contenu, avec les antennes destinées à la radio et la télévision ; ii) les réseaux de communication cellulaires avec d'une part les antennes-relais dédiées aux réseaux de téléphonie mobile grand public (GSM, UMTS, 4G, 5G) ou privés (Tetrapol...) et d'autre part les téléphones mobiles eux-mêmes et iii) les systèmes de communication sans fil de moyenne et courte portée avec notamment les réseaux pour objets connectés (LoRa, SigFox...), les systèmes Wi-Fi, Bluetooth ou encore les téléphones sans fil DECT.

Sur le site de l'entreprise, les sources de radiofréquences susceptibles d'exposer les travailleurs sont d'une part les antennes relais de téléphonie mobile 2G, 3G, 4G et les antennes d'émission des réseaux de diffusion de contenu localisées dans les environs du site, les bornes Wi-Fi situées dans les locaux, et d'autre part les sources d'exposition localisées proches du corps, comme les téléphones mobiles, ordinateurs portables connectés en Wi-Fi, etc.

##### **Sources environnantes et mesures réalisées sur le site**

Des campagnes de mesures des radiofréquences ont été réalisées sur le campus de l'entreprise entre 2006 et 2020 à la demande de la direction ou des représentants des salariés. Les sources émettrices de radiofréquences et l'analyse détaillée des mesures réalisées sont présentées en Annexe 5.

Au total, les niveaux d'exposition aux radiofréquences sur les campus – liés aux émetteurs environnants ou aux sources intérieures mesurés par les trois prestataires accrédités – sont comparables à ce qui est observé en population générale dans des environnements urbains similaires.

##### **Téléphonie mobile**

Concernant l'exposition aux radiofréquences émises par les téléphones portables, d'après les informations déclarées par les salariés, il est possible que certains d'entre eux aient été exposés à des niveaux de radiofréquences élevés du fait de l'utilisation de téléphones mobiles anciens (de deuxième génération (2G)) de façon intensive. Toutefois, les informations disponibles ne permettent pas de confirmer que les téléphones utilisés de façon intensive dans les années 2000 étaient des téléphones de deuxième génération. Il n'est par ailleurs pas possible d'objectiver les niveaux d'exposition rétrospectivement. Il est à noter que ces niveaux d'exposition – s'ils s'avéraient avoir été élevés – ne sont pas associés à des sources persistantes au-delà des années 90-2000, les téléphones de l'époque n'étant plus utilisés.

#### 4.3.4 Expertise Anses sur l'effet des radiofréquences

Une revue de la littérature actualisée sur les facteurs de risques de tumeurs cérébrales a été considérée comme souhaitable, afin de disposer d'un état des lieux actualisé des facteurs de risques avérés ou

possibles de ces cancers. L'objectif était de déterminer s'il était nécessaire d'explorer la présence d'autres expositions sur le site de l'entreprise que celles prises en compte jusqu'alors.

Un groupe de 12 scientifiques experts dans le domaine de l'exposition aux radiofréquences, de l'épidémiologie et de la cancérogenèse a été mandaté par l'Anses dans le cadre d'une revue plus large. Ce groupe a eu pour objectif d'effectuer une revue approfondie de la littérature et du niveau de preuves concernant un éventuel lien entre radiofréquences et cancers, les gliomes en particulier.

Le détail des travaux de ce groupe, publié le 26 novembre 2025, est disponible en ligne<sup>8</sup>. Les sections 3.3.1.1 (page 16) et 3.3.2 (page 20) de l'avis de l'Anses sont les plus pertinentes pour le présent dossier et sont résumées ci-dessous par les auteurs du présent rapport.

*Les données disponibles ne permettent pas de conclure de manière définitive sur l'effet des radiofréquences sur le développement de cancers cérébraux. En effet, les résultats des études épidémiologiques, animales et mécanistiques sont contradictoires ou insuffisants.*

*Sur le plan épidémiologique, les études sur les cancers cérébraux ne permettent pas de démontrer un lien clair entre l'exposition aux radiofréquences et l'apparition de tumeurs. Certaines études cas-témoins suggèrent un effet sur des sous-populations fortement exposées, mais ces résultats sont incohérents et pourraient être biaisés. De plus, les études de cohorte et les études d'incidence ne montrent pas d'effet significatif.*

*La plupart des études animales, menées pour certaines sur des périodes longues, ne révèlent pas d'induction de tumeurs cérébrales liées à l'exposition aux radiofréquences, que ce soit chez les rats ou les souris. Ces données ne permettent donc pas de confirmer un effet carcinogène des radiofréquences chez ces animaux.*

*Concernant les mécanismes, les données sont limitées pour conclure à l'induction de mécanismes liés au cancer du cerveau dans les lignées cellulaires humaines et sur les modèles animaux. Si certaines études animales in vivo montrent des effets biologiques liés au cancer, tels que la toxicité envers le matériel génétique ou le stress oxydant, les résultats in vitro sont souvent contradictoires. Les données sur l'exposition in vivo ne montrent pas de mécanismes clairs de cancérogenèse, et peu d'études sur des modèles humains ont été réalisées.*

*En ce qui concerne la cancérogénicité en général des radiofréquences chez l'humain, les données épidémiologiques sont variées selon les organes, mais généralement, elles ne montrent pas d'effet significatif sur le cerveau. Quelques études ont observé des effets pour des sous-populations fortement exposées, mais ces résultats sont souvent incohérents et sujets à des biais. Les recherches sur d'autres organes sont limitées et ne permettent pas de conclure à un lien entre radiofréquences et cancer. Des études animales indiquent quelques effets sporadiques dans certains organes, mais les résultats restent insuffisants pour établir un lien direct avec les radiofréquences.*

*En conclusion, après avoir évalué les différentes lignes de preuve (épidémiologique, animale et mécanistique), le groupe d'experts de l'Anses a majoritairement<sup>9</sup> jugé qu'il n'est pas possible de confirmer ni d'infirmer l'existence d'effets cancérogènes des radiofréquences. Les données disponibles ne permettent donc pas de conclure de manière claire à un effet cancérogène chez l'humain ou chez l'animal.*

#### 4.3.5 Bilan de l'analyse de données environnementales

Les documents disponibles concernant les expositions environnementales sur la commune où se trouve le site de l'entreprise, et les expositions rencontrées sur le site lui-même, ne mettent pas en évidence de niveaux d'exposition atypiques, concernant les facteurs de risques avérés ou discutés de tumeurs cérébrales décrits par le Centre international de recherche sur le cancer ou les expertises collectives de l'Inserm et de l'Anses disponibles.

<sup>8</sup> <https://www.anses.fr/system/files/AP2016-SA-0176-RA.pdf>

<sup>9</sup> La position divergente d'un des 12 experts du groupe est détaillée dans l'avis et en Annexe 4 page 373 et suivantes du rapport de l'Anses.

# 5 DISCUSSION

## 5.1 Synthèse des résultats

Cette investigation a été menée suite au signalement d'une suspicion d'agrégat de gliomes parmi les salariés d'une entreprise spécialisée dans la fourniture de services numériques complexes.

L'investigation a confirmé la présence de sept cas de tumeurs cérébrales neuroépithéliales de type glioblastome diagnostiqués entre 2016 et 2019. La reconstitution de la population des salariés sur la période d'étude 2014-2019 a permis d'établir le nombre de cas qui serait attendu dans cette population. Le nombre de cas attendus de 0,42 a été mis en regard avec le nombre de cas observés dans cette population pour la période d'étude (soit 5 des 7 cas signalés) et a confirmé l'existence d'un nombre de cas significativement supérieur à l'attendu.

Face à la confirmation de cet excès de cas, les pistes pouvant être explorées dans le cadre de la recherche des causes sont celles des facteurs professionnels, des facteurs environnementaux et des facteurs individuels. Les travaux d'investigation réalisés en réponse à la saisine et conformément à la démarche méthodologique suivie s'inscrivent dans une démarche descriptive qui n'a pas pour objectif de trouver une cause car elle ne dispose pas des données permettant de faire une recherche de cause, telle qu'une étude analytique. Toutefois, cette investigation a consisté à effectuer une première exploration de la piste relative aux facteurs professionnels par une description approfondie de l'environnement professionnel des cas<sup>10</sup>. Cette exploration avait pour but d'identifier si parmi les expositions présentes dans l'environnement des travailleurs certaines semblaient, en première intention, susceptibles d'expliquer l'excès et, le cas échéant, ouvrir des pistes de recherche.

En l'espèce, il s'est agi d'examiner les données d'exposition disponibles relatives au site de travail considéré, concernant les facteurs de risques de tumeurs cérébrales avérés, ou non avérés mais discutés, dans l'état actuellement formalisé des connaissances que constituent les classements du Centre international de recherche sur le cancer, et les expertises collectives françaises. Ces facteurs sont 1/ les rayonnements ionisants, facteurs de risque avéré, et 2/ les facteurs de risque non avéré que sont les rayonnements non ionisants (radiofréquences et champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences), les pesticides et le radon. Lors du signalement initial, le médecin du travail et les salariés de l'entreprise avaient fait part de leurs inquiétudes quant au rôle des champs électromagnétiques. Concernant les champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences, l'analyse de l'ensemble des mesures réalisées sur le campus n'a pas mis en évidence d'expositions remarquables par rapport à d'autres professions ou environnements professionnels similaires, avec des valeurs mesurées très inférieures aux valeurs limites réglementaires et qui ne reflètent pas de surexposition des salariés du site. Concernant l'exposition aux radiofréquences, l'analyse des mesures réalisées dans l'environnement extérieur et intérieur du campus rapporte des niveaux d'exposition similaires à ce qui est observé en population générale, ne mettant pas en évidence d'exposition notable des salariés aux émetteurs environnants. Les données déclaratives des cas sur leur utilisation intensive des téléphones mobiles de deuxième génération ne permettent pas d'exclure que certains d'entre eux aient été exposés à des niveaux élevés de radiofréquences au niveau de la tête. Toutefois, l'utilisation du téléphone mobile n'est pas un facteur de risque avéré de tumeur du cerveau.

Concernant les autres facteurs de risque de tumeurs du cerveau avérés ou non avérés mais évoqués ci-dessus, aucun niveau d'exposition atypique n'est relevé sur le site concerné, au vu de l'analyse des documents disponibles.

---

<sup>10</sup> Conditions de travail et environnement de l'entreprise.

En résumé, au regard des deux objectifs énoncés de l'investigation :

- (i) L'existence d'un excès significatif de tumeurs du cerveau chez les travailleurs du site considéré pour la période d'étude est confirmée et objectivée ;
- (ii) Aucune exposition à des facteurs de risque qui pourrait expliquer un tel excès n'a été identifiée.

## 5.2 Forces et limites de l'investigation menée

Dans le cadre de cette investigation, il a été possible de reconstituer avec précision une cohorte de salariés sur la période 2014-2019 grâce à la mise à disposition, par l'entreprise, des données nécessaires à cette reconstitution. Ces données ont permis de calculer avec précision les personnes-années, indispensables pour le calcul du nombre de cas attendus et de disposer des données nominatives des anciens salariés qui ont permis de réaliser une recherche active d'éventuels cas supplémentaires.

Le calcul du nombre de cas attendus nécessitait de disposer de données d'incidence de référence. Les données d'incidence publiées rapportaient des taux d'incidence nationaux soit pour l'ensemble des tumeurs du système nerveux, soit pour les glioblastomes uniquement.

L'estimation de l'excès de cas au regard du nombre de cas attendus nécessitait de rechercher, avec un objectif d'exhaustivité les cas survenus chez les salariés et anciens salariés sur la période 2014-2019. Le recensement des cas au sein de la population d'étude a été effectué en combinant quatre sources de données complémentaires. La première source était la médecine du travail qui a déployé un travail de recensement important en amont du signalement. Il ne pouvait toutefois être exclu que la médecine du travail n'ait pas eu connaissance de cas éventuels survenus chez d'anciens salariés de l'entreprise. Afin d'identifier d'éventuels cas supplémentaires parmi ces anciens salariés, une recherche *via* les bases du RNIPP, CépiDc et RnhttpSNC a été effectuée. La recherche *via* le RNIPP s'appuie sur une base de données nationale fiable et de qualité qui permet une recherche automatisée par croisement avec des données nominatives. Cette recherche est toutefois dépendante des données nominatives ayant pu être recueillies sur le terrain (le code géographique du lieu de naissance notamment n'étant pas toujours disponible). Ici, dans la mesure où 223 des 775 anciens salariés n'ont pu être identifiés dans le RNIPP il ne peut être exclu qu'un certain nombre de décès (*a priori* faible) par glioblastome survenus dans la population d'étude n'aient pas été recensés.

La recherche *via* les causes de décès (CépiDc) s'appuie sur une base de données nationale de qualité et validée. Les limites sont que i) cette recherche dépend des données ayant pu être recueillies *via* le RNIPP et que ii) la possibilité de mise à disposition des données par le CépiDC dépend d'un délai de consolidation qui est d'environ 3 ans. Les causes des décès survenus sur 2018 et 2019 n'ont donc pu être recherchées en 2022.

Enfin, la recherche *via* le RnhttpSNC permet de disposer de données validées et détaillées sur les diagnostics histologiques des tumeurs primitives du système nerveux central au niveau national (Bauchet *et al.* 2007) indépendamment du statut vital et sans nécessité de mise à disposition du code géographique du lieu de naissance (donnée rarement enregistrée dans les fichiers des ressources humaines). Cette base de données ne couvrait toutefois pas en 2022 la période 2016-2019, ce qui n'a pas permis de compenser les limites de la recherche *via* le RNIPP et le CépiDC sur ces 3 ans.

Au total, malgré l'utilisation de ces différentes sources de qualité et complémentaires, qui sont les meilleures sources utilisables dans le cadre de cette investigation, celles-ci n'ont pas permis de couvrir l'ensemble de la période d'étude et s'assurer de façon incontestable d'un recensement exhaustif des cas. Ces limites étant de nature à (potentiellement) entraîner une sous-évaluation du nombre de cas, n'ont pas de conséquence sur la réponse au premier objectif de l'investigation qui était de confirmer l'existence ou non d'un excès de cas, puisque cet excès est confirmé. Elles peuvent éventuellement impacter à la baisse l'ampleur de cet excès statistiquement significatif au vu des données disponibles.

Il faut rappeler par ailleurs que compte tenu de la période retenue pour l'étude, 5 des 7 cas signalés ont été inclus dans les calculs d'évaluation de l'excès de cas. Cela ne signifie pas que l'excès de cas est sous-estimé par rapport à ce qu'il aurait été obtenu si la période d'étude avait été élargie de façon à inclure les 7 cas. En effet, le résultat du ratio standardisé d'incidence évaluant l'excès de cas dépend du nombre de cas observés mais également du nombre de cas attendus. En élargissant la période d'étude, le nombre de cas observés passerait à 7 (ou plus selon la recherche exhaustive des cas sur la période élargie) mais le nombre de cas attendus serait également plus élevé. L'excès de cas évalué sur la période élargie n'en serait pas nécessairement augmenté, il pourrait rester le même, voire en être diminué. L'objectif de l'investigation était d'évaluer l'excès de cas dans une temporalité raisonnable et avec des données reconstituables dans des délais courts. Cela a guidé le choix de période d'étude de 2014 à 2019 qui permettait d'inclure 5 des 7 cas signalés tout en étant compatible avec la faisabilité pour l'entreprise d'extraire et fournir à l'équipe d'investigation les données issues des fichiers des ressources humaines nécessaires à la reconstitution d'une cohorte de travailleurs permettant de répondre à la saisine. Un élargissement de l'investigation à une période temporelle plus longue nécessiterait au préalable d'étudier la faisabilité de récupérer des données anciennes et d'évaluer, le cas échéant, la qualité de ces dernières. Cette réflexion est abordée plus en détail plus bas.

L'analyse des données environnementales concernant le site de l'entreprise s'est par ailleurs effectuée sur la base des documents disponibles, et en prenant en considération des facteurs de risques avérés ou discutés de tumeurs du cerveau, présents dans les monographies actuelles du Centre International de Recherche sur le Cancer, et les expertises collectives récentes françaises (de l'Inserm et l'Anses). Une revue des recherches récentes effectuées sur le sujet a été réalisée pour déterminer si d'autres facteurs étaient à prendre en considération, mais n'a pas amené à en prendre en compte d'autres. Il ne peut être exclu qu'une exposition d'intérêt par rapport au risque de tumeur du cerveau n'ait pas été explorée dans ce travail mais il n'existe pas de données d'exposition à d'autres facteurs dans le passé.

### 5.3 Perspectives envisagées

Cette investigation a confirmé un regroupement spatio-temporel de cas de glioblastomes au sein d'une population de travailleurs, sans avoir pu identifier d'exposition à risque susceptible d'expliquer l'excès et qui pourrait faire, le cas échéant, l'objet d'une étude plus approfondie par des équipes de recherche. Par ailleurs, il n'y a pas eu de nouveau cas rapporté depuis 2019 par la médecine du travail ou les salariés eux-mêmes.

Ces deux observations répondent aux objectifs qui étaient assignés à cette investigation lors de la saisine faite à Santé publique France en 2020, et le présent rapport formalise la conclusion de cette saisine. Néanmoins, la confirmation de l'existence d'un excès de cas en l'absence de suspicion de cause dans l'environnement professionnel actuel soulève plusieurs questions :

- Est-ce qu'aucune exposition suspecte ne ressort car il s'agit d'une exposition ancienne qui n'a pas pu être documentée par les investigations environnementales réalisées par la suite ?
- Est-ce qu'aucune exposition suspecte ne ressort car la cause n'est pas relative à l'environnement professionnel spécifique sur le site ? Cette question se pose d'autant plus que le médecin du travail, lors de son signalement, avait indiqué que les médecins généralistes des communes environnantes au site de l'entreprise avaient l'impression d'un nombre élevé de tumeurs cérébrales parmi leurs patientèles. D'autre part, les salariés ont également signalé que des cas de tumeurs cérébrales étaient également survenus chez des salariés d'autres sites de l'entreprise y compris dans d'autres régions.
- Est-ce qu'aucune exposition suspecte ne ressort car il s'agit d'une cause non documentée à ce jour dans la littérature comme facteur de risque des tumeurs du système nerveux central ?
- Est-ce qu'aucune exposition suspecte ne ressort car il s'agit d'un regroupement lié au hasard ?

Au-delà de la saisine, d'autres études ont été évoquées qui pourraient être susceptibles d'apporter une évaluation plus fine de cette situation, toutes comportant cependant la possibilité de réduire le ratio d'incidence standardisé des glioblastomes parmi les anciens salariés de cette entreprise :

- Un élargissement de la période d'analyse de l'excès de cas sur le site en question, qui permettrait de mieux cerner la période de temps sur laquelle se situe cet excès ;
- Un élargissement de l'analyse à plusieurs autres sites de l'entreprise, afin d'évaluer si l'excès concerne le site en question, ou est plus large dans l'entreprise ;
- Un élargissement de l'analyse à plusieurs entreprises réalisant la même activité, afin d'évaluer si l'excès concerne le site/l'entreprise en question, ou le secteur d'activité en question.

La faisabilité – en matière notamment de reconstitution des expositions historiques chez les populations concernées et d'identification des cas éventuels – et la réalisation de ces analyses semblent peu pertinentes dans une situation où l'excès de tumeurs du cerveau est actuellement confirmé sans cause identifiée pouvant l'expliquer. S'il s'avérait que le périmètre de population sur lequel se situe l'excès était plus large que le seul site de l'entreprise (sites analogues de la même entreprise, secteur d'activité entier, zone résidentielle alentour), le questionnement sur les expositions éventuellement à l'origine de ces cas pourrait de fait évoluer, sachant que l'augmentation des dénominateurs populationnels pourrait amener à réévaluer à la baisse l'excès de cas mesuré. Les biais de mémorisation et l'absence de données de métrologie (expositions) recueillies au fil des années poseraient un défi majeur à la fiabilité des conclusions.

Ceci pourrait éventuellement s'envisager dans une perspective de recherche, mais ce périmètre dépasse le mandat de Santé publique France.

## 6 CONCLUSION

Au total, les investigations menées en réponse à la saisine de l'ARS et de la Direccte ont confirmé le nombre de cas de tumeurs neuroépithéliales supérieurs à l'attendu, survenus entre 2016 et 2019 parmi les salariés et anciens salariés du site de l'entreprise. Aucun nouveau cas n'a été rapporté depuis 2019, aucune surexposition aux champs électromagnétiques radiofréquences ou basses fréquences entre 2004 et 2020 et aucune autre cause à ces cas n'ont été identifiés pour laquelle une étude épidémiologique plus poussée pourrait être envisagée. L'investigation de cet agrégat est close et pourra être réouverte en cas de survenue de nouveaux cas.

Par ailleurs, comme échangé à plusieurs reprises avec la Direction du site et les représentants du personnel de l'entreprise, d'éventuelles recherches complémentaires ne doivent en rien retarder la mise en place de toutes les mesures relatives à la sécurité et protection de la santé de l'ensemble des travailleurs sur leurs postes de travail conformément aux responsabilités de l'employeur décrites dans le Code du Travail. Enfin, ceci n'impacte aucunement la reconnaissance des droits des salariés par les centres de consultations des pathologies professionnelles et environnementales.

## 7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afsset. 2010. Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. In, 170 p. Maisons-Alfort: Afsset.

ANFR. 2015. Étude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques - Analyse de 3 000 résultats de mesures réalisées entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre 2014.

ANFR. 2020. Étude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques. Analyse des résultats de mesures d'exposition du public aux ondes radiofréquences réalisées en 2019 dans le cadre du dispositif national de surveillance.

<https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacce/20200408-ANFR-analyse-mesures-2019.pdf>.

ANFR. 2021. Recensement, modalités de traitement et trajectoire des points atypiques.

Anses. 2019. Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. In, edited by Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. Anses.

Anses. (2025). Radiofréquences et cancer. (Saisine n° 2016-SA-0176). Maisons-Alfort : Anses, 35 p.

Bauchet, L., V. Rigau, H. Mathieu-Daude, D. Figarella-Branger, D. Hugues, L. Palusseau, F. Bauchet, M. Fabbro, C. Campello, L. Capelle, A. Durand, B. Tretarre, D. Frappaz, D. Henin, P. Menei, J. Honnorat, and F. Segnarbieux. 2007. French brain tumor data bank: methodology and first results on 10,000 cases, *J Neurooncol*, 84: 189-99.

Bray, F., J. Ferlay, I. Soerjomataram, R. L. Siegel, L. A. Torre, and A. Jemal. 2018. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries, *CA Cancer J Clin*, 68: 394-424.

Contessa, G. M., R. Falsaperla, V. Brugaletta, and P. Rossi. 2010. Exposure to magnetic fields of railway engine drivers: a case study in Italy, *Radiat Prot Dosimetry*, 142: 160-7.

Defossez, G, S Le Guyader-Peyrou, Z Uhry, P Grosclaude, M Colonna, E Dantony, and *et al.* 2019. Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018. Volume 1 - Tumeurs solides. In, 372 p.: Santé publique France.

Desenclos J-C., Le Strat Y., Golliot F. Guide méthodologique pour l'évaluation des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses. Saint-Maurice : Santé publique France, 2023. 93 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/guide-methodologique-pour-l-evaluation-des-agregats-spatio-temporels-de-maladies-non-infectieuses>

Desmaret, P. 2011. Intégrer le risque « rayonnement électromagnétiques » dans le document unique d'évaluation des risques professionnels ». In: INRS.

Ferlay, J., E. Steliarova-Foucher, J. Lortet-Tieulent, S. Rosso, J. W. Coebergh, H. Comber, D. Forman, and F. Bray. 2013. Cancer incidence and mortality patterns in Europe: estimates for 40 countries in 2012, *Eur J Cancer*, 49: 1374-403.

Frenette, Y., and B. Barre. 2007. Évaluation de l'exposition potentielle de coiffeuses aux champs magnétiques d'extrême basse fréquence provenant de séchoirs à cheveux, *Travail et santé, Canada*, 23: 29-32.

IARC. 2000. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 75, Ionizing Radiation, Part 1: X- and Gamma ( $\gamma$ )-Radiation, and Neutrons. In.: International Agency for Research on Cancer.

IARC. 2002. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 80, Non-ionizing radiation, part 1 : static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. In *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. IARC.

IARC. 2006. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Volume 94 - Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. In, edited by IARC Monographs, 450 p. IARC.

- IARC. 2013. IARC Monographs - Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. Volume 102. In, edited by IARC Monographs. IARC.
- INRS. 2015. Rayonnements optiques et électromagnétiques au travail. In *Hygiène et sécurité au travail, Hors série*. INRS.
- Inserm. 2013a. Tumeurs cérébrales. In Les éditions Inserm (ed.), *Expertise collective - Cancer et environnement*.
- Inserm. 2013b. Pesticides - Effets sur la santé. In, edited by Expertise collective, 1 001 p. Inserm.
- Inserm. 2021. Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données. In, edited by Collection expertise collective. Montrouge: EDP Sciences: Inserm.
- Louis, D. N., A. Perry, G. Reifenberger, A. von Deimling, D. Figarella-Branger, W. K. Cavenee, H. Ohgaki, O. D. Wiestler, P. Kleihues, and D. W. Ellison. 2016. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary, *Acta Neuropathol*, 131: 803-20.
- Magne, I. 2016. Évaluation de l'exposition des travailleurs d'EDF : synthèse des mesures. In *Hygiène & sécurité du travail - hors série*, edited by Evaluation & Prevention, 4. EDF, Recherche et développement.
- Pouchieu, C., A. Gruber, E. Berteaud, P. Menegon, P. Monteil, A. Huchet, J. R. Vignes, A. Vital, H. Loiseau, and I. Baldi. 2018. Increasing incidence of central nervous system (CNS) tumors (2000-2012): findings from a population based registry in Gironde (France), *BMC Cancer*, 18: 653.
- Sagar, S., S. Dongus, A. Schoeni, K. Roser, M. Eeftens, B. Struchen, M. Foerster, N. Meier, S. Adem, and M. Roosli. 2018. Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review, *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 28: 147-60.
- Tesneli, N. B., and A. Y. Tesneli. 2014. Occupational exposure to electromagnetic fields of uninterruptible power supply industry workers, *Radiat Prot Dosimetry*, 162: 289-98.



## Annexe 2 : Taux d'incidence estimés des glioblastomes avec confirmation histologique et calcul du taux standardisé d'incidence

**Tableau A4-1 : Détails du calcul du nombre de cas attendus de glioblastomes avec confirmation histologique chez les salariés du site, pour chaque classe d'âge et sexe sur la période du 1<sup>er</sup> janvier 2014 au 8 juillet 2019**

Classes d'âge	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	Total
<b>Hommes</b>														
Personnes-années (PA)	1,5	117,5	313,7	299,7	321,4	478,1	428,2	662,5	967,8	552,1	99,3	10,9	0,5	4 253,3
TI attendu (pour 100 000 Pa) <sup>11</sup>	0,2	0,3	0,6	1,0	1,8	3,0	4,8	7,7	12,0	16,3	19,3	22,8		
Nb de cas attendus (=TI attendu *PA)	0,000	0,000	0,001	0,003	0,006	0,014	0,020	0,051	0,116	0,090	0,019	0,002	0,000	0,324
<b>Femmes</b>														
Personnes-années (PA)	2,5	39,3	59,6	101,7	120,4	161,6	188,9	320,4	341,9	134,9	35,2	1,7	0,0	1 507,9
TI attendu (pour 100 000 Pa)	0,3	0,3	0,4	0,5	1,0	1,6	2,5	4,2	7,4	10,4	11,7	14,4		
Nb de cas attendus	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,005	0,013	0,025	0,014	0,004	0,000	0,000	0,066
<b>Ensemble de la population</b>														
Nb de cas attendus	0,000	0,000	0,002	0,003	0,007	0,017	0,025	0,064	0,141	0,104	0,023	0,003	0,000	0,391
Nb de cas observés	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3

<sup>11</sup> Taux d'incidence nationaux estimés pour l'année 2018. Source : Defossez G, Le Guyader-Peyrou S, Uhry Z, Grosclaude P, Colonna M, Dantony E, et al. Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018. Volume 1 – Tumeurs solides. : Santé publique France ; 2019.

## Annexe 3 : Résultats des analyses de sensibilité pour le calcul du taux standardisé d'incidence

**Tableau A5-1 : Ratios standardisés d'incidence pour les salariés du site sur la période 2014-2019 calculés en considérant, pour la détermination des PA des anciens salariés pour lesquels le statut vital n'est pas connu une date de fin au 8 juillet 2019 (hypothèse selon laquelle tous sont vivants à la date de fin d'étude) (PA=7 507,7)**

Population	Cas observés	Cas attendus	Ratio d'incidence standardisé	Intervalle de confiance à 95%
Tous salariés	5	0,53	9,4	3,0-21,9
Hommes	4	0,44	9,1	2,5-23,4
Femmes	1	0,09	10,4	0,3-58,2

**Tableau A5-2 : Ratios standardisés d'incidence pour les salariés du site sur la période 2014-2019 calculés à partir des taux d'incidence nationales pour les tumeurs neuroépithéliales et en considérant, pour la détermination des PA des anciens salariés pour lesquels le statut vital n'est pas connu une date de fin à leur date de sortie de l'entreprise (hypothèse similaire à celle de l'analyse principale) (PA=5 761,3)**

Population	Cas observés	Cas attendus	Ratio d'incidence standardisé	Intervalle de confiance à 95%
Tous salariés	5	0,44	11,4	3,7-26,7
Hommes	4	0,3	12,4	3,4-31,6
Femmes	1	0,11	8,8	0,2-49,1

**Tableau A5-3 : Ratios standardisés d'incidence pour les salariés du site sur la période 2014-2019 calculés à partir des taux d'incidence nationales pour les tumeurs neuroépithéliales et en considérant, pour la détermination des PA des anciens salariés pour lesquels le statut vital n'est pas connu une date de fin au 8 juillet 2019 (hypothèse selon laquelle tous sont vivants à la date de fin d'étude) (PA=7 507,7)**

Population	Cas observés	Cas attendus	Ratio d'incidence standardisé	Intervalle de confiance à 95%
Tous salariés	5	0,58	8,5	2,8-20,0
Hommes	4	0,43	9,3	2,5-23,8
Femmes	1	0,15	6,5	0,2-36,1

## Annexe 4 : Analyse des mesures de l'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences sur le campus de l'entreprise

### Définition et sources d'exposition

La circulation d'un courant électrique dans un câble génère dans son environnement un champ magnétique. De même, la présence de charges électriques, la tension aux bornes d'un câble, provoquent l'apparition d'un champ électrique. Lorsque l'intensité du courant varie en fonction du temps (courant alternatif), l'intensité du champ électromagnétique varie également, selon la même fréquence. Des champs électromagnétiques dits « extrêmement basses fréquences » sont ainsi émis par la génération, la transmission et de façon générale par l'utilisation de l'énergie électrique (fréquence du courant 50 Hz). Les sources extérieures les plus fréquentes sont les lignes de transmission électrique à haute tension aériennes ou enterrées, les moyens de transport alimentés par des lignes électriques tels que les trains, les tramways, les métros. Dans les logements, les sources principales sont les appareils électroménagers, les convertisseurs de tension et les câbles du réseau électrique domestique. D'autres sources intérieures sont les postes de transformation électriques situés dans des sites industriels mais également dans les immeubles d'habitation.

Les sources d'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences présentes sur le site de l'entreprise sont liées au réseau électrique nécessaire à l'activité de l'entreprise. Il s'agit de postes de transformation, d'onduleurs, de câbles électriques, de locaux électriques, d'armoires électriques, de batteries, de baies informatiques ou encore de locaux TGBT (tableau général basse tension). A contrario des émetteurs de champs électromagnétiques radiofréquences (par exemple les antennes relais de téléphonie mobile, les émetteurs de radio et télévision, ...), dont l'objectif recherché est de transmettre le plus loin possible de l'énergie électromagnétique, les champs magnétiques extrêmement basses fréquences créés par la circulation du courant électrique dans des câbles ne se propagent pas, ils sont confinés au voisinage des sources, et s'étendent plus ou moins loin en fonction de l'intensité du courant qui circule.

### Campagnes de mesures réalisées sur le campus

Des campagnes de mesures des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences ont été réalisées sur le campus de l'entreprise par trois bureaux d'études (Apave, Bureau Véritas et Exem) et une association (Criirem) entre 2004 et 2020 à la demande de la direction ou des représentants des salariés. Ces campagnes consistaient à effectuer des mesures des niveaux de champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences à l'aide de champmètres et sondes basses fréquences en différents points du campus :

- > au plus près des sources émettrices ;
- > dans des lieux de passage ;
- > au niveau de bureaux ou de postes de travail spécifiques.

Les rapports de ces campagnes de mesures fournissent les résultats soit selon la grandeur de référence pour exprimer l'exposition des populations qui est la densité de flux magnétique dont l'unité est le microTesla ( $\mu\text{T}$ ), soit en pourcentages des valeurs limites réglementaires d'exposition professionnelle définies par la Directive européenne 2013/35/UE du 26 juin 2013 et le décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques qui transpose la Directive.

### Mesures exprimées en densité de flux magnétique

Une synthèse des résultats des campagnes de mesures exprimés en densité de flux magnétique est présentée dans le Tableau A6-1. Y sont présentées les valeurs maximales et minimales

mesurées dans chaque zone du campus ainsi que les sources vraisemblablement responsables des niveaux d'expositions relevés.

Les résultats montrent que les niveaux de champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences sont très variables i) selon les zones du campus, ii) au sein même des zones selon la localisation du point de mesure et iii) selon la période à laquelle a été effectuée la campagne de mesures. Cette variation en fonction de la période de mesures peut s'expliquer par la relation directement proportionnelle entre l'intensité du courant et la valeur du champ magnétique émis. L'intensité de l'exposition au champ magnétique est donc dépendante de l'utilisation du courant électrique par les sources concernées.

De façon générale, dans les zones de passage (couloirs, salles communes), dans les bureaux ou au niveau de postes de travail où stationnent les salariés, les niveaux de champs mesurés sont de l'ordre de 0,03 à 1,5  $\mu\text{T}$ . Ces niveaux de champs peuvent atteindre un à plusieurs  $\mu\text{T}$  lorsque la mesure est effectuée à proximité immédiate de sources électriques (4,9  $\mu\text{T}$  contre une armoire électrique dans un couloir de la zone F2, 3,7  $\mu\text{T}$  et 11,1  $\mu\text{T}$  au sol de certains bureaux sous lesquels transitent des canalisations électriques dans la zone F6). En revanche, dans les locaux techniques qui contiennent des sources fortement émettrices, les niveaux de champs minimums mesurés sont élevés, de l'ordre de plusieurs  $\mu\text{T}$  et atteignent des valeurs maximales très élevées (dizaines de  $\mu\text{T}$  jusqu'à 97  $\mu\text{T}$ ) lorsque les mesures sont effectuées au plus près des sources émettrices. Ces dernières valeurs correspondent toutefois à des mesures réalisées dans des locaux techniques qui ne sont pas des zones dans lesquelles stationnent les travailleurs.

Ces valeurs ont été comparées avec des données de la littérature faisant état de mesures effectuées dans divers environnements professionnels dans lesquels les travailleurs sont exposés à des sources émettrices :

- Contessa *et al.* ont mené une campagne de mesures de champs magnétiques sur les principales lignes de train en Italie. Toutes les mesures ont été effectuées à bord du train pendant le service régulier dans tous les endroits potentiellement accessibles au personnel. Les champs magnétiques en courant alternatif sont de l'ordre de 2  $\mu\text{T}$  avec quelques valeurs ponctuelles de 20 à 40  $\mu\text{T}$  (Contessa *et al.* 2010) ;
- En France, la SNCF avait fourni à l'Afsset ses données concernant l'exposition de ses agents aux champs extrêmement basses fréquences. Le champ magnétique en cabine de conduite TGV était mesuré à 12,5  $\mu\text{T}$ . Dans le cas de deux rames TGV accolées roulant à 300 km/h, le champ était mesuré à 37,5  $\mu\text{T}$ . Les champs mesurés dans les cabines de conduite d'autres types de motrice étaient compris entre 1,25 et 6,25  $\mu\text{T}$  (Afsset 2010).
- Tesneli *et al.* ont évalué l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences dans une usine d'onduleurs (45 Hz – 1 kHz) en Turquie. Les mesures de champs électriques et magnétiques ont été effectuées dans les lignes de production, les zones d'essai et les sous-stations électriques pour des situations de travail réelles. Les valeurs maximales étaient respectivement de 7,6  $\mu\text{T}$ , 216,6  $\mu\text{T}$  et 65  $\mu\text{T}$  (Tesneli and Tesneli 2014).
- En France, le service des études médicales d'EDF a effectué des mesures pour l'évaluation de l'exposition de ses travailleurs. Celle-ci a été évaluée sur des sites de production nucléaire, thermique et hydraulique. Les mesures ont été effectuées au poste de travail dans des situations représentatives de la posture de travail. Les champs mesurés variaient en fonction des postes de travail : quelques dizaines de  $\mu\text{T}$  autour des alternateurs ; des valeurs dépassant 1 000  $\mu\text{T}$  à proximité des barres évacuant l'énergie des alternateurs ou au contact des câbles de puissance alimentant certains équipements ; quelques dizaines à quelques centaines de  $\mu\text{T}$  à proximité des connexions des transformateurs ; quelques dizaines à 100  $\mu\text{T}$  dans les postes d'évacuation de l'énergie ; supérieur à 1 000  $\mu\text{T}$  au contact des câbles alimentant les moteurs et qui tombait en dessous de 100  $\mu\text{T}$  au poste de travail (Magne 2016).
- En France, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) en collaboration avec la Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (Cnamts) a mené une étude visant notamment à

réaliser un bilan des valeurs d'exposition professionnelle aux champs électromagnétiques et déterminer les équipements les plus rayonnants (Desmaret 2011). Sept grandes familles d'appareils émetteurs de champs électromagnétiques ont été identifiées (machines de soudage par résistance, magnétiseurs et démagnétiseurs, induction, magnétoscopie, soudage par pertes diélectriques, électrolyse industrielle et chauffage micro-ondes). Des mesures ont été effectuées sur 997 postes de travail dans toute la France. Les résultats rapportent que la valeur limite d'exposition est susceptible (pour 25 à 50% des mesures réalisées) d'être dépassée pour 6 des 7 familles d'équipements. Par ailleurs, les résultats de mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques réalisés sur plus de 60 postes de magnétoscopie et démagnétisation montraient, pour la magnétoscopie, un dépassement de la valeur limite pour le corps (1 000  $\mu$ T) dans 23% des cas et de la valeur limite pour les mains (18 000  $\mu$ T) dans 64% des cas et, pour la démagnétisation, un dépassement de la valeur limite pour le corps (1 000  $\mu$ T) dans 14% des cas et de la valeur limite pour les mains (18 000  $\mu$ T) dans 50 % des cas (INRS 2015).

- Dans un environnement professionnel très différent, une étude canadienne a évalué l'exposition de 64 coiffeuses aux champs magnétiques extrêmement basses fréquences provenant de séchoirs à cheveux qui sont des sources portées proches du corps. L'intensité du champ magnétique mesuré au contact du boîtier du séchoir variait entre 4 et 490  $\mu$ T (moyenne de 181  $\mu$ T) (Frenette and Barre 2007).

Il ressort de la comparaison avec les données de la littérature que les niveaux de champs mesurés sur le campus de l'entreprise sont typiques des niveaux rencontrés dans les milieux d'activités tertiaires dans lesquels des sources émettrices sont présentes ou utilisées. Par ailleurs, dans les bureaux, les niveaux d'exposition sont comparables à ceux observés dans des immeubles d'habitations collectives. Les quelques valeurs de champ magnétique plus élevées ont été mesurées dans des situations très spécifiques, non représentatives de l'exposition des personnes. Les valeurs mesurées dans les lieux où stationnent les travailleurs ne reflètent pas de surexposition des salariés du site par rapport à ce qui peut être observé dans d'autres milieux professionnels. Par ailleurs, l'ensemble des valeurs de champs électromagnétiques basses fréquences mesurées sont très inférieures aux valeurs rencontrées dans certains secteurs d'activité, notamment industriels et très inférieures aux valeurs limites d'exposition réglementaires.

### **Mesures exprimées en pourcentages des valeurs limites réglementaires**

La campagne de mesures la plus récente, réalisée en 2020, présente les résultats en pourcentages de ces valeurs limites réglementaires. Les mesures ainsi réalisées correspondent à des mesures de conformité réalisées dans le cadre du décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau A6-2. Ces résultats montrent que les mesures réalisées dans les bureaux, les lieux de vie et de passage correspondent à de faibles pourcentages des valeurs limites, de l'ordre de 2 à 3%. En revanche, dans les locaux techniques et notamment à proximité immédiate de sources émettrices, les valeurs mesurées représentent des pourcentages plus élevés des valeurs limites réglementaires, sans toutefois les dépasser. Ces valeurs sont autour de 4 à 10% avec un maximum de 31,9%. Il peut être noté que toutes ces valeurs restent très inférieures aux valeurs limites réglementaires.

Dans les locaux du campus, il n'a pas été retrouvé d'expositions remarquables par rapport à d'autres professions ou environnements professionnels similaires. Les valeurs sont très inférieures aux valeurs limites réglementaires et ne reflètent pas de surexposition des salariés du site.

**Tableau A4-1 : Synthèse des résultats des campagnes de mesures des champs magnétiques basses fréquences réalisées sur le campus de l'entreprise entre 2004-2019**

Zone du campus	Campagne de mesures	Type de locaux concernés	Nombre mesures	Valeur minimale ( $\mu T$ )	Lieu de mesure valeur minimale	Valeur maximale ( $\mu T$ )	Lieu de mesure et source expliquant la valeur max
Zone F6	2004 (Bureau Véritas)	> 3 bureaux du <b>rez-de-chaussée</b>	18	2,1	Même bureau que la valeur maximale mais côté opposé	4,0	Bureau sous lequel transitent des canalisations électriques basse tension
	2006 (Bureau Véritas)	> 6 bureaux du <b>rez-de-chaussée</b>	126	0,4	Mesure réalisée à 2 m de la hauteur du sol dans un autre bureau sous lequel transitent les canalisations	11,1	Mesure réalisée au niveau du sol d'un bureau sous lequel transitent des canalisations électriques basse tension
	2011 (Apave)	> Local technique poste de transformation A en <b>sous-sol</b>	37	4,0	À l'entrée du local technique	97,0	Contre un transformateur sec
		> Local technique onduleur en <b>sous-sol</b>	23	3,0	Devant un climatiseur, point éloigné les batteries et tableaux électriques	70,0	Devant un tableau électrique
		> Local technique poste de transformation B en <b>sous-sol</b>	20	3,0	À l'entrée du local technique	27,0	Devant un transformateur huile
		> 16 bureaux et couloir du <b>rez-de-chaussée</b>	19	0,6	Bureau de l'autre côté du couloir du bureau concerné par la valeur maximale	3,7	Mesure réalisée au niveau du sol d'un bureau sous lequel transitent des canalisations électriques basse tension
	2019 (Bureau Véritas)	> Locaux techniques en <b>sous-sol</b>	19	0,13	Autre local technique en sous-sol	37,9	Local transformation B
		> Couloirs et bureaux rez-de-chaussée et 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> étages	15	0,02	Un bureau localisé au 2 <sup>e</sup> étage	1,4	Un bureau du rez-de-chaussée sous lequel transitent des canalisations électriques basse tension
	2019 (Criirem)	> Locaux techniques en <b>sous-sol</b>	6	0,3	À 1 mètre devant la porte du local transformation A	4,9	À 1 mètre devant la porte du local onduleur
		> Bureaux au rez-de-chaussée	7	0,2	Un autre bureau du rez-de-chaussée	1,4	Local à archives sous lequel transite l'alimentation électrique du local B en sous-sol
P2 (déconstruite)	2004	> 3 bureaux rez-de-chaussée	24	0,7	Bureau mitoyen à celui concerné par la mesure max mais point de mesure à l'opposé	10,0	Local onduleurs jouxtant le bureau concerné
Zone E1	2019 (Bureau Veritas)	> Locaux techniques rez-de-chaussée et 1 <sup>er</sup> étage	12	0,06	Local au premier étage (sans précision)	14,52	Local technique (sans précision de source)

Zone du campus	Campagne de mesures	Type de locaux concernés	Nombre mesures	Valeur minimale ( $\mu$ T)	Lieu de mesure valeur minimale	Valeur maximale ( $\mu$ T)	Lieu de mesure et source expliquant la valeur max
	2019 (Criirem)	> Cafétéria, 1 <sup>er</sup> étage, local CE, bureau comptabilité	4	< seuil de détection		< seuil de détection	
Zone F1	2019 (Bureau Veritas)	> Locaux techniques <b>rez-de-chaussée</b>	2	0,72	Autre local onduleur	1,02	Local onduleur
		> local service médical rez-de-chaussée et couloirs 1 <sup>er</sup> et 3 <sup>e</sup> étages	5	0,08	Bureaux service médical	2,5	Contre armoire électrique 3 <sup>e</sup> étage
	2019 (Criirem)	> Locaux rez-de-chaussée	8	< seuil de détection	Autres locaux rez-de-chaussée	0,4	Dans le couloir devant le local technique du tableau électrique
Zone F2	2019 (Bureau Veritas)	> Sous-sol, rez-de-chaussée, 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> étages	8	0,06	Palier 3 <sup>e</sup> étage	4,9	Contre armoire électrique couloir 2 <sup>e</sup> étage
	2019 (Criirem)	> Locaux rez-de-chaussée	7	0,03	Couloir aile A	1,1	Au niveau de l'entrée du couloir aile D
Zone F3	2019 (Bureau Veritas)	> Bureaux et couloirs Rez-de-chaussée, 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> étages	13	0,03	Bureaux du 2 <sup>e</sup> étage	1,26	Contre une armoire électrique du rez-de-chaussée
	2019 (Criirem)	> Rez-de-chaussée	2	< seuil de détection		< seuil de détection	
Zone F4	2019 (Bureau Veritas)	> Local technique <b>sous-sol</b> et locaux R&D	4	1,0	Baie informatique	23	Salle microcoupure
	2019 (Criirem)	Postes de travail en <b>sous-sol</b>	6	0,2	Un autre poste de travail	1,2	Un poste de travail
Extérieur	2019 (Bureau Veritas)		6	0,27	À l'extérieur de la zone MOBULL 1	2,0	À l'extérieur d'un poste haute tension
Zone F5	2019 (Bureau Veritas)	Locaux en <b>sous-sol</b> et lecteur badge au <b>rez-de-chaussée</b>	29	0,12	Salle sous-sol sans précision	5,2	Local technique sous-sol contre TGBT
	2019 (Criirem)	Open Space au rez-de-chaussée		< seuil de détection		< seuil de détection	
Zone F7	2019 (Bureau Veritas)	Couloirs du <b>rez-de-chaussée</b> et du 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> étage	9	0,04	Bureau du 1 <sup>er</sup> étage	1,5	Contre armoire électrique du rez-de-chaussée
	2019 (Criirem)	Locaux du rez-de-chaussée	8	< seuil de détection	Bureaux aile droite	0,5	Un local aile gauche

Zone du campus	Campagne de mesures	Type de locaux concernés	Nombre mesures	Valeur minimale ( $\mu$ T)	Lieu de mesure valeur minimale	Valeur maximale ( $\mu$ T)	Lieu de mesure et source expliquant la valeur max
Zone F8	2019 (Bureau véritas)	Locaux en <b>sous-sol</b>	6	0,8	Autre local sous-sol	7,8	Local sous-sol contre TGBT B
	2019 (Criirem)	Laboratoire de soudure en <b>sous-sol</b>	2	0,04	Poste de travail dans le laboratoire de soudure	0,2	À 1 mètre devant la porte du local électrique
Zone F9	2019 (Bureau Veritas)	Locaux en <b>sous-sol</b>	3	0,89	Autre local baie informatique	14	Au niveau des baies informatiques
	2019 (Criirem)	Locaux en <b>sous-sol</b>	6	0,4	Un autre poste de travail	0,7	Un poste de travail
Zone H2	2019 (Bureau Véritas)	Local technique en <b>sous-sol</b>	1			1,1	Contre TGBT groupe électrogène
Zone M1	2019 (Bureau Véritas)		4	4,5	Contre autre TDN	7,8	Contre TDN
Zone M2	2019 (Bureau Véritas)		4	1,0	Contre TDO	9,7	Contre TDO
Zone P7	2019 (Bureau Véritas)	Local technique <b>rez-de-chaussée</b>	1			0,06	Local technique
Zone P8	2019 (Bureau Véritas)	Locaux techniques <b>rez-de-chaussée</b>	7	0,06	Autre local technique rez-de-chaussée	71	Contre TGBT
Zone R1	2019 (Bureau Véritas)	Local haute tension <b>sous-sol</b>	1			7,7	Local haute tension
Zone NDC	2019 (Bureau Véritas)	Locaux techniques au <b>rez-de-chaussée</b>	4	0,07	Autre salle sans précision	1,33	Dans un local onduleur

**Tableau A4-2 : Synthèse des résultats de la campagne de mesures des champs magnétiques basses fréquences réalisées sur le campus de l'entreprise en 2020**

Zone du campus	Type de locaux concernés	Nombre mesures	Valeur maximale (% valeurs limites)	Lieu de mesure et source expliquant la valeur max	Valeur minimale (% valeurs limites)	Lieu de mesure valeur minimale
Zone F6 (Exem)	> Bureaux et locaux électriques <b>rez-de-chaussée et étages 1 et 2</b>	15	31,9%	Local électrique rez-de-chaussée	2,3%	Un bureau du 2 <sup>e</sup> étage
Zone E1 (Exem)	> Bureaux, lieux communs, lieux de passage et locaux électriques <b>rez-de-chaussée et 1<sup>er</sup> étage</b>	15	4,2%	Local électrique autocom rez-de-chaussée	2,3%	Un local sans spécificité précisée du rez-de-chaussée
Zone F1 (Exem)	> bureaux et locaux électriques rez-de-chaussée et 1 <sup>er</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> étages	26	6,5%	Local électrique rez-de-chaussée	2,4%	Couloir devant un bureau 3 <sup>e</sup> étage
Zone F2 (Exem)	> bureaux et locaux électriques, rez-de-chaussée, 1 <sup>er</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> étages	23	20,0%	Local électrique rez-de-chaussée	2,4%	Bureau du 3 <sup>e</sup> étage
Zone F3 (Exem)	> Bureaux et locaux électriques Rez-de-chaussée, 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> étages	15	14,3%	Local électrique rez-de-chaussée	2,4%	Bureau du 1 <sup>er</sup> étage
Zone F4 (Exem)	> Locaux R&D	5	4,9%	Devant armoire électrique	2,6%	Espace de bureaux
Extérieur (Exem)		6	5,7%	PC sécurité	2,5%	Entrée principale
Zone F5 (Exem)	Locaux communs et de passage rez-de-chaussée et étages 1 et 2	15	3,2%	Devant armoire électrique du rez-de-chaussée	2,4%	Passerelle étage 1
Zone F7 (Exem)	Bureaux et locaux électriques rez-de-chaussée et 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> étage	15	14,1%	Local électrique rez-de-chaussée	2,3	Bureau du 1 <sup>er</sup> étage
Zone F8 (Exem)	Bureaux et local électrique	6	3,5%	Local électrique	2,5%	Un bureau
Zone F9 (Exem)	Bureaux	9	4,1%	Un bureau	2,7%	Un autre bureau
Zone H2 (Exem)	Locaux techniques	3	3,3%	Devant l'entrée	2,7%	Entre deux groupes électrogènes
Zone M (Exem)	Locaux électriques et salles serveurs	6	14,5%	Contre armoire électrique TDO	2,6%	Salle serveur 1
Zone P7 (Exem)	Bureaux, atelier	6	2,9%	Bureau	2,4%	Un autre bureau
Zone P8 (Exem)	Locaux techniques <b>rez-de-chaussée</b>	4	6,3%	Local technique	2,5%	Autre local technique

Zone du campus	Type de locaux concernés	Nombre mesures	Valeur maximale (% valeurs limites)	Lieu de mesure et source expliquant la valeur max	Valeur minimale (% valeurs limites)	Lieu de mesure valeur minimale
Zone R1 (Exem)	Espaces communs rez-de-chaussée et sous-sol	9	3,3%	Armoire électrique cuisine rez-de-chaussée	2,4%	Salle de sport sous-sol
Zone NDC (Exem)	Bureaux et locaux techniques au <b>rez-de-chaussée</b>	22	10,1%	Local technique TGBT	2,4%	Hall
Zone restaurant (Exem)		7	3,0%	Devant armoire électrique	2,5%	Autre zone du restaurant
Zone E3 (Exem)	Locaux électriques	3	4,8%	Devant coffret électrique	2,4%	Autre position autour du coffret électrique
Zone B4 (Exem)	Locaux techniques et salle serveurs	7	4,3%	Local technique	2,4%	Autre local technique

## Annexe 5 : Analyse des mesures de l'exposition aux radiofréquences sur le site de l'entreprise

### Sources émettrices de radiofréquences

Les principales sources d'exposition des populations aux radiofréquences sont associées à trois grands systèmes de communication : i) les réseaux hertziens de diffusion de contenu, avec les antennes destinées à la radio et la télévision, ii) les réseaux de communication cellulaires avec d'une part les antennes-relais dédiées aux réseaux de téléphonie mobile grand public (GSM, UMTS, 4G, 5G) ou privés (Tetrapol...) et d'autre part les téléphones mobiles eux-mêmes et iii) les systèmes de communication sans fil de moyenne et courte portée avec notamment les réseaux pour objets connectés (LoRa, SigFox...), les systèmes Wi-Fi, Bluetooth ou encore les téléphones sans fil DECT.

Sur le site de l'entreprise, les sources de radiofréquences susceptibles d'exposer les travailleurs sont d'une part les antennes relais de téléphonie mobile 2G, 3G, 4G et les antennes d'émission des réseaux de diffusion de contenu localisées dans les environs du site, les bornes Wi-Fi situées dans les locaux, et d'autre part les sources d'exposition localisées proches du corps, comme les téléphones mobiles, ordinateurs portables connectés en Wi-Fi, etc.

### Sources environnantes et mesures réalisées sur le site

Dans un rayon de 500 mètres autour du campus, d'après la base Cartoradio de l'Agence nationale des fréquences (ANFR), 4 pylônes sont recensés hébergeant un total de 24 antennes émettrices de téléphonie mobile et de 4 antennes émettrices pour la diffusion de contenu. Un pylône est également présent sur le toit d'un des bâtiments du campus. Cette station comprenait des antennes émettrices de téléphonie mobile dont les premières ont été mises en service en 2000 mais elle a été fermée en 2020.

Comme pour les champs extrêmement basses fréquences, plusieurs campagnes de mesures de l'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences ont été réalisées entre 2006 et 2020, à la demande de la direction ou des représentants des salariés. Les sources de champs électromagnétiques prises en compte par ces mesures sont toutes les émissions provenant des antennes de radio et télédiffusion, les réseaux de téléphonie mobile et de communication privés, les faisceaux hertziens, ainsi que toutes les infrastructures de communication interne au campus (Wi-Fi, DECT, etc.), à l'exception des sources mobiles portées près du corps (téléphone mobile, objets personnels connectés, etc.). Ces campagnes de mesures ont été réalisées par les 4 mêmes structures que pour les champs extrêmement basses fréquences. Trois d'entre elles, qui sont des bureaux d'études, ont utilisé le protocole retenu par l'Agence nationale des fréquences (ANFR) pour la vérification de la conformité aux exigences du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques. Ce protocole, publié au Journal Officiel et actualisé en fonction des évolutions technologiques, constitue le texte de référence des bureaux d'étude accrédités par le Cofrac qui réalisent des mesures sur le terrain. L'accréditation signifie que leur compétence et leur impartialité ont été démontrées à l'occasion d'audits réalisés sur le terrain. Elle permet ainsi d'avoir confiance dans le fait que ces résultats de mesures sont fiables. La quatrième structure (Criirem) est une association qui n'applique pas le protocole ANFR et dont la méthode de mesure utilisée n'est pas clairement exposée dans ses rapports. Notamment, les valeurs mesurées sont multipliées par différents coefficients dont la pertinence n'est pas explicitée, qui augmentent artificiellement les valeurs. Les mesures du Criirem ne sont pas directement comparables avec les mesures réalisées par les autres bureaux d'études. Par conséquent elles sont présentées séparément.

### Mesures réalisées par les bureaux d'étude accrédités

Les résultats de ces mesures sont résumés dans le Tableau A7-1. Pour chaque campagne, les mesures étaient faites en différents points du campus à l'intérieur des bâtiments.

Sur l'ensemble des mesures réalisées par les trois bureaux d'études, les niveaux moyens retrouvés dans les différentes zones du campus variaient de 0,08 à 1,03 V/m et les médianes variaient de 0,14 à 0,86 V/m. Les deux tiers des mesures (lorsque les percentiles pouvaient être calculés) ne dépassaient pas 1,23 V/m et le maximum mesuré était de 2,24 V/m au niveau de la zone F3. C'est dans cette zone que, localement, les valeurs les plus élevées de champs sont mesurées. Cela est cohérent avec le fait que l'aile droite de cette zone est dans la ligne plus ou moins directe de l'émetteur qui se situe près du centre commercial en face du campus de l'entreprise. Cette configuration est tout à fait ordinaire en milieu urbain.

Il est à noter que les valeurs mesurées lors de ces campagnes reflètent les valeurs d'une exposition maximale, car le protocole de mesure a pour objectif de maximiser la mesure pour garantir la conformité ; c'est-à-dire qu'à aucun moment l'exposition de la personne ne peut dépasser la valeur mesurée. L'exposition réelle des personnes dans les lieux est a priori inférieure.

Lors de chaque campagne, une analyse détaillée de la contribution des différentes sources de champs électromagnétiques (antennes relais de téléphonie mobile, de diffusion de contenu, Wi-Fi, DECT, radars, etc.) aux niveaux d'expositions a été effectuée, pour certains points de mesure. Ces analyses rapportent que la contribution de la téléphonie mobile à l'exposition est majoritaire, la contribution des sources intérieures (Wi-Fi, DECT) est, elle, très minoritaire.

Les valeurs mesurées sur le campus ont été comparées aux valeurs mesurées dans des environnements urbains et ruraux dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes radioélectriques porté par l'ANFR. Dans le cadre de ce dispositif, des mesures sont réalisées aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public. Les derniers résultats, rapportant les mesures réalisées dans 3 020 lieux en 2019, concluent à un niveau de champ électrique médian de 0,38 V/m, avec un maximum à 28,6 V/m (ANFR 2020). Sur les mesures réalisées en 2014 dans 2955 lieux, les valeurs étaient similaires avec un niveau de champ électrique médian également à 0,38 V/m et un maximum plus faible à 15,7 V/m (ANFR 2015).

Par ailleurs, l'ANFR effectue également un recensement des points atypiques. Il s'agit de lieux dans lesquels le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale (les critères retenus à la date de rédaction r par l'ANFR conduisent à considérer comme atypique un niveau global d'exposition supérieur ou égal à 6 V/m). L'analyse des points atypiques recensés depuis 2017 (depuis que ce dispositif existe) ne rapporte aucun point atypique autour du site de l'entreprise (ANFR 2021).

Les niveaux de champs mesurés sur le campus de l'entreprise ne sont pas différents des niveaux d'exposition de la population française dans des environnements similaires, et ne reflètent pas de surexposition des salariés du site par rapport à ce qui peut être observé en population générale.

Pour une comparaison avec d'autres pays, une revue de la littérature a recensé les données issues de différentes études ayant quantifié l'exposition des populations dans différents pays européens entre 2006 et 2011 (Sagar *et al.* 2018). Ces données rapportent des niveaux moyens d'exposition dans les domiciles variant de 0,12 V/m dans une étude menée en Allemagne à 0,37 V/m dans une étude autrichienne. Dans les environnements extérieurs, les niveaux moyens rapportés vont de 0,11 V/m dans une étude française à 1,59 V/m aux Pays-Bas. La comparaison avec des données d'autres pays permet de tenir compte de données produites avec différents protocoles de mesure. Ces données confirment que les niveaux de champs mesurés sur le campus de l'entreprise sont similaires à ceux observés dans les environnements quotidiens de la population générale.

## **Mesures réalisées par le Criirem**

Les valeurs mesurées sont présentées dans le Tableau A7-2. Ces valeurs rapportent des maximums beaucoup plus élevés que ce qui a été mesuré par les bureaux d'étude accrédités, avec des valeurs de 8 V/m et 12 V/m dans les zones F3 et F7 respectivement. Ces valeurs sont bien supérieures à ce qui a pu être mesuré dans les mêmes zones lors de la campagne de 2020 par le laboratoire Exem ; probablement en raison des coefficients multiplicatifs appliqués par le Criirem.

En effet, dans le bâtiment F3, Exem retrouve un maximum à 2,24 V/m (contre 8 V/m pour le Criirem) et à 2,03 V/m dans le bâtiment F7 (contre 12 V/m pour le Criirem). Compte tenu du manque d'informations relatives à la méthode de mesure utilisée, ces valeurs ne peuvent être comparées à de quelconques valeurs de référence.

Au total, sur le campus, les niveaux d'exposition aux radiofréquences liés aux émetteurs environnants ou aux sources intérieures ne sont pas particulièrement élevés en comparaison à ce qui est observé en population générale, dans des environnements urbains similaires.

### **Téléphonie mobile**

Concernant les sources d'exposition proches du corps, et notamment les téléphones mobiles, les seules données disponibles permettant d'évaluer l'exposition proviennent des informations déclarées à la médecine du travail par les cas (ou par les conjoints des cas). Parmi les 7 cas, 5 d'entre eux ont déclaré avoir une utilisation fréquente à intensive du téléphone mobile dans le cadre de leurs fonctions. Toutefois des informations sur les types de téléphones utilisés n'ont été recueillies que pour 2 des 5 cas. Il s'agissait des téléphones suivants :

- Nokia 3210 et Sagem sans antenne MY-X2 (1 cas). D'après les informations rapportées par la médecine du travail (recueil d'informations déclarées par le cas) et l'entreprise, le téléphone Nokia 3210 a été utilisé de façon occasionnelle entre 1992 et 1999 et le téléphone Sagem utilisé 100% du temps à partir de 2006.
- Windows phone avec carte jumelle (1 cas). La période exacte et les modalités d'utilisation du téléphone par le cas ne sont pas connues.

Outre les 5 cas qui ont déclaré une utilisation intensive, 1 cas a déclaré une utilisation occasionnelle de son téléphone professionnel (Lenovo B) et pour le dernier cas la médecine du travail ne disposait pas de l'information (non recueillie auprès du salarié). Plusieurs des cas ont déclaré avoir eu une utilisation du téléphone mobile à des postes qu'ils occupaient au sous-sol des bâtiments.

Dans les années 90, le réseau de télécommunication mobile est dit de « deuxième génération » (2G – GSM). La « troisième génération » (3G – UMTS) est apparue en 2000 mais n'a pas éteint la 2G. Les données disponibles ne permettent pas de définir si les téléphones utilisés intensivement par les cas étaient des téléphones mobiles de deuxième ou troisième génération. Le fait que les cas aient utilisé les téléphones mobiles en sous-sol peut influencer leur niveau d'exposition. En effet, l'exposition liée à l'usage des téléphones peut être particulièrement élevée lorsque la liaison radioélectrique avec l'antenne relais n'est pas bonne. Si les niveaux de champs électriques liés aux antennes relais de téléphonie mobile sont très faibles en sous-sol (situation de mauvaise réception), l'exposition liée au téléphone mobile peut être plus élevée que dans les étages. Toutefois, les données des campagnes de mesures ne permettent pas de vérifier si, dans les années 1990-2000, les niveaux de champs électriques étaient particulièrement faibles en sous-sol en comparaison aux étages supérieurs.

Au total, d'après les informations déclarées par les salariés, il est possible que certains d'entre eux aient été exposés à des niveaux de radiofréquences élevés du fait de l'utilisation de téléphones mobiles de deuxième génération (2G) de façon intensive. Toutefois, les informations disponibles ne permettent pas de confirmer que les téléphones utilisés de façon intensive dans les années 2000 étaient des téléphones de deuxième génération. Il n'est par ailleurs pas possible d'objectiver les niveaux d'exposition rétrospectivement. Il est à noter que ces niveaux d'exposition – s'ils s'avéraient avoir été élevés – ne sont pas associés à des sources persistantes au-delà des années 90-2000, les téléphones de l'époque n'étant plus utilisés.

**Tableau A5-1 : Synthèse des résultats des campagnes de mesures des champs électromagnétiques radiofréquences réalisées sur le campus de l'entreprise entre 2006-2020**

Pour lecture, le tableau présente séparément les résultats de chaque campagne de mesure. Pour chacune de ces campagnes il est indiqué le nombre n de mesures réalisées dans chaque zone du campus. Dans le tableau, la distribution des n valeurs mesurées dans chaque zone est résumée par la moyenne, la médiane et l'étendue. Chaque mesure individuelle correspond à une valeur mesurée au point d'exposition maximum identifié en un lieu de la zone. Cette valeur correspond elle-même à la moyenne de trois valeurs moyennées sur 6 minutes prises à trois hauteurs différentes (1,1 m, 1,5 m et 1,7 m). Il est à noter que les valeurs présentées sont les valeurs mesurées en « cas A » selon le protocole ANFR (mesure globale de l'exposition qui résulte des émissions de l'ensemble des services), et non en « cas B » (mesure de l'exposition par service)<sup>12</sup>.

Date	Lieu	Points de mesure	Niveau médian (V/m)*	25 <sup>e</sup> -75 <sup>e</sup> percentiles (V/m)	Niveau moyen (V/m)*	Étendue min-max (V/m)*
Janv. 2006 (Bureau Véritas)	Non précisé	2	0,78	--	0,78	0,34-1,23
Déc. 2010 (Apave)	Non précisé	1	--	--	0,63	--
Fév. 2011 (Apave)	Non précisé	1	--	--	0,76	--
Sept. 2020 (Exem)	Zone B4*	7	0,14	0,13-0,16	0,15	0,09-0,24
	Zone D	18	0,2	0,16-0,25	0,26	0,15-0,98
	Zone E1	23	0,33	0,3-0,65	0,56	0,19-1,42
	Zone F1	39	0,27	0,17-0,52	0,39	0,07-1,41
	Zone F2	45	0,16	0,11-0,20	0,16	0,06-0,36
	Zone F3	35	0,8	0,6-1,4	1,03	0,1-2,24
	Zone F4*	5	0,3	0,3-0,3	0,30	0,27-0,32
	Zone F5	14	0,64	0,38-0,99	0,67	0,17-1,31
	Zone F6	23	0,25	0,16-0,28	0,25	0,08-0,58
	Zone F7	23	0,47	0,30-0,67	0,64	0,09-2,03
	Zone F8*	5	0,25	0,13-0,28	0,22	0,12-0,3
	Zone F9*	6	0,35	0,33-0,37	0,31	0,1-0,38
	Zone H2	3	0,08	0,07-0,0	0,08	0,07-0,09
	Zone NDC	18	0,17	0,15-0,25	0,24	0,10-0,78
	Zone P5	4	0,16	0,15-0,17	0,17	0,15-0,21
	Zone P7	4	0,86	0,67-1,11	0,91	0,62-1,31
	Zone P8	4	0,43	0,35-0,47	0,39	0,22-0,49
Zone R1	7	0,23	0,22-0,41	0,44	0,11-1,48	
Restaurant (en face)	7	0,18	0,16-0,22	0,20	0,16-0,3	
Extérieur	6	0,58	0,12-1,23	0,62	0,12-1,23	

\* Zones situées en sous-sol

<sup>12</sup> <https://www.anfr.fr/controle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/la-mesure-de-champ/deroulement-dune-mesure/>  
[https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expace/2017-08-28\\_Protocole\\_de\\_mesure\\_V4.pdf](https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expace/2017-08-28_Protocole_de_mesure_V4.pdf)

**Tableau A5-2 : Synthèse des résultats des mesures des champs électromagnétiques radiofréquences réalisées par le Criirem sur le campus de l'entreprise en 2019**

Date	Lieu	Nombre points de mesure*	Étendue min-max (V/m)*
Août 2019	Zone E1	inconnu	0,5-2,3
	Zone F1	Inconnu	0,4-1,4
	Zone F2	Inconnu	0,2-1,1
	Zone F3	Inconnu	0,5- <b>8,2</b>
	Zone F5	Inconnu	< seuil de détection
	Zone F6	Inconnu	0,3-2,7
	Zone F7	inconnu	0,3- <b>12,0</b>

\* le nombre de points de mesure n'étant pas précisé dans le rapport, les valeurs moyennes, médianes et les percentiles ne peuvent être calculés