

# Analyse de la survenue de deux cas de leucémie à Vauhallan (Essonne)

Rapport d'investigation



Cire Ile-de-France  
Ddass Essonne



L'investigation a été conduite par un groupe technique piloté par la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile-de-France. Ce rapport a été rédigé par Dominique Dejour-Salamanca, Jacqueline Clavel, Dominique Laurier et Claire Gourier-Fréry. Il a été relu et amendé par l'ensemble des membres du groupe technique.

### **Composition du groupe technique**

#### **Madame Delphine Caamano**

Ingénieur du génie sanitaire – Ddass de l'Essonne

#### **Madame Christine Castor**

Institut de veille sanitaire (InVS) – Département santé environnement, Unité alerte.

#### **Dr Jacqueline Clavel**

Inserm, U170, responsable du Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant.

#### **Dr Dominique Dejour-Salamanca**

Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire Ile-de-France), Drassif.

#### **Dr Eugénia Gomes do Esperito Santo**

Institut de veille sanitaire (InVS) – Département santé environnement, Unité alerte.

#### **Dr Claire Gourier-Fréry**

Institut de veille sanitaire (InVS) – Département santé environnement, Unité alerte.

#### **Mr Dominique Laurier**

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), Laboratoire d'épidémiologie.

#### **Madame Céline Legout**

Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire Ile-de-France), Drassif.

Par ailleurs, le groupe technique remercie les membres de l'IRSN qui ont contribué à la réalisation de l'investigation : **Monsieur Patrice Charbonneau** qui a effectué la campagne de mesure de la radioactivité sur la commune de Vauhallan et **Madame Caroline Ringard** qui a évalué la dose reçue par les enfants de Vauhallan exposés aux rejets d'effluents radioactifs du centre CEA de Saclay, et dont les rapports sont annexés à ce travail.

# Sommaire

<b>Résumé</b> .....	<b>5</b>
<b>I – Introduction - Contexte</b> .....	<b>7</b>
<b>II – Démarche adoptée</b> .....	<b>9</b>
<b>III – Résultats</b> .....	<b>11</b>
1 – Étape 1 : évaluation du signalement .....	11
1.A – Volet sanitaire : description des cas signalés .....	11
1.B – Volet environnemental : premières investigations de l’environnement .....	13
1.C – Conclusions de l’étape 1 .....	15
2 – Étape 2 : approfondissement des données sanitaires et environnementales .....	16
2.A – Validation des cas et collecte des données individuelles .....	16
2.B – Résultats des investigations environnementales complémentaires .....	17
2.C – Conclusions de l’étape 2 .....	20
<b>IV – Conclusions</b> .....	<b>23</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>25</b>
1 – Revue de l’état des connaissances sur les facteurs de risque des leucémies de l’enfant .....	25
2 – Evolution de la moyenne annuelle du benzène dans l’air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en Ile-de-France .....	31
3 – Questionnaire familles : « Description des cas de leucémie à Vauhallan » .....	32
4 – Rapport de la campagne de mesures de la radioactivité de l’OAR (Office d’assistance en radioprotection), IRSN .....	43
5 – Rapport du service d’évaluation et de gestion des risques (SEGR) de l’IRSN : « Evaluation de la dose reçue par les enfants de Vauhallan exposés aux rejets d’effluents radioactifs du centre CEA de Saclay », septembre 2002 .....	51
6 – Copie du courrier de RTE relatif aux lignes haute tension .....	65

# Liste des sigles utilisés

<b>BRGM</b>	Bureau de recherche géologique et minière
<b>CEA</b>	Commissariat à l'énergie atomique
<b>Cire IdF</b>	Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile-de-France
<b>DGSNR</b>	Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection
<b>Drire</b>	Direction régionale de l'industrie, la recherche et de l'environnement
<b>ICPE</b>	Installation classée pour l'environnement
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>IRSN</b>	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
<b>Opri</b>	Office de protection contre les rayonnements ionisants
<b>RTE</b>	Réseau de transport d'électricité

# Analyse de la survenue de deux cas de leucémie à Vauhallan (Essonne)

## Rapport d'investigation – Mai 2003 - Résumé du rapport

En mai 2002, un médecin généraliste de la commune de Vauhallan (Essonne) signalait à la Ddass la survenue de deux cas de leucémie à trois mois d'intervalle chez deux enfants du même âge résidant dans le même lotissement. Une étude a été diligentée par la Cire IdF pour investiguer la survenue de ces deux cas et l'hypothèse éventuelle d'une exposition locale à un facteur de risque connu de leucémie. Un groupe technique comportant des épidémiologistes de l'InVS, la Cire, l'Inserm et l'IRSN et l'ingénieur du génie sanitaire de la Ddass 91 a été mis en place.

## Méthode

La méthode adoptée, construite à partir des guides internationaux d'investigation des agrégats de pathologies non infectieuses et de l'expérience française, a consisté à dérouler différentes étapes visant à décrire les données sanitaires et le contexte environnemental, de façon graduée, pour répondre à la question posée.

## Résultats

### Étape 1 : évaluation du signalement

Les deux leucémies sont d'un type histologique différent. On retrouve dans l'environnement de la commune la présence d'une source potentielle d'exposition à des rayonnements ionisants, facteur de risque avéré de leucémie : le CEA de Saclay. Le contexte environnemental local ne présente aucune autre particularité. L'existence de cette source potentielle de rayonnements ionisants et la survenue rapprochée des deux leucémies ont motivé la poursuite de l'investigation pour validation des cas et des expositions éventuelles.

### Étape 2 : approfondissement des données sanitaires et environnementales

Cette étape a permis d'écartier la possibilité d'une exposition anténatale commune et n'a pas retrouvé de facteurs de risque communs aux deux enfants et leurs familles qui permettent d'aiguiller les recherches. L'interrogatoire des cas, complété par une campagne de mesure de radioactivité ambiante dans les lieux fréquentés par les enfants et une estimation de la dose à la moelle osseuse attribuable aux rejets d'effluents radioactifs gazeux du CEA de Saclay, n'a pas révélé de surexposition aux rayonnements ionisants des enfants de Vauhallan.

## Conclusions

Les recherches et les mesures environnementales réalisées à Vauhallan n'ont pas permis de supposer un lien entre une exposition environnementale de la population et la survenue des deux cas de leucémie. En l'absence de nouvelles hypothèses, le groupe technique a décidé de ne pas poursuivre les investigations locales mais de maintenir, à titre systématique, la surveillance sanitaire de la commune par une interrogation régulière du Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant.

Il est à noter que seules des études à plus large échelle, telles que les trois études nationales de l'Inserm, actuellement en cours, sont à même d'apporter des connaissances nouvelles sur les facteurs de risque des leucémies infantiles ainsi que sur leur distribution spatiale.



# I – Introduction - Contexte

Le 30 mai 2002, un médecin généraliste de la commune de Vauhallan dans l'Essonne informait la Ddass de ce même département de la survenue de deux cas de leucémie à trois mois d'intervalle chez des enfants du même âge, résidant dans le même lotissement. Les enfants, âgés de 5 ans et demi fréquentent tous les deux la grande section de maternelle à l'unique école de la commune.

Vauhallan est une petite commune de 3 777 habitants du nord-est de l'Essonne (recensement Insee 1999), située à quelques kilomètres du centre de recherche du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de Saclay. La survenue de ces deux cas suscite une inquiétude parmi les parents d'élèves de l'école communale qui s'interrogent sur la possibilité d'une cause environnementale locale à l'origine de ces cancers.

Dans le cadre des investigations à réaliser, la Ddass 91 sollicite, par téléphone début juin 2002, puis par courrier en date du 7 juillet 2002, l'appui méthodologique de la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile-de-France (Cire IdF) et de l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Le 14 juin 2002, une réunion est organisée à la Ddass de l'Essonne avec la Cire, l'InVS, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), le médecin généraliste ayant réalisé le signalement et le médecin scolaire de Vauhallan.

Les participants ont proposé la mise en place de deux groupes :

- un groupe technique, chargé de définir les investigations à mener ; ce groupe, piloté par la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire), est composé d'un médecin épidémiologiste responsable du registre national des leucémies de l'enfant (Unité Inserm U170), d'un épidémiologiste de l'IRSN, d'épidémiologistes de l'InVS, de l'ingénieur du génie sanitaire de la Ddass 91, d'un ingénieur du génie sanitaire et d'un médecin inspecteur de santé publique de la Cire d'Ile-de-France.
- un comité de suivi, organisé sous la présidence de monsieur le sous-préfet de Palaiseau, en collaboration avec monsieur le maire de Vauhallan, auquel sont associés la Ddass, les médecins généralistes de Vauhallan, les parents d'élèves, les responsables de l'éducation nationale et un rapporteur du groupe technique. Une première réunion a été organisée par monsieur le sous-préfet de Palaiseau le 24 juin à la salle des fêtes de Vauhallan.

La question posée au groupe technique est la suivante : « **la survenue des deux cas de leucémie infantile à Vauhallan peut-elle être rattachée à une exposition environnementale locale à un facteur de risque connu de leucémie ?** »

Le groupe technique s'est réuni à trois reprises les 8 juillet, le 13 septembre et le 4 octobre 2002. Une présentation publique du rapport préliminaire a été réalisée le 14 octobre 2002. Ce document présente la démarche et les résultats des investigations qui ont été réalisées par le groupe.





## II - Démarche adoptée

Le groupe s'est accordé pour appliquer une méthode de travail basée sur l'expérience acquise en France et à l'étranger, dans le cadre de l'investigation de suspicion d'agrégats de maladies non infectieuses.

A partir de recommandations émises par des organismes internationaux<sup>1</sup>, la méthode a été adaptée à la situation présente, pour tenir compte des expériences similaires dans la conduite d'investigations de telles situations en France et pour prendre en compte le plus efficacement possible les demandes spécifiques des parents d'élèves.

La démarche proposée s'appuie sur un **arbre décisionnel** établi *a priori*. Sur la base des informations recueillies à chaque étape, il est décidé la poursuite ou non de l'investigation.

Les principales étapes décisionnelles qui ont été construites dans le cadre de cette investigation sont les suivantes :

- 1<sup>ère</sup> étape : Evaluation de la plainte. A ce niveau, il s'agit de :
  - recevoir le signalement et recueillir les informations de base ;
  - établir une première définition des cas signalés et les décrire ; cette étape descriptive permet de mettre en perspective les caractéristiques du signalement (fréquence de la pathologie dans la population, type de population concernée, etc.) à partir des connaissances épidémiologiques disponibles sur la pathologie en cause, permettant d'apporter un jugement sur le caractère « anormal » ou « excessif » du regroupement de cas ;
  - décrire le contexte environnemental, en recherchant l'existence de sources potentielles d'exposition à des facteurs de risque susceptibles d'expliquer la survenue rapprochée des cas dans le temps et dans l'espace ;
  - décider de la nécessité ou non de poursuivre l'investigation. Si la réponse est positive, on passe alors à l'étape suivante.
  
- 2<sup>ème</sup> étape : Approfondir les investigations sur les données sanitaires et les données environnementales avec :
  - la validation des cas avec une vérification dans les dossiers médicaux et un interrogatoire approfondi des sujets atteints ; il s'agit alors de décrire plus précisément les antécédents d'exposition à des facteurs de risque connus ou suspectés afin de générer éventuellement des hypothèses étiologiques à tester par la suite (NB : il est à noter que dans les protocoles anglo-saxons, cet interrogatoire est généralement réalisé à une étape ultérieure du protocole) ;
  - la validation de(s) exposition(s) environnementales (identification des contaminants potentiels et des modalités d'exposition). Des mesures environnementales peuvent être effectuées le cas échéant ;

<sup>1</sup> Centers for Disease Control and Prevention: « Guidelines for investigating clusters of health events ». MMWR , July 27, 1990 /Vol. 39/N° RR-11 ; pp. 1-23.

J. LAGUE : « Protocole d'investigation des agrégats de nature non infectieuse ». DSC du CHUL, Québec, Janvier 1991.

- la décision de la poursuite des investigations : le passage à l'étape suivante est réalisé devant l'existence d'arguments en faveur d'un agrégat et l'existence d'une surexposition documentée pour laquelle il existe une plausibilité de lien avec la survenue des cas. A l'issue de cette étape, des décisions de gestion sont envisagées si nécessaires.
  
- 3<sup>ème</sup> étape : Enquête plus approfondie :
  - révision de la définition de cas (classes d'âge concernées, périmètre géographique couvert par la recherche, période de temps considérée...);
  - recherche exhaustive des cas et confirmation de l'excès ;
  - évaluation de l'impact de l'environnement sur la santé (à partir des résultats fournis par la connaissance de surexposition).

Il convient alors de décider de continuer l'investigation épidémiologique (étude analytique), et de prendre le cas échéant des mesures de surveillance épidémiologique ou de correction environnementale.

# III - Résultats

Les résultats des investigations menées par le groupe seront présentés conformément aux étapes selon lesquelles ils ont été obtenus.

## 1 – Étape 1 : évaluation du signalement

### 1.A – Volet sanitaire : description des cas signalés et mise en perspective par rapport aux données épidémiologiques.

#### - *Le signalement :*

Les renseignements fournis par les médecins traitants de Vauhallan à l'origine du signalement à la Ddass ainsi que les informations complémentaires obtenues auprès du Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant confirment le diagnostic à quatre mois d'intervalle (février et mai 2002) de deux cas de leucémies chez deux enfants du même âge.

Les deux enfants sont âgés de 5 ans et demi au moment du diagnostic ; ils habitent la même rue et fréquentent la même classe de l'unique école maternelle de la commune. Les deux enfants sont des garçons.

Le diagnostic anatomo-pathologique indique deux types histologiques différents de leucémie :

- une leucémie lymphoblastique aiguë (LAL) ;
- une leucémie myéloïde aiguë type 4 Eosinophile.

Du fait de la présence d'un Registre national des leucémies, il a pu être confirmé à ce stade l'absence d'autres cas de leucémie sur la période 1990-1999 chez des enfants résidant dans la commune de Vauhallan. Pour la période 2000-2002, les données du registre ne sont pas encore exhaustives. Cependant, le registre avait déjà enregistré les deux cas signalés, et n'en avait pas d'autres dans la commune de Vauhallan. Les médecins généralistes de la commune n'avaient pas non plus connaissance d'autres cas. Compte tenu de la taille de la commune, il est fort probable qu'un cas supplémentaire ne serait pas resté méconnu.

#### - *Première définition de cas :*

A ce stade de l'investigation, le groupe technique retient comme définition de cas « tout enfant, âgé de moins de 15 ans, atteint de leucémie quel qu'en soit le type, résidant ou ayant résidé dans la commune de Vauhallan au moment du diagnostic ».

#### - *Données épidémiologiques sur les leucémies de l'enfant :*

Les leucémies aiguës de l'enfant constituent une maladie rare mais non exceptionnelle dont l'incidence en France métropolitaine est stable depuis 1990, début de l'enregistrement par le Registre national des leucémies, et lymphomes de l'enfant. Elles représentent environ 30 % des cas de cancers pédiatriques.

On distingue plusieurs types de leucémies selon la nature de la lignée cellulaire atteinte - lymphoïde ou myéloïde - et les modalités d'évolution : aiguës ou chroniques.

Les données du Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant (Unité Inserm U170) permettent de préciser que dans 80 % des cas, il s'agit de leucémies aiguës lymphoblastiques (LAL), le plus souvent développées aux dépens des précurseurs de la lignée B. Ainsi les LAL à précurseurs B constituent l'affection maligne la plus fréquente chez l'enfant.

**Tableau 1** : Incidence des leucémies de l'enfant en France, par tranche d'âge (Source : Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant 1990-1999).

	< 1 an	1-4 ans	5-9 ans	10-14 ans	Total 0-14
Incidence*	3,4	6,9	3,6	2,4	4,0

\* incidence annuelle pour 100 000 enfants de la tranche d'âge correspondante.

Au niveau national, on dénombre une incidence annuelle de 4 cas pour 100 000 enfants de 0 à 14 ans. La répartition par classe d'âge montre que les enfants de 0 à 4 ans sont les plus affectés avec un pic de fréquence qui atteint 8 à 9 cas par an pour 100 000 enfants de 2 à 4 ans.

Du fait de la relative rareté des leucémies de l'enfant, leur incidence au niveau local fluctue beaucoup au cours du temps et la distribution n'est pas homogène entre zones géographiques, et ce d'autant plus que les échelles d'espace et de temps sont petites.

Par ailleurs, les leucémies sont 1,3 fois plus fréquentes chez les garçons que chez les filles, et ce de façon constante à travers le monde.

Les progrès thérapeutiques permettent actuellement d'obtenir une rémission complète dans près de 75 % des cas.

A Vauhallan, les deux cas concernent des enfants de sexe masculin, dans une des classes d'âge les plus affectées ; les deux leucémies sont d'un type histologique différent.

### - **Quels sont les facteurs de risque des leucémies (revue des connaissances) ?**

- Facteurs avérés : l'association entre la survenue de leucémies et l'exposition à certains agents physiques ou chimiques tels que les substances alkylantes utilisées dans les traitements anticancéreux, le benzène ou les rayonnements ionisants, ainsi que certains terrains génétiques est clairement établie depuis plusieurs années.
- Association suspectée : plus récemment, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a classé les champs électromagnétiques de **très basse fréquence** comme « cancérigène possible » pour une exposition moyennée supérieure à 0,3 microTesla, ce qui correspondrait à des expositions rencontrées chez 0,5 à 1 % de la population, dont notamment des populations vivant à moins de 30 mètres des lignes de haute tension (250 kiloVolts et plus).

Cependant, l'ensemble des facteurs connus et avérés, qui pourraient avoir un rôle direct dans la survenue de leucémies chez l'enfant ne sont retrouvés que pour une faible proportion de cas, et la majorité des cas survenant chaque année sont sans cause connue.

- Facteurs toujours à l'étude : de nombreuses hypothèses ont été émises impliquant une exposition directe ou intra utérine de l'enfant aux pesticides, aux solvants, au tabagisme passif, voire à d'éventuels agents infectieux ainsi que l'exposition des pères aux rayonnements ionisants avant la conception.

Une revue bibliographique des connaissances sur l'ensemble de ces facteurs est jointe en annexe 1.

A ce jour, les facteurs de risque des leucémies de l'enfant restent peu connus. Les investigations se poursuivent en France ainsi que dans de nombreux pays.

## 1.B – Volet environnemental : premières investigations de l'environnement.

### - Objectifs :

Dans cette première étape de l'investigation d'agrégat, il s'agit de caractériser l'environnement des cas en décrivant les sources potentielles d'exposition à des facteurs de risque connus.

Le groupe technique s'est accordé pour identifier les sources qui auraient pu induire une exposition de la population de Vauhallan aux facteurs avérés de leucémie, à savoir : les rayonnements ionisants, le benzène et d'explorer plus largement les sources d'exposition potentielle à des produits cancérigènes utilisés par l'industrie, et aux champs électromagnétiques de basse fréquence.

La recherche a été ciblée sur les sources industrielles localisées dans une zone d'étude centrée sur Vauhallan. Cette zone a volontairement été élargie aux communes de Saclay, Igny et Palaiseau afin de tenir compte de rejets éventuels qui, depuis ces communes et compte tenu de la rose des vents et de la topologie des lieux, seraient susceptibles d'entraîner une exposition pour des habitants de Vauhallan.

### - Les sources d'information consultées ont été les suivantes :

- La DIRE (Direction régionale de l'industrie, la recherche et de l'environnement) : pour les activités relevant des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sur Vauhallan et les communes limitrophes.
- Les services techniques de la mairie pour une recherche des anciennes activités artisanales et industrielles qui n'auraient pas été répertoriées et en particulier l'existence d'une station service ou d'un garage.
- Deux bases de données accessibles sur internet : BASIAS et BASOL.
  - La banque de données BASOL recense les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif. Elle est tenue à jour par le ministère chargé de l'Environnement (site public : adresse <http://basol.environnement.gouv.fr/>).
  - Le site BASIAS recense les sites industriels et les activités de service, en activité ou non, pouvant avoir occasionné une pollution des sols dans la mesure où elles sont reconnues comme particulièrement polluantes. Toutefois, l'inscription d'un site dans BASIAS ne préjuge pas d'une éventuelle pollution à son endroit. Cette base est tenue à jour par le BRGM sous le pilotage de la DIRE (adresse : <http://basias.brgm.fr>). Les informations recueillies sur BASIAS ont fait l'objet d'une validation de la DIRE.
- Données générales concernant la qualité de l'eau potable localement (base de données des Ddass « SISE EAUX ») et de l'air (AIRPARIF : <http://www.airparif.asso.fr>).
- Une visite sur place a permis de documenter la proximité de lignes de haute tension (dans un périmètre d'environ 100 mètres), les lignes électriques du réseau basse tension circulant dans les rues ainsi que la proximité immédiate de transformateurs électriques jouxtant les domiciles ou l'école qui constituent des sources d'expositions potentielles aux champs électromagnétiques de basses et très basses fréquences en population générale.

## - Résultats

### - A Vauhallan :

- La consultation de la base de données BASIAS, relève l'existence d'une «décharge en activité de déchets spéciaux». Des informations complémentaires prises auprès de la Drire précisent que cette décharge n'est plus en activité d'une part, et d'autre part qu'elle n'a jamais accueilli de déchets spéciaux (mais seulement des gravats et des terres inertes). De ce fait elle n'était pas classée comme ICPE.
- La Drire indique qu'aucune Installation classée pour l'environnement (ICPE) n'est implantée à Vauhallan.
- L'eau potable distribuée sur la commune de Vauhallan a pour origine l'eau de la Seine, additionnée à de l'eau souterraine. Elle est traitée avant distribution par l'usine de Viry-Chatillon. Comme partout en France, la Ddass est chargée réglementairement du contrôle sanitaire de l'eau potable. Sur la zone incluant Vauhallan, 543 prélèvements ont été effectués en 2000 et 546 en 2001 et ont donné lieu à plus de 8 000 analyses chaque année. L'eau distribuée à Vauhallan, en 2000 et en 2001, était de bonne qualité bactériologique (98,8 % des résultats conformes) et n'a pas présenté d'anomalie pour les composés mesurés (composés qui sont pour la plupart non cancérigènes). Il n'existe pas de point d'appel particulier permettant de suspecter l'eau potable desservie sur Vauhallan.
- A Vauhallan même, il n'existe pas de lignes de haute tension. Les lignes de haute tension les plus proches sont celles qui passent dans les communes avoisinantes de Gommonvilliers et Igny. La distance entre les lignes de haute tension et les habitations des cas (et à plus forte raison de l'école) est supérieure à 500 mètres. Par ailleurs, il n'y a pas de transformateur électrique jouxtant les chambres des enfants. Un transformateur est situé à proximité du complexe scolaire, mais non adjacent. Il s'agit d'un transformateur courant, comme il en existe de nombreux sur l'ensemble du territoire national. Ce transformateur est situé à l'opposé de la cour de récréation. Il n'est pas accolé au bâtiment de l'école et des salles de classes mais en est séparé par la ruelle.

Les champs électromagnétiques diminuent rapidement avec la distance à la source. Ils sont fortement réduits par les murs des bâtiments. A Vauhallan, le transformateur est séparé de plusieurs mètres (et d'un mur) des salles de classes ou autres lieux où les enfants séjourneraient plusieurs heures par jour ; il est donc peu susceptible de générer une surexposition permanente des enfants durant leur présence à l'école.

Il existe peu d'arguments pour considérer ce transformateur comme une source d'exposition permanente des enfants de Vauhallan, ni de considérer que leur niveau d'exposition est différent de celui de l'ensemble de la population française.

### - Dans la zone d'étude (élargie autour de Vauhallan) :

- Aucune installation ICPE implantée n'est susceptible de rejeter du benzène ou des composés organiques volatils au niveau de la commune de Vauhallan (Drire). Les établissements recensés sont composés essentiellement d'établissements stockant des carburants (14 établissements dont 7 encore en activité à savoir : 2 à Igny, 2 à Palaiseau et 3 à Saclay) ; il s'agit principalement de stations services et d'établissements disposant de stocks limités de goudron. Ces établissements émettent entre autre du benzène dans l'atmosphère, mais en quantité limitée de telle sorte qu'il ne leur est pas imposé de valeurs limites de rejets sur ce produit chimique. En conclusion, aucune des installations des communes limitrophes n'est susceptible de rejeter du benzène ou des composés organiques volatils à Vauhallan.
- La recherche BASOL produit 7 sites sur l'ensemble du département de l'Essonne dont 3 situés à Billancourt et 4 à Corbeil-Essonnes, donc en dehors de la zone d'étude.

- La recherche BASIAS retrouve 8 établissements classés dans la rubrique « utilisation et stockage de sources radioactives » répartis sur les communes de Saclay, Igny, Palaiseau, Bièvres. De ces 8 établissements, seuls 5 sont toujours en activité. Parmi ceux-ci, on trouve deux entreprises de travaux publics qui disposent de sources scellées munies de protection (type gammagraphes) rendant leurs émissions de rayonnements ionisants quasiment nulles hors des périodes d'utilisation sur les chantiers. Les trois établissements restants sont le Centre d'essai des propulseurs de Saclay et l'Ecole polytechnique sur la commune de Palaiseau, qui dépendent du ministère de la Défense, et le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de Saclay. Du fait du fonctionnement normal de ses installations, le CEA est à l'origine de rejets radioactifs dans l'environnement (gazeux dans l'atmosphère et liquides dans les étangs). Ceux-ci sont limités réglementairement par des autorisations de rejets, et font l'objet d'un contrôle régulier.
- AIRPARIF surveille la qualité de l'air en Ile-de-France par des capteurs implantés dans toute la région. Dix capteurs mesurent en routine le benzène ; aucun n'est implanté en Essonne. Cependant les données régionales de surveillance de la qualité de l'air, recueillies par AIRPARIF durant les 5 dernières années font apparaître pour la région des concentrations de benzène dans l'air inférieures aux valeurs limites, en décroissance régulière sur l'ensemble de la région et atteignant même depuis 2 ans les objectifs de qualité de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle (voir annexe 2 : courbe de l'évolution des moyennes annuelles du benzène en Ile-de-France).

#### **Les premières recherches environnementales permettent d'émettre les conclusions suivantes :**

- Il n'y a pas d'Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) sur la commune de Vauhallan. La qualité de l'eau est conforme aux critères de qualité pour les composés mesurés en routine.
- On ne trouve pas, sur la zone d'étude élargie aux communes avoisinantes, d'installations susceptibles de rejeter du benzène ou autres hydrocarbures aromatiques polycycliques à Vauhallan. Les données régionales d'AIRPARIF concernant le benzène dans l'air sont rassurantes.
- Il n'existe pas d'éléments en faveur d'une surexposition à des champs électromagnétiques de basse fréquence pour les enfants de Vauhallan. Ceci sera néanmoins confirmé en interrogeant EDF sur le voltage des lignes à haute tension passant à proximité de Vauhallan et le niveau des champs électromagnétiques émis.
- En revanche, le CEA situé dans l'environnement proche de Vauhallan et susceptible d'émettre des rejets radioactifs gazeux (atmosphère) et liquides (étangs de Saclay) constitue une source environnementale potentielle d'exposition aux rayonnements ionisants, facteur de risque avéré des leucémies.

### **1.C – Conclusions de l'étape 1.**

- L'investigation confirme l'existence de deux cas de leucémie, de type histologique différent, survenus à deux mois d'intervalle, chez deux enfants de sexe masculin et du même âge résidant dans une petite commune de 406 enfants de moins de 14 ans.
- Compte tenu de l'incidence des leucémies en France, la survenue de ces deux cas rapprochés dans le temps et dans l'espace interpelle. Il est cependant difficile de parler d'agrégat devant deux cas de pathologie certes rare, mais dont les caractéristiques - âge de survenue, sexe, forme anatomo-pathologique - restent communes.
- On retrouve dans l'environnement une source d'exposition potentielle aux rayonnements ionisants, facteur de risque avéré des leucémies (CEA de Saclay).

**L'existence de cette source potentielle d'exposition aux rayonnements ionisants et la survenue de ces deux cancers justifient la poursuite des investigations et le passage à l'étape 2.**

## 2 - Étape 2 : approfondissement des données sanitaires et environnementales

### 2.A – Validation des cas et collecte des données individuelles.

#### - Objectif :

A ce stade, il s'agit de rechercher, par l'interrogation des familles des deux enfants affectés, l'existence de facteurs de risque communs aux deux enfants, et préciser les voies d'exposition potentielles à un facteur de risque environnemental.

Un questionnaire a été élaboré (voir annexe 3) ; ce questionnaire comportait un caractère exploratoire et systématique avec une recherche la plus large possible des facteurs de risque : familiaux, médicaux (des enfants et des mères, notamment durant la grossesse), relatifs au mode de vie (exposition domestique et de loisirs), aux habitudes alimentaires, à l'environnement professionnel et résidentiel des enfants comme de leurs parents. Le questionnaire visait notamment à évaluer la plausibilité d'une exposition aux rayonnements ionisants provenant des rejets du CEA :

- par contact : lors de baignade (étang ou ru) ;
- par ingestion : consommation de poissons...

Il a bien été précisé aux familles interrogées que cette enquête ne pourrait pas répondre à la question de l'origine de la maladie des deux enfants ; deux cas ne pouvant suffire à réaliser une étude étiologique. Ce questionnement visait à décrire, de façon assez large, les situations d'exposition potentielle en période de gestation et après la naissance, afin d'émettre, dans le meilleur des cas, des hypothèses étiologiques à explorer de façon plus approfondie par la suite.

#### - Résultats

Le groupe technique souhaite remercier les deux familles qui ont spontanément accepté de répondre au questionnaire. Grâce à leurs réponses, il a été possible de préciser les points suivants :

- Durée de résidence des enfants à Vauhallan (avant le diagnostic) : 3 ans et demi dans un cas et depuis le 8<sup>ème</sup> mois de grossesse pour l'autre enfant.
  - On ne retrouve pas d'antécédents familiaux ni médicaux particuliers dans les deux familles.
  - Il n'y a eu ni exposition à risque ni exposition commune aux deux mères pendant la grossesse.
  - Il n'existe pas d'habitudes alimentaires particulières et communes aux deux enfants.
  - On ne retrouve pas d'exposition professionnelle des parents à des substances cancérigènes.
  - On ne retrouve pas d'exposition individuelle de loisirs (jardinage ou bricolage) communes.
  - Il n'existe pas d'exposition aux rejets liquides du CEA par exposition externe (pas de fréquentation ou de baignade dans les étangs de Saclay ou le ru de Vauhallan), ou par voie interne (pas de consommation de poissons pêchés localement dans aucun des deux cas).
- La période pré-conceptionnelle et une grande partie de la grossesse ne se sont pas déroulées à Vauhallan (arrivée dans la commune au 8<sup>ème</sup> mois de grossesse pour l'un et à l'âge de deux ans pour l'autre).
- Il n'existe pas de contact des enfants avec les effluents liquides du CEA.
  - Il ne ressort aucune exposition commune aux deux enfants autre que la fréquentation de l'école et les lieux de promenade habituels de Vauhallan.



## 2.B - Résultats des investigations environnementales complémentaires.

Le volet environnemental de cette seconde étape a pour finalité de préciser les niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants et aux rayonnements non ionisants (champs électromagnétiques de très basses fréquences).

### **Les rayonnements ionisants**

L'unité de dose pour les rayonnements ionisants est le Sievert (Sv). Pour ce qui est des expositions environnementales, on utilise plus fréquemment le milliSievert (1 milliSievert =  $10^{-3}$  Sv = 0,001 Sv) voire le microSievert (1 microSievert =  $10^{-6}$  Sv = 0,000001 Sv). La dose efficace annuelle moyenne de la population française est estimée à 2,4 milliSieverts (61 % dus à la radioactivité naturelle - radon, rayonnements telluriques et cosmiques, eau et aliments - 38 % dus aux expositions médicales, et environ 1 % attribuable aux autres sources environnementales -retombées des essais atmosphériques, conséquences de l'accident de Tchernobyl, industrie nucléaire -).

L'exposition aux rayonnements ionisants est un facteur de risque reconnu de leucémie, dont les effets ont été démontrés à travers des études portant sur des expositions professionnelles ou accidentelles à fortes doses (de l'ordre de la centaine de milliSieverts). Plutôt que la dose efficace, classiquement utilisée en radioprotection (pondération par organe), nous nous sommes intéressés à la dose délivrée à la moelle osseuse, organe pertinent pour ce qui est du risque de leucémie.

Pour les enfants de Vauhallan, cinq sources d'expositions potentielles aux rayonnements ionisants ont été considérées :

#### a) Exposition professionnelle des parents

Certaines études épidémiologiques ont suggéré un lien entre l'exposition professionnelle des pères avant la conception et le risque de leucémie des enfants.

Dans le cas de Vauhallan, les résultats du questionnaire indiquent qu'aucun des parents des deux familles n'a été exposé à des rayonnements ionisants dans leur milieu professionnel.

#### b) Expositions médicales

Les résultats du questionnaire aux familles ne retrouvent que des examens radiologiques classiques chez les deux enfants. Il est difficile d'évaluer la dose due à chacun de ces examens sans avoir de précisions sur le type d'image et l'appareil utilisé.

Néanmoins et pour information, il est précisé que les doses normalement délivrées à la moelle osseuse par un examen tel qu'une radiographie des poumons ou un scanner cérébral sont de l'ordre du milliSievert. En France, la dose moyenne annuelle à la moelle osseuse due aux expositions médicales chez les enfants est estimée à 0,74 milliSievert.

#### c) Exposition ambiante sur les lieux de résidence et à l'école

L'hypothèse d'une exposition accrue aux rayonnements ionisants dans le milieu de vie des enfants a été explorée.

- *Campagne de mesure de la radioactivité ambiante gamma :*

En réponse à la recommandation du groupe technique, la Ddass 91 a sollicité auprès de l'IRSN la réalisation d'une campagne de mesures de la radioactivité ambiante gamma à Vauhallan. L'objectif de cette campagne était de détecter une éventuelle source locale d'exposition qui aurait été méconnue (déchets radioactifs enfouis...) et d'évaluer, le cas échéant, les doses reçues par la population.

- Méthodologie : prospection systématique dans l'environnement de la commune (absence d'une hypothèse de source précise), plus détaillée dans l'habitat des familles et dans les lieux habituellement fréquentés par les deux enfants : l'école, la cantine, le terrain de jeux ...
- Matériels utilisés : la prospection a été réalisée par un véhicule équipé d'un ensemble de détection à scintillateur de grand volume capable de mesurer les variations permanentes du bruit de fond ambiant en rayonnement gamma, associé à un système de géo-positionnement par satellite (MOBISYS). En dehors des voies de circulation, des appareils portables équipés de détecteurs à scintillation ont été utilisés.
- Calendrier : les mesures ont été effectuées les 6 et 8 août 2002 (voir l'intégralité du rapport en annexe 4).

- Résultats :

- aucune source d'exposition locale n'a été identifiée sur l'ensemble de la commune ;
- toutes les valeurs relevées sont comprises dans la fourchette des variations normales du bruit de fond de la région. Les fluctuations observées sont dues exclusivement aux variations normales de la radioactivité naturelle ou à la présence ponctuelle de certains matériaux (trottoir en granit, faïences des sanitaires, briques, plâtres au mâchefer...).

Les mesures font apparaître un débit de dose de 0,04 à 0,05 microSievert/heure, dû à la radioactivité d'origine naturelle (rayonnements gamma d'origine tellurique et cosmique). Ce niveau est tout à fait similaire à la valeur moyenne enregistrée dans le département de l'Essonne. Pour permettre un parallèle avec les doses dues aux autres sources d'exposition, ce débit de dose correspond, sous l'hypothèse d'une présence permanente dans le village de Vauhallan, à une dose annuelle délivrée à la moelle osseuse de l'ordre de 0,35 à 0,45 milliSievert (soit 340 à 450 microSieverts).

- Le radon :

L'accumulation du gaz radon dans les habitations constitue une autre source d'exposition à la radioactivité d'origine naturelle. A noter cependant que les effets associés connus sont des cancers du poumon (il n'a pas été démontré que le radon pouvait provoquer des leucémies). Les données disponibles et en particulier la campagne de mesures effectuée en France par l'IRSN, indiquent une concentration moyenne de 45 Bq par m<sup>3</sup> d'air dans les habitations individuelles dans le département de l'Essonne. Du fait de la nature géologique du sous-sol, la concentration de radon dans ce département apparaît plutôt faible (de l'ordre de 50 % de la moyenne nationale) et assez peu variable.

Pour permettre un parallèle avec les doses dues aux autres sources d'exposition, si on considère un temps de présence de 80 % à l'intérieur d'une habitation présentant ce niveau départemental moyen de concentration, la dose correspondante délivrée à la moelle osseuse peut être estimée à 0,3 milliSievert par an (soit 300 microSieverts par an).

d) Exposition aux rejets d'effluents radioactifs du centre CEA de Saclay

Il s'agit ici d'estimer par calcul la dose reçue par les deux enfants, attribuable aux rejets radioactifs du centre CEA de Saclay.

Le fonctionnement des installations du centre CEA de Saclay entraîne des rejets d'effluents radioactifs gazeux (par les cheminées des installations) et liquides (dans les étangs de Saclay) dans l'environnement. Une surveillance de ces rejets et des niveaux de contamination dans les différents compartiments de l'environnement est effectuée de façon réglementaire par l'exploitant, sous le contrôle de l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) avant février 2002 et de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) depuis cette date. Les niveaux des rejets sont publics et communiqués notamment à la Commission locale d'information à laquelle participent des représentants des riverains. Les mesures disponibles ne font pas apparaître des niveaux de rejet et de contamination susceptibles d'entraîner une exposition importante de la population riveraine.

*Exposition aux rejets liquides :*

Les familles interrogées ont précisé qu'aucun des deux enfants n'avait fréquenté les étangs de Saclay (ni promenade ni baignade) ou le ru de Vauhallan, ni consommé de poissons pêchés dans ces étangs. L'exposition aux rejets d'effluents radioactifs liquides du centre CEA de Saclay peut donc être écartée pour les deux enfants. Les étangs de Saclay sont la propriété du Centre d'essai des propulseurs de Saclay (Direction générale des armées), et leur accès est restreint aux personnes autorisées. Il est donc probable que la majorité des enfants de Vauhallan n'est pas exposée aux rejets d'effluents radioactifs liquides du centre CEA de Saclay.

*Exposition aux rejets gazeux :*

L'ensemble de la population de Vauhallan est susceptible d'être exposé aux rejets d'effluents gazeux du CEA de Saclay. Plusieurs voies d'exposition peuvent a priori être considérées : l'exposition externe au panache et au dépôt, l'exposition interne par inhalation et par ingestion de produits alimentaires

« agricoles » produits localement. Une estimation de la dose à la moelle osseuse due à cette exposition a donc été réalisée par l'IRSN, spécifiquement pour des enfants de cinq ans, résidant sur la commune.

- Méthode : modélisation de la dose à la moelle osseuse à partir des données des rejets gazeux des installations.
- Sources de données : les doses ont été estimées à partir d'un spectre représentatif de la période considérée (données de 1995) et de la modélisation du transfert de l'activité rejetée dans l'environnement.
- L'ensemble des voies d'exposition a été considéré : l'exposition externe au panache et aux dépôts de particules, et l'exposition interne par inhalation et par ingestion de produits alimentaires locaux contaminés parce que cultivés sous le panache. Cette hypothèse est majorante dans le cas des deux enfants concernés compte tenu que les familles n'ont consommé de produits locaux que très occasionnellement.
- La durée d'exposition considérée est de cinq ans.
- Résultats : La dose pour un enfant de cinq ans résidant à Vauhallan a été estimée à 0,4 microSievert/an, soit une dose cumulée sur cinq ans de l'ordre de 2 microSieverts. (Voir rapport complet en annexe 5).

#### e) Recherche d'incidents technologiques ou industriels sur la zone

Les données de surveillance des rejets du CEA depuis 1995 montrent une stabilité de ces rejets. Sur cette même période, il n'a été recensé aucun incident sur le site du CEA susceptible d'avoir eu un impact sur l'environnement. Ces informations sont accessibles au public sur le site internet de la DGSNR : <http://asn.gouv.fr> (ou 36 14 MAGNUC).

La recherche d'accidents technologiques et industriels pour les quatre dernières années, sur le site du ministère en charge de l'Environnement et pour la zone d'étude (<http://www.environnement.gouv.fr>), mentionne un seul incident concernant une industrie pharmaceutique à Saclay. Le 24 juin 2000, cette société a déclaré la perte d'un colis contenant une substance de faible radioactivité (iode 125) deux jours après l'avoir envoyé vers les Pays-Bas via la Belgique.

La réglementation exige, pour ce type de colis, que l'intensité du rayonnement au contact du colis soit inférieure à 5 microSieverts par heure. L'intensité du rayonnement pour ce colis était bien inférieure à ce seuil. Néanmoins, le contenu des flacons ne devait pas être ingéré ou inhalé. D'autre part, le radionucléide qu'il contenait avait une 1/2 vie courte de 60 jours environ, ce qui diminue les possibilités de contact avec la population. Enfin, rien n'indique que ce colis ait été perdu à proximité de Vauhallan.

#### **Conclusion sur les expositions de la population de Vauhallan aux rayonnements ionisants :**

- La campagne de mesures de la radioactivité ambiante gamma a écarté l'hypothèse d'une source locale de rayonnement gamma méconnue. Elle montre que l'exposition ambiante dans le village de Vauhallan et les lieux de vie des deux cas est similaire aux valeurs de référence disponibles en Ile-de-France, et que les variations de cette exposition sont de l'ordre du bruit de fond francilien.
- Les deux cas n'ont pas été exposés aux rejets liquides provenant du centre CEA de Saclay et la part de la dose annuelle attribuable aux rejets gazeux de ce centre représente moins d'un millième de la dose reçue par les enfants de Vauhallan du fait de l'exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle.

**Les différents éléments recueillis par le comité technique n'ont pas mis en évidence de surexposition aux rayonnements ionisants qui différencierait Vauhallan d'une autre commune de la région Ile-de-France.**

## **Les rayonnements non ionisants (champs électromagnétiques de basses et très basses fréquences).**

### - Voltage des lignes à haute tension :

La réponse concernant le voltage des lignes de haute tension a été apportée par RTE (gestionnaire du réseau de transport d'électricité, transport électricité Normandie Paris). Le voltage des lignes de haute tension passant à proximité de Vauhallan est de 225 kiloVolts (pour information : les voltages de certaines lignes peuvent atteindre 300 voire 400 kiloVolts).

### - Niveau des champs électromagnétiques de basses fréquences :

Le gestionnaire du réseau de transport d'électricité Normandie Paris (RTE) a réalisé des mesures de champs électromagnétiques dans les trois communes traversées par ces lignes, à savoir : Igny, Verrières, Favreuse (voir annexe 6).

- Type de mesures : mesures de champ B 50 Hz

- Appareils de mesure utilisés : mesureur de champ 3830, sondes de mesures 3830/3

- Conditions climatiques :

- Température ambiante : 18,2°C

- Humidité relative : 61,4 %

- Résultats :

Rue de Gommonvilliers - Igny	0,1 microTesla
Rue d'Amblainvilliers - Verrières	0,1 microTesla
Environs de Favreuse	0,1 microTesla

- Conclusions de RTE : « la distance des points de mesures par rapport aux lignes de très haute tension (THT) étant trop importante, les niveaux de mesures relevés ne peuvent être imputés aux lignes THT mais au réseau basse tension cheminant dans les rues ».

### **Conclusions sur les expositions de la population de Vauhallan aux champs électromagnétiques de basses et très basses fréquences.**

Les informations complémentaires apportées par les mesures de champ ne mettent pas en évidence de surexposition à des champs électromagnétiques de basses et très basses fréquences à proximité des lignes à haute tension.

## **2.C - Conclusions de l'étape 2**

La présence dans l'environnement de Vauhallan d'une exposition potentielle aux rayonnements ionisants et la survenue de deux cas de leucémie à trois mois d'intervalle chez deux enfants de 5 ans et demi ont justifié la poursuite des investigations de l'étape 1 à l'étape 2.

L'étape 2 a permis de préciser :

- sur le plan individuel, l'absence de facteurs de risques leucémogènes connus communs aux deux enfants et à leurs familles. Les deux enfants ne partagent pas d'exposition commune autre que le fait de résider sur la même commune et de fréquenter la même école et les mêmes lieux de promenade à Vauhallan. Les périodes pré-conceptionnelles et les grossesses se sont déroulées dans des lieux différents, écartant la possibilité d'une exposition environnementale anténatale commune à l'origine de la maladie.

- sur le plan environnemental, la campagne de mesure de rayonnements gamma réalisée sur l'ensemble de la commune et sur les lieux de vie et de promenade des enfants permet d'écarter une source locale d'exposition à des rayonnements ionisants méconnue. Elle confirme que l'exposition naturelle aux rayonnements ionisants est, à Vauhallan, du même ordre de grandeur que dans le reste de l'Île-de-France. Par ailleurs l'exposition attribuable aux rejets gazeux du centre CEA de Saclay est faible par rapport à l'exposition naturelle ou médicale aux rayonnements ionisants (0,4 microSievert/an versus 650 à 750 microSieverts/an pour la radioactivité naturelle).

**Les différents éléments recueillis par le comité technique ne permettent donc pas de supposer un lien entre l'exposition aux rayonnements ionisants émis par Saclay et les deux cas de leucémie de Vauhallan.**

Les résultats des mesures de champs électromagnétiques relatifs à la présence de lignes de haute tension traversant les communes d'Igny, de Favreuse et de Verrières indiquent des niveaux de champs de l'ordre de 0,1 microTesla. Les champs électromagnétiques de très basses fréquences ont été classés par le Centre international de recherche sur le cancer dans le groupe 2B des expositions **possiblement** cancérogènes, le doute quant à une éventuelle cancérogénicité concerne des expositions de plus de 0,3 microTesla. Les conditions de surexposition à ces champs ne sont pas réunies en raison de l'éloignement des lignes de hautes tensions, des niveaux de champs électromagnétiques dans les communes traversées par celles-ci et de la distance séparant le transformateur des salles de classes.

**Il n'existe pas d'argument pour supposer un lien entre l'exposition aux champs électromagnétiques de basses fréquences et les deux cas de leucémie de Vauhallan.**

En l'absence d'hypothèse permettant de rattacher la survenue de deux cas de leucémies infantiles à une source environnementale commune, le groupe technique estime que la poursuite des investigations épidémiologiques et environnementales autour de ces deux cas ne permettra pas d'apporter de réponses supplémentaires aux interrogations en suspens.



## IV – Conclusions

Les recherches et mesures environnementales réalisées n'ont pas permis de mettre en évidence une surexposition de la population de Vauhallan qui puisse expliquer la survenue de deux cas de leucémie infantile.

L'investigation a permis d'écarter une exposition commune à un facteur avéré de leucémie et en particulier une surexposition aux rayonnements ionisants. L'investigation n'a pas permis d'émettre de nouvelles hypothèses étiologiques locales.

La progression des connaissances sur les facteurs de risque des leucémies infantiles passe par la réalisation d'études épidémiologiques sur un nombre plus important de cas. De fait, en France, trois études susceptibles d'apporter de nouvelles connaissances sur cette pathologie sont actuellement en cours :

- 1 - Etude nationale cas-témoins sur la **recherche des facteurs de risque des leucémies** (Inserm U170). Délai de réalisation deux ans. Début de l'étude : janvier 2003.
- 2 - Etude nationale de la **distribution spatiale des cas de leucémies** de l'enfant (Inserm U170). Cette étude en cours repose sur les données du registre des leucémies de l'enfant géré par l'Inserm U170. Délai de réalisation : deux ans. Son objectif est de tester si la répartition géographique des cas est conforme à ce que l'on attend du fait du hasard ou si les cas surviennent au contraire de façon plus groupée que ne le voudrait le hasard.
- 3 - Etude nationale spécifique sur le **risque de leucémies de l'enfant à proximité des sites nucléaires** (Inserm U170 / IRSN). Le site du CEA de Saclay est inclus dans cette étude et fait l'objet d'une analyse spécifique des données du Registre national des leucémies et lymphomes de l'enfant sur la période 1990-1999. Cette étude actuellement en cours permettra de savoir, sur la période étudiée, si la fréquence des leucémies pour les communes situées autour de Saclay et des autres installations nucléaires, diffère de celle que l'on observe dans le reste du territoire. Des premiers résultats sont attendus prochainement.

En conséquence, et en l'absence de nouvelle hypothèse à explorer, le groupe technique décide de ne pas poursuivre les investigations épidémiologiques et environnementales. Les différentes études en cours, nationales et internationales, sont les seules à même de faire progresser les connaissances sur les facteurs de risque des leucémies de l'enfant, d'étayer ou rejeter les nombreuses hypothèses actuellement avancées.

### Suites à donner à Vauhallan

- Maintien de la surveillance sanitaire par l'interrogation régulière du registre national des leucémies de l'enfant. La surveillance permettra de s'assurer qu'il n'y a pas de nouveaux cas de leucémie parmi les enfants résidant à Vauhallan. Si un nouveau cas de leucémie infantile survenait dans la commune, il serait documenté selon les mêmes modalités que les deux premiers cas à la recherche de nouvelles hypothèses sur un facteur de risque partagé.

- Mise en place d'une boîte aux lettres à la Ddass de l'Essonne, permettant aux habitants de la commune de communiquer avec le médecin de santé publique.





# Annexe 1

## Revue de l'état des connaissances sur les facteurs de risque des leucémies de l'enfant<sup>2</sup>

L'objectif de ce chapitre est de faire un rappel des connaissances actuelles sur les facteurs de risque de leucémies de l'enfant. Il permet en particulier de replacer le facteur de risque « exposition environnementale aux substances chimiques » dans un contexte plus général. Pour plus de détails, les références suivantes peuvent être consultées (Clavel and Perillat, 2000, Clavel, 1998, Ross *et al.*, 1994).

Les leucémies aiguës touchent chaque année environ 4 cas pour 100 000 enfants, soit près de 450 enfants en France. Les facteurs de risque connus (radiations ionisantes à forte dose, certains traitements anti-cancéreux et certains syndromes génétiques) n'expliquent qu'une faible part des cas observés. Il faut donc rechercher d'autres facteurs étiologiques, qui pourraient un jour faire l'objet d'une prévention. Les principales hypothèses mettent en cause le rôle d'expositions environnementales *in utero* ou au cours de l'enfance (radiations ionisantes à faible dose, pesticides, champs électromagnétiques à basse fréquence, tabagisme passif, alimentation maternelle...), d'éventuels agents infectieux, et des facteurs génétiques prédisposants. L'exploration de ces voies de recherche connaît actuellement un essor important dans plusieurs pays.

- *Exposition environnementale aux radiations ionisantes*

Les rayonnements ionisants sont un facteur de risque de leucémies reconnu chez l'homme. Ce résultat a été démontré à travers plusieurs études, en particulier le suivi des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, mais également le suivi de populations traitées par radiothérapie ou exposées *in utero* (UNSCEAR, 2000).

De très nombreux travaux se sont intéressés à l'étude du risque de leucémie à proximité des sites nucléaires (Laurier and Bard, 1999). L'hypothèse d'une association entre l'observation d'excès localisés de leucémies et l'exposition environnementale aux rayonnements ionisants due au fonctionnement des installations nucléaires a été avancée dès 1984. Des analyses radio-écologiques ont été menées depuis 1984 autour des sites de Sellafield et d'Aldermaston & Burghfield (Grande Bretagne), de Dounreay (Ecosse) et de La Hague (Stather *et al.*, 1984, Rommens *et al.*, 2000, Simmonds *et al.*, 1995, Dionan *et al.*, 1987, Dionan *et al.*, 1986, COMARE, 1996). Ces études ont conclu que les doses attribuables aux rejets des installations étaient très faibles en regard d'autres sources d'exposition (naturelles, médicales). Dans le cadre des connaissances actuelles sur la relation entre l'exposition aux rayonnements ionisants et le risque de leucémie (UNSCEAR, 2000), ces niveaux de doses sont incompatibles avec l'explication des incidences élevées observées autour de certains sites nucléaires.

- *Exposition environnementale aux radiations non ionisantes*

Contrairement au cas des radiations ionisantes, on ne dispose pas de preuve de la cancérogénicité des champs électriques et magnétiques, même à forte dose. L'association entre les leucémies de l'enfant et les champs électriques résidentiels générés autour des lignes d'alimentation électrique a été publiée pour la première fois par Wertheimer et Leeper en 1979 aux Etats-Unis. Les études réalisées depuis donnent des résultats discordants, plus souvent positifs pour les études basées sur le codage de la

<sup>2</sup> Extrait du Rapport détaillé d'évaluation des risques pour la santé humaine associés aux rejets chimiques des installations nucléaires du Nord-Cotentin. Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (GRNC), GT chimique, volet « impact sanitaire », 2002.

configuration de l'alimentation électrique que pour celles qui s'appuient sur des mesures d'exposition. D'après des études scandinaves, la présence de lignes à très haute tension à faible distance de l'habitation pourrait être responsable d'un doublement du risque de leucémie chez l'enfant. Sur la base de ces études, et en prenant en compte l'ensemble des résultats accumulés jusqu'à maintenant, le CIRC a classé en 2001 les ondes électromagnétiques de très basses fréquences comme cancérigène possible pour l'homme (IARC 2002).

- *Expositions environnementales chimiques*

Plusieurs études géographiques se sont intéressées à la répartition spatiale des cas de leucémies chez les enfants en fonction de la proximité de certains sites industriels (raffineries, routes et postes à essence, industrie automobile, haut-fourneaux (Knox and Gilman, 1997, Harrison *et al.*, 1999, Wilkinson *et al.*, 1999, Wulff *et al.*, 1996). Des associations ont été observées avec la proximité des sites présentant des effluents volatils dérivés du pétrole, ou des fumées et gaz issues de fours, de fourneaux, ou de moteurs à combustion interne.

Les conséquences d'une exposition environnementale aux dioxines ont été étudiées au sein de la population qui résidait à proximité de l'usine de Seveso en Italie au moment de l'accident en 1976 (Bertazzi *et al.*, 1999, Bertazzi *et al.*, 2001). Le suivi de la cohorte atteint aujourd'hui 20 ans, et une augmentation de la mortalité semble se confirmer pour l'ensemble des néoplasmes lymphohémopoïétiques et pour les leucémies (Bertazzi *et al.*, 2001).

Une étude canadienne a étudié le risque de leucémie des enfants en relation avec certains contaminants présents dans l'eau de boisson. Les auteurs observent des associations avec l'exposition pendant l'enfance pour le trihalométhane, le chloroforme, le zinc, le cadmium et l'arsenic, mais aucune de ces associations n'est significative (Infante-Rivard *et al.*, 2001). En l'état actuel des connaissances, ces résultats ne permettent pas d'établir l'existence de relations causales entre ces substances et le risque de leucémie (Petridou, 2001).

Pour ce qui est de la question spécifique des excès de leucémies observés à proximité de sites nucléaires, une synthèse a été effectuée par RA Cartwright en 1992, mais celle-ci ne permettait pas de définir de piste sur une association entre les agrégats de leucémie et une exposition à une quelconque substance chimique (Cartwright, 1992).

- *Expositions professionnelles des parents*

De nombreuses études ont recherché une association entre la profession ou les expositions professionnelles des parents et le risque de leucémie chez les enfants. Une explication à ces études est qu'il est généralement plus facile de reconstituer des expositions d'adultes dans le cadre de leur travail que celle d'enfants. Ces études ont fourni de nombreux résultats, mais leur interprétation est quelquefois difficile. En effet, les expositions parentales peuvent être le reflet indirect de l'exposition des enfants, *in utero* ou durant leur enfance. Une autre hypothèse d'action avancée peut être un effet génétique ; l'exposition des parents avant la conception induirait une augmentation de la fréquence des leucémies chez les descendants.

Une vingtaine d'études ont recherché le rôle des expositions professionnelles aux solvants et aux hydrocarbures chez l'un des parents. Les conclusions de ces études ne sont pas concordantes, mais il faut noter qu'elles diffèrent entre elles par d'importantes options méthodologiques comme la définition de l'exposition (emploi libellé de façon plus ou moins précise, exposition recherchée par interview, utilisation d'une matrice emploi-exposition), la définition de la maladie (toute hémopathie maligne, toute leucémie, ou type particulier de leucémie), ou la période d'exposition prise en compte (avant la conception, au cours de la grossesse). Des associations ont été rapportées dans plusieurs études pour des expositions maternelles à un produit chimique quelconque pendant la grossesse (Van Steensel-Moll *et al.*, 1985, Shu *et al.*, 1988). En particulier, l'exposition maternelle au benzène pendant la grossesse apparaît associée au risque de leucémie aiguë non lymphoïde (Shu *et al.*, 1988, Shu *et al.*, 1999). Pour ce qui est des expositions des pères, des associations ont été observées avec l'exposition aux hydrocarbures (Shu *et al.*, 1988, Buckley *et al.*, 1989, Vianna *et al.*, 1984, Van Steensel-Moll *et al.*, 1985), la fabrication de caoutchouc (Olsen *et al.*, 1991, Magnani *et al.*, 1990) ou l'exposition aux solvants chlorés (McKinney *et al.*, 1991, Lowengart *et al.*, 1987).

L'exposition aux pesticides a fait l'objet de nombreuses études (Dich *et al.*, 1997). Un risque de leucémie a été observé chez les adultes à des niveaux d'exposition professionnelle. Une étude norvégienne de grande taille a montré que le risque de lymphome non Hodgkinien et d'autres pathologies (néphroblastome, neuroblastome et tumeur de l'œil) avant l'âge de 5 ans était associé à l'horticulture et à l'utilisation de pesticides. Les principales études portant sur l'exercice du métier d'agriculteur ou

l'exposition professionnelle des parents aux pesticides ont permis d'observer des associations significatives entre l'exposition aux pesticides d'un parent et le risque de leucémie aiguë lymphoïde (Shu *et al.*, 1988, Magnani *et al.*, 1990, Infante-Rivard *et al.*, 1991, Buckley *et al.*, 1994, Meinert *et al.*, 1996). Une étude allemande récente suggère qu'une association pourrait exister avec l'exposition aux pesticides dans l'environnement de l'enfant lui-même (dans la ferme ou exposition à des pesticides domestiques) (Meinert *et al.*, 2000).

Une association entre l'exposition des pères aux rayonnements ionisants avant la conception et le risque de leucémies des enfants a été observée en 1990 par Gardner *et al.* Chez les travailleurs de l'usine de retraitement nucléaire de Sellafield en Grande Bretagne (Gardner *et al.*, 1990). Gardner en avait déduit l'hypothèse d'un effet génétique des rayonnements ionisants, se traduisant dans la descendance par une augmentation de la fréquence de leucémies. Néanmoins, de nombreuses études effectuées par la suite n'ont pas permis de retrouver une telle association, et cette hypothèse est aujourd'hui abandonnée (Doll *et al.*, 1994).

**Dans le cadre des études mises en place pour chercher à expliquer l'excès de cas de leucémies de Seascale, l'exposition chimique des travailleurs de l'usine de retraitement de Sellafield a été étudiée (COMARE 1996). Dans l'étude publiée par le Health and Safety Executive britannique (HSE 1993), une analyse détaillée du risque de leucémie associé avec l'exposition des pères à des produits chimiques n'a pas permis de mettre en évidence une relation significative entre une exposition chimique particulière et les cas de leucémie observés.**

- *Facteurs infectieux*

L'observation, chez l'enfant, de foyers de cas de leucémies a répétitivement fait évoquer une origine infectieuse. Toutefois, alors que des leucémies d'origine virale sont bien connues dans plusieurs espèces animales (souris, chat, bovins, volailles...), la responsabilité de virus n'a été démontrée chez l'homme que pour le virus d'Epstein-Barr dans les lymphomes de Burkitt et pour HTLV-I dans certaines leucémies lymphoïdes T. Au cours des 10 dernières années, l'hypothèse d'une origine infectieuse des leucémies lymphoïdes aiguës s'est précisée selon deux modèles très différents, bien qu'ils ne soient pas contradictoires.

Selon Kinlen (Kinlen, 1995), certaines leucémies pourraient être, comme dans le modèle de la leucémie féline, une séquelle rare d'une infection commune d'origine probablement - mais pas nécessairement-virale. Ainsi, les brassages importants de population, comme ceux qui se sont produits lors de grands chantiers de construction ou au cours des migrations massives des campagnes vers les villes, auraient perturbé l'immunité de la population vis à vis de cet agent infectieux et créé des conditions favorables à l'émergence de micro-épidémies. Cette hypothèse est étayée par plusieurs études du Royaume Uni. En particulier, elle permettrait une explication, au moins partielle, des excès de leucémies observés à proximité des sites de Sellafield et de Dounreay (Kinlen, 1988, Kinlen *et al.*, 1997, Dickinson and Parker, 1999).

L'hypothèse de Greaves (1988), se rapporte plus particulièrement aux leucémies lymphoïdes B communes qui constituent l'essentiel du pic observé entre 2 et 5 ans. Une première mutation défavorable se produirait *in utero*, et une seconde mutation interviendrait au cours du stress immunitaire induit par des infections communes, au cours de la petite enfance. Une exposition très précoce aux infections protégerait les enfants de ce stress immunitaire, alors qu'une situation d'isolement relatif les rendrait plus vulnérables lors des contacts plus massifs de la vie en collectivité. Ce modèle rendrait compte du pic de fréquence des leucémies lymphoïdes aiguës chez les enfants de 2 à 5 ans, et du fait que ce pic est plus marqué dans des situations de meilleur niveau d'hygiène et de relatif isolement immunitaire.

- *Facteurs génétiques*

Selon les estimations, 1 à 3 % des enfants porteurs d'une trisomie 21 développeraient une leucémie. Une augmentation du risque de leucémie aiguë a été décrite chez les porteurs d'un syndrome de Klinefelter.

Le risque de leucémie chez un jumeau lorsque l'autre est atteint est en moyenne de l'ordre de 25 %, mais pratiquement de 100 % pour les leucémies du nourrisson. Des études ont montré que l'augmentation du risque était due à la transmission des clones leucémiques d'un jumeau à l'autre par voie transplacentaire.

Il existe de très rares cas de transmission familiale de leucémie de l'enfant ou de myélodysplasie. Des leucémies sont associées à d'autres cancers familiaux dans le cadre du syndrome de Li - Fraumeni. Les maladies génétiques des systèmes de réparation de l'ADN (syndromes de Bloom, anémie de Fanconi, ataxie télangiectasie) sont fortement liées au risque de leucémie. Le risque de leucémie est également augmenté dans certains déficits immunitaires, comme le syndrome de Wiscott-Aldrich. La

neurofibromatose de Recklinghausen prédispose au risque de myélodysplasie et de leucémie myéloïde. Enfin, certains haplotypes HLA semblent prédisposer au risque de leucémie lymphoïde aiguë. Ils pourraient interférer avec la réponse immunitaire aux infections virales.

- *Autres facteurs de risque*

Certains médicaments sont des leucémogènes reconnus : c'est le cas des traitements anticancéreux par des alkylants ou des épipodophyllotoxines. L'effet leucémogène de la prise de chloramphenicol par la mère a également été démontré.

**Chez l'adulte, une association entre la consommation de tabac et le risque de leucémie aiguë myéloblastique est probable et le risque relatif serait de l'ordre de 1,5. Chez l'enfant, l'association entre la consommation de tabac maternelle et le risque de leucémie a été inconstamment observée. La consommation d'alcool de la mère au cours de sa grossesse pourrait augmenter le risque de leucémie aiguë myéloblastique chez l'enfant.**

Certaines caractéristiques périnatales (poids de naissance élevé, allaitement, âge maternel, problèmes de fertilité, antécédents de fausses-couches, injection de vitamine K...) pourraient être associées aux leucémies de l'enfant.

Enfin, certaines études ont également montré des associations entre l'incidence des leucémies infantiles et la densité de population ou le niveau socio-économique (Alexander *et al.*, 1990).

En conclusion, l'étiologie des leucémies de l'enfant reste obscure, et l'ensemble des facteurs de risque connus n'explique qu'une faible part des cas de leucémies survenant chaque année. En particulier, on a très peu de connaissances sur les associations potentielles entre des expositions environnementales chroniques à des substances chimiques et le risque de leucémies chez les enfants. Néanmoins, plusieurs hypothèses de recherche devraient se préciser prochainement pour expliquer l'étiologie des leucémies, et les outils pour les tester se sont affinés. Il existe de plus en plus de registres de grande taille, dans des pays éventuellement différents par leurs habitudes de vie, leur climat, leur urbanisation, leur démographie..., susceptibles de révéler des variations d'incidence et certains de leurs déterminants. La précision des diagnostics permet des recherches plus spécifiques. Ainsi, chez l'adulte, le benzène semble essentiellement responsable de leucémies myéloïdes aiguës et, chez l'enfant, l'hypothèse d'un agent infectieux a été évoqué pour les leucémies lymphoblastiques aiguës de type B communes. Compte tenu des connaissances déjà accumulées, des améliorations techniques et du nombre d'études en cours dans le monde, on peut espérer de nouveaux progrès de la recherche étiologique et peut-être, à terme, l'identification de moyens de prévention.

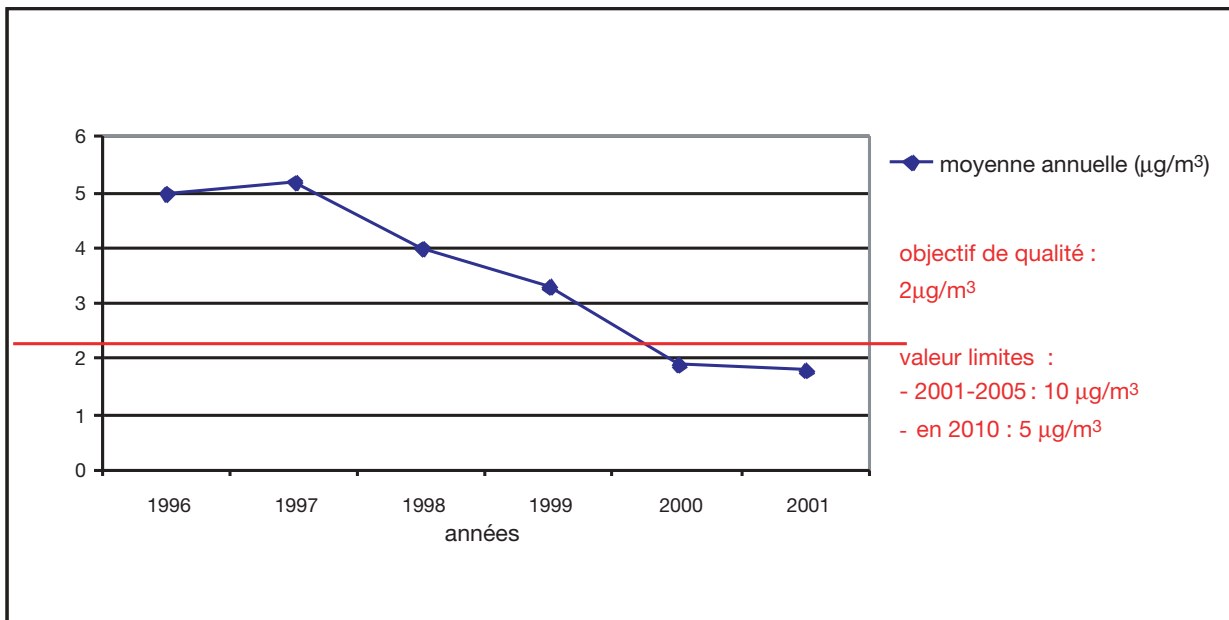
## Références

- Alexander, F.E., Ricketts, T.J., McKinney, P.A. & Cartwright, R.A. (1990) Community lifestyle characteristics and risk of acute lymphoblastic leukaemia in children [see comments]. *Lancet*, **336**, 1461-1465.
- Bertazzi, P.A., Consonni, D., Bachetti, S., Rubagotti, M., Baccarelli, A., Zocchetti, C. & Pesatori, A.C. (2001) Health effects of dioxin exposure: a 20-year mortality study. *Am J Epidemiol*, **153**, 1031-1044.
- Bertazzi, P.A., Pesatori, A.C., Bernucci, I., Landi, M.T. & Consonni, D. (1999) Dioxin exposure and human leukemias and lymphomas. Lessons from the Seveso accident and studies on industrial workers. *Leukemia*, **13**, S72-74.
- Buckley, J.D., Robinson, L.L., Swotinsky, R. & al., e. (1989) Occupational exposures of parents of children with acute nonlymphocytic leukemia: a report from the Childrens Cancer Group. *Cancer Research*, **49**, 4030-1037.
- Cartwright, R.A. (1992) Exposition aux produits chimiques et agrégats de leucémie. In *Symposium sur les agrégats de leucémies*, pp. 29-31. Atomic Energy Control Board, Ottawa, Canada.
- Clavel, J. (1998) Epidémiologie des leucémies de l'enfant. *Hématologie*, **4**, 116-119.
- Clavel, J. and Périllat F. (2000) Expositions professionnelles des parents et cancers de l'enfant. (Pairon JC, B.P., Le Bourgeois JP, & Ruffié eds.), pp. p. 641-660. Margaux Orange, Paris.
- COMARE (1996) *The incidence of cancer and leukaemia in young people in the vicinity of the Sellafield site, West Cumbria: Further studies and an update of the situation since the publication of the report of the Black Advisory Group in 1984*, Department of Health, United Kingdom, London.
- Dich, J., Zahm, S.H., Hanberg, A. & Adami, H.O. (1997) Pesticides and cancer. *Cancer Causes Control*, **8**, 420-443.
- Dickinson, H.O. & Parker, L. (1999) Quantifying the effect of population mixing on childhood leukaemia risk: the Seascale cluster. *Br. J. Cancer*, **81**, 144-151.
- Dionan, J., Muirhead, C.R., Wan, S.L. & Wrixon, A.D. (1986) *The risks of leukemia and other cancers in Thurso from radiation exposure*, HMSO, United Kingdom, London.
- Dionan, J., Wan, S.L. & Wrixon, A.D. (1987) *Radiation doses to members of the public around AWRE, Aldermaston, ROF, Burghfield and AERE, Harwell*, HMSO, United Kingdom, London.
- Doll, R., Evans, H.J. & Darby, S.C. (1994) Paternal exposure not to blame. *Nature*, **367**, 678-680.
- Gardner, M.J., Snee, M.P., Hall, A.J., Powell, C.A., Downes, S. & Terrell, J.D. (1990) Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. *BMJ*, **300**, 423-429.
- Greaves MF. (1988) Speculations on the cause of childhood acute lymphoblastic leukemia. *Leukemia* ; **2** : 120-125.
- Harrison, R.M., Leung, P.L., Somerville, L., Smith, R. & Gilman, E. (1999) Analysis of incidence of childhood cancer in the West Midlands of the United Kingdom in relation to proximity to main roads and petrol stations. *Occup Environ Med*, **56**, 774-780.
- HSE (1993) Investigation of leukaemia and other cancers in the children of male workers at Sellafield. Health and Safety Executive, HSE Books, London.
- IARC (2002) Non-ionizing radiation Part 1 : Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields summary of data reported and evaluation. IARC, Monographie n° 80. IARC, Lyon (France), 429 p.
- Infante-Rivard, C., Mur, P. & Armonstrong, B. (1991) Acute lymphocytic leukemia among spanish children and mother's occupation : a case-control study. *J Epidemiol Community Health*, **45**, 11-15.
- Infante-Rivard, C., Olson, E., Jacques, L. & Ayotte, P. (2001) Drinking water contaminants and childhood leukemia. *Epidemiology*, **12**, 13-19.
- Kinlen, L.J. (1988) Evidence for an infective cause of childhood leukemia: comparison of a Scottish new town with nuclear reprocessing sites in Britain. *Lancet*, **2**, 1323-1327.
- Kinlen, L.J. (1995) Epidemiological evidence for an infective basis in childhood leukemia. *Br. J Cancer*, **71**, 1-5.

- Kinlen, L.J., Craft & Parker, L. (1997) The excess of childhood leukaemia near Sellafield: a commentary on the fourth COMARE report. *J. Radiol. Protection*, **17**, 63-71.
- Knox, E.G. & Gilman, E.A. (1997) Hazard proximities of childhood cancers in Great Britain from 1953-80. *J. Epidemiol. Community Health*, **51**, 151-159.
- Laurier, D. & Bard, D. (1999) Epidemiologic studies of leukemia among persons under 25 years of age living near nuclear sites. *Epidemiol. Rev.*, **21**, 188-206.
- Lowengart, R.A., Peters, J.M. & Cicioni, C. (1987) Childhood leukemia and parents' occupational and home exposures. *J Natl Cancer Inst*, **79**, 39-46.
- Magnani, C., Pastore, G. & al., e. (1990) Parental occupation and other environmental factors in the etiology of leukemias and non Hodgkin's lymphomas in childhood: a case-control study. *Tumori*, **76**, 413-419.
- McKinney, P.A., Alexander, F. & Cartwright, R.A. (1991) Parental occupations of children with leukemia in west Cumbria, north Humberside, and Gateshead. *BMJ*, **23**, 681-687.
- Meinert, R., Kaatsch, P. & Kaletsch, U. (1996) Childhood leukemia and exposure to pesticides: results of a case-control study in Northern Germany. *Eur J Cancer*, **32A**, 1943-1948.
- Meinert, R., Schuz, J., Kaletsch, U., Kaatsch, P. & Michaelis, J. (2000) Leukemia and non-Hodgkin's lymphoma in childhood and exposure to pesticides: results of a register-based case-control study in Germany. *Am. J. Epidemiol.*, **151**, 639-646.
- Olsen, J.H., de Nully Brown, P. & Shulgen, G. (1991) Parental employment at time of conception and risk of cancer in offspring. *Eur J Cancer*, **27**, 958-965.
- Petridou, E. (2001) Is chemical pollution responsible for childhood tumors?. *Epidemiology*, **12**, 4-6.
- Rommens, C., Laurier, D. & Sugier, A. (2000) Methodology and results of the Nord-Cotentin radioecological study. *J Radiol Prot*, **20**, 361-380.
- Ross, J.A., Davies, S.M., Potter, J.D. & Robison, L.L. (1994) Epidemiology of childhood leukemia, with a focus on infants. *Epidemiol. Rev.*, **16**, 243-272.
- Shu, X.O., Gao YT, Brinton LA & MS, L. (1988) A population-based case-control study of childhood leukemia in Shanghai. *Cancer*, **62**, 635-644.
- Shu, X.O., Stewart, P., Wen, W.Q., Han, D. & Potter, J.D. (1999) Parental occupational exposure to hydrocarbons and risk of acute lymphocytic leukemia in offspring. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, **8**, 783-791.
- Simmonds, J.R., Robinson, C.A., Philipps, A.W., Muirhead, C.R. & Fry, F. (1995) *Risks of leukemia and other cancers in Seascale from all sources of ionising radiation exposure*, HMSO, United Kingdom, Chilton.
- Stather, J.W., Wrixon, A.D. & Simmonds, J.R. (1984) *The risks of leukemia and other cancers in Seascale from radiation exposure*, HMSO, United Kingdom, London.
- UNSCEAR (2000) *Sources and effects of ionising radiation. UNSCEAR 2000 report to the general assembly, with scientific annexes. Volume II: Effects*, United Nations, New York.
- Van Steensel-Moll, H.A., Valkenburg & Van Zanen, G.E. (1985) Childhood leukemia and parental occupation. A register-based case- control study. *Am J Epidemiol*, **121**, 216-224.
- Vianna, N., Kovaszny, B. & Polan, A. (1984) Infant leukemia and paternal exposure to motor vehicle exhaust fumes. *J. Occup Med*, **26**, 679-682.
- Wilkinson, P., Thakrar, B., Walls, P., Landon, M., Falconer, S., Grundy, C. & Elliott, P. (1999) Lymphohaematopoietic malignancy around all industrial complexes that include major oil refineries in Great Britain. *Occup. Environ. Med.*, **56**, 577-580.
- Wulff, M., Hogberg, U. & Sandstrom, A. (1996) Cancer incidence for children born in a smelting community. *Acta Oncol*, **35**, 179-183.

## Annexe 2

### Evolution de la moyenne annuelle du benzène dans l'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en Ile-de-France (source : AIRPARIF)



# Annexe 3

## Questionnaire familles « Description des cas de leucémies à Vauhallan »

### 1 - Identification

**1.1 – Initiales Nom** : /\_/\_/\_/\_/

**1.2 – Prénom** : /\_/\_/\_/\_/\_/\_/\_/

**1.3 – Date de Naissance** : /\_/\_/\_/\_/\_/

**1.4 – Sexe (H/1, F=2)** : /\_/\_/

**1.5 – Inclusion : type de leucémie**

- Leucémie lymphoïde chronique = LLC

- Leucémie myéloïde chronique (LMC)

- Leucémie aiguë lymphoblastique (LAL)

- Leucémie aiguë myéloblastique (LAM)

- Autre : préciser .....

**1.6 – Date du diagnostic de leucémie** : /\_/\_/\_/\_/\_/

- Date de début des signes

: /\_/\_/\_/\_/\_/

- Nom de l'hématologue ou oncologue ) :

- Téléphone

: /\_/\_/\_/\_/\_/\_/

- Hôpital

:

**1.7 – Nom du médecin traitant** : **Dr.**

Adresse

:

Téléphone

:

Fax

:

### 2 – Informations relatives à l'enfant

**2.1 – Antécédents familiaux :**

- Existe-t-il d'autres personnes atteintes de leucémies dans la famille :

oui

non

nsp

Si oui, lien de parenté : .....

Côté : maternel – paternel

- Avez-vous connaissance d'une maladie génétique dans la famille ? :

oui

non

nsp

si oui, laquelle : Trisomie 21, Recklinghausen, Klinefelter, syndrome de Bloom, autres :

(préciser) .....



## 2.2 – Antécédents médicaux personnels : (photocopie du carnet de santé à prévoir)

### 2.2.1 Déroulement de la naissance

- poids de naissance : /\_/\_/\_/\_/\_/ grammes

### 2.2.2 Antécédents médicaux

2.2.2.1 – Pathologies<sup>3</sup> traitées en ambulatoire (carnet de santé, médecin traitant, dossier médical hospitalier) :

- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
traitements : .....
- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
traitements : .....
- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
traitements : .....
- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Traitements : .....

2.2.2.2 Hospitalisations :

- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Hôpital ..... Service : ..... Médecins :  
Traitements : .....
- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Hôpital ..... Service ..... Médecins :  
Traitements : .....
- Diagnostic : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Hôpital ..... Service ..... Médecins :  
Traitements : .....

2.2.2.3. Explorations radiologiques :

- Type : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Lieu : (nom et adresse du radiologue).....
- Type : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Lieu : (nom et adresse du radiologue) .....
- Type : ..... Date /\_/\_/\_/\_/\_/  
Lieu : (nom et adresse du radiologue) .....

2.2.2.4 : Autres événements que les parents souhaitent signaler : .....  
.....

## 2.3 – Liste des lieux de résidence en commençant par le domicile actuel ou le plus récent :

### A – Résidences principales

#### 1. Résidence n°1 (actuelle)

Rue

Commune

Date d'arrivée : /\_/\_/\_/\_/\_/

Type d'habitat :

- pavillon, maison particulière avec jardin
- pavillon, maison particulière sans jardin
- appartement
- autre (préciser) .....

<sup>3</sup> Maladies : maladies infectieuses de l'enfant, (Mononucléose infectieuse, ...)

**Environnement** (cet item sera rempli par l'enquêteur, pas de question): agricole :

type de culture .....

distance du domicile .....

 industriel (<500m) :

type d'industrie .....

Distance au domicile .....

 infrastructure (ligne HT < 30 mètres , Autoroute mitoyenne, station service, garage, transformateur électrique adossé à la résidence ...)

type d'infrastructure .....

distance au domicile .....

**2 - Résidence n°2**

Rue .....

Commune ..... Département .....

Date d'arrivée : /\_/\_/\_/\_/ date de départ /\_/\_/\_/\_/

Type d'habitat :

 pavillon, maison particulière avec jardin pavillon, maison particulière sans jardin appartement autre (préciser) .....**Environnement :** agricole :

type de culture .....

distance du domicile .....

 industriel (<500m) :

type d'industrie .....

Distance au domicile .....

 infrastructure (ligne HT < 30 mètres, Autoroute mitoyenne, station service proche, garage, transformateurs électriques ...)

type d'infrastructure .....

distance au domicile .....

**B - Résidences secondaires :**- Localisation :

Commune ..... Département .....

**Date début fréquentation** : /\_/\_/\_/\_/ **date fin de fréquentation** : /\_/\_/\_/\_/

Type d'habitat :

 pavillon, maison particulière avec jardin pavillon, maison particulière sans jardin appartement autre (préciser) .....**Environnement** : la question sera posée aux familles agricole :

type de culture .....

distance du domicile .....

industriel (<500m) :

type d'industrie .....

Distance au domicile .....

infrastructure (ligne HT < 30 mètres , Autoroute mitoyenne, station service, garage, transformateur électrique adossé à la résidence ...)

type d'infrastructure .....

distance au domicile .....

- Fréquence de fréquentation :

**C – Lieux de vacances /durée et fréquence des séjours :**

## **2.4 – Modes de garde/scolarité et lieux d'accueil depuis la naissance :**

### **2.4.1 – Petite enfance :**

À la maison : de /\_/\_/\_/\_/ à /\_/\_/\_/\_/

crèche :

adresse : .....

commune ..... département .....

de /\_/\_/\_/\_/ à /\_/\_/\_/\_/ Fréquence de fréquentation :

Présence dans l'environnement immédiat de stations service, Lignes de haute tension, transformateur électrique... :  oui  non  nsp

Nourrice

adresse : .....

commune ..... département .....

de /\_/\_/\_/\_/ à /\_/\_/\_/\_/ Fréquence de fréquentation :

Présence dans l'environnement immédiat de stations services, Lignes de haute tension, transformateur électrique... :  oui  non  nsp

Halte garderie

adresse : .....

commune ..... département .....

de /\_/\_/\_/\_/ à /\_/\_/\_/\_/ Fréquence de fréquentation :

Présence dans l'environnement immédiat de stations service, Lignes de haute tension, transformateur électrique... :  oui  non  nsp

Jardin d'enfants

adresse : .....

commune ..... département .....

de /\_/\_/\_/\_/ à /\_/\_/\_/\_/ Fréquence de fréquentation :

Présence dans l'environnement immédiat de stations service, Lignes de haute tension, transformateur électrique... :  oui  non  nsp

### **2.4.2. – Ecoles maternelles fréquentées :**

- Petite section : année scolaire ...../..... classe (si plusieurs) :

Nom : .....

Adresse : .....

Commune .....Département : .....

- Moyenne section : année scolaire ...../..... classe (si plusieurs) :  
 Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Commune .....Département : .....
- Grande section : année scolaire ...../..... classe (si plusieurs) :  
 Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Commune .....Département : .....

## 2.5 – Activité de loisirs

- Aires de jeux et loisirs fréquentés régulièrement depuis la naissance :
  - Parc 1 : Parc 2 :
  - Nom** : ..... **Nom** : .....
  - rue ..... Lieu : .....
  - Fréquence
  - promenade :
  - rues .....
  - .....
  - baignade ou jeu d'eau près d'une rivière ou de plans d'eau locaux :
  - OUI  NON  NSP
  - Fréquence
  - Si OUI, lesquels :
    - ru de Vauhallan
    - Etangs de Saclay où exactement :
    - Autres : préciser .....
    - Fréquence

### L'enfant fréquente-t-il un centre aéré ? Oui Non

Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Commune .....  
 Dates :  
 Fréquence :

## 2.6 – Habitudes alimentaires

- Votre enfant suit-il un régime particulier ? (végétarien, macrobiotique,...) :  
 OUI  NON  
 Si oui, lequel : .....
- Type d'eau consommée depuis la naissance (plusieurs réponses possibles)
  - Consommation eau du robinet  
 depuis quel âge ? :
  - Eau en bouteille
  - Puit
  - Source locale
- Disposez-vous d'un potager :  OUI  NON  
 Si oui, que produisez-vous :  
 En quelles quantités (à la louche) :

Consommation de l'enfant :  
 depuis quel âge ? :  
 fréquence ? :  
 - Consommez-vous (l'enfant) des poissons pêchés localement :  OUI  NON  
 Si oui, origine des poissons :  
 .....

Fréquence :  
 - Achetez-vous des produits locaux :  OUI  NON  NSP  
 - Achetés directement à la ferme :  OUI  NON  
 Si oui, quelles fermes :  
  
 - Acheté sur le marché local :  OUI  NON  
 Si oui, localisation du marché :  
 Consommation de l'enfant :  
 depuis quel âge ? :  
 fréquence ? :

### 2.7 – Informations relatives à la fratrie

- Nombre de frères et sœurs : date de naissance : /\_\_/\_\_/\_\_/ Sexe : M - F  
 date de naissance : /\_\_/\_\_/\_\_/ Sexe : M - F  
 date de naissance : /\_\_/\_\_/\_\_/ Sexe : M - F  
 - Sont-ils en bonne santé ?

## 3 – Informations concernant le père

Année de naissance : /19\_\_/ Professions : .....  
 Département de naissance : /\_\_/\_\_/\_\_/ .....

### 3.1 – Antécédents familiaux et personnels :

- Avez-vous eu un cancer (attention en posant la question, peut-être poser une question plus ouverte sur existence maladie particulière) ? :  OUI  NON  
 Si OUI, lequel :  
 avez-vous été traité par radiothérapie (séances de rayons) :  oui  non  
 Nombre de séances : .....  
 Date début : /\_\_/\_\_/\_\_/ Date de fin de traitement : /\_\_/\_\_/\_\_/  
  
 - Etes-vous fumeur :  OUI  NON  
 Si OUI, consommation journalière : /\_\_/\_\_/\_\_/ cig/jour depuis /\_\_/\_\_/\_\_/ ans.  
 Fumez-vous dans la maison ? :  non  oui

### 3.2 – Activités professionnelles

Liste des activités professionnelles exercées en commençant par la plus récente. Inclure les stages, périodes d'apprentissage et la période militaire.

**3.2.1 Activité professionnelle n°1 - Date de début d'activité : /\_/\_/\_/\_/**

.....  
 - Votre travail implique-t-il une manipulation de produits chimiques<sup>4</sup> particuliers :

non

oui

Si oui, préciser : .....

- A quelle fréquence  1 fois/jour

< 1 fois par jour et > 1 fois par semaine

< 1 fois / semaine et > 1 fois /mois

< 1 fois / mois – occasionnellement

- nombre d'années en contact avec le produit : /\_/\_/\_/

- Votre travail implique-t-il des expositions à des rayonnements ionisants :

oui

non

nsp<sup>5</sup>

Si oui, dans quel domaine:

médical

industrie nucléaire – recherche

transports aériens

autres .....

Si oui, portez-vous un dosimètre ? :  oui  non

nombre d'années d'exposition : /\_/\_/\_/\_/

Nom et adresse de votre employeur : .....

.....  
 - Activité exercée :

à temps plein

à temps partiel

**3.2.2 Activité professionnelle n°2**

.....  
 - Date de début d'activité : /\_/\_/\_/\_/ Date de fin d'activité : /\_/\_/\_/\_/

- Activité exercée :

à temps plein

à temps partiel

- Ce travail impliquait-il une manipulation de produits chimiques particuliers ? :

non

oui

Si oui, préciser : .....

- A quelle fréquence  1 fois/jour

< 1 fois par jour et > 1 fois par semaine

< 1 fois / semaine et >1 fois /mois

< 1 fois / mois – occasionnellement

- nombre d'années en contact avec le produit : /\_/\_/\_/\_/

- Ce travail impliquait-il une exposition à des rayonnements ionisants ? :

oui

non

nsp<sup>6</sup>

Si oui, dans quel milieu :

médical

<sup>4</sup> produits chimiques : peinture, colles, solvants : (essence, benzène, white spirit, pesticides, herbicides, cosmétiques, produits pétroliers et dérivés, métaux et dérivés [plomb, zinc, cuivre, cadmium, etc], minéraux et dérivés, produits chlorés, résines, plastiques ...).

<sup>5</sup> Nsp : ne sait pas

<sup>6</sup> Nsp : ne sait pas

- industrie nucléaire – recherche
  - transports aériens
  - autres .....
- Avez-vous porté un dosimètre ? :     oui                     non
- Nombre d'années d'exposition : /\_\_/\_/ années
- Nom et adresse de votre employeur : .....
- .....

### 3.3 – Activités de loisirs, bricolage et jardinage présentes et passées :

- Exercez-vous des activités de bricolage à la maison (Photo, peinture à l'huile, mécanique, soudage à l'arc...) :     OUI             NON

si oui, lesquelles : .....

- Durant ces activités, quels produits utilisez-vous ? :

- des produits chimiques (même liste):     OUI                     NON

- des produits pesticides (activités de jardinage ou domestiques) :     OUI     NON

Si oui :

lesquels : .....

fréquence :

Arrive-t-il que l'enfant soit présent :                     NON                     OUI

Si oui,     OUI mais rarement                                     OUI parfois

OUI relativement souvent (il aime bricoler lui aussi)

- Etes-vous pêcheur (carte de pêcheur) :                     OUI                     NON

Si OUI, où pêchez-vous : .....

Si oui, mangez-vous le produit de votre pêche ?                     OUI                     NON

Fréquence :

- Autres activités de loisirs : (question ouverte)

## 4 – Informations concernant la mère

- Année de naissance : /19\_\_/\_/                    Profession (s) : .....

- Département de naissance : /\_\_/\_/\_/ .....

### 4.1 – Antécédents personnels

#### Avant la grossesse :

- Avez-vous eu un cancer (idem père):     OUI                     NON

Si OUI, lequel :

avez-vous été traité par radiothérapie (séances de rayons) :     oui     non

Nombre de séances : .....

Date début : /\_\_/\_/\_/\_/                    Date de fin de traitement : /\_\_/\_/\_/\_/

- Examens radiologiques:                     OUI                     NON

Si oui, préciser (lieu, type ..) : .....

- Prenez-vous des médicaments ? (prise de chloramphénicol ?) :

.....

- Hospitalisations :  OUI  NON

Si oui : où, quand, pourquoi (chirurgie, accidents, maladies...) coordonnées médecin, traitements.

### **Pendant la grossesse :**

Déroulement de la grossesse :

- Dates grossesse :

- Avez-vous eu des problèmes de santé durant votre grossesse ?

(problème infectieux, autres ...) :  OUI  NON

Si oui, préciser :

- Examens radiologiques pendant la grossesse :  OUI  NON

Si oui, préciser (lieu, type ..) : .....

- Avez-vous pris des médicaments ? (prise de chloramphénicol ?) :

Lesquels.....

Hospitalisations : :  OUI  NON

Si oui : où, quand, pourquoi, coordonnées médecin, traitement.

- Autres problèmes pendant la grossesse (question ouverte) :

### Expositions durant la grossesse

- Avez-vous un régime alimentaire particulier pendant la grossesse :

OUI  NON

Si OUI, préciser : .....

- Avez-vous réalisé des activités de bricolage (par exemple travaux dans le logement) pendant la grossesse :  OUI  NON

Si oui, préciser (si produits utilisés connus, lesquels ?) : .....

- Activité de loisirs pendant la grossesse (peinture, jardinage..) pour lesquelles vous avez utilisé des substances chimiques :  OUI  NON

Si oui, préciser : ..... Durée : .....

### **Après la grossesse et durant l'allaitement :**

- Avez-vous allaité votre enfant :  OUI  NON

Si oui, combien de temps : /\_/\_/ mois

- Avez-vous pris des médicaments ? (prise de chloramphénicol ?) :

.....

- Avez-vous un régime alimentaire particulier :

OUI  NON

Si OUI, préciser : .....

- Avez-vous réalisé des activités de bricolage (par exemple travaux dans le logement) vous exposant à des produits chimiques :  OUI  NON

Si oui, préciser : .....



- Activité de loisirs (peinture, jardinage ....) avec utilisation de substances chimiques (y compris pesticides) :  OUI  NON

Si oui, préciser : .....

## 4.2 – Activités professionnelles

Listez vos activités professionnelles en commençant par la plus récente. Inclure les stages, périodes d'apprentissage et la période militaire.

### 4.2.1 Activité professionnelle n°1 - Date de début d'activité : /\_/\_/\_/\_/

.....

- Votre travail implique-t-il une manipulation de produits chimiques<sup>7</sup> particuliers :

non

oui

Si oui, préciser : .....

- A quelle fréquence  1 fois/jour

< 1 fois par jour et > 1 fois par semaine

< 1 fois / semaine et >1 fois /mois

< 1 fois / mois – occasionnellement

- nombre d'années en contact avec le produit : /\_/\_/\_/

- Votre travail implique-t-il des expositions à des rayonnements ionisants :

oui

non

nsp<sup>8</sup>

Si oui, dans quel domaine:

médical

industrie nucléaire – recherche

transports aériens

autres .....

Si oui, portez-vous un dosimètre ? :  oui  non

nombre d'années d'exposition : /\_/\_/\_/

Nom et adresse de votre employeur : .....

.....

- Activité exercée :

à temps plein

à temps partiel

### 4.2.2 Activité professionnelle n°2

.....

- Date de début d'activité : /\_/\_/\_/\_/ - Date cessation : /\_/\_/\_/\_/

- Votre travail impliquait-il une manipulation de produits chimiques<sup>9</sup> particuliers :

non

oui

Si oui, préciser : .....

- A quelle fréquence  1 fois/jour

< 1 fois par jour et > 1 fois par semaine

<sup>7</sup> produits chimiques : peinture, colles, solvants : essence, benzène, white spirit, pesticides, herbicides, cosmétiques, produits pétroliers et dérivés, métaux et dérivés (plomb, zinc, cuivre, cadmium, etc), minéraux et dérivés, produits chlorés, résines, plastiques ...).

<sup>8</sup> Nsp : ne sait pas

<sup>9</sup> produits chimiques : peinture, colles, solvants : essence, benzène, white spirit, pesticides, herbicides, cosmétiques, produits pétroliers et dérivés, métaux et dérivés [plomb, zinc, cuivre, cadmium, etc], minéraux et dérivés, produits chlorés, résines, plastiques ...).

- < 1 fois / semaine et >1 fois /mois  
 < 1 fois / mois – occasionnellement  
 - nombre d'années en contact avec le produit : /\_\_/\_/
- Votre travail implique-t-il des expositions à des rayonnements ionisants :
- oui       non       nsp<sup>10</sup>
- Si oui, dans quel domaine :
- médical  
 industrie nucléaire – recherche  
 transports aériens  
 autres .....
- Si oui, portez-vous un dosimètre ? :       oui       non
- nombre d'années d'exposition :      /\_\_/\_/
- Nom et adresse de votre employeur : .....
- .....
- Activité exercée :
- à temps plein  
 à temps partiel

### 4.3 Activités de loisirs, bricolage et jardinage présentes et passées :

- Exercez-vous des activités de bricolage à la maison (Photo, peinture à l'huile, mécanique, soudage à l'arc...) :       OUI       NON
- si oui, lesquelles : .....
- Manipulez-vous, en présence de l'enfant :
- des produits chimiques (même liste):       OUI       NON
- des produits pesticides (activités de jardinage ou domestiques) :  OUI  NON
- Si oui, lesquels .....
- Fréquence :
- Etes-vous pêcheuse (carte de pêcheur) :       OUI       NON
- Si OUI, où pêchez-vous : .....
- Autres activités de loisirs : (question ouverte)
- Etes-vous fumeuse :       OUI       NON
- Si OUI, consommation journalière : /\_\_/\_/ cig/jour depuis /\_\_/\_/ ans.
- arrêt pendant la grossesse :       OUI       NON :
- modification de la consommation avant /après grossesse :  OUI       NON
- dans la maison :       OUI       NON

Je vous remercie d'avoir bien voulu répondre à toutes ces questions.

<sup>10</sup> Nsp : ne sait pas

# Annexe 4

## Rapport de la campagne de mesures de la radioactivité de l'OAR

(Office d'assistance en radioprotection) IRSN

**IRSN** INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

DPRE / OAR / 02-435

Fontenay aux Roses, le 23/09/2002

Réf. à rappeler : 02-993

*Destinataires* in fine

Affaire suivie par : P. CHARBONNEAU, tél. 01 58 35 90 02

Objet : Campagne de mesures de la radioactivité  
sur la commune de Vauhallan

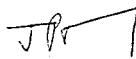
Mesdames, Messieurs,

Je vous prie de bien vouloir trouver, ci-joint, le compte rendu de la campagne de mesures de la radioactivité effectuée par l'OAR sur la commune de Vauhallan.

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Veuillez agréer, Mesdames, Messieurs, l'expression de mes salutations distinguées.

J.P. MAIGNÉ



Chef de l'OAR

PJ / 1 compte rendu



IAFAQ n° 1999 / 11960

Département de protection de l'environnement

Office d'assistance en radioprotection - Direction 01.58.35.74.24 / Fax : 01.46.54.48.97

Courrier : B.P. 17 - 92362 FONTENAY-AUX-ROSES Cedex France

Antenne de Pierrelatte : BP 166 - 26702 PIERRELATTE Cedex France - 04.75.50.47.59 / Fax : 04.75.50.47.37

GTCN\* (Contrôle filtres THE et pièges à iode) 01.58.35.86.78 / Fax : 01.42.53.14.64 GIRO (radioprotection opérationnelle) 01.58.35.90.02 / Fax : 01.58.35.72.45  
GRAD\* (Groupe Radon) 04.75.50.74.40 / Fax : 04.75.50.47.37 GLM (logistique et mesures) 01.58.35.86.79 / Fax : 01.42.53.14.64

Siège social : 77-83, avenue du Général-de-Gaulle - 92140 CLAMART - Standard : (33) 01 58 35 88 88 - RCS Nanterre B 440 546 018

• <b>Objet</b>	Campagne de mesures de radioactivité
• <b>Lieu</b>	Commune de Vauhallan (91)
• <b>Date</b>	06 et 08 août 2002
• <b>Intervenants OAR</b>	S. DEMONGEOT, P. CHARBONNEAU et A. SAVARY

### **P**résentation

La présente investigation est consécutive à la découverte de deux cas de leucémie infantile sur la commune de Vauhallan. Cette campagne de mesures de radioactivité a été conduite par l'IRSN et la CIRE, conformément à l'avis du groupe scientifique réuni le 08 juillet 2002, avec l'accord de la DDASS 91, de la sous-préfecture de Palaiseau et avec l'appui de la mairie de Vauhallan.

Elle a été réalisée sur deux jours : le mardi 06 et le jeudi 08 août 2002. L'équipe qui a réalisé cette campagne était composée, d'une part de S. DEMONGEOT, P. CHARBONNEAU et A. SAVARY pour l'IRSN et, d'autre part, de C. LEGOUT pour la CIRE et du Dr MONTAGNON pour la DDASS 91.

### **M**éthodologie

Après concertation entre les différents partenaires, il a été retenu le principe d'une prospection systématique dans l'environnement de la commune afin de procéder à une levée de doute sur la présence éventuelle d'une source de rayonnements ionisants pouvant induire une nuisance radiologique.

Cette prospection se devait d'être plus détaillée dans l'habitat des deux familles concernées et dans les lieux habituellement fréquentés par les deux enfants ; école, cantine, terrain de jeux,...

La campagne de mesures a nécessité la mise en œuvre d'un ensemble de détection à scintillateur de grand volume associé à un système de géo-positionnement par satellite (MOBISYS). Cet ensemble embarqué à bord d'un véhicule a permis de déterminer le niveau du débit de dose ambiant sur l'ensemble de la commune et d'établir ainsi une cartographie.

Les investigations conduites hors des voies de circulation ont été menées à l'aide d'appareils portables équipés également de détecteurs à scintillation.

L'utilisation de détecteurs à scintillation très sensibles permet de mesurer les variations permanentes du bruit de fond ambiant en rayonnement gamma dû à la radioactivité naturelle du site, qu'elle soit d'origine cosmique ou tellurique.

## Expression des résultats

Les différentes acquisitions sont exprimées sur les cartographies jointes en annexe.

- *L'annexe 1* détermine le trajet parcouru depuis le centre CEA de Fontenay aux Roses jusqu'à Vauhallan et l'identification des fichiers de mesure. Chacun des cinq fichiers correspond à une séquence de mesure sur l'ensemble du parcours.
- *L'annexe 2* exprime les débits de dose en nanosievert par heure ( $\text{nSv.h}^{-1}$ ) mesurés sur l'ensemble des fichiers. Elle permet de déterminer un bruit de fond moyen situé à  $40 \text{ nSv.h}^{-1} \pm 10$ , ce qui est conforme aux valeurs rencontrées habituellement en région parisienne. Elle permet également de comparer ce bruit de fond à des zones émergentes connues, volontairement prises en compte pour montrer l'efficacité du système de détection (centre CEA, rond-point constitué de pavés de granite).
- *L'annexe 3* présente la couverture du réseau routier de la commune assurée par la prospection embarquée. Elle n'indique aucune émergence remarquable au-dessus du bruit de fond moyen.
- *L'annexe 4*, à comparer avec *l'annexe 3*, reproduit sur le plan de la commune le trajet suivi par le véhicule et la détection embarquée.
- *L'annexe 5* présente un agrandissement d'échelle de la cartographie sur la zone du centre ville où se trouvent l'école et les habitations des familles concernées. Aucune émergence significative n'a été relevée par rapport au bruit de fond moyen.
- *L'annexe 6* présente le graphe des valeurs mesurées au centre ville en référence au bruit de fond moyen ambiant.
- *Les annexes 7 et 8* présentent les valeurs moyennes relevées dans les locaux et habitations visités avec les appareils portables.

## Analyse et commentaires

- *Sur les valeurs*: Toutes les valeurs relevées sur le territoire de la commune de Vauhallan sont comprises dans la fourchette de variation normale autour du débit de dose ambiant, tant en intérieur qu'en extérieur. Elles correspondent aux valeurs de bruit de fond attendues dans la région.

Les fluctuations de mesures sont dues exclusivement aux variations normales de bruit de fond ou à la présence ponctuelle de matériaux présentant un taux de radioactivité naturelle légèrement supérieur à la normale (inférieur ou égal à deux fois le bruit de fond). Parmi ces matériaux, on peut citer de manière non exhaustive le granite, les faïences des sanitaires, les briques, les plâtres au mâchefer,...

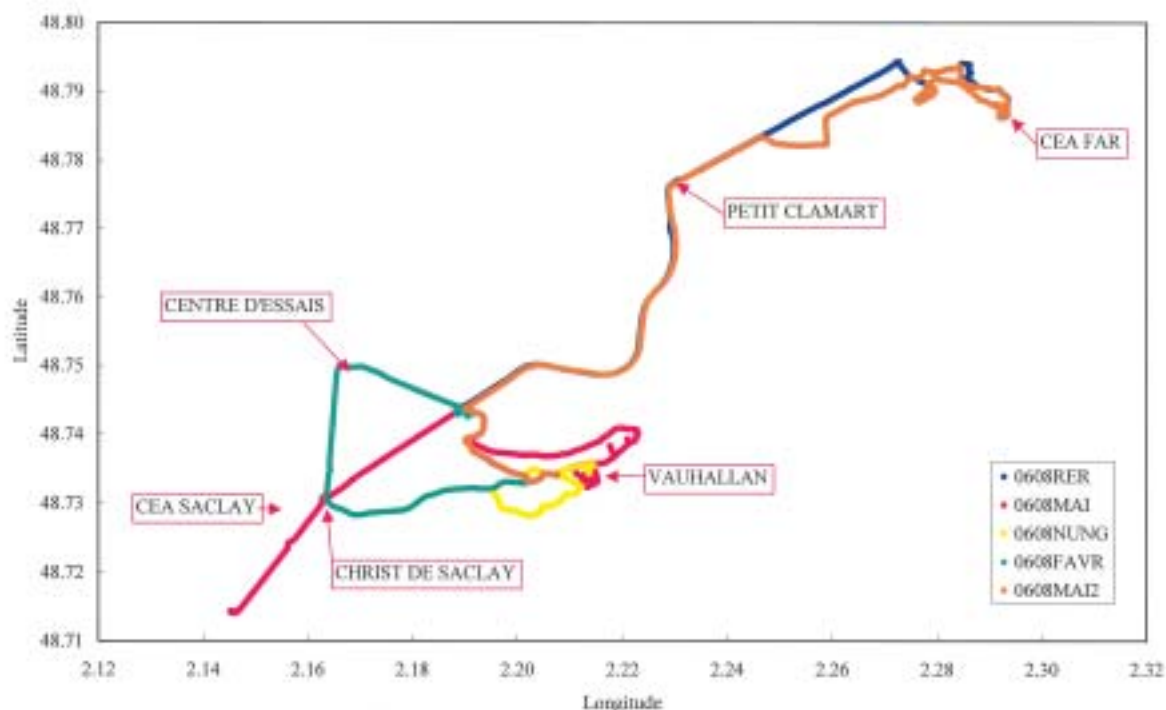
➤ *Sur la méthode* : Il convient de préciser que les valeurs relevées ne concernent que le rayonnement gamma, considéré ici comme seul rayonnement pénétrant et suffisant pour effectuer une levée de doute sur la présence éventuelle d'une source de rayonnement dont la proximité relative pourrait être une nuisance.

Les valeurs sont représentatives des rayonnements présents et détectables au moment de la mesure. Par exemple, la méthode ne saurait mettre en évidence la présence antérieure d'une source potentielle décriue ou éliminée. Cependant, on notera qu'aucun élément historique recensé ne vient étayer cette hypothèse ; en l'absence de source ponctuelle identifiée, il s'agit de rayonnements d'origine naturelle.

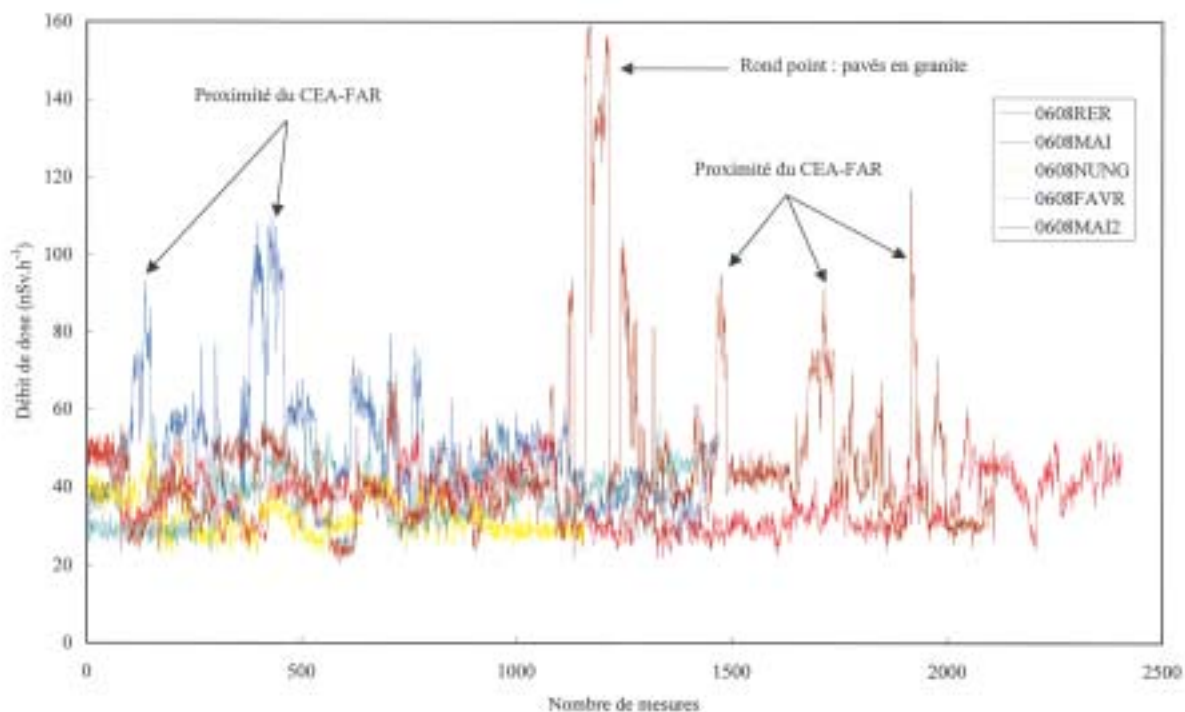
### Conclusion

Au regard des résultats des mesures effectuées, aucun indicateur au-dessus du bruit de fond n'a été identifié comme source supplémentaire d'exposition aux rayonnements ionisants.

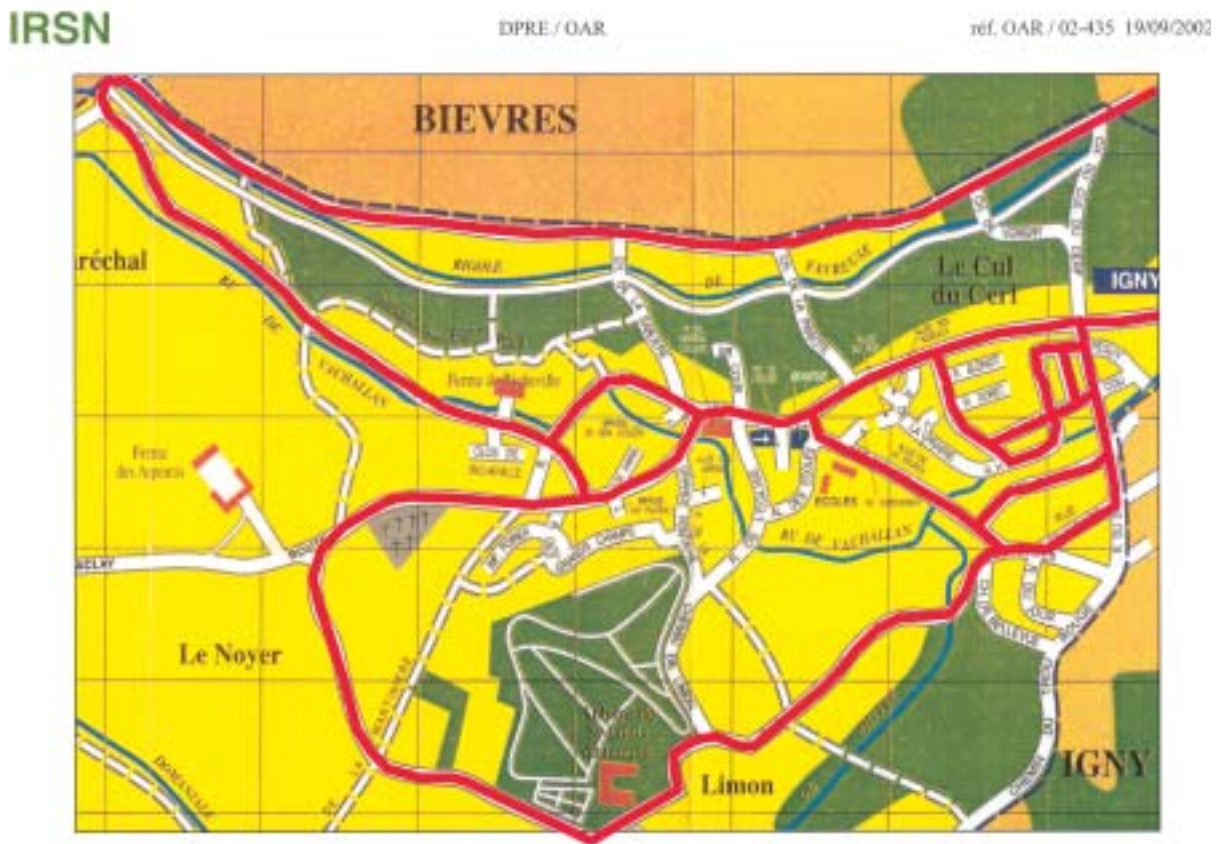
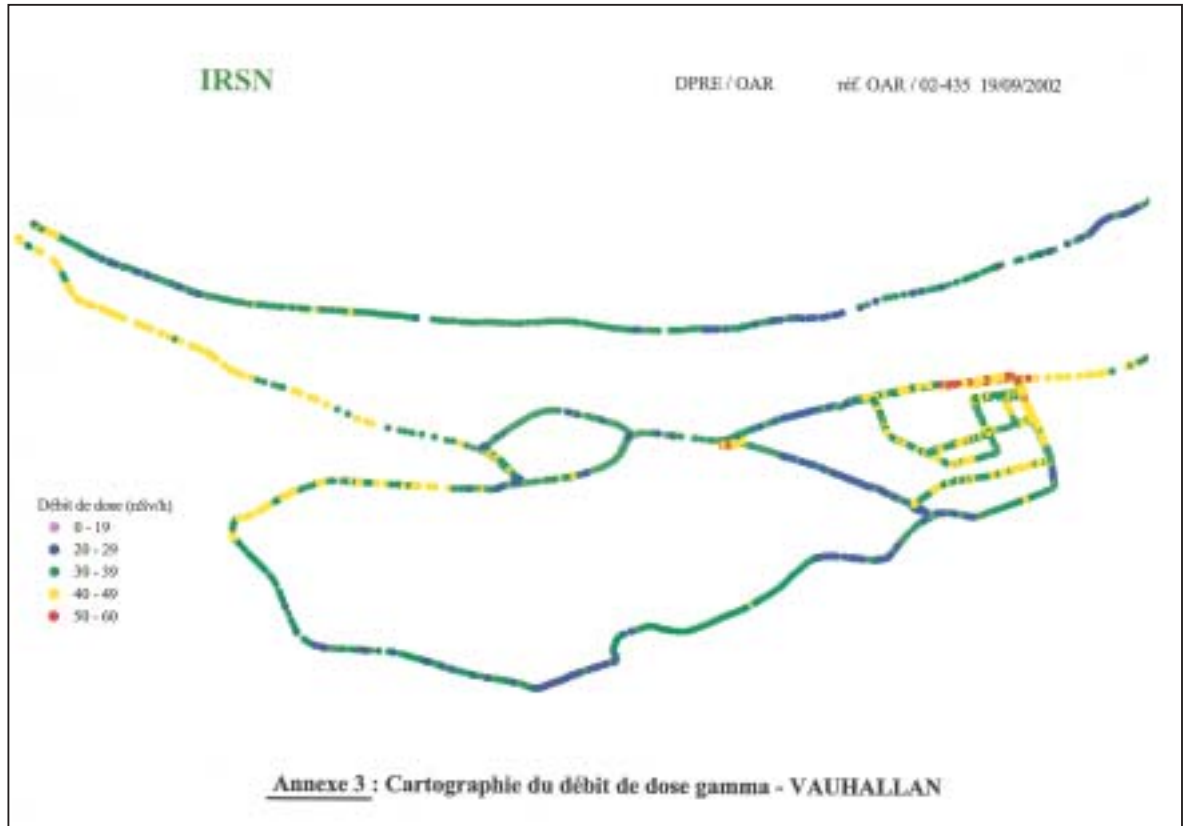




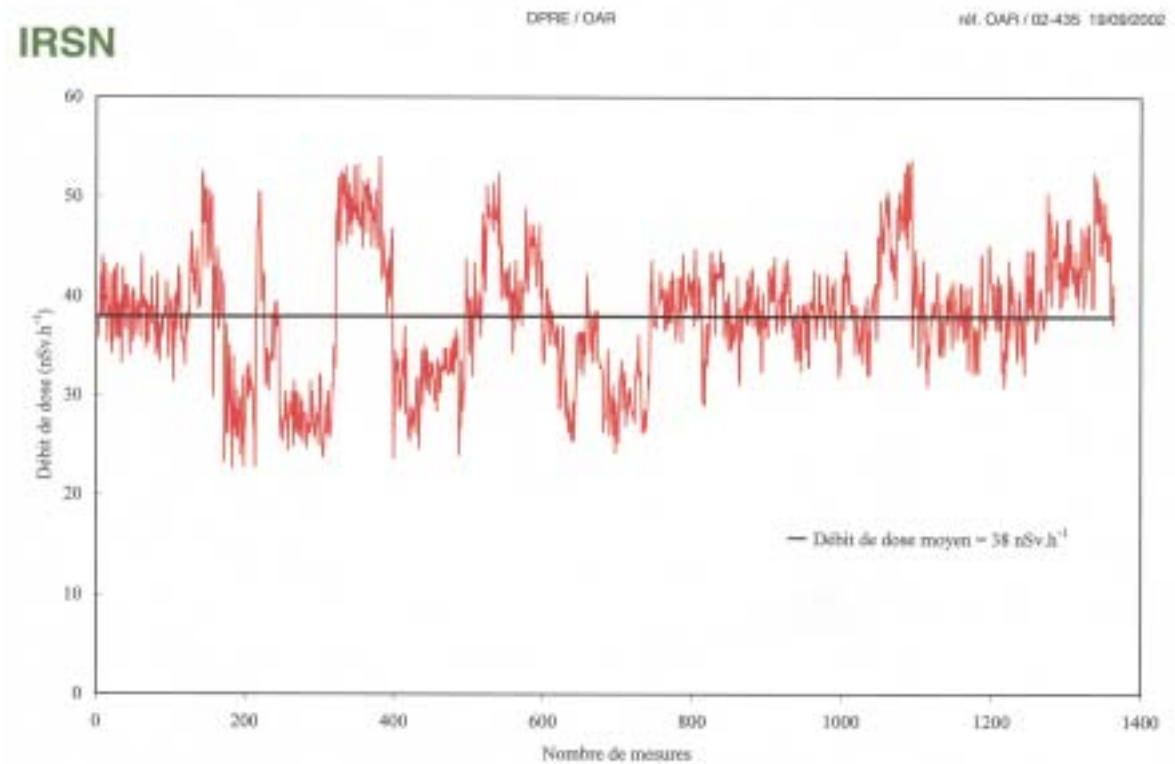
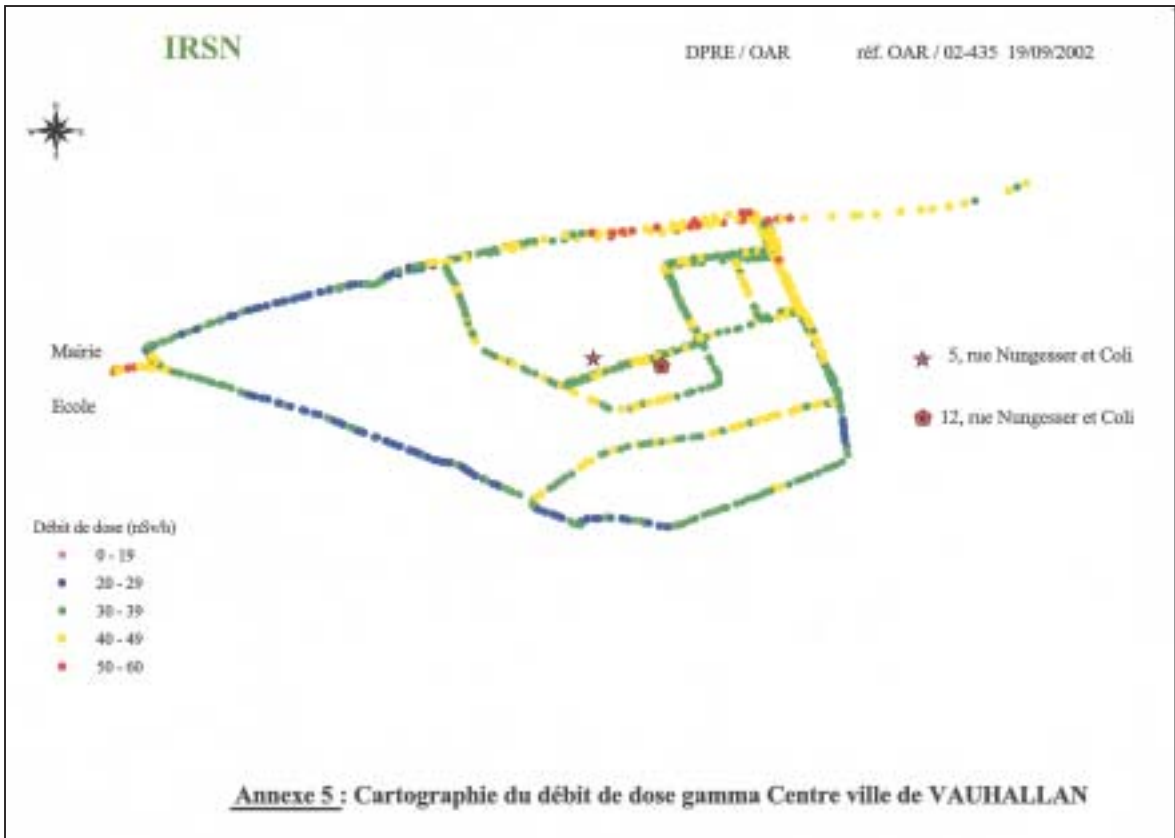
**Annexe 1 : Cartographie gamma CEA FAR - VAUHALLAN**



**Annexe 2 : CEA FAR - VAUHALLAN (plusieurs itinéraires)**



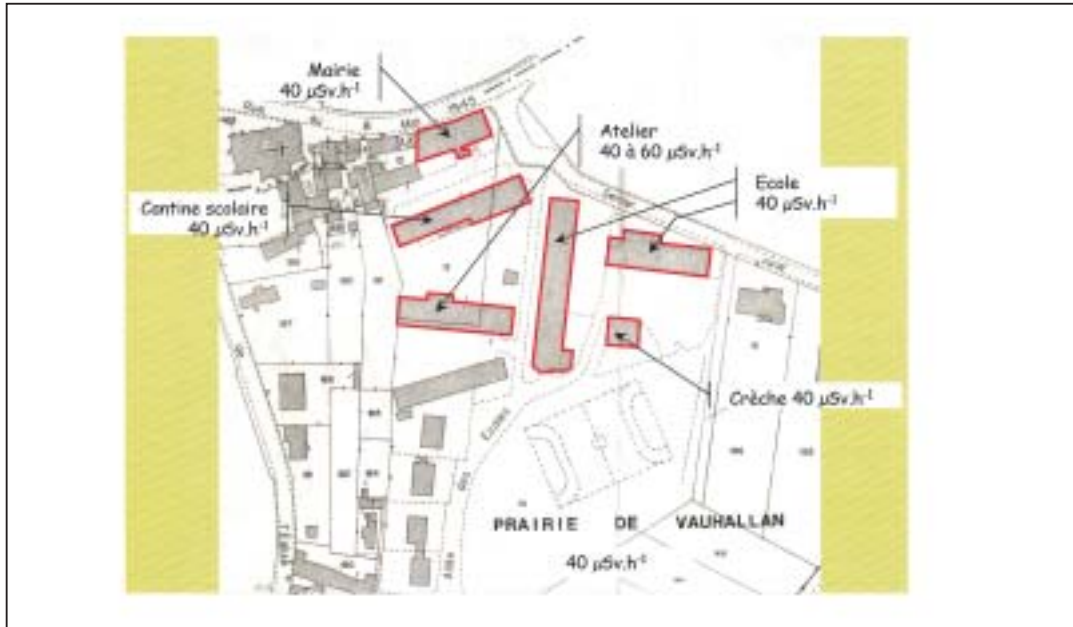




IRSN

DPRE / OAR

réf. OAR / 02-435  
19/09/2002



ANNEXE 7 - Détail des mesures en centre ville - 1/2

IRSN

DPRE / OAR

réf. OAR / 02-435  
19/09/2002



ANNEXE 8 - Détail des mesures en centre ville - 2/2

# Annexe 5

## Rapport du service d'évaluation et de gestion des risques (SEGR) de l'IRSN

« Evaluation de la dose reçue par les enfants de Vauhallan exposés  
aux rejets d'effluents radioactifs du centre CEA de Saclay »

- septembre 2002 -

IRSN

EVALUATION DE LA DOSE REÇUE PAR LES ENFANTS  
DE VAUHALLAN EXPOSES AUX REJETS D'EFFLUENTS  
RADIOACTIFS DU CENTRE CEA DE SACLAY

*C. RINGEARD*


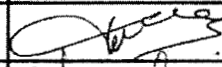
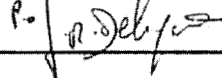
Note Technique SEGR/SAER/02-74 - Indice 1  
septembre 2002

**SERVICE D'EVALUATION  
ET DE GESTION DES RISQUES**

**I.R.S.N.**

**IRSN/DPHD/SEGR/SAER**  
**EVALUATION DE LA DOSE REÇUE PAR LES ENFANTS DE  
VAUHALLAN EXPOSES AUX REJETS D'EFFLUENTS  
RADIOACTIFS DU CENTRE CEA DE SACLAY**

Identification : Note Technique SEGR/SAER/02- 74 - Indice : 1

	Nom	Date	Visa
Auteur(s)	C. RINGEARD	05-09-2002	
Vérificateur(s)	C. VALERY	10-10-2002	
Approbateur(s)	S. LORTHIOIR	10-10-2002	

LISTE DE DIFFUSION		
INTERNE		EXTERNE
J.M. DELIGNE	DPHD/SEGR/SAER	
J. BRENOT	DPHD/SEGR	
ML. PERRIN	DPHD/SEGR	
D. CHAMPION	DPHD	

SEGR/SAER/02-74

Indice 1

IRSN/DPHD/SEGR/SAER

EVALUATION DE LA DOSE REÇUE PAR LES ENFANTS DE  
VAUHALLAN EXPOSES AUX REJETS D'EFFLUENTS  
RADIOACTIFS DU CENTRE CEA DE SACLAY

Version/Révision		Références		Description de la modification
Indice	Date	N° Page	N° §	

# TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>2</b>
<b>2. METHODOLOGIE</b>	<b>2</b>
<b>3. PREMIERE ESTIMATION DE LA SAER</b>	<b>3</b>
<b>3.1. HYPOTHESES RETENUES</b>	<b>3</b>
3.1.1. TERME SOURCE	3
3.1.2. DONNEES METEOROLOGIQUES	4
3.1.3. RATIONS ALIMENTAIRES	4
3.1.4. COEFFICIENTS DE DOSE	4
3.1.5. PARAMETRES DE MODE DE VIE	4
<b>3.2. RESULTATS</b>	<b>5</b>
<b>3.3. COMPARAISON DES RESULTATS DU MODELE AUX MESURES</b>	<b>5</b>
<b>4. CONCLUSION</b>	<b>6</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>7</b>
<b>ANNEXE 1 : TERME SOURCE</b>	<b>8</b>
<b>ANNEXE 2 : ROSE DES VENTS</b>	<b>9</b>
<b>ANNEXE 3 : REGIME ALIMENTAIRE DE L'ENFANT DE 5 ANS</b>	<b>10</b>
<b>ANNEXE 4 : LOCALISATION DE LA COMMUNE DE VAUHALLAN</b>	<b>11</b>

## 1. Introduction

La direction régionale des affaires sanitaires et sociales (DRASS) de l'Ile-de-France a saisi l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) le 12 juin 2002 au sujet de deux cas de leucémie, diagnostiqués à 3 mois d'intervalle, concernant deux enfants de 5 ans domiciliés dans une même rue de la commune de Vauhallan (Essonne). Un Comité Technique, piloté par la cellule d'intervention régionale en épidémiologie (CIRE), auquel participe un membre du service d'évaluation et de gestion des risques (SEGR) a été mis en place.

La commune de Vauhallan étant située à proximité du centre CEA de Saclay, l'IRSN a mené une évaluation des doses que ces deux enfants auraient pu recevoir du fait d'une exposition aux rejets d'effluents radioactifs du centre, afin de situer cette exposition par rapport aux autres facteurs de risque possibles. Cette évaluation a été réalisée par la Section d'Analyse et d'Expertise en Radioprotection (SAER).

L'objet de cette note est de présenter les hypothèses retenues ainsi que les résultats obtenus par la SAER.

## 2. Méthodologie

L'évaluation des doses reçues par les enfants de Vauhallan doit être effectuée en vue d'estimer un éventuel risque de leucémie. L'indicateur pertinent est la dose à la moelle osseuse. Il s'agit donc d'évaluer pour des enfants âgés de 5 ans en 2002, les doses reçues à la moelle osseuse à la suite d'expositions aux rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux des installations du centre CEA.

Les effluents radioactifs liquides sont rejetés dans les étangs de Saclay. Trois voies d'exposition peuvent a priori être considérées : l'exposition externe de l'enfant due à une baignade dans l'eau des étangs, l'exposition interne par ingestion de poissons pêchés dans les étangs et l'exposition interne par ingestion par inadvertance de l'eau des étangs.

Les effluents gazeux radioactifs sont rejetés par des cheminées dans l'atmosphère. Quatre voies d'exposition peuvent a priori être considérées : l'exposition externe au panache et au dépôt, l'exposition interne par inhalation et par ingestion de produits alimentaires « agricoles » produits localement.

Dans le cadre des évaluations conduites par le Comité Technique, un questionnaire relatif au mode de vie a été soumis au mois de juillet 2002 aux familles des deux enfants atteints de leucémie. Les résultats de ce questionnaire ont permis de préciser les voies d'exposition à prendre en compte. En particulier :

- les enfants n'ont jamais été en contact avec l'eau de l'étang et du ru de Saclay,
- les parents de ces enfants ne pratiquent pas l'activité de pêche.

Les deux enfants ne sont donc pas exposés aux rejets d'effluents radioactifs liquides. L'estimation des doses repose uniquement sur l'exposition aux rejets d'effluents radioactifs gazeux.

Deux approches peuvent être envisagées pour l'estimation :

- une approche modélisation à partir des rejets des installations,
- une approche reconstitution des doses à partir de résultats de mesures.

Pour le calcul de doses fondé sur la modélisation, la SAER dispose d'un code de calcul dénommé Focon 96. Ce code permet de modéliser les transferts des radionucléides rejetés dans l'atmosphère dans les différents compartiments de l'environnement (sol, herbe, légumes, viande, lait, ...) et de calculer les doses associées aux quatre voies d'exposition décrites ci-dessus.

Le calcul de doses à partir des résultats de mesures permet de lever un certain nombre d'incertitudes inhérentes aux modèles de dispersion des rejets radioactifs. Cependant, la connaissance des niveaux de contamination par la mesure est limitée par les points suivants :

- valeurs d'activité (volumique, massique) de certains radionucléides trop basses pour être détectables,
- mesures d'activité globale ( $\alpha$  ou  $\beta$  globale) imprécises quant aux radionucléides impliqués,
- mesures d'activité trop peu nombreuses pour effectuer des estimations de doses précises.

La valeur annuelle moyenne des mesures de radioactivité des différents compartiments de l'environnement et des produits de la chaîne alimentaire est utilisée comme meilleur estimateur de leur niveau de contamination.

Pour une première estimation, la SAER a retenu l'approche par modélisation.

### 3. Première estimation de la SAER

#### 3.1. Hypothèses retenues

Les enfants sont exposés seulement aux rejets d'effluents radioactifs gazeux du centre de Saclay.

Les enfants et leurs parents consomment peu ou pas d'aliments produits localement. La SAER estime cependant qu'en l'absence de données précises quant à la consommation des deux enfants, notamment de produits d'origine locale, un régime par défaut doit être fixé,

La SAER a considéré pour les deux enfants une durée d'exposition aux rejets d'effluents radioactifs gazeux de 5 ans.

##### 3.1.1. Terme source

Le calcul des doses dues à l'exposition aux rejets d'effluents radioactifs gazeux nécessite la connaissance des radionucléides rejetés et de leurs activités.

Le dossier d'étude d'impact du CEA/Saclay (1997) [1] présente un spectre détaillé des rejets d'effluents radioactifs gazeux réels pour l'année 1995. La SAER ne dispose pas de spectre détaillé pour les années plus récentes. Afin de vérifier si les rejets de l'année 1995 sont représentatifs des années postérieures, la SAER a comparé les résultats des contrôles des rejets d'effluents radioactifs gazeux (tableau 1) réalisés de 1995 à 2001 [2].

**Tableau 1 : Résultats des contrôles des rejets d'effluents radioactifs gazeux – activité annuelle (Bq)**

	Activité annuelle (Bq)						
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Tritium	$9,0 \cdot 10^{13}$	$5,4 \cdot 10^{13}$	$5,6 \cdot 10^{13}$	$9,6 \cdot 10^{13}$	$5,1 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^{13}$	$4,3 \cdot 10^{13}$
Halogènes	$5,0 \cdot 10^8$	$8,5 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^8$	$4,7 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^8$
Aérosols	$2,0 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^7$	$7,2 \cdot 10^7$	$7,9 \cdot 10^7$	$9,2 \cdot 10^7$
Autres gaz	$6,4 \cdot 10^{13}$	$7,4 \cdot 10^{13}$	$7,6 \cdot 10^{13}$	$7,2 \cdot 10^{13}$	$6,8 \cdot 10^{13}$	$6,0 \cdot 10^{13}$	$5,8 \cdot 10^{13}$

Ces résultats montrent que les activités du tritium et des aérosols dans les effluents gazeux mesurées en 1995 sont légèrement supérieures à la moyenne de celles mesurées de 1996 à 2001. Pour les halogènes et les autres gaz on observe des fluctuations qui traduisent les variations de fonctionnement des installations nucléaires situées sur le centre. La SAER considère que l'année 1995 est représentative de la période considérée. L'hypothèse suivante est retenue : les activités rejetées annuellement de 1997 à 2002 sont prises égales à celles de l'année 1995. Le spectre de radionucléides est présenté en annexe 1.



### **3.1.2. Données météorologiques**

La rose des vents utilisée pour les calculs est présentée en annexe 2. Sur le plateau de Saclay, les vents d'ouest/sud-ouest sont dominants.

### **3.1.3. Rations alimentaires**

L'enquête menée auprès des familles des deux enfants leucémiques indique que les parents des deux enfants ne possèdent pas de jardin potager et que les produits frais sont achetés principalement dans des supermarchés et occasionnellement au marché local. Les enfants et leurs parents consomment donc peu ou pas d'aliments produits localement. La SAER estime cependant qu'en l'absence de données précises quant à la consommation notamment de produits d'origine locale, un régime par défaut doit être fixé.

L'hypothèse d'un régime constant de 0 à 5 ans a été faite. Cette approche est pénalisante excepté pour la ration de lait qui est plus importante pour un enfant de 3 mois et de 1 an que pour un enfant de 5 ans (moins d'un facteur 3). Si la contribution de l'ingestion à la dose totale s'avère être importante, il sera alors nécessaire de définir plus précisément les régimes alimentaires de chaque classe d'âge.

Le régime alimentaire d'un enfant de 5 ans a été établi à partir de données issues de la base de données CIBLEX [3].

Les rations alimentaires et le pourcentage d'origine locale sont présentés en annexe 3.

### **3.1.4. Coefficients de dose**

L'incorporation par l'individu (inhalation et ingestion) de radionucléides entraîne une exposition interne et donc des doses associées qui peuvent être délivrées à la moelle osseuse sur plusieurs années. Les coefficients de dose interne utilisés par la SAER sont extraits de la CIPR (1998) [4]. Ils permettent de calculer des doses engagées à la moelle osseuse à 1 an, 5 ans, 10 ans, 15 ans et 50 ans. Ils concernent six groupes d'âge : 3 mois, 1 an, 5 ans, 10 ans, 15 ans et adulte.

Ces coefficients permettent de calculer la dose cumulée délivrée à la suite d'une incorporation sur la période considérée. Afin de connaître la fraction de cette dose qui est délivrée l'année de l'incorporation ainsi que les fractions délivrées les années suivantes, la SAER a effectué une interpolation linéaire des coefficients de dose.

Pour l'exposition externe, la dose est entièrement délivrée à la moelle osseuse l'année de l'exposition. Les coefficients de dose externe utilisés par la SAER sont extraits du guide en référence [5]. Il est à noter que les valeurs ne prennent pas en compte l'effet de l'âge (i.e. la taille de l'individu) pour l'exposition externe au dépôt sur le sol. Normalement, plus un individu est petit, plus il est proche du sol et donc la dose reçue est plus élevée.

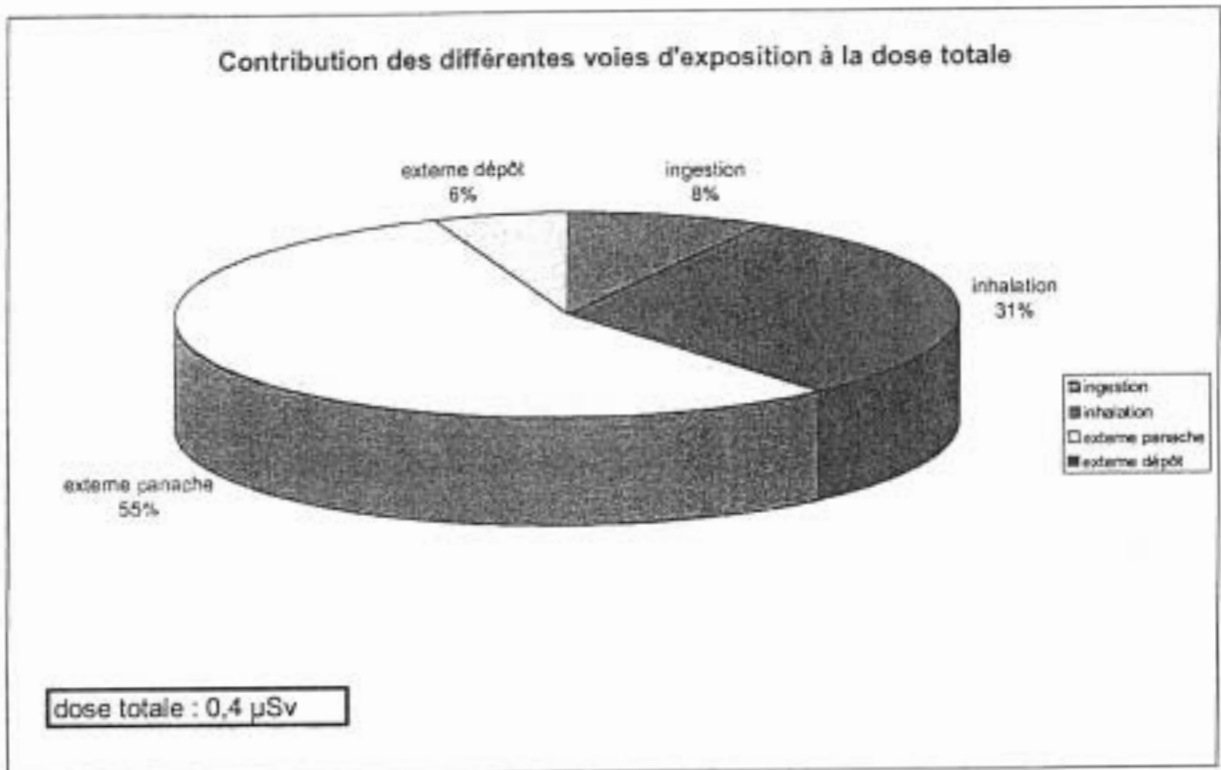
### **3.1.5. Paramètres de mode de vie**

L'enfant est supposé vivre à Vauhallan depuis sa naissance et y résider en permanence. Le temps passé à l'intérieur des bâtiments n'ayant pas été estimé, aucune protection apportée par les bâtiments n'est prise en compte dans les calculs.

### 3.2. Résultats

La dose à la moelle osseuse d'un enfant de 5 ans, résidant dans la commune de Vauhallan, calculée à partir des hypothèses présentées ci-dessus est de l'ordre de  $0,4 \mu\text{Sv}/\text{an}$ , soit une dose cumulée sur 5 ans de l'ordre de  $2 \mu\text{Sv}$ .

La contribution des différentes voies d'exposition à la dose totale est présentée ci-dessous (figure 1).



**Figure 1 : Contribution des différentes voies d'exposition à la dose à la moelle osseuse due aux rejets d'effluents radioactifs gazeux**

L'exposition externe au panache est la voie qui contribue le plus à la dose totale (55%). L'inhalation, l'ingestion et l'exposition externe au dépôt contribuent respectivement pour 31%, 8% et 6% à la dose totale. Les radionucléides principaux contributeurs à la dose totale sont l'argon 41 et le tritium sous forme d'eau tritiée (HTO).

### 3.3. Comparaison des résultats du modèle aux mesures

Le CEA publie chaque année un bilan du contrôle des rejets et de la surveillance de l'environnement des centres CEA [2]. L'IRSN réalise également des mesures, les résultats obtenus étant collectés dans la base de données OPERA [6]. La zone de prélèvement la plus proche de Vauhallan est la zone d'Orsay.

La SAER ne dispose pas de résultats de mesures réalisées dans la zone de Vauhallan.

Pour l'année 2001, les résultats des mesures réalisées autour du site de Saclay montrent que les niveaux d'activité sont très faibles et le plus souvent inférieurs aux limites de détection des appareils de mesure.

## 4. Conclusion

Les résultats du calcul de doses montrent que la contribution de l'ingestion d'aliments produits localement à la dose totale est faible. L'hypothèse pénalisante retenue par la SAER d'un régime constant de 0 à 5 ans est sans influence sur le résultat final.

L'exposition externe au panache contribue à plus de 50 % de la dose totale. La dose panache est certainement surestimée ; en effet, dans les calculs, l'enfant est supposé vivre en permanence à Vauhallan et aucune protection apportée par les bâtiments n'est prise en compte.

L'exposition des deux enfants âgés de cinq ans leucémiques aux rejets radioactifs liquides n'a pas été prise en compte du fait des réponses au questionnaire soumis à leurs parents. D'une façon générale, il est à noter que l'accès aux étangs de Saclay est restreint aux personnes autorisées. On peut donc considérer que la probabilité qu'un enfant consomme des poissons pêchés dans les étangs ou se baigne dans ces étangs est quasiment nulle. La baignade dans le Ru de Vauhallan correspond également à un comportement particulier peu probable.

La dose calculée pour les deux enfants leucémiques est donc très probablement représentative des doses moyennes reçues par les enfants de cinq ans de Vauhallan.

La conclusion principale de cette étude est que la dose individuelle à la moelle osseuse estimée pour les deux enfants de Vauhallan atteints de leucémie et due aux rejets d'effluents radioactifs du CEA de Saclay est faible, inférieure à 1  $\mu\text{Sv}/\text{an}$ .

A titre de comparaison, les doses individuelles à la moelle osseuse dues aux expositions naturelles et médicales estimées pour la population française sont en moyenne de l'ordre de [7] :

- pour l'exposition naturelle, 4700  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  pour les enfants de 0 à 2 ans et 2000  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  pour les enfants de 3 à 17 ans,
- pour l'exposition médicale, 740  $\mu\text{Sv}/\text{an}$ .

La dose à la moelle osseuse due à une exposition aux rejets d'effluents radioactifs du centre CEA de Saclay est négligeable par rapport aux doses individuelles à la moelle osseuse moyennes dues aux expositions naturelles et médicales.

## 5. Bibliographie

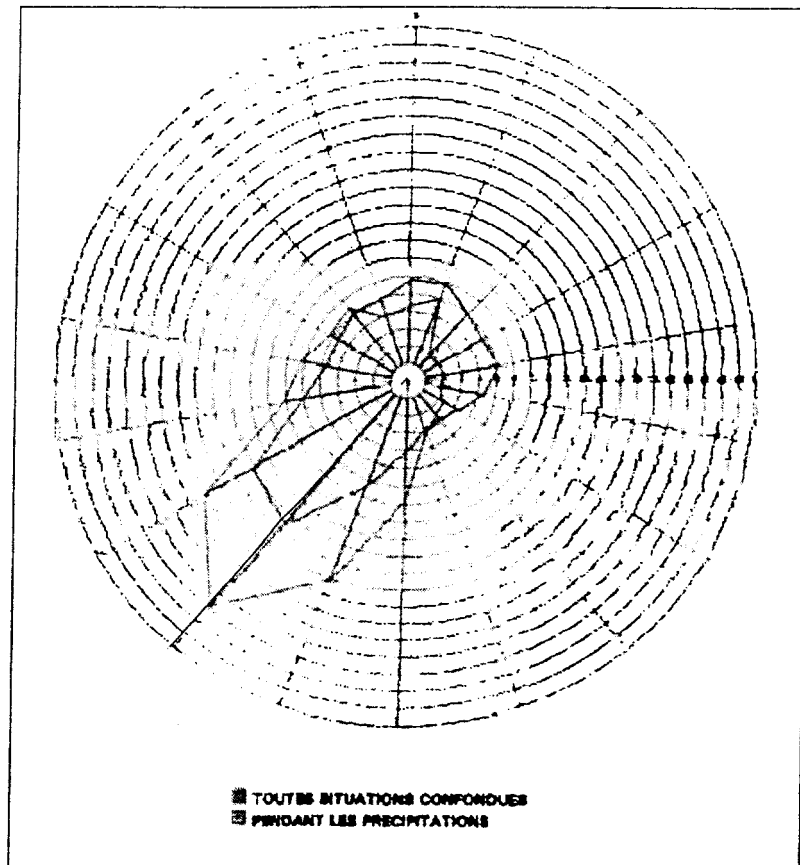
- [1] CEA, Etude d'impact des rejets liquides et gazeux et des prélèvements d'eau du CEA/Saclay, DCEA-S/DIR/96/NO/002, CEA de Saclay, novembre 1997.
- [2] CEA, Contrôle des rejets et surveillance de l'environnement des centres CEA, bilan 2001, Direction centrale de la Sécurité, CEA de Fontenay-aux-Roses, décembre 2001.
- [3] Cessac B et al, CIBLEX, Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, Rapport DPRE/02-03 et DPHD/02-02, 2002.
- [4] ICRP, the ICRP Database of dose coefficients : Workers and members of the public, Version 1.0, Pergamon, 1998.
- [5] Eckerman KF and Ryman JC, External exposure of radionuclides in air, water and soil, Federal Guidance Report 12, EPA Report 402-R-93-081, Washington Dc, 1993.
- [6] OPERA, base de données des observatoires permanents de la radioactivité dans l'environnement, <http://www.irsn.fr/opera/>.
- [7] Rommens C, Ringeard C and Hubert P, Exposure of red bone marrow to ionising radiation from natural and medical sources in France, Journal of Radiological Protection 21 209-219, 2001.

## Annexe 1 : Terme source

	Activité rejetée (Bq) – année 1995
$^3\text{H}$	$6,93.10^{13}$
HTO	$2,07.10^{13}$
	<b><math>9,00.10^{13}</math></b>
$^{41}\text{Ar}$	$1,54.10^{13}$
$^{85}\text{Kr}$	$7,68.10^{12}$
$^{133}\text{Xe}$	$3,90.10^{13}$
$^{14}\text{C}$	$6,40.10^9$
$^{87}\text{Kr}$	$2,56.10^{11}$
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$3,84.10^{11}$
$^{88}\text{Kr}$	$3,20.10^{11}$
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	$1,92.10^{11}$
$^{135}\text{Xe}$	$3,20.10^{11}$
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	$1,28.10^{11}$
	<b><math>6,37.10^{13}</math></b>
$^{123}\text{I}$	$4,25.10^7$
$^{125}\text{I}$	$1,05.10^8$
$^{131}\text{I}$	$3,50.10^8$
$^{82}\text{Br}$	$2,50.10^8$
	<b><math>5,00.10^8</math></b>
$^{14}\text{C}$	$1,22.10^9$
$^{57}\text{Co}$	$1,00.10^5$
$^{60}\text{Co}$	$2,60.10^7$
$^{75}\text{Se}$	$4,00.10^5$
$^{90}\text{Sr}$	$6,00.10^3$
$^{99}\text{Mo}$	$8,00.10^5$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3,20.10^7$
$^{125}\text{Sb}$	$2,00.10^9$
$^{137}\text{Cs}$	$6,00.10^3$
$^{197}\text{Hg}$	$4,00.10^5$
$^{201}\text{Tl}$	$3,20.10^6$
$^{203}\text{Hg}$	$4,00.10^5$
$^{239}\text{Pu}$	$8,00.10^5$

## Annexe 2 : Rose des vents

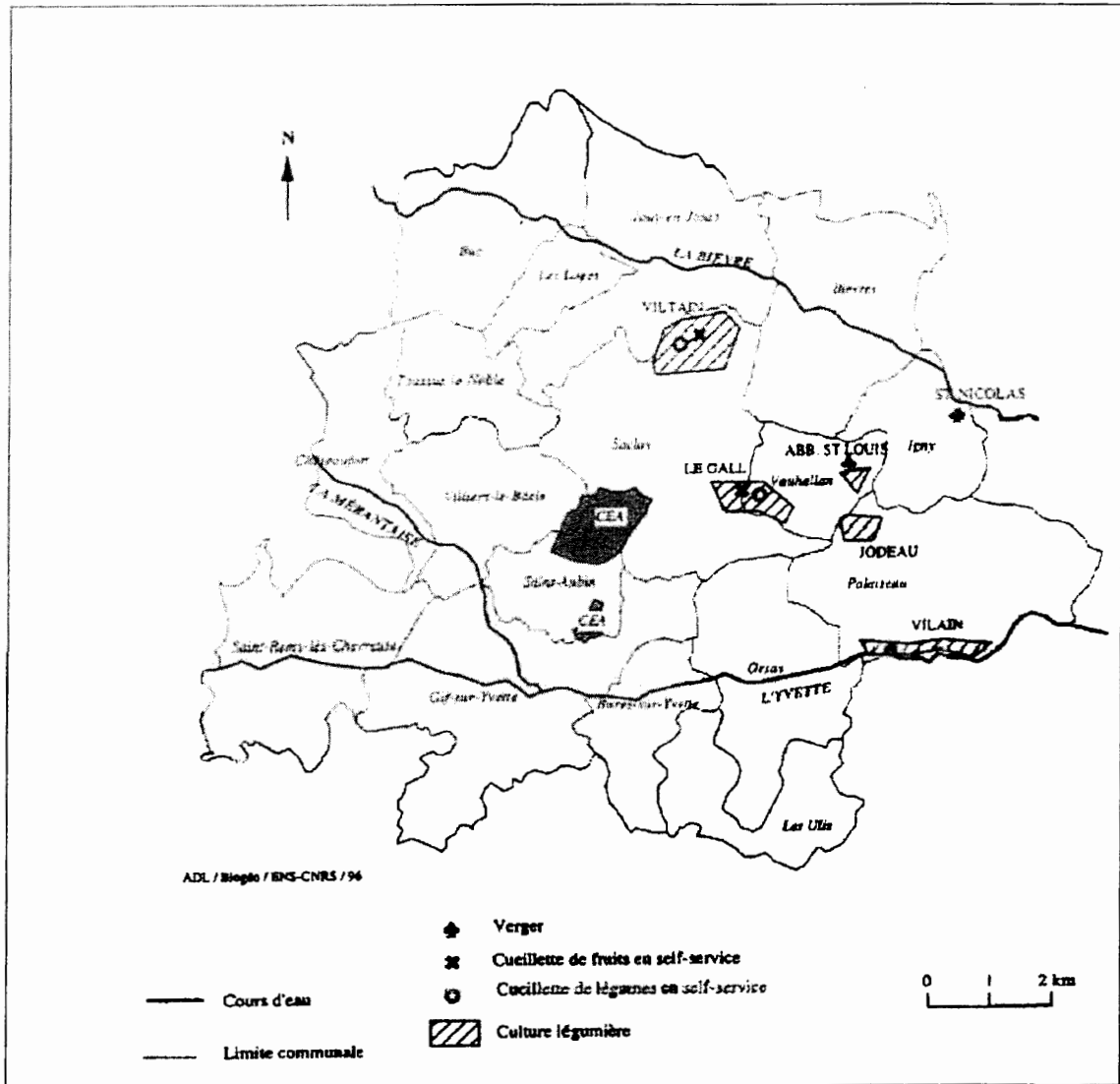
Fréquence des directions des vents à 58 m, toutes vitesses confondues (en %)  
(décembre 1986 à novembre 1992)



### Annexe 3 : Régime alimentaire de l'enfant de 5 ans

Aliments	Rations (kg/an)	% d'origine locale
Légumes-feuilles	7,6	8
Légumes-racines	23,7	7
Légumes fruits	47,7	5
Céréales	42,6	<1
Lait de vache	94,3	<1
Viande de bœuf	10,5	<1
Viande de mouton	5,4	3
Viande de porc	11,6	<1
Viande de volaille	6	2
Oeufs	9,7	4

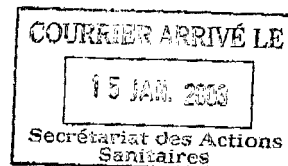
## Annexe 4 : Localisation de la commune de Vauhallan





# Annexe 6

## Copie du courrier de RTE relatif aux lignes haute tension



VOS RÉF: Affaire suivie par :  
Yannick PAVAGEAU

NOS RÉF : G 4187/HT/JMG.AG/43.11.02

INTERLOCUTEUR: J.M. GOURNAY  
TEL: 01 47 61.34.65

MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES,  
DU TRAVAIL ET DE LA SOLIDARITÉ  
MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA  
FAMILLE ET DES PERSONNES HANDICAPÉES

Immeuble France-Evry  
Tour Malte  
Boulevard de France  
91 035 EVRY CEDEX

OBJET: Mesures de champs  
Electromagnétiques



A l'attention de Monsieur Y. PAVAGEAU

Monsieur,

Conformément à votre demande, nous avons réalisé des mesures de champs électromagnétiques dans la région que vous nous avez identifiée.

Veuillez trouver le compte-rendu express de ces mesures.

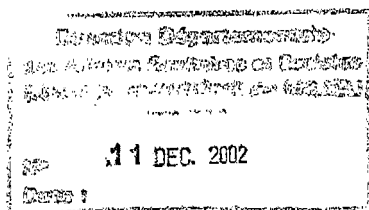
Les lignes surplombant la zone sont particulièrement en 225 kV.  
Les champs électromagnétiques sont maximums à l'aplomb des conducteurs et diminuent rapidement dès que l'on s'éloigne.

Vous trouverez en page 25 de la brochure « champs électromagnétiques et lignes électriques », l'ordre de grandeur et l'amortissement des champs générés par les lignes haute tension.  
Vous noterez qu'environ à 100 m de l'axe la valeur de ces champs est pratiquement nulle.

Les valeurs mesurées dans les rues que vous nous avez demandées ne sont pas générées par les lignes haute-tension de la région.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

P.J. : 5



*[Signature]*  
M. GOURNAY

GESTIONNAIRE DU RÉSEAU DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ  
TRANSPORT ÉLECTRICITÉ NORMANDIE PARIS  
GROUPE D'EXPLOITATION TRANSPORT SUD-OUEST  
233, QUAI DE STALINGRAD - 92130, REY LES MOULINS



DIDIER GRENIER

### COMpte-RENDU RAPIDE

- CR RÉUNION      CR VISITE      CR MISSION      CR ENTRETIEN
- EMETTEUR: D. GRENIER
  - TÉLÉPHONE: 01 43 69 84 88      • FAX: 01 43 69 84 69
  - DESTINATAIRES: JEAN MARIE GOURNAY TENP GET SO
  - DATE DU CR: 04/11/02
  - VISA :
  - COPIES:
  - PARTICIPANTS: J.M. GOURNAY, D. GRENIER
  - LIEU:
  - DATE: 04/11/02
  - OBJET: MESURES DE CHAMP B 50 HZ

Suite à votre demande, Nous avons réalisé le 31 octobre 2002, des mesures de champ magnétique 50 Hz, sur les communes d'Igny, Verrières le Buisson et à l'est aux environs de Favreuse.

Appareils de mesures utilisés.

Mesureur de champ	3830
Sondes de mesures	3830/3

Conditions climatiques

Température ambiante: 18,2° C
Humidité relative : 61,4 %

GESTIONNAIRE DU RÉSEAU DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE RESEAUX  
SERVICE APPUI TECHNIQUE A L'EXPLOITATION - POLE ESSAIS  
6 RUE AMPERE - BP 114 - 93 203 SAINT-DENIS CEDEX

T 01 43 69 84 71 - F 01 43 69 84 69 - SITE WEB : www.rte-france.com - Intranet : rnetransport/cher  
CODE SIRET EDF : 562 987 317 21657 - CODE APE : 4612

CNER/RMA/PPC/01/024



Résultats des mesures.

Rue de Gommonvilliers à Igny	0,1 $\mu$ T
Rue d'Amblainvilliers à Verrières	0,1 $\mu$ T
Environs de Favreuse	0,1 $\mu$ T

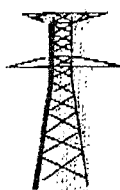
Conclusion.

La distance des points de mesures par rapport aux lignes THT étant trop importante, les niveaux de mesures relevés ne peuvent être imputés aux lignes THT mais au réseau BT cheminant dans les rues.

# CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES ET LIGNES ELECTRIQUES

## CHAMP ELECTRIQUE

Intensité du champ électrique et du champ magnétique à proximité des lignes électriques (au niveau du sol)



tension	CHAMP ELECTRIQUE (en V/m)		
	sous les conducteurs	à 30 m de l'axe	à 100 m de l'axe
Ligne THT 400 kV	6 000	2 000	200
Ligne THT 225 kV	4 000	400	40
Ligne HT 90 kV	1 000	100	10
Ligne MT 20 kV	250	10	ε
Ligne BT 220 V	1,2	ε	ε

## CHAMP MAGNETIQUE (en μT)

tension	sous les conducteurs	à 30 m de l'axe	à 100 m de l'axe
Ligne THT 400 kV	30	12	1
Ligne THT 225 kV	20	3	0,3
Ligne HT 90 kV	10	1	0,1
Ligne MT 20 kV	6	0,2	ε
Ligne BT 220 V	1,3	ε	ε

## CHAMP ELECTRIQUE

Intensité du champ électrique à 30 cm de quelques appareils domestiques



	CHAMP ELECTRIQUE (en V/m)
Gril	130 V/m
Grille-pain	40 V/m
Chaîne stéréo	90 V/m
Réfrigérateur	60 V/m
Télévision	30 V/m
Lampe à incandescence	2 V/m
Couverture électrique	250 V/m

