

*Santé environnement*

# Étude de la mortalité et de l'incidence des cancers dans la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe phréatique autour du site industriel Solvay à Tavaux, Jura



MINISTÈRE DE LA SANTÉ,  
DE LA JEUNESSE  
ET DES SPORTS

Drass de Bourgogne  
Cire Centre-Est



# Sommaire

Abréviations	2
<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Contexte	3
1.2 La saisine	3
<b>2. Objectif</b>	<b>4</b>
2.1 Le travail réalisé par la Cire et les registres de cancers	4
2.1.1 Étude de la mortalité générale et de la mortalité par cancer (données de mortalité de l'Insee – Institut national de la statistique et des études économiques)	4
2.1.2 Étude de la morbidité par cancer (données d'incidence des registres)	4
<b>3. Matériels et méthodes</b>	<b>5</b>
3.1 Origine des données	5
3.1.1 Données de mortalité	5
3.1.2 Données de population	6
3.1.3 Données de morbidité	6
3.2 Méthodes statistiques	7
<b>4. Résultats</b>	<b>8</b>
4.1 Étude de la mortalité par grandes causes de décès de la classification internationale des maladies	8
4.1.1 Étude des ratios standardisés de mortalité toutes causes des zones Z1 et Z2 concernant les périodes 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001	8
4.1.2 Étude des ratios standardisés de mortalité par cancer des zones Z1 et Z2 concernant les périodes 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001	8
4.2 Étude de l'incidence des cancers sur les communes de Côte-d'Or concernées par le périmètre de protection	9
<b>5. Discussion</b>	<b>11</b>
5.1 Discussion des choix méthodologiques	11
5.1.1 Les limites majeures de ce type d'approche concernent :	11
5.1.2 Pour palier au mieux ces problèmes, plusieurs mesures ont été mises en place dans notre étude	11
5.2 Discussion des résultats	11
<b>6. Conclusion</b>	<b>13</b>
Annexes	14

# **Étude de la mortalité et de l'incidence des cancers dans la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe phréatique autour du site industriel Solvay à Tavaux, Jura**

## **Institutions et personnes ayant contribué à l'étude**

F. Clinard, U. Noury, J. Stoll, C. Tillier

Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) d'intervention Centre-Est, Dijon

M. Mevel (Service des systèmes informatiques), R. Nicolau (Service des systèmes informatiques), J. Le Moal (Département santé environnement)

Institut de veille sanitaire (InVS), Saint-Maurice

S. Gagey, A. Hochard

Observatoire régional de la santé de Franche-Comté, Besançon

V. Jooste, AM. Bouvier, J. Faivre

Registre bourguignon des cancers digestifs, Dijon

PM. Carli, M. Maynadié

Registre des hémopathies malignes de Côte-d'Or, Dijon

## **Rédaction du rapport**

F. Clinard

Cire Centre-Est, Dijon

## **Relecture du rapport**

J. Le Moal

Département santé environnement, InVS, Saint-Maurice

# Abréviations

<b>ALD</b>	Affection de longue durée
<b>CHU</b>	Centre hospitalier universitaire
<b>CIM</b>	Classification internationale des maladies
<b>Cire</b>	Cellule interrégionale d'épidémiologie
<b>CépiDC</b>	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès
<b>Ddass</b>	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
<b>DIM</b>	Département d'information médicale
<b>EDR</b>	Évaluation détaillée des risques
<b>ERI</b>	Excès de risque individuel
<b>ESR</b>	Évaluation simplifiée des risques
<b>Insee</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>Misp</b>	Médecin inspecteur de santé publique
<b>POC</b>	Produits organo-chlorés
<b>PVC</b>	Polychlorure de vinyle (PVC)
<b>PDVC</b>	Polychlorure de vinylidène (PDVC)
<b>SIR</b>	Ratio standardisé d'incidence
<b>SMR</b>	Ratio standardisé de mortalité

# 1. Introduction

## 1.1 CONTEXTE

L'usine Solvay de Tavaux dans le département du Jura, créée en 1930, est une plate-forme chimique qui s'étend sur près de 200 hectares sur les communes de Tavaux, Damparis et Abergement-la-Ronce. Elle regroupe actuellement près de 2 400 personnes sur le site dont 500 à 600 emplois d'entreprises prestataires. La production de base est centrée autour du polychlorure de vinyle (PVC) et du polychlorure de vinylidène (PVDC).

De 1964 à 1986, 50 000 tonnes de déchets organo-chlorés (hexachlorobutadiène, hexachloroéthane, perchloroéthylène, pentachlorobenzène, tétrachlorure de carbone, trichloroéthylène, hexachlorobenzène essentiellement) ont été stockées dans une alvéole en argile qui a, par la suite, présenté un défaut d'étanchéité. Une pollution des eaux souterraines a été mise en évidence en 1987. Cette alvéole est aujourd'hui vide. Les composés organo-chlorés ont migré vers la nappe phréatique, créant une "bulle" de produits de forte densité et un panache de pollution qui migre lentement dans le sens d'écoulement de la nappe (figure 1 en annexes).

Une étude de sol avec évaluation simplifiée des risques (ESR), portant sur l'ensemble du site, a été demandée à l'exploitant par arrêté préfectoral du 1<sup>er</sup> février 1999 suivant une méthodologie mise au point au niveau national. Les éléments rassemblés dans l'étude ont conclu à la nécessité de réaliser un diagnostic approfondi et une évaluation détaillée des risques (EDR<sup>1</sup>). Un rapport intermédiaire de cette EDR a été fourni par la société Solvay en janvier 2003, avec un complément en mars 2003. Elle conclut à un risque sanitaire à long terme pour les personnes, en cas d'ingestion répétée et prolongée d'eau de nappe

ou de baignade régulière sur une longue période en piscine alimentée par de l'eau de nappe polluée.

Une restriction d'usage de l'eau de puits prélevée dans la nappe phréatique a été prise alors conjointement par les préfets du Jura et de Côte-d'Or en juillet 2003 sur une zone d'une quarantaine de kilomètres carré, délimitée par un réseau de puits de surveillance et par la limite de l'aquifère (figure 1). Elle porte :

- pour le département du Jura, sur la totalité du territoire de la commune d'Abergement-la-Ronce et, pour partie, sur le territoire des communes d'Aumur, Champvans, Damparis et Saint-Aubin ;
- pour le département de Côte-d'Or, pour partie sur le territoire des communes de Laperrière-sur-Saône, Losne (hameau de Maison-Dieu), Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey.

## 1.2 LA SAISINE

Par un courrier en date du 15 janvier 2004, la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) a été missionnée par la directrice départementale des affaires sanitaires et sociales du Jura sur les points suivants :

- "exploitations annuelles de mortalité toutes causes et par tumeur, à obtenir par achat d'extraction de la base de données Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – CépiDC (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès) sur les communes ciblées ;
- exploitation des registres de cancers digestifs et des hémopathies malignes (registres existant uniquement pour le territoire de la Côte-d'Or)".

<sup>1</sup> Évaluation détaillée des risques – Solvay à Tavaux – document n° 215.02.0112.3.E.A – Bureau d'étude GESTER, 15/01/2003.

## 2. Objectif

Rechercher l'existence d'une surmortalité toutes causes (en relation possible avec une exposition à l'eau polluée de la nappe) ou d'une surincidence de certains cancers suivis par un registre départemental, dans la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe telle que définie par l'arrêté interdépartemental n° 1013 du 17 juillet 2003.

### 2.1 LE TRAVAIL RÉALISÉ PAR LA CIRE ET LES REGISTRES DE CANCERS

L'analyse épidémiologique a consisté à comparer le nombre de décès (ou de malades atteints d'un cancer) dans les communes concernées par la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe avec le nombre calculé de décès (ou de malades atteints d'un cancer) qu'on attendrait sur cette même zone géographique s'il s'y exercitait le même risque de décès (ou de maladie) que sur une zone géographique de référence non soumise à cette pollution hydrique.

#### 2.1.1 Étude de la mortalité générale et de la mortalité par cancer (données de mortalité de l'Insee – Institut national de la statistique et des études économiques)

- Deux zones géographiques d'intérêt ont été définies :

- la zone Z1 correspond aux deux communes situées au droit de la pollution où l'on pourrait attendre les conséquences sanitaires les plus fortes (en cas d'usage de l'eau contaminée de la nappe). Elle regroupe les territoires des communes jurassiennes d'Abergement-la-Ronce et d'Aumur, comprenant près de 1 000 habitants ;
- la zone Z2 regroupe les territoires des communes de Champvans, Damparis et Saint-Aubin pour le Jura, et Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey pour la Côte-d'Or. Elle correspond aux communes dont la plupart des habitations sont en limite ou en dehors de la zone d'extension de la pollution. Les éventuels effets sanitaires devraient *a priori* être moins importants que sur la zone Z1. La zone Z2 concerne de l'ordre de 7 800 habitants.

- Deux zones géographiques de référence ont été définies :

- le territoire des départements du Jura et de la Côte-d'Or (hormis les zones Z1 et Z2),
- le territoire du département du Jura (hormis les zones Z1 et Z2).

Le calcul du nombre de décès attendus sur les zones d'études Z1 et Z2 dépend fortement des risques de décès utilisés comme référence. Les zones Z1 et Z2 étant à cheval sur deux départements, le risque moyen de décès sur ces deux départements semble *a priori* constituer une référence valide. Les calculs ont néanmoins été également effectués en utilisant comme référence uniquement le risque de décès du département du Jura, où est située la majorité de la population d'étude des zones Z1 et Z2. La comparaison des deux calculs permet de connaître la sensibilité des modèles au choix des risques de référence.

- Trois périodes ont été étudiées : 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001.

Le découpage a été effectué *a priori* en deux périodes de 5 ans et une dernière période de 4 années seulement. L'analyse s'arrête en 2001, année la plus récente où les données validées de mortalité étaient disponibles lorsque l'analyse statistique a débuté. Il est vraisemblable que la pollution de la nappe a commencé au début des années 1980. L'analyse présente donc un recul d'une vingtaine d'années sur le début d'une exposition possible, délai suffisant pour voir apparaître des pathologies chroniques comme les cancers.

- Douze causes de décès ont été étudiées :

une quarantaine de composés toxiques a été identifiée dans l'eau de la nappe (chlorures, métaux lourds, benzène, solvants chlorés). Les pathologies que ces substances peuvent engendrer sont très variées, avec des organes cibles nombreux : foie, rein, peau, système nerveux central, cœur, système musculaire, système immunitaire... Il n'était pas possible de cibler l'étude sur une cause précise de décès. L'analyse statistique porte donc sur les causes de décès se référant à des pathologies fréquentes ou susceptibles d'être liées à une pollution environnementale :

- tumeurs,
- maladies du sang, des organes hématopoïétiques et certains troubles du système immunitaire,
- maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques,
- troubles mentaux et du comportement,
- maladies du système nerveux,
- maladies de l'appareil circulatoire,
- maladies de l'appareil respiratoire,
- maladies de l'appareil digestif,
- maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané,
- maladies de l'appareil génito-urinaire,
- affections dont l'origine se situe dans la période périnatale,
- malformations congénitales et anomalies chromosomiques.

#### 2.1.2 Étude de la morbidité par cancer (données d'incidence des registres)

- Une seule zone géographique d'intérêt a été étudiée ; elle correspond aux quatre communes de la zone de restriction d'usage qui sont surveillées par les registres de cancer (communes de Côte-d'Or) : Laperrière-sur-Saône, Losne, St-Symphorien-sur-Saône et Samerey. Il n'existe pas de registre dans le Jura.
- La zone géographique de référence choisie a été celle du département de Côte-d'Or.
- Trois périodes ont été étudiées : 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001.

L'étude a été réalisée à partir des données de morbidité disponibles dans les registres couvrant le territoire des zones géographiques étudiées : données du registre des hémopathies malignes de Côte-d'Or pour l'incidence des hémopathies malignes et données du registre bourguignon des cancers digestifs pour l'incidence des cancers digestifs.

### 3. Matériels et méthodes

#### 3.1 ORIGINE DES DONNÉES

##### 3.1.1 Données de mortalité

Depuis 1968, le CépiDc de l'Inserm est chargé d'élaborer annuellement la statistique nationale des causes médicales de décès en collaboration avec l'Insee. Cette statistique est établie à partir des informations recueillies sur le certificat et le bulletin de décès.

Lors d'un décès, le médecin établit un certificat de décès. La partie supérieure, utilisée pour la déclaration à l'état civil, est nominale et comporte le domicile du décédé, la date et l'heure de la mort. La partie inférieure est anonyme et ne comporte, en dehors des renseignements médicaux, que le nom de la commune où est survenu le décès et la date de la mort.

Les rubriques correspondant aux informations médicales renseignent les causes du décès et permettent au médecin de décrire le processus morbide ayant conduit au décès, en partant de la cause initiale jusqu'à la cause terminale. Cette partie inférieure du certificat doit être cachetée par le médecin pour en garantir le caractère confidentiel. Le certificat

de décès est remis à la mairie de la commune de décès où est détachée et conservée la partie supérieure nominale (la remise du certificat de décès est indispensable à l'obtention du permis d'inhumer).

Parallèlement, la partie cachetée du certificat (certificat médical de cause de décès) est transmise au médecin inspecteur de santé publique (misp) de la Ddass, puis au CépiDc de l'Inserm. Le CépiDc, après avoir analysé les diagnostics inscrits sur les certificats médicaux de décès, les code selon les règles de la classification internationale des maladies (CIM8 – 8<sup>e</sup> révision de 1968 à 1978, CIM9 – 9<sup>e</sup> révision de 1979 à 1999 et CIM10 depuis 2000).

La classification statistique internationale des maladies (CIM) constitue le répertoire internationalement reconnu des maladies et des affections médicales. Elle comporte 22 chapitres depuis 2006. Elle en comptait 21 auparavant. Chaque chapitre est divisé en catégories affectées d'un code à trois caractères. Les 22 chapitres sont présentés dans le tableau 1 avec l'indication entre parenthèses des codes des premières et dernières catégories qu'ils contiennent.

TABLEAU 1

LISTE DES CHAPITRES ET DES CODES DE LA CLASSIFICATION INTERNATIONALE DES MALADIES

Chapitre I :	Maladies infectieuses et parasitaires (A00-B99)
Chapitre II :	Tumeurs (C00-D48)
Chapitre III :	Maladies du sang et des organes hématopoïétiques et certains troubles du système immunitaire (D50-D89)
Chapitre IV :	Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques (E00-E90)
Chapitre V :	Troubles mentaux et du comportement (F00-F99)
Chapitre VI :	Maladies du système nerveux (G00-G99)
Chapitre VII :	Maladies de l'œil et de ses annexes (H00-H59)
Chapitre VIII :	Maladies de l'oreille et de l'apophyse mastoïde (H60-H95)
Chapitre IX :	Maladies de l'appareil circulatoire (I00-I99)
Chapitre X :	Maladies de l'appareil respiratoire (J00-J99)
Chapitre XI :	Maladies de l'appareil digestif (K00-K93)
Chapitre XII :	Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (L00-L99)
Chapitre XIII :	Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif (M00-M99)
Chapitre XIV :	Maladies de l'appareil génito-urinaire (N00-N99)
Chapitre XV :	Grossesse, accouchement et puerpératilité (O00-O99)
Chapitre XVI :	Certaines affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (P00-P96)
Chapitre XVII :	Malformations congénitales et anomalies chromosomiques (Q00-Q99)
Chapitre XVIII :	Symptômes, signes et résultats anormaux d'examens cliniques et de laboratoire, non classés ailleurs (R00-R99)
Chapitre XIX :	Lésions traumatiques, empoisonnements et certaines autres conséquences de causes externes (S00-T98)
Chapitre XX :	Causes externes de morbidité et de mortalité (V01-Y98)
Chapitre XXI :	Facteurs influant sur l'état de santé et motifs de recours aux services de santé (Z00-Z99)
Chapitre XXII :	Codes d'utilisation particulière (U00-U99)

Pour cette étude, seuls les chapitres se référant à des pathologies fréquentes ou susceptibles d'être liées à une pollution environnementale ont fait l'objet d'un traitement statistique. Il s'agissait des chapitres II (tumeurs), III (maladies du sang et des organes hématopoïétiques et certains troubles du système immunitaire), IV (maladies endocrinien-nes, nutritionnelles et métaboliques), V (troubles mentaux et du comportement), VI (maladies du système nerveux), IX (maladies de l'appareil circulatoire), X (maladies de l'appareil respiratoire), XI (maladies de l'appareil digestif), XII (maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané), XIV (maladies de l'appareil génito-urinaire),

XVI (certaines affections dont l'origine se situe dans la période périnatale) et XVII (malformations congénitales et anomalies chromosomiques).

Les données de mortalité se rapportant au chapitre II (tumeurs) ont fait l'objet d'une analyse statistique détaillée en fonction des principales localisations anatomiques des cancers. Certains codes des classifications CIM9 et CIM10 ont dû être regroupés pour que l'analyse reste cohérente malgré les évolutions de la classification internationale. Le détail de ces recodages est donné dans le tableau 2.

TABLEAU 2

TABLEAU DE CORRESPONDANCE DE CODAGE DES LOCALISATIONS CANCÉREUSES DANS LA 9<sup>e</sup> ET LA 10<sup>e</sup> ÉDITION DE LA CLASSIFICATION INTERNATIONALE DES MALADIES

Localisation de la tumeur	CIM9	CIM10
Tumeur maligne de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	140-149	C00-C14
Tumeur maligne de l'œsophage	150	C15
Tumeur maligne de l'estomac	151	C16
Tumeur maligne du côlon	153	C18
Tumeur maligne du rectum et de l'anus	154	C19-C20-C21
Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	155	C22
Tumeur maligne du pancréas	157	C25
Tumeur maligne du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	161-162	C32-C34
Mélanome malin de la peau	172	C43
Tumeur maligne du sein	174-175	C50
Tumeur maligne du col de l'utérus	180	C53
Tumeur maligne d'autres parties de l'utérus	179,182	C54-55
Tumeur maligne de l'ovaire	183	C56
Tumeur maligne de la prostate	185	C61
Tumeur maligne du rein	189	C64
Tumeur maligne de la vessie	188	C67
Tumeur maligne des tissus lymphoïdes et hématopoïétiques	200-208	C81-C96
Tumeurs du système nerveux central (encéphale et autres localisations)	190-199	C69-C80

### 3.1.2 Données de population

Les données de population proviennent des recensements réalisés par l'Insee (décompte exhaustif des populations légales de chaque circonscription administrative) en 1982, 1990 et 1999. Pour chaque année intercensitaire, les populations ont été estimées par la méthode "diagonale simple" proposée par Benhamou et Laplanche<sup>2</sup>. Cette méthode permet de prendre en compte les cohortes de naissance dans le calcul des effectifs annuels. Pour les années 2000 et 2001, les populations ont été estimées par la méthode "horizontale", en extrapolant linéairement les effectifs des années manquantes, sans tenir compte de l'effet générationnel. Les effectifs calculés sont présentés dans les tableaux 7 et 8 en annexes.

Un registre de population est une structure épidémiologique qui réalise l'enregistrement continu et exhaustif des cas d'une pathologie donnée et qui, à partir de cet enregistrement, effectue seule ou en collaboration avec d'autres équipes des études visant à améliorer les connaissances concernant cette pathologie.

Ces registres réalisent un enregistrement des pathologies tumorales par une recherche active et une validation médicale des cas diagnostiqués en Côte-d'Or. Cette recherche nécessite un contact permanent avec toutes les structures médicales susceptibles de participer au diagnostic ou à la prise en charge des patients habitant sur le territoire étudié. Un recouvrement des informations collectées est ensuite nécessaire avant le codage (selon des règles strictes) et l'enregistrement des cas dans une base de données.

La qualité d'un registre est étroitement liée à la multiplicité de ses sources d'information qui concourent à l'exhaustivité de l'enregistrement. Les sources permettant d'identifier les cas sont multiples.

**Laboratoires de biologie et d'anatomopathologie**  
L'interrogation des laboratoires de biologie et d'anatomocytopathologie des hôpitaux et du secteur privé est faite pluriannuellement.

### 3.1.3 Données de morbidité

Les données de morbidité proviennent de deux registres spécialisés dans les pathologies cancéreuses digestives (le registre bourguignon des cancers digestifs) et dans les hémopathies malignes (registre des hémopathies malignes de Côte-d'Or).

<sup>2</sup> Benhamou E, Laplanche A. (1991). Rev Epidemiol Santé Publ 39, 71-7.

## Notifications des cliniciens

Un réseau de collaboration existe depuis près de 30 ans entre les cliniciens, les épidémiologistes et les biologistes de la région. De ce fait, des notifications de cas par les cliniciens parviennent au registre et les enquêteurs peuvent compléter les informations manquantes dans les dossiers médicaux des patients.

## Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)

Les départements d'information médicale (DIM) des centres hospitaliers universitaires (CHU), les centres de lutte contre le cancer et certains centres hospitaliers sont contactés annuellement, afin d'obtenir la liste des cas répondant aux critères d'inclusion et hospitalisés l'année précédente dans l'établissement. Cette interrogation ne peut pas se faire au niveau national, ni même régional, les données sortant de l'établissement étant dès lors anonymisées.

## Patients pris en charge au titre des affections de longues durées (ALD30)

Les données des caisses primaires d'assurance maladie (notifications ALD30) permettent l'identification des cas ayant fait l'objet d'une demande de prise en charge. La liste des patients traités dans le département de la Côte-d'Or parvient annuellement au registre.

## Études et essais thérapeutiques

Environ 8 % des malades atteints d'un cancer sont inclus dans une étude ou un essai thérapeutique. Les listes des cas enregistrés dans un essai thérapeutique sont demandées annuellement à chaque responsable.

## Certificats de décès

Aucun cas n'est enregistré sur la base du seul certificat de décès, le recouplement de l'information par plusieurs sources étant nécessaire.

## Dossier médical

Le dossier médical de chaque cas est consulté.

Il n'y a pas de critère absolu permettant d'affirmer que tous les nouveaux cas de cancer survenant dans la population soumise à l'enregistrement ont bien été recensés. La validité d'un enregistrement est habituellement estimée sur les éléments suivants : proportion de cas dont le diagnostic repose sur un examen histologique, rapport mortalité/morbidité pendant la même période, multiplicité des sources d'information, stabilité du taux d'incidence global sur une courte période de temps.

La qualité du registre des cancers digestifs (crée en 1976) et du registre des hémopathies malignes (créé en 1980) est validée tous les quatre ans par le Comité national des registres (CNR).

## 3.2 MÉTHODES STATISTIQUES<sup>3</sup>

La méthode statistique utilisée est une comparaison d'incidence ou de mortalité standardisée sur l'âge par la méthode indirecte. Il s'agit d'une comparaison entre un nombre de cas observés et un nombre attendu.

Le nombre de cas attendus est calculé en appliquant les taux d'incidence ou de mortalité par tranche d'âge  $a_i$  de la population de référence à la population étudiée : le nombre de cas attendus  $e_i$  dans la classe d'âge  $i$  est le produit du taux de référence et du nombre  $n_i$  de personnes de la classe d'âge  $i$  dans la population étudiée.

$$\sum_{i=1}^A e_i = \sum_{i=1}^A a_i n_i / 100000$$

Les résultats sont exprimés sous forme de rapport (nombre de cas observés  $o_i$ ) / (nombre de cas attendus  $e_i$ ) appelé ratio standardisé de mortalité (SMR) ou ratio standardisé d'incidence (SIR). Il est généralement d'usage de présenter SMR sous forme de pourcentage, alors que les SIR sont plus volontiers présentés sous forme de fraction. Nous avons respecté cet usage.

$$SMR = \frac{\sum_{i=1}^A o_i}{\sum_{i=1}^A e_i} \times 100 = \frac{\sum_{i=1}^A o_i}{\sum_{i=1}^A a_i n_i / 100000} \times 100$$

$$SIR = \frac{\sum_{i=1}^A o_i}{\sum_{i=1}^A e_i} = \frac{\sum_{i=1}^A o_i}{\sum_{i=1}^A a_i n_i / 100000}$$

Le nombre de décès observé suivant approximativement une loi de Poisson, il est possible de calculer un intervalle de confiance à 95 % pour chaque ratio standardisé. Lorsque cet intervalle comprend la valeur 1, le nombre de cas observé n'est pas significativement différent du nombre de cas attendu.

Les ratios standardisés peuvent être comparés entre eux par un test du Chi-2 (comparaison de périodes différentes par exemple). Il est également possible de vérifier si plusieurs ratios standardisés correspondant à des périodes ou des zones géographiques différentes diffèrent significativement entre eux<sup>3</sup>.

La puissance statistique se définit comme la capacité d'une étude à mettre en évidence une différence (par exemple, entre des effectifs observés et des effectifs théoriques) entre deux échantillons, quand cette différence existe. Les calculs de puissance<sup>4</sup> reposent sur le fait que  $2(\sqrt{o} - \sqrt{e})$  suit approximativement une loi normale de moyenne  $2\sqrt{e}(\sqrt{SMR} - 1)$  et de variance 1. Cette formule de calcul est une bonne approximation, surtout si le nombre de cas attendus est suffisamment grand (en pratique supérieur à 10), ce qui n'est malheureusement pas toujours vrai des effectifs en présence dans cette étude. Ces calculs donnent néanmoins un ordre de grandeur des SMR ou SIR minimum que l'on peut mettre en évidence dans cette enquête, avec une puissance de 80 %.

Les calculs statistiques ont été réalisés à l'aide des modules "istdize" et "smrby" du logiciel Stata version 9.2 (StataCorp 4905 Lakeway Drive College Station, Texas 77845) et du tableur Excel (Microsoft Corp.)

<sup>3</sup> Breslow NE, Day NE. "Statistical methods in cancer research", vol 2. IARC scientific publ. n°82, 1987.

<sup>4</sup> Bouyer J et al. Épidémiologie – Principes et méthodes quantitatives. Les éditions Inserm, 1995.

## 4. Résultats

### 4.1 ÉTUDE DE LA MORTALITÉ PAR GRANDES CAUSES DE DÉCÈS DE LA CLASSIFICATION INTERNATIONALE DES MALADIES

#### 4.1.1 Étude des ratios standardisés de mortalité toutes causes des zones Z1 et Z2 concernant les périodes 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001

Pour ces trois périodes, sur les communes d'Abergement-la-Ronce et d'Aumur (Z1), 27, 26 et 31 décès ont été enregistrés pour, respectivement, 38, 46 et 38 décès attendus (tableau 3). Les nombres

de cas observés étant tous inférieurs aux nombres de cas attendus ; les SMR sont inférieurs à 100. On ne constate donc pas de surmortalité sur ces périodes. La puissance statistique de l'analyse permet de mettre en évidence des SMR significatifs de l'ordre de 150.

Toujours pour les trois périodes étudiées, sur les communes de Champvans, Damparis, Saint-Aubin, Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey (Z2), 310, 339 et 294 décès ont été enregistrés pour, respectivement, 346, 357 et 292 décès attendus. Les SMR sont proches de 100 et non significatifs au plan statistique. On ne constate donc pas de surmortalité sur ces périodes. La puissance statistique de l'analyse permet de mettre en évidence des SMR significatifs de l'ordre de 115.

TABLEAU 3

RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ TOUTES CAUSES POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Zone d'étude	Cas		SMR	IC 95 %		P	
	obs	att		inf	sup		
1988-1992	Z1	27	38,0	71	47	103	0,380
1993-1997	Z1	26	45,9	57	37	83	
1998-2001	Z1	31	37,6	82	56	117	
1988-1992	Z2	310	346,1	90	80	100	0,358
1993-1997	Z2	339	357,5	95	85	105	
1998-2001	Z2	294	292,1	101	89	113	

Z1 : Abergement-la-Ronce et Aumur.

Z2 : Champvans, Damparis, Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Aubin, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey.

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

Lorsque l'on affine cette analyse par grandes causes de décès et par sexe (tableaux 10 à 13 en annexes ; figure 2 en annexes), il n'apparaît pas d'élévation anormale de la mortalité sur les communes d'Abergement-la-Ronce et d'Aumur (zone Z1). La puissance du calcul statistique des SMR est peu importante pour certaines causes de décès, lorsque le nombre de cas attendus est faible. Le tableau 9 présente le SMR minimum pouvant être mis en évidence sur les zones Z1 et Z2 avec une puissance suffisante (80 %).

#### Hétérogénéité des SMR et tendances

Pour les maladies de l'appareil respiratoire (tableau 10), les SMR varient de manière significative sur les trois périodes, mais aucune tendance nette à l'augmentation ne se dégage : le SMR passe de 80 à 0 puis à 233, en restant non significatif.

Concernant les communes de la zone Z2, on observe, pour les maladies de l'appareil digestif, une tendance à l'augmentation des SMR au cours des trois périodes (respectivement 42, 105 puis 168), avec une valeur significative pour la dernière période (SMR=168 ; IC 95 % : 108-251) (tableau 10). Cette tendance qui se retrouve pour les deux sexes (tableaux 12 et 13) est plus prononcée pour le sexe féminin.

#### Robustesse des analyses

Des résultats similaires sont obtenus lorsqu'on utilise comme référence les risques de décès du département du Jura à la place des risques moyens du Jura et de la Côte-d'Or (tableau 11).

#### 4.1.2 Étude des ratios standardisés de mortalité par cancer des zones Z1 et Z2 concernant les périodes 1988-1992, 1993-1997 et 1998-2001

Sur les deux zones Z1 et Z2, le nombre global de décès par cancer n'est pas supérieur au nombre attendu pour les trois périodes étudiées (tableau 4). Les intervalles de confiance des ratios standardisés de mortalité comprennent tous la valeur 100, hormis sur la zone Z2, pour la période 1988-1992, où la borne supérieure de l'intervalle est légèrement inférieure à 100. On ne constate donc pas de surmortalité sur ces périodes. La puissance statistique de l'analyse permet de mettre en évidence des SMR significatifs de l'ordre de 200 sur la zone Z1 et de 130 sur la zone Z2.

TABLEAU 4

RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CANCER POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

	Zone d'étude	Cas		SMR	IC 95 %		P
		obs	att		inf	sup	
1988-1992	Z1	5	11,6	43	14	101	0,268
1993-1997	Z1	7	13,1	53	21	110	
1998-2001	Z1	11	11,2	98	49	176	
1988-1992	Z2	78	100,4	77,7	61	97	0,297
1993-1997	Z2	91	98,3	92,6	75	114	
1998-2001	Z2	84	85,4	98,4	78	122	

Z1 : Abergement-la-Ronce et Aumur.

Z2 : Champvans, Damparis, Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Aubin, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey.

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

Une analyse détaillée de la mortalité par cancer en fonction des principales localisations tumorales est proposée dans le tableau 15 et la figure 3. Cette analyse ne passe pas en revue la totalité des localisations cancéreuses de la classification internationale des maladies. Les localisations tumorales les plus rares n'ont pu être étudiées, l'analyse statistique étant impossible compte tenu du très faible nombre de cas attendus. Quatre cas de cancers observés sur la zone d'étude, qui appartiennent à ces classes tumorales rares (tumeurs péritonéales, mésothéliomes, tumeurs de localisation inconnue), ne sont donc pas retrouvés dans le tableau 15. Ainsi, pour la zone Z1, alors que 5, 7 et 11 décès étaient observés sur les trois périodes, seuls respectivement 5, 6 et 8 décès apparaissent dans le tableau 15.

La puissance du calcul statistique des SMR est peu importante pour certaines causes de décès lorsque le nombre de cas attendus est faible. Le tableau 14 présente le SMR minimum pouvant être mis en évidence sur les zones Z1 et Z2, avec une puissance suffisante (80 %).

Au cours des trois périodes, les décès par cancer les plus fréquemment rencontrés sur les communes des zones Z1 et Z2 sont les tumeurs de la trachée, du larynx, des bronches et du poumon, et les tumeurs du côlon, du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus.

Pour toutes les localisations cancéreuses, le nombre de décès observé n'est pas statistiquement différent du nombre de cas attendus : aucun ratio standardisé de mortalité n'est significativement supérieur à 100.

Concernant les communes d'Abergement-la-Ronce et Aumur (zone Z1), le nombre de décès par cancer est trop faible pour rechercher une tendance évolutive entre les trois périodes de temps. Sur la zone Z2, le ratio standardisé de mortalité par cancer colorectal s'accroît (46 en 1988-1992, 129 en 1993-1997 et 141 en 1998-2001). Ces SMR ne sont pas significatifs, y compris sur la dernière période. Par ailleurs, la différence entre les SMR est en limite de significativité statistique ( $p=0,059$ ).

Pour les tumeurs hépatiques, sur les communes Z2 toujours, une hétérogénéité des SMR, proche de la significativité statistique

( $p=0,055$ ), est également constatée au cours des trois périodes sans dessiner une réelle tendance à l'augmentation : le ratio passe de 66 à 187, puis à 51. Il n'est jamais statistiquement différent de 100.

#### 4.2 ÉTUDE DE L'INCIDENCE DES CANCERS SUR LES COMMUNES DE CÔTE-D'OR CONCERNÉES PAR LE PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

Au cours des trois périodes, le registre bourguignon des cancers digestifs a enregistré 23 nouveaux cas de cancers digestifs, dont 3 cas de cancer du foie ou de la vésicule biliaire, sur les communes de Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey. (rappelons que le registre est limité au seul département de Côte-d'Or). Ce nombre n'est pas supérieur au nombre de cas attendus, en prenant pour référence les risques de décès (on parle aussi de force de mortalité) du département de la Côte-d'Or.

Le registre des hémopathies malignes de Côte-d'Or a comptabilisé 9 nouveaux cas d'hémopathie, entre 1988 et 2001, sur les communes de Laperrière-sur-Saône, Losne, Saint-Symphorien-sur-Saône et Samerey. Ce nombre n'est pas supérieur au nombre de cas attendus en prenant pour référence la force de mortalité du département de Côte-d'Or.

On ne constate donc pas d'excès d'incidence de cancers digestifs ou d'hémopathies malignes sur les communes de Côte-d'Or situées dans la zone Z2, ni de tendance évolutive de cette incidence entre les trois périodes (tableau 5).

L'analyse statistique présente une puissance suffisante ( $1-\beta \geq 80\%$ ) pour mettre en évidence un SIR égal à 2 pour les tumeurs digestives et un SIR égal à 2,5 pour les hémopathies malignes.

Pour les cancers hépatiques, au regard du faible nombre de cas attendus, le SIR minimum que l'on peut mettre en évidence par cette étude est de l'ordre de 5,5.

TABLEAU 5

RATIOS D'INCIDENCE STANDARDISÉE DES CANCERS DIGESTIFS ET DES HÉMOPATHIES MALIGNES,  
POUR LES DEUX SEXES CONFONDUS, SUR LES COMMUNES DE CÔTE-D'OR SITUÉES DANS LA ZONE  
DE RESTRICTION D'USAGE DE L'EAU

	1988-1992						1993-1997						1998-2001						P	
	Cas		SIR		IC 95 %		Cas		SIR		IC 95 %		Cas		SIR		IC 95 %			
	obs	att	inf	sup	obs	att	inf	sup	obs	att	inf	sup	obs	att	inf	sup	inf	sup		
Tumeurs digestives	6	11,8	0,51	0,19	1,11	11	13,2	0,83	0,42	1,49	6	10,9	0,55	0,20	1,20	0,500				
Tumeur du foie et des v. biliaires	2	0,96	2,08	0,25	7,52	1	1,40	0,72	0,02	3,98	0	1,12	0,00	0,00	2,73	0,368				
Hémopathies malignes	2	4,56	0,44	0,05	1,58	2	5,20	0,38	0,05	1,39	5	4,59	1,09	0,35	2,54	0,368				

SIR : ratio standardisé d'incidence.

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

## 5. Discussion

L'analyse des données de mortalité (toutes causes) et d'incidence des cancers des communes concernées par la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe ne met pas en évidence de surrisque de cancer ni de risque particulier de décès, en comparaison avec les autres communes du Jura et de Côte-d'Or.

### 5.1 DISCUSSION DES CHOIX MÉTHODOLOGIQUES

#### 5.1.1 Les limites majeures de ce type d'approche concernent :

- 1/ Le découpage de la zone d'étude qui suit une logique administrative plutôt que d'épouser les contours de la zone polluée, en raison de la disponibilité des données de mortalité qui ne sont accessibles qu'à l'échelle communale. Ce découpage induit une dilution du risque étudié et donc une perte de puissance statistique de l'étude épidémiologique.
- 2/ Le faible nombre des personnes résidentes dans la zone d'étude, également source d'un manque de puissance statistique.
- 3/ Les faiblesses des données sanitaires disponibles :
  - il n'existe pas de données d'incidence de cancer sur tout le territoire français : ici, seules les communes de Côte-d'Or ont été prises en compte dans l'analyse des données d'incidence de cancer, et uniquement sur les localisations cancéreuses faisant l'objet d'un enregistrement (hémopathies malignes et cancers digestifs) ;
  - les données de mortalité sont moins précises que les données d'incidence (imprécisions de remplissage des certificats de décès, notamment) et nécessitent, par définition, que les personnes soient décédées pour être prises en compte dans l'analyse, alors que de nombreuses pathologies graves présentent aujourd'hui des taux de guérison ou des durées de survie importants. L'analyse des données de mortalité ne porte donc que sur les cas les plus graves et/ou les plus anciens.
- 4/ L'absence de pathologies précises et limitées en nombre sur lesquelles cibler l'étude. De ce fait, il est nécessaire de tester de multiples hypothèses, ce qui favorise la possibilité de voir apparaître un ou plusieurs tests significatifs "à tort". Le faible risque d'erreur (5 %) que l'on accepte de prendre à chaque test statistique pour affirmer l'existence d'une surmortalité croît très rapidement avec le nombre de tests effectués :  $\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^n$ , où  $\alpha$  représente le risque d'erreur pour un test et  $n$  le nombre de tests réalisés.

#### 5.1.2 Pour palier au mieux ces problèmes, plusieurs mesures ont été mises en place dans notre étude

- 1/ La zone d'étude a été découpée en deux zones définies *a priori*, afin de prendre en compte la réalité du terrain : une zone centrale (Z1) où la contamination de la nappe est élevée et touche toute la surface communale, et une zone périphérique (Z2) où la pollution est moindre en concentration comme en pourcentage de surface communale touchée.
- 2/ L'analyse des données en une seule période (1988-2001) maximisera la puissance statistique, mais serait susceptible de masquer une surmortalité/surincidence ponctuelle. Pour la période 1988-2001, aucun excès de mortalité n'est constaté : sur la zone Z1, on

note 84 décès observés pour 121 attendus (SMR=69 ; IC 95 % : 55-85) et sur la zone Z2, 943 décès observés pour 995 attendus (SMR=95 ; IC 95 % : 89-101).

Mais une approche par un découpage temporel en trois périodes de durée similaire, effectué *a priori* à partir de l'année de découverte de la pollution (1987), a été préférée afin de rechercher des éventuels "pics" de mortalité ou des tendances évolutives qui seraient passées inaperçues dans l'analyse globale 1988-2001.

Par ailleurs, comme il est vraisemblable que l'infiltration des produits organo-chlorés (POC) dans la nappe a commencé au début des années 1980, l'analyse présente un recul d'une vingtaine d'années sur de début de l'exposition, délai suffisant pour voir apparaître des pathologies chroniques comme les cancers.

- 3/ Des analyses de tendance ont permis de palier partiellement le manque de puissance des analyses de chaque période et de rechercher une évolution temporelle des SIR/SMR entre 1988 et 2001.
- 4/ Des calculs de puissance ont été réalisés afin d'objectiver au mieux les limites de cette approche épidémiologique. La prise en compte de ces calculs est discutée dans le paragraphe suivant.
- 5/ Une analyse de sensibilité du choix des risques de décès de référence a été effectuée : les communes étudiées appartenant à deux départements différents, plusieurs choix étaient possibles afin de définir les zones géographiques qui allaient servir de référence pour calculer le nombre de décès attendus. Nous avons pu vérifier que des résultats très proches étaient obtenus en utilisant successivement deux zones de référence : Jura + Côte-d'Or et Jura uniquement.

### 5.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS

La pollution de la nappe est composée de nombreuses substances chimiques (au moins une quarantaine de produits), en concentration très variable (fonction à la fois de la composition du mélange lors du stockage initial et des propriétés physico-chimiques de chaque substance qui lui confèrent un comportement propre dans la nappe phréatique).

Les effets toxicologiques de ces substances ne sont pas tous bien connus pour les expositions chroniques à faible concentration (les mesures piezométriques rapportent des niveaux de pollution de la nappe variant de quelques dizaines à quelques centaines de microgrammes par litre) et suffisamment variables en termes d'organes-cibles (rein, foie, peau, système nerveux...) pour qu'il ne soit pas possible de définir une pathologie ou une classe-organes à étudier en particulier.

Dans ce contexte, une analyse de mortalité "toutes causes de décès confondus" peut donc avoir un sens. Elle intègre l'ensemble des effets toxiques possibles des polluants, ce qui améliore la puissance statistique de l'analyse. Une augmentation de mortalité de 50 % et de 15 % pouvait être mise en évidence sur, respectivement, les zones Z1 et Z2, mais aucune surmortalité de cet ordre n'a été constaté.

L'analyse détaillée par grande cause de décès permet d'étudier des risques plus spécifiques, mais perd en puissance statistique, le nombre de cas attendus étant relativement faible. Là encore, aucune augmentation de risque de décès n'a été constaté, à l'exception des maladies de l'appareil digestif (ulcères gastroduodénaux et maladies chroniques du foie comme les cirrhoses) qui semblent progresser sur la zone Z2

de 1988 à 2001, pour atteindre, sur la dernière période, un niveau supérieur à celui du reste des départements de Côte-d'Or et du Jura. Des analyses statistiques spécifiques seraient nécessaires pour valider et, le cas échéant, expliquer cette tendance qui n'est peut-être pas circonscrite aux seules communes de la zone Z2. Quoi qu'il en soit, l'origine de cette tendance est à rechercher ailleurs que dans la pollution de la nappe, car ce phénomène n'est pas constaté sur Abergement et Aumur (Z1) où 1 seul décès (pour 2,5 attendus) est répertorié sur les trois périodes.

Une attention particulière a été portée à l'analyse des décès par pathologie cancéreuse, plusieurs substances contaminant la nappe étant des cancérogènes certains ou probables pour l'homme (chlorure de vinyle, trichloroéthylène, dichloroéthane, etc.). Les localisations tumorales les plus fréquentes sur les zones Z1 et Z2 sont celles habituellement retrouvées en France. Aucun excès de cancer n'a été constaté. Les données d'incidence concernant les communes de Côte-d'Or de la zone Z2 ne révèlent pas non plus d'excès de risque. Il convient néanmoins de souligner que seule une

augmentation de ratio standardisé (d'incidence ou de décès par cancer) supérieure à 200 pouvait être mise en évidence dans cette étude.

L'évaluation détaillée des risques de 2003 avait mis en évidence deux scénarios dans lesquels un risque inacceptable ( $>10^{-5}$ ) pour la population était envisageable : la consommation quotidienne d'eau de la nappe comme eau de boisson et la baignade répétée dans cette eau (une baignade par jour pendant cinq mois). Les risques les plus élevés concernaient le premier scénario : pour une consommation quotidienne de 1,4 à 2 litres d'eau par jour pendant 30 ans, les excès de risque individuel (ERI) les plus pessimistes étaient proches de  $6.10^{-3}$  et  $4.10^{-3}$ , respectivement.

Sur la base de ces ERI, on peut obtenir un ordre de grandeur du nombre de cas attribuables à l'ingestion d'eau polluée sur la population d'Abergement et Aumur (Z1). L'ordre de grandeur du SMR correspondant, "si tous les nouveaux cas de cancer décédaient rapidement", est donné dans le tableau 6.

TABLEAU 6

ESTIMATIONS DES SMR QUI SERAIENT OBTENUS SOUS L'HYPOTHÈSE D'EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUELS IDENTIQUES À CEUX CALCULER DANS LES SCÉNARIOS DE L'ÉVALUATION DÉTAILLÉE DES RISQUES

ERI $6.10^{-3}$	Pers. années	% exposés	Impact coll.	Cas "observables"	Cas attendus	SMR
			50 %	(excès de cas) (a)	(c)=(a)+(b)	(c)/(b)
1988-1992	4 709	2 355	14	26	11,6	222
1993-1997	4 697	2 348	14	27	13,1	208
1998-2001	4 041	2 020	12	23	11,2	208

ERI $4.10^{-3}$	Pers. années	% exposés	Impact coll.	Cas "observables"	Cas attendus	SMR
			60 %	(excès de cas) (a)	(c)=(a)+(b)	(c)/(b)
1988-1992	4 709	2 826	11	23	11,6	197
1993-1997	4 697	2 818	11	24	13,1	186
1998-2001	4 041	2 425	10	21	11,2	187

ERI $4.10^{-3}$	Pers. années	% exposés	Impact coll.	Cas "observables"	Cas attendus	SMR
			10 %	(excès de cas) (a)	(c)=(a)+(b)	(c)/(b)
1988-1992	4 709	471	2	13	11,6	116
1993-1997	4 697	470	2	15	13,1	114
1998-2001	4 041	404	2	13	11,2	114

Ces estimations sont calculées avec 10 %, 50 % ou 60 % de la population adoptant ces comportements à risque.

Pour obtenir un SMR de l'ordre de 200 (qui correspond au SMR minimal que, par sa faible puissance, l'étude épidémiologique peut mettre en évidence), il serait nécessaire qu'au moins la moitié de la population de la zone Z1 consomme régulièrement l'eau polluée de la nappe phréatique. Rappelons que l'eau potable du réseau public n'est pas puisée dans cette nappe et que l'eau polluée ne peut être captée que par des puits ou des forages privés.

Avec un scénario plus réaliste, bien qu'encore très conservateur (10 % de personnes ingérant régulièrement l'eau polluée, risque toxique élevé, cancer rapidement mortel), le SMR serait proche de 115, donc impossible à mettre en évidence par l'approche épidémiologique.

Cette étude épidémiologique ne permet donc de mettre en évidence qu'un surrisque élevé d'incidence ou de décès par cancer (au moins un doublement du nombre de cas observés habituellement). Ce phénomène n'a pas été observé sur les communes concernées par la restriction d'usage de l'eau de la nappe. Ce résultat est cohérent avec l'évaluation détaillée des risques sanitaires de 2003, qui a mis en exergue des risques sanitaires inacceptables, uniquement pour des comportements individuels vraisemblablement peu fréquents (consommation régulière de l'eau issue d'un puits ou d'un forage privé).

Une enquête de terrain est actuellement en cours pour recenser les puits et forages privés, et apprécier l'usage qui a été fait de l'eau de la nappe polluée.

## 6. Conclusion

La mortalité (toutes causes) et l'incidence des cancers sur les communes concernées par la pollution de la nappe phréatique par l'usine Solvay sont comparables à celles des autres communes du Jura et de Côte-d'Or. L'étude n'a pas mis en évidence de surmortalité, que ce soit au droit des communes les plus impactées (Abergement-la-Ronce et Aumur) ou dans la périphérie de la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe. Les données d'incidence de cancer sur les communes de Côte-d'Or de la zone d'étude surveillées par les registres des cancers ne montrent pas non plus d'excès de risque.

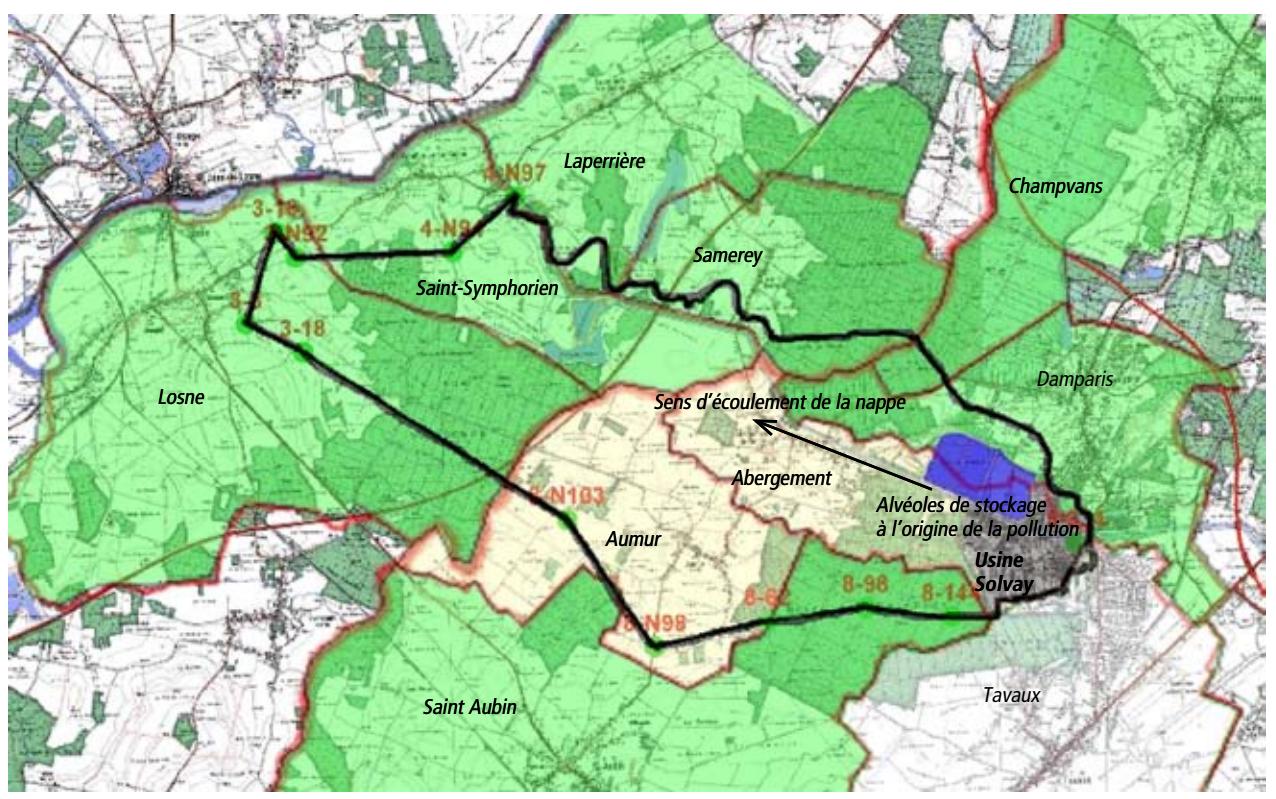
Cependant, cette approche épidémiologique, mise en œuvre sur une population peu importante, présente une puissance statistique

limitée qui ne permet pas d'objectiver les faibles excès de mortalité ou d'incidence compatibles avec les scénarios établis par l'évaluation détaillée des risques. Les scénarios les plus délétères pour la santé de l'évaluation de risque reposant sur des comportements individuels vraisemblablement peu fréquents (ingestion régulière de l'eau polluée), une enquête de terrain (en cours) visant à recenser individuellement les puits et forages privés et à apprécier l'usage qui a été fait de l'eau de la nappe polluée est nécessaire. Elle permettra de caractériser plus précisément le risque réellement encouru par la population.

## Annexes

FIGURE 1

CARTE DE LA ZONE D'ÉTUDE : ZONE DE RESTRICTION D'USAGE DE L'EAU DE LA NAPPE ET COMMUNES LIMITROPHES



Trait noir : périmètre de la zone de restriction d'usage de l'eau

En jaune : Z1

En vert : Z2

TABLEAU 7

ESTIMATION DES POPULATIONS DES COMMUNES D'ABERGEMENT-LA-RONCE ET AUMUR  
ENTRE 1988 ET 2001

Classe d'âge	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1988-1992	1993-1997	1998-2001
															1992	1997	2001
<b>Hommes</b>																	
00-04	28	28	29	30	30	30	31	31	32	32	32	34	33	34	144	156	133
05-09	34	35	25	31	30	32	33	30	28	31	36	44	34	34	303	356	149
10-14	29	40	42	26	33	31	33	36	29	25	31	41	31	31	343	367	134
15-19	23	29	46	41	27	35	32	35	38	28	22	31	28	27	380	365	108
20-24	35	22	30	44	40	28	37	33	37	41	27	19	29	29	393	358	104
25-29	39	37	21	29	43	39	29	40	34	39	43	26	35	34	377	379	138
30-34	40	41	39	21	29	41	38	29	42	34	40	46	38	38	372	402	162
35-39	36	42	44	36	21	28	40	38	30	44	35	42	37	37	363	399	150
40-44	36	35	44	40	33	21	27	38	37	31	46	36	36	37	334	388	155
45-49	39	34	34	40	36	30	21	27	37	36	32	48	36	36	310	374	153
50-54	32	37	32	30	36	32	27	21	26	35	35	33	31	31	293	344	130
55-59	21	32	36	28	26	31	28	24	21	25	34	34	30	30	243	319	128
60-64	17	19	31	32	25	23	27	23	21	21	25	32	27	27	203	278	111
65-69	22	13	17	27	27	21	19	23	19	18	21	24	23	23	175	229	91
70-74	11	18	9	14	22	23	18	15	19	15	15	21	19	19	131	189	74
75-79	9	8	15	7	11	18	18	14	11	14	11	12	15	15	94	140	53
80-84	10	4	5	11	5	9	13	14	11	8	10	7	11	11	62	97	39
85-89	5	5	0	3	8	4	6	9	9	7	4	6	7	7	34	60	24
90-94	2	3	0	0	2	4	2	3	4	5	4	0	3	3	15	25	10
95 et sup.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Femmes</b>																	
00-04	19	19	19	21	22	24	25	26	27	28	29	35	30	31	101	130	124
05-09	29	25	32	22	22	24	29	27	25	28	28	43	29	30	303	356	130
10-14	29	38	31	33	24	24	26	34	29	23	29	28	23	22	343	367	102
15-19	22	34	47	31	34	27	26	27	39	30	22	30	23	22	380	365	97
20-24	24	22	39	45	31	35	30	27	29	45	32	20	28	27	393	358	107
25-29	34	25	23	37	43	30	36	32	29	31	50	34	34	34	377	379	152
30-34	40	37	26	23	36	41	30	38	35	31	32	55	37	37	372	402	162
35-39	33	44	40	25	23	34	39	30	39	38	32	34	34	34	363	399	134
40-44	41	32	47	36	25	23	33	37	30	40	40	34	35	36	334	388	145
45-49	36	37	30	43	33	24	23	31	35	29	41	43	35	36	310	374	155
50-54	23	33	33	27	38	29	23	23	30	33	29	42	32	32	293	344	136
55-59	24	22	29	29	24	34	25	23	23	28	31	29	28	28	243	319	116
60-64	21	23	22	25	26	21	29	22	22	23	27	29	26	27	203	278	109
65-69	19	19	21	19	22	22	18	25	18	21	23	25	24	24	175	229	96
70-74	14	15	16	18	16	18	19	15	20	14	21	23	21	21	131	189	85
75-79	13	11	11	13	14	13	15	15	12	16	11	20	16	16	94	140	63
80-84	10	9	8	8	10	11	9	11	12	9	11	7	10	10	62	97	39
85-89	6	6	5	5	6	6	7	6	7	8	6	7	7	7	34	60	28
90-94	2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5	3	4	4	15	25	16
95 et sup.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

TABLEAU 8

## ESTIMATION DES POPULATIONS DES COMMUNES CHAMPVANS, DAMPARIS, SAINT-AUBIN, LAPERRIÈRE-SUR-SAÔNE, LOSNE, SAINT-SYMPHORIEN-SUR-SAÔNE ET SAMEREY, ENTRE 1988 ET 2001

Hommes																	
Classe d'âge	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1988-1992	1993-1997	1998-2001
00-04	206	208	215	216	216	217	217	218	218	218	219	221	225	226	1 061	1 088	891
05-09	233	237	269	221	227	227	228	220	202	241	249	253	239	240	303	356	981
10-14	236	260	267	268	226	239	238	240	223	186	263	279	234	233	343	367	1 009
15-19	230	252	287	259	267	232	251	249	252	226	171	286	220	216	380	365	893
20-24	255	239	268	279	251	266	237	262	260	264	228	155	212	207	393	358	803
25-29	265	269	248	261	270	243	265	243	274	270	275	231	244	242	377	379	992
30-34	240	278	283	241	253	262	235	263	248	286	281	287	264	264	372	402	1 096
35-39	222	247	291	266	235	246	253	227	262	254	297	292	268	269	363	399	1 126
40-44	247	218	254	264	248	228	239	245	219	261	259	309	266	268	334	388	1 102
45-49	267	229	214	230	236	231	222	231	236	211	260	265	246	248	310	374	1 019
50-54	272	248	212	192	207	209	214	215	224	228	203	259	224	225	293	344	911
55-59	196	264	229	189	170	183	182	196	209	217	219	195	202	202	243	319	818
60-64	149	182	257	200	165	148	160	154	179	202	209	211	191	192	203	278	803
65-69	127	132	167	220	172	142	126	136	127	162	196	202	171	172	175	229	740
70-74	110	108	115	139	184	143	119	103	113	100	144	189	139	141	131	189	613
75-79	85	92	90	92	111	147	115	95	81	89	72	127	101	101	94	140	401
80-84	72	59	75	68	69	84	110	86	72	59	66	45	71	70	62	97	252
85-89	55	40	34	50	45	46	56	73	57	49	37	42	54	55	34	60	188
90-94	25	27	7	17	25	23	23	28	37	29	25	15	29	30	15	25	99
95 et sup.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
Femmes																	
Classe d'âge	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1988-1992	1993-1997	1998-2001
00-04	215	216	228	226	224	223	222	220	219	218	218	211	225	226	1 109	1 103	880
05-09	233	236	298	227	236	233	233	223	198	236	269	258	248	249	303	356	1 024
10-14	216	254	258	289	226	247	241	244	225	176	252	319	246	247	343	367	1 064
15-19	236	219	275	253	280	224	257	250	254	227	154	268	219	216	380	365	857
20-24	265	245	222	270	247	271	223	267	258	265	229	132	213	209	393	358	784
25-29	239	280	254	222	264	242	262	222	277	266	275	231	248	247	377	379	1 002
30-34	225	247	295	249	221	259	236	252	221	288	275	286	263	263	372	402	1 087
35-39	207	230	254	281	245	221	253	231	243	219	298	283	261	262	363	399	1 103
40-44	234	201	234	234	268	240	220	248	225	234	218	308	254	256	334	388	1 037
45-49	282	220	196	215	214	254	235	220	242	220	225	217	230	230	310	374	902
50-54	240	268	206	177	196	195	240	231	219	237	214	216	221	222	293	344	873
55-59	229	235	254	183	157	177	175	227	226	219	231	209	211	212	243	319	864
60-64	166	226	230	222	160	138	158	155	213	221	218	226	202	203	203	278	850
65-69	146	155	223	197	191	137	119	139	135	199	217	218	187	189	175	229	811
70-74	130	134	145	186	164	159	114	99	120	116	186	212	156	158	131	189	711
75-79	90	117	121	116	149	131	127	92	80	101	96	172	120	121	94	140	509
80-84	73	64	104	91	87	112	99	95	69	61	82	76	83	83	62	97	325
85-89	62	44	39	70	61	59	74	66	64	46	41	63	61	61	34	60	226
90-94	31	33	15	20	36	31	30	37	33	32	23	22	31	32	15	25	108
95 et sup.	4	4	5	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU 9

RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ MINIMUMS POUVANT ÊTRE MIS EN ÉVIDENCE AVEC UNE  
PUISANCE STATISTIQUE DE 80 % PAR CAUSE DE DÉCÈS POUR LES HOMMES ET LES FEMMES  
DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC  
POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Hommes et femmes	Zone 1			Zone 2		
	1988-1992	1993-1997	1998-2001	1988-1992	1993-1997	1998-2001
Tumeurs (code Cim9 140-239)	190	180	190	130	130	130
Maladies endocrinnes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	490	430	490	190	190	200
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	1 610	1 380	1 610	400	380	430
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	500	440	500	200	190	210
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	500	450	510	200	200	210
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	190	180	190	130	120	130
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	320	290	320	160	150	160
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	360	340	370	170	170	180
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	830	690	830	260	250	270
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	1 770	1 380	1 770	410	380	440
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	1 770	1 770	1 870	450	460	500
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	2 650	2 650	2 910	610	630	690

TABLEAU 10 RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CAUSE DE DÉCÈS POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Hommes et femmes	Zone d'étude	1988-1992				1993-1997				1998 - 2001				P	
		Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf		
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z1	5	11,6	43	14	101	7	13,0	54	22	111	11	11,1	49	177
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z1	0	1,0	0	0	354	2	1,3	150	18	542	1	1,1	94	2
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z1	0	0,2	0	0	2 200	1	0,2	474	12	2 600	0	0,2	0	0
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z1	0	1	0	0	361	0	1	0	0	281	0	1	0	0
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z1	1	1	100	0	558	2	1	166	20	599	1	1	102	3
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z1	9	12	78	36	148	9	15	61	28	116	4	12	34	9
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z1	2	3	80	10	289	0	3	0	0	113	6	3	233	85
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z1	2	1,9	106	13	384	2	2,2	91	11	327	1	1,9	54	1
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z1	1	0,4	227	6	1 300	0	0,6	0	0	636	0	0,5	0	0
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z1	0	0,2	0	0	2 500	0	0,2	0	0	1 800	1	0,2	630	16
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z1	0	0,2	0	0	2 400	0	0,2	0	0	2 400	0	0,1	0	0
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z1	0	0,1	0	0	4 300	0	0,1	0	0	4 200	0	0,1	0	0
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z2	83	100,7	83	66	102	96	98,6	97	79	119	92	85,6	108	87
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z2	8	9,9	81	35	159	8	10,6	76	33	149	14	8,4	167	91
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z2	2	1,6	127	15	460	3	1,7	180	37	526	0	1,3	0	0
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z2	7	10	72	29	149	9	11	85	39	162	6	8	74	27
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z2	4	9	44	12	113	4	9	43	12	110	10	8	131	63
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z2	113	110	103	85	124	100	117	86	70	104	81	93	88	69
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z2	23	24	95	61	143	37	26	142	100	196	18	20	89	53
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z2	7	16,8	42	17	86	18	17,1	105	62	166	24	14,3	168	108
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z2	3	4,3	70	14	205	5	4,6	108	35	251	3	3,6	83	17
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z2	3	1,5	200	41	585	2	1,7	119	14	429	1	1,3	80	2
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z2	1	1,2	81	2	449	0	1,2	0	0	311	2	1,0	195	24
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z2	1	0,7	140	4	777	2	0,7	296	36	1 100	0	0,6	0	0

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

TABLEAU 11

RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CAUSE DE DÉCÈS POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DU DÉPARTEMENT DU JURA

Hommes et femmes	Zone d'étude	1988-1992				1993-1997				1998-2001				P			
		Cas obs	Cas att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	Cas att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	Cas att	SMR	IC 95 % inf	sup			
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z1	5	11,7	43	14	100	7	13,2	53	21	110	11	11,2	98	49	175	
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z1	0	1,0	0	0	362	2	1,3	154	19	558	1	1,0	96	2	537	0,185 0,368
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z1	0	0,2	0	0	2 100	1	0,2	445	11	2 500	0	0,2	0	0	0	-
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z1	0	1,1	0	0	323	0	1,5	0	0	252	0	1,2	0	0	0	317
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z1	1	1,0	97	0	538	2	1,3	159	19	574	1	1,0	98	2	543	0,779
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z1	9	12,3	73	33	139	9	15,7	57	26	109	4	12,6	32	9	81	0,315
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z1	2	2,9	69	8	249	0	3,8	0	0	97	6	3,0	200	73	435	0,013
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z1	2	1,9	108	13	391	2	2,2	92	11	331	1	1,8	55	1	307	0,819
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z1	1	0,4	227	6	1 300	0	0,6	0	0	639	0	0,5	0	0	0	-
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z1	0	0,1	0	0	2 600	0	0,2	0	0	1 900	1	0,2	654	17	3 600	-
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z1	0	0,2	0	0	2 300	0	0,2	0	0	2 300	0	0,1	0	0	0	-
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z1	0	0,1	0	0	3 600	0	0,1	0	0	3 600	0	0,1	0	0	0	-
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z2	83	101,6	82	65	101	96	99,4	97	78	118	92	86,4	107	86	131	0,188
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z2	8	9,7	83	36	163	8	10,2	78	34	155	14	8,2	172	94	288	0,090
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z2	2	1,7	119	14	430	3	1,8	171	35	498	0	1,4	0	0	0	260
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z2	7	10,8	65	26	133	9	11,8	77	35	145	6	9,1	66	24	144	0,944
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z2	4	9,5	42	12	108	4	9,7	41	11	105	10	8,0	125	60	230	0,055
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z2	113	117,1	97	80	116	100	123,9	81	66	98	81	98,9	82	65	102	0,347
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z2	23	28,1	82	52	123	37	30,3	122	86	169	18	23,7	76	45	120	0,133
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z2	7	16,6	42	17	87	18	16,9	107	63	169	24	14,1	171	109	254	0,002
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z2	3	4,3	70	15	206	5	4,6	109	35	254	3	3,6	83	17	244	0,893
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z2	3	1,5	207	43	606	2	1,6	123	15	443	1	1,2	82	2	459	0,368
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z2	1	1,3	78	2	437	0	1,2	0	0	302	2	1,1	189	23	681	0,368
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z2	1	0,8	119	3	661	2	0,8	251	30	908	0	0,7	0	0	530	0,368

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

att : cas attendus (calculés).

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .

obs : cas observés.

TABLEAU 12 RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CAUSE DE DÉCÈS POUR LES HOMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001,  
AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Hommes	Zone d'étude	1988-1992				1993-1997				1998-2001				P				
		Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup	Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup	Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup					
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z1	2	7,7	26	3	94	6	9,0	67	24	145	6	7,4	81	30	177	0,282	
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z1	0	0,5	0	0	813	0	0,6	0	0	608	1	0,5	216	5	1 200	0,607	
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z1	0	0,1	0	0	4 600	1	0,1	909	23	5 100	0	0,1	0	0	0	4 500	-
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-339)	Z1	0	0	0	0	785	0	1	0	0	596	0	0	0	0	0	776	-
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z1	1	1	200	1	1 100	0	1	0	0	577	0	1	0	0	0	743	0,368
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z1	7	6	116	47	240	7	8	86	35	177	0	6	0	0	0	60	0,040
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z1	1	1	71	2	393	0	2	0	0	179	3	2	199	41	580	0,238	
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z1	0	0,2	0	0	1 500	0	0,4	0	0	1 000	0	0,3	0	0	0	1 400	-
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z1	0	0,1	0	0	6 700	0	0,1	0	0	4 200	0	0,1	0	0	0	6 000	-
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z1	0	0,1	0	0	4 400	0	0,1	0	0	4 400	0	0,1	0	0	0	5 000	-
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z1	0	0,1	0	0	6 200	0	0,1	0	0	6 200	0	0,1	0	0	0	6 900	-
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z2	51	64,8	79	59	104	61	65,5	93	71	120	57	55,2	103	78	134	0,344	
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z2	6	4,2	145	53	315	2	4,5	44	5	160	7	3,6	197	79	406	0,128	
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z2	1	0,8	134	3	745	1	0,8	122	3	679	0	0,6	0	0	0	577	0,607
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-339)	Z2	6	4	142	52	308	5	5	107	35	251	3	4	83	17	243	0,580	
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z2	3	4	68	14	199	2	5	43	5	154	6	4	161	59	350	0,198	
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z2	50	55	90	67	119	53	61	88	66	115	42	47	89	64	120	0,973	
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z2	13	14	95	51	163	19	15	123	74	192	10	12	86	41	157	0,493	
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z2	5	9,8	51	17	119	10	10,0	100	48	183	11	8,4	132	66	236	0,153	
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z2	1	0,6	177	4	984	0	0,7	0	0	550	1	0,5	207	5	1 200	0,607	
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z2	1	0,6	158	4	882	0	0,6	0	0	609	1	0,5	191	5	1 100	0,607	
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z2	1	0,5	223	6	1 200	2	0,4	470	57	1 700	0	0,4	0	0	0	1 000	-

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).  
IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha=0,05$ .  
obs : cas observés.  
att : cas attendus (calculés).

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.  
sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.  
P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

TABLEAU 13 RATIO STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CAUSE DE DÉCÈS POUR LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Femmes	Zone d'étude	1988-1992						1993-1997						1998-2001						P
		Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup	Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup	Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup	Cas obs	SMR att	IC 95 % inf	IC 95 % sup			
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z1	3	4,1	73	15	214	1	4,5	22	1	125	5	4,0	127	41	295	0,264			
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z1	0	0,6	0	0	618	2	0,7	289	35	1 000	0	0,6	0	0	623	0,135			
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z1	0	0,1	0	0	4 300	0	0,1	0	0	3 700	0	0,1	0	0	4 300	-			
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z1	0	1	0	0	657	0	1	0	0	563	0	1	0	0	660	-			
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z1	0	1	0	0	733	2	1	354	43	1 300	1	0	204	5	1 100	0,435			
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z1	2	6	35	4	128	2	7	30	4	110	4	6	71	19	182	0,529			
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z1	1	1	90	2	502	0	1	0	0	285	3	1	272	56	793	0,174			
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z1	0	0,8	0	0	484	0	0,9	0	0	429	1	0,8	134	3	745	0,368			
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z1	1	0,2	490	12	2 700	0	0,2	0	0	1 600	0	0,2	0	0	1 800	-			
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z1	0	0,1	0	0	3 900	0	0,1	0	0	3 300	1	0,1	1 055	27	5 900	-			
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z1	0	0,1	0	0	5 300	0	0,1	0	0	5 200	0	0,1	0	0	5 900	-			
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z1	0	0,0	0	0	13 000	0	0,0	0	0	13 000	0	0,0	0	0	14 000	-			
Tumeurs (code Cim9 140-239)	Z2	32	36,8	87	59	123	35	35,3	99	69	138	35	31,1	113	78	157	0,551			
Maladies endocriniennes, nutrition, métabolisme et troubles immunitaires (code Cim9 240-279)	Z2	2	5,7	35	4	127	6	5,8	103	38	224	7	4,7	149	60	306	0,160			
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques (code Cim9 280-289)	Z2	1	0,8	122	3	680	2	0,8	239	29	862	0	0,7	0	0	544	0,368			
Troubles mentaux (code Cim9 290-319)	Z2	1	5	19	0	104	4	6	71	19	181	3	4	68	14	199	0,451			
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)	Z2	1	5	22	1	120	2	5	44	5	157	4	4	103	28	263	0,223			
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)	Z2	63	54	117	90	149	47	56	84	62	112	39	45	87	62	119	0,161			
Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)	Z2	10	11	94	45	174	18	11	163	96	257	8	9	91	39	180	0,191			
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)	Z2	2	7,1	28	3	102	8	7,1	112	49	221	13	5,9	221	118	377	0,007			
Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)	Z2	0	2,0	0	0	189	1	2,0	50	1	276	0	1,6	0	0	228	0,368			
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)	Z2	2	0,9	219	26	790	2	1,0	205	25	741	0	0,8	0	0	492	0,368			
Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)	Z2	0	0,6	0	0	606	0	0,6	0	0	637	1	0,5	199	5	1 100	0,368			
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)	Z2	0	0,3	0	0	1 400	0	0,3	0	0	1 500	0	0,2	0	0	1 700	-			

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha = 0,05$ .

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

TABLEAU 14

RATIOS STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CANCER POUVANT ÊTRE MIS EN ÉVIDENCE AVEC UNE PUISSANCE STATISTIQUE DE 80 % POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001, AVEC POUR RÉFÉRENCE LA FORCE DE MORTALITÉ DES DÉPARTEMENTS DE CÔTE-D'OR ET DU JURA

Hommes et femmes	Zone 1			Zone 2		
	1988-1992	1993-1997	1998-2001	1988-1992	1993-1997	1998-2001
Tumeur des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx	780	770	830	270	270	290
Tumeur du côlon, du rectum, de la jonction recto-sigmoidienne et de l'anus	460	420	460	190	190	200
Tumeur de la trachée, du larynx, des bronches et du poumon	350	340	350	170	170	170
Tumeur du sein chez la femme (pas de cas chez l'homme)	560	530	580	220	220	230
Tumeur de l'utérus (col + corps + partie non précisée) chez la femme	1 180	1 090	1 220	330	340	360
Tumeur de la prostate chez l'homme	590	520	590	220	210	230
Tumeur de l'ovaire et des autres annexes de l'utérus	1 090	1 000	1 120	320	320	340
Tumeur de l'cesophage	930	890	960	290	300	310
Tumeur de l'estomac	840	750	840	270	260	280
Tumeur du pancréas	750	690	760	250	250	270
Tumeur du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	740	690	760	250	260	270
Mélanome malin de la peau	2 650	2 430	2 910	590	600	650
Tumeur de la vessie	1 050	940	1 070	300	300	330
Tumeur du rein et d'organes urinaires autres ou non précisés	1 250	1 150	1 290	340	350	370
Tumeurs malignes des tissus lymphoïdes et hématopoïétiques	540	490	540	210	210	220
Tumeurs du système nerveux central (encéphale et autres localisations)	510	480	520	200	200	220

TABLEAU 15 RATIO STANDARDISÉS DE MORTALITÉ PAR CANCER (DÉTAILLÉS POUR QUELQUES LOCALISATIONS TUMORALES) POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 CONCERNANT LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001

Hommes et femmes	Zone d'étude	1988-1992				1993-1997				1998-2001				P
		Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf	Cas obs	att	SMR	IC 95 % inf	
Tumeur des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx	Z1	1	0,5	207	5	1 200	0	0,5	0	757	0	0,4	0	835
Tumeur du côlon, du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus	Z1	3	1,2	249	51	729	0	1,4	0	260	3	1,2	253	52
Tumeur de la trachée, du larynx, des bronches et du poumon	Z1	0	2,1	0	0	176	2	2,2	89	11	323	2	2,0	101
Tumeur du sein chez la femme (pas de cas chez l'homme)	Z1	0	1	0	0	443	1	1	110	3	612	0	1	0
Tumeur de l'utérus (col + corps + partie non précisée) chez la femme	Z1	0	0	0	0	1 400	0	0	0	0	1 300	0	0	0
Tumeur de la prostate chez l'homme	Z1	1	1	133	3	740	0	1	0	0	391	0	1	0
Tumeur de l'ovaire et des autres annexes de l'utérus	Z1	0	0	0	0	1 300	0	0	0	0	1 100	0	0	0
Tumeur de l'œsophage	Z1	0	0,4	0	0	999	0	0,4	0	0	939	0	0,4	0
Tumeur de l'estomac	Z1	0	0,4	0	0	850	0	0,5	0	0	718	0	0,4	0
Tumeur du pancréas	Z1	0	0,5	0	0	722	0	0,6	0	0	630	1	0,5	202
Tumeur du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	Z1	0	0,5	0	0	704	1	0,6	173	4	964	0	0,5	0
Mélanome malin de la peau	Z1	0	0,1	0	0	4 100	1	0,1	1 019	26	5 700	0	0,1	0
Tumeur de la vessie	Z1	0	0,3	0	0	1 200	1	0,4	275	7	1 500	0	0,3	0
Tumeur du rein et d'organes urinaires autres ou non précisés	Z1	0	0,2	0	0	1 500	0	0,3	0	0	1 400	0	0,2	0
Tumeurs malignes des tissus lymphoïdes et hématopoïétiques	Z1	0	0,9	0	0	414	0	1,0	0	0	356	1	0,9	116
Tumeurs du système nerveux central (encéphale et autres localisations)	Z1	0	1,0	0	0	381	0	1,1	0	0	334	1	0,9	107
Tumeur des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx	Z2	5	3,9	130	42	302	1	3,7	27	1	153	3	3,3	92
Tumeur du côlon, du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus	Z2	5	10,9	46	15	108	14	10,8	129	71	217	13	9,2	141
Tumeur de la trachée, du larynx, des bronches et du poumon	Z2	18	17,6	102	61	161	16	16,6	96	55	156	14	15,1	93
Tumeur du sein chez la femme (pas de cas chez l'homme)	Z2	8	7	113	49	223	7	7	101	41	209	9	6	150
Tumeur de l'utérus (col + corps + partie non précisée) chez la femme	Z2	1	2	44	1	247	3	2	135	28	395	1	2	52
Tumeur de la prostate chez l'homme	Z2	8	7	113	49	222	9	7	124	57	235	7	6	116
Tumeur de l'ovaire	Z2	0	3	0	0	145	0	2	0	0	150	1	2	46
Tumeur du pancréas	Z2	0	4,5	89	24	227	5	4,4	113	37	264	1	3,8	26
Tumeur du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	Z2	3	4,5	66	14	193	8	4,3	187	81	368	2	3,9	51
Mélanome malin de la peau	Z2	3	0,8	396	82	1 200	1	0,7	135	3	755	1	0,6	156
Tumeur de la vessie	Z2	2	2,8	72	9	260	4	2,8	144	39	368	0	2,4	0
Tumeurs malignes des tissus lymphoïdes et hématopoïétiques	Z2	0	2,1	0	0	175	2	2,1	97	12	351	3	1,8	167
Tumeurs du système nerveux central (encéphale et autres localisations)	Z2	5	7,9	63	20	147	6	7,9	76	28	166	10	6,7	149
	Z2	5	8,5	59	19	138	8	8,4	95	41	187	8	7,2	111

SMR : ratio standardisé de mortalité (exprimé en %).

IC 95 % : intervalle de confiance avec un risque  $\alpha = 0,05$ .

obs : cas observés.

att : cas attendus (calculés).

inf : borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

sup : borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

P : significativité du test d'hétérogénéité des SMR (test du Chi-2).

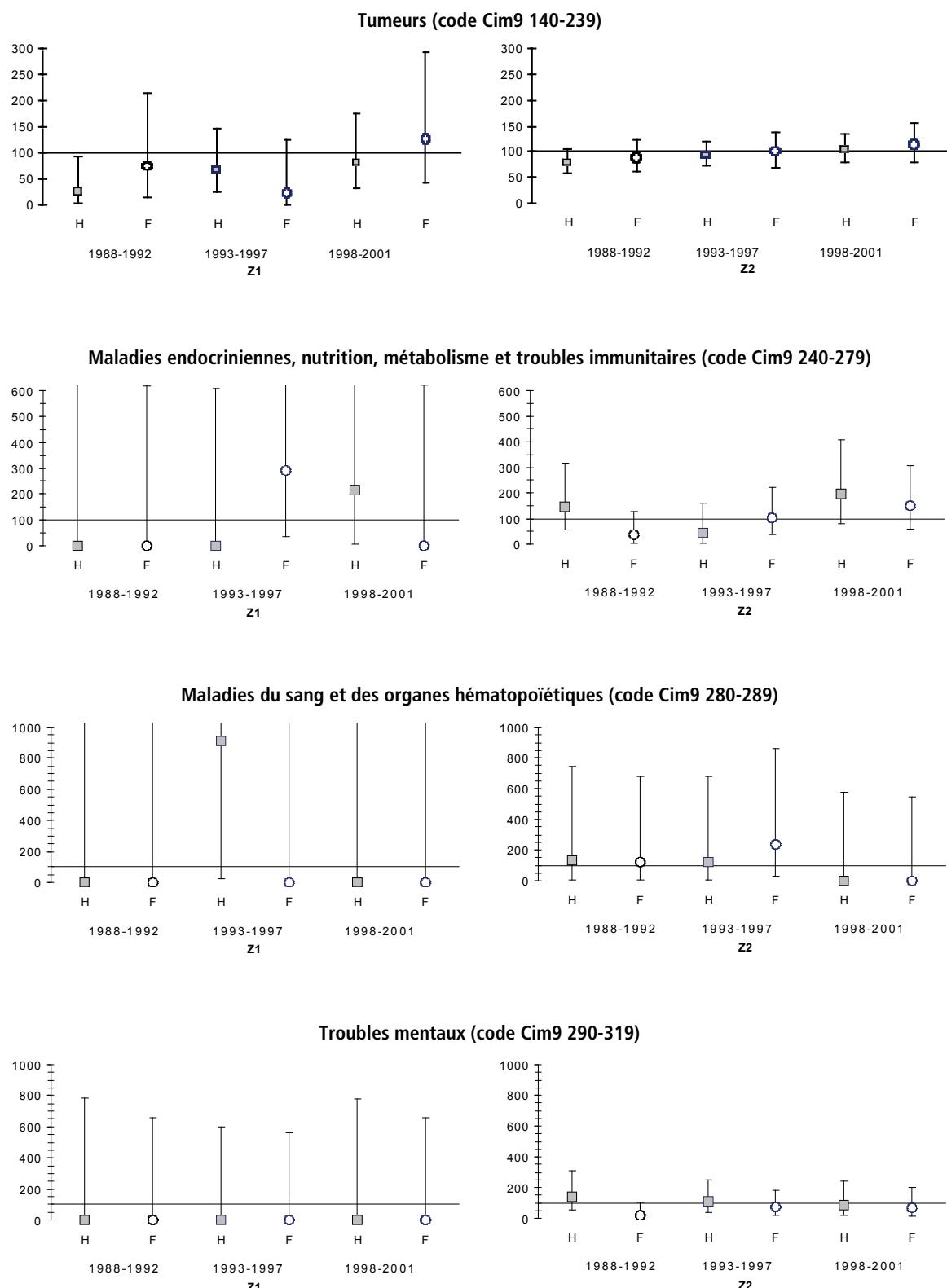
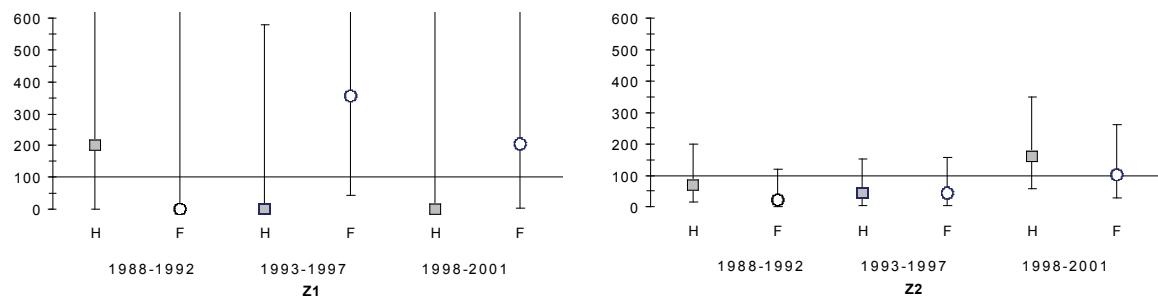
**FIGURE 2****REPRÉSENTATION DES SMR AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE, POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001 (1)**

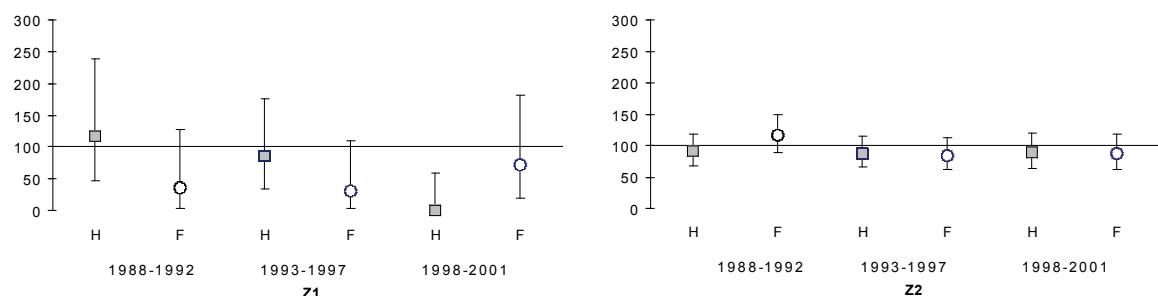
FIGURE 2

REPRÉSENTATION DES SMR AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE, POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001 (2)

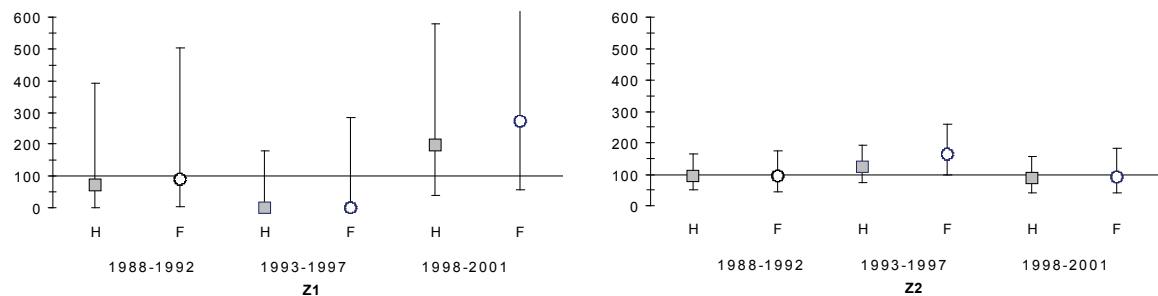
Maladies du système nerveux et des organes des sens (code Cim9 320-389)



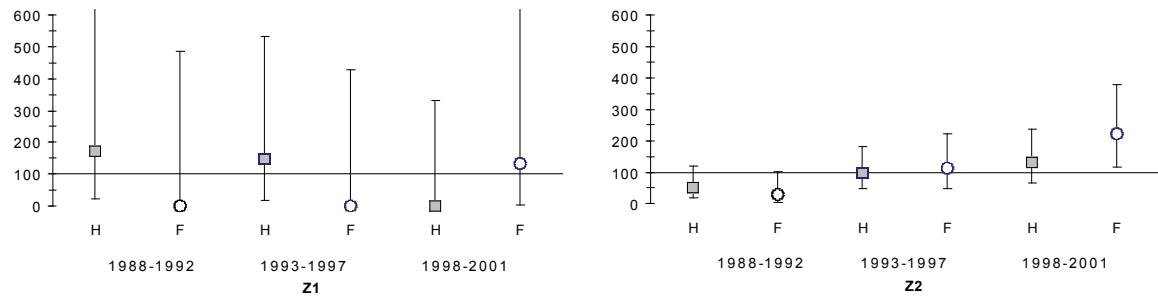
Maladies de l'appareil circulatoire (code Cim9 390-459)



Maladies de l'appareil respiratoire (code Cim9 460-519)



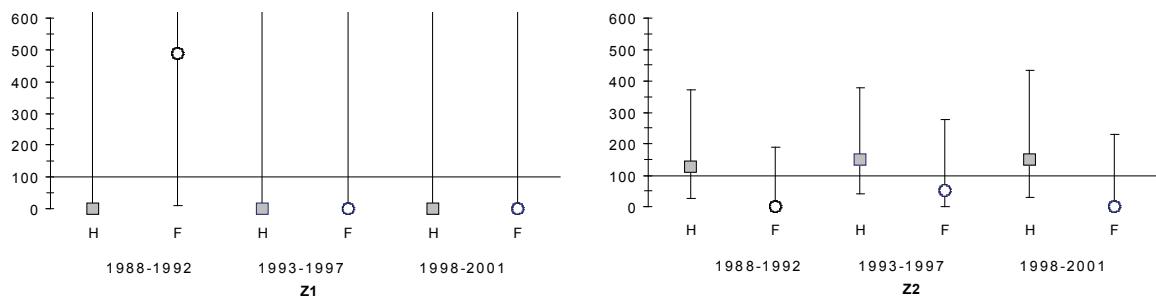
Maladies de l'appareil digestif (code Cim9 520-579)



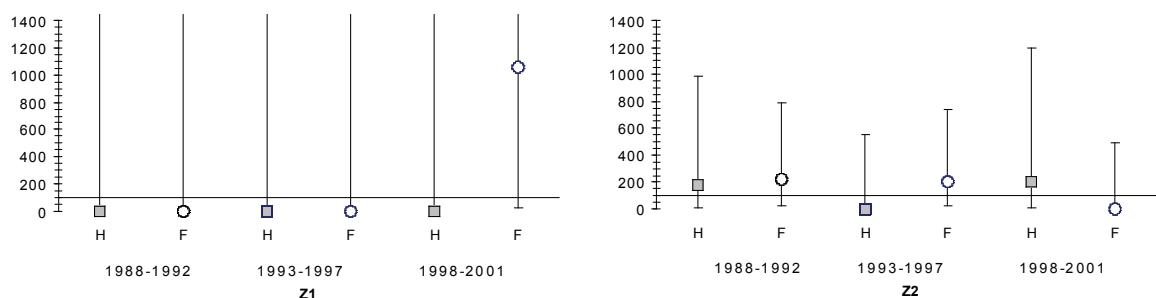
**FIGURE 2**

**REPRÉSENTATION DES SMR AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE, POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001 (3)**

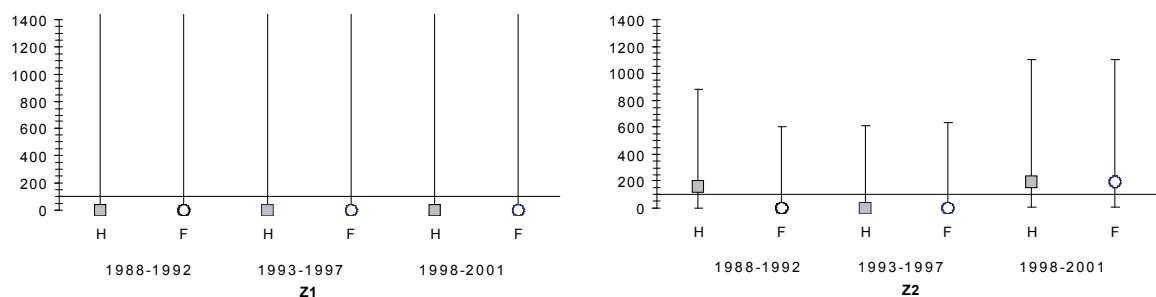
**Maladies des organes génito-urinaires (code Cim9 580-629)**



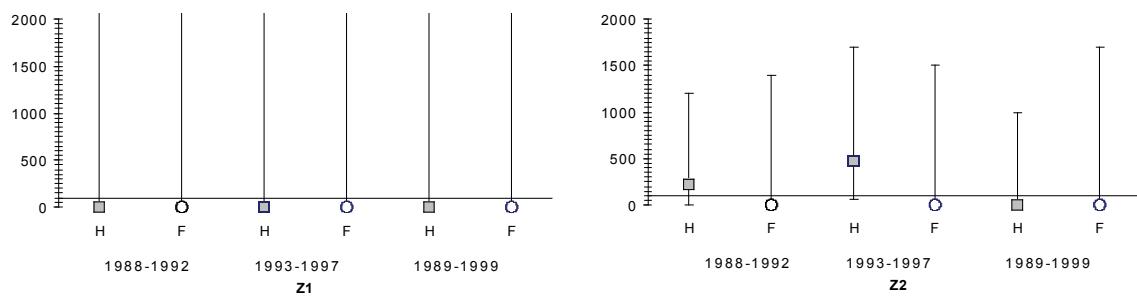
**Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané (code Cim9 680-709)**

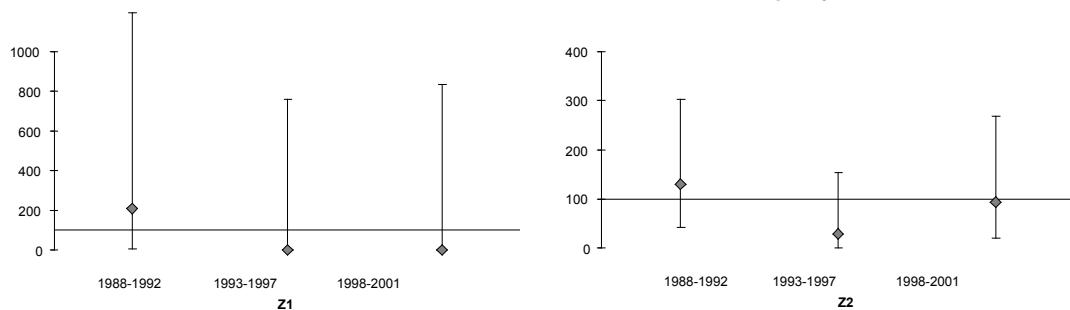
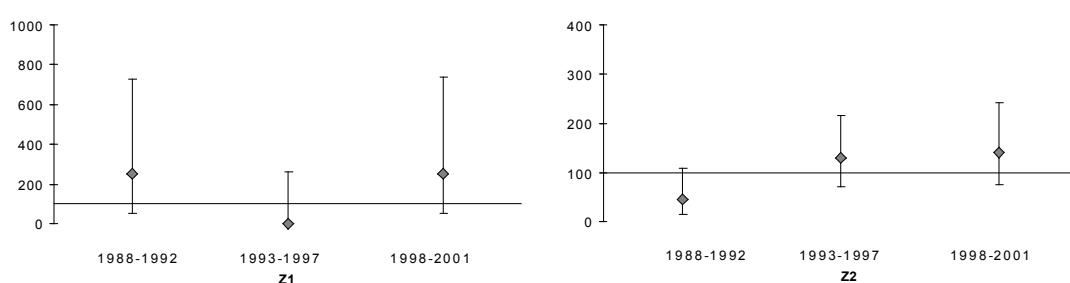
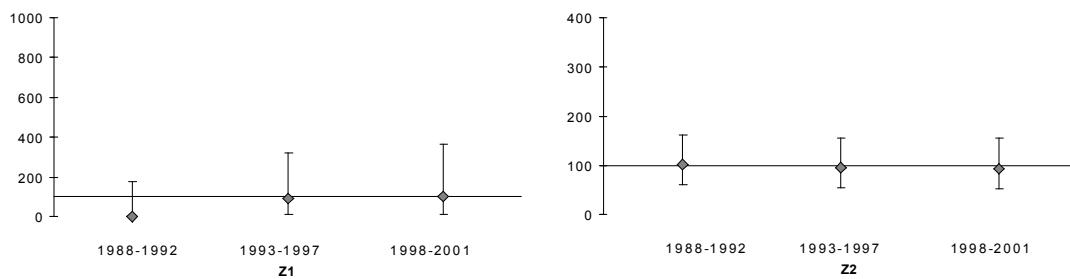
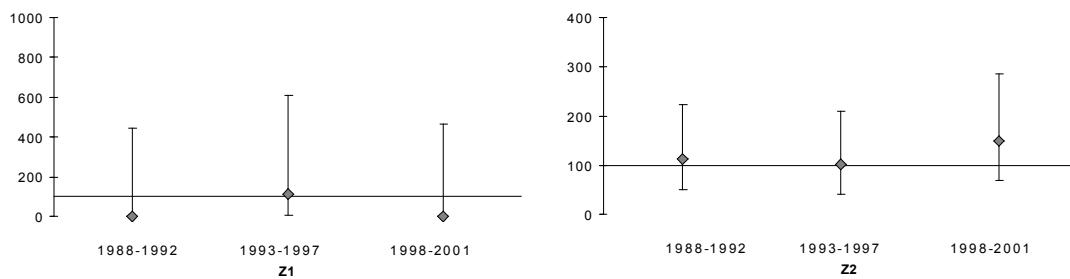


**Anomalies congénitales (code Cim9 740-759)**



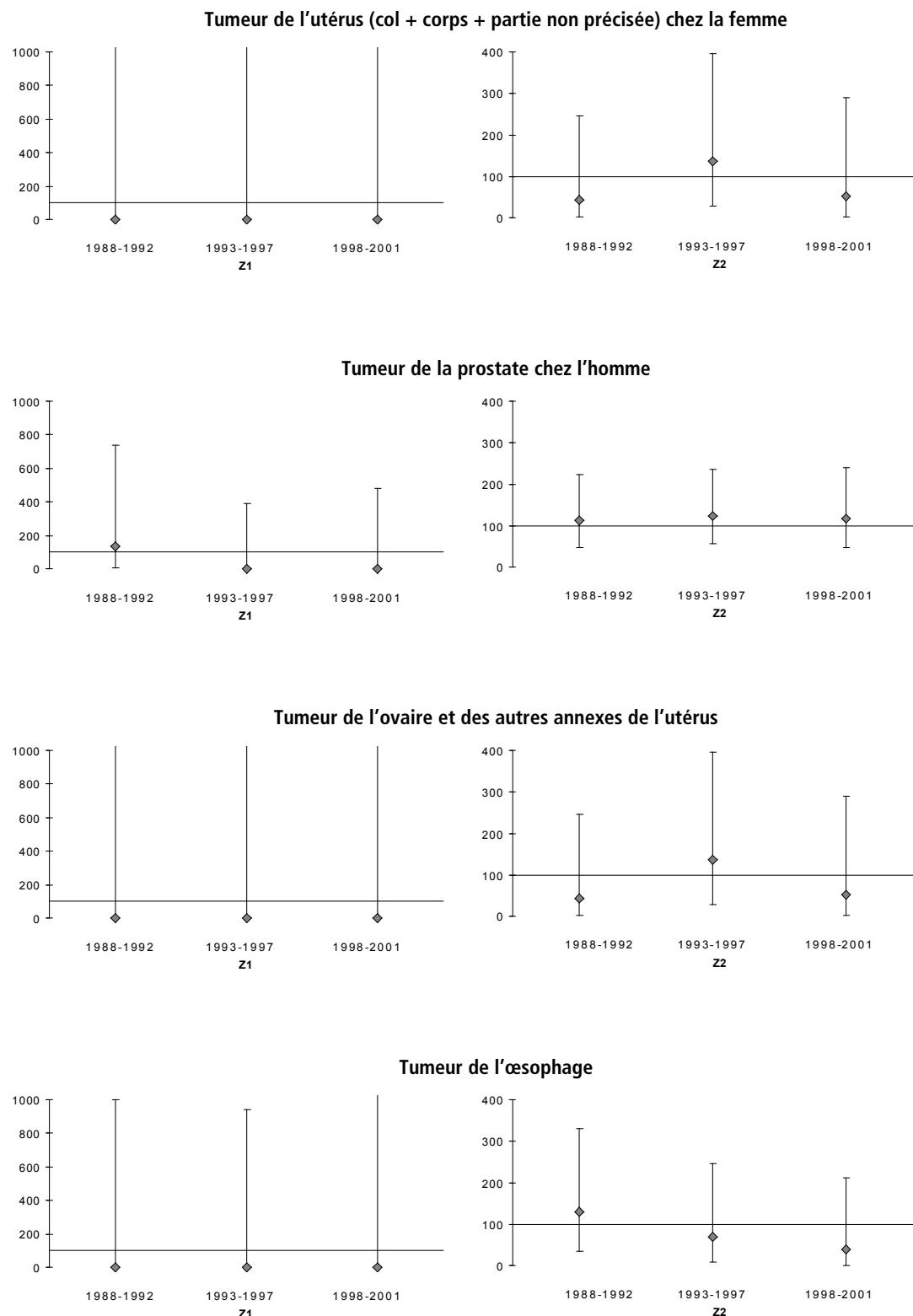
**Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (code Cim9 760-779)**



**FIGURE 3****REPRÉSENTATION DES SMR PAR CANCER AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE,  
POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992,  
1993-1997 ET 1998-2001 (1)****Tumeur des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx****Tumeur du côlon, du rectum, de la jonction recto-sigmoïdienne et de l'anus****Tumeur de la trachée, du larynx, des bronches et du poumon****Tumeur du sein chez la femme (pas de cas chez l'homme)**

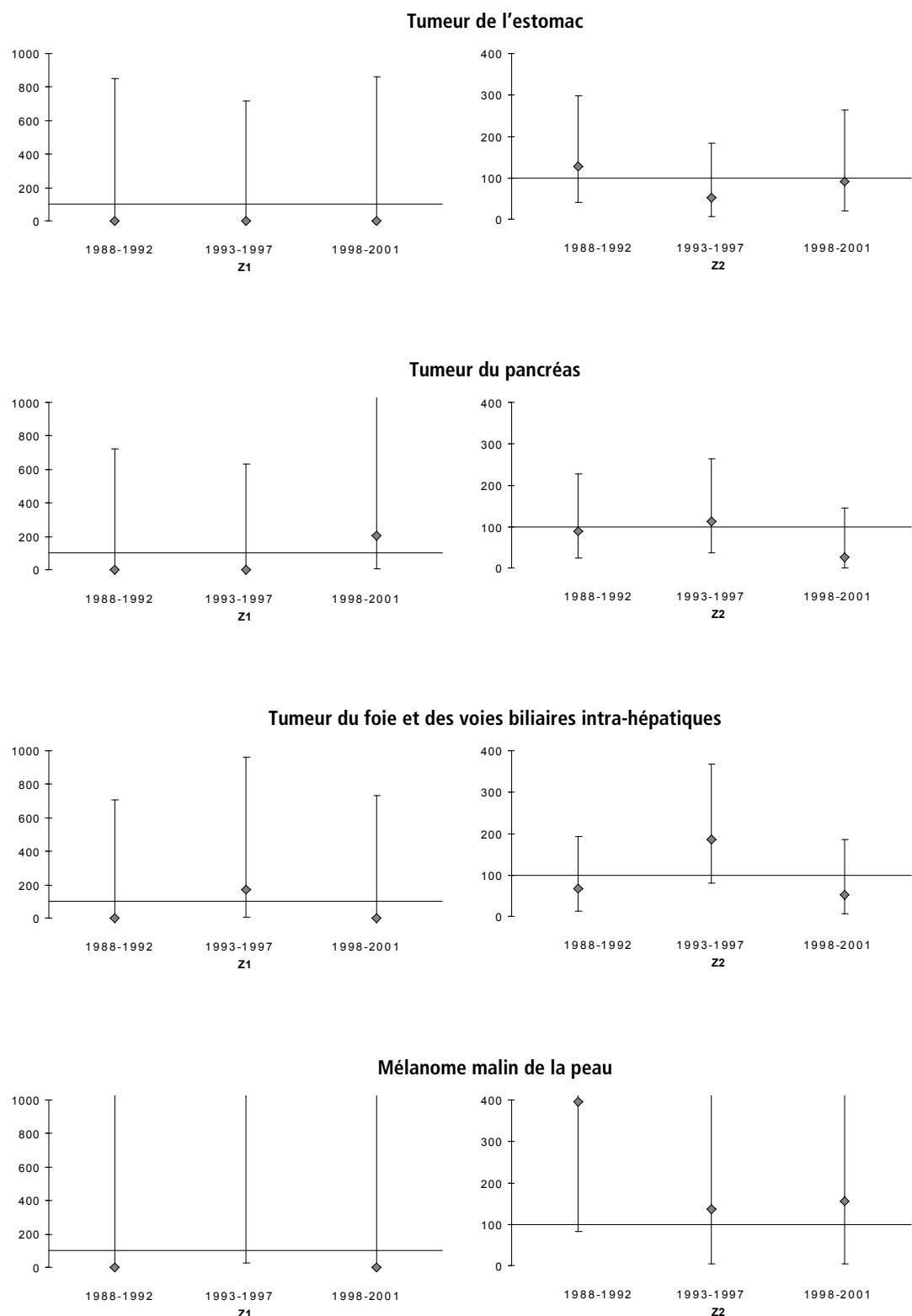
**FIGURE 3**

REPRÉSENTATION DES SMR PAR CANCER AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE, POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001 (2)



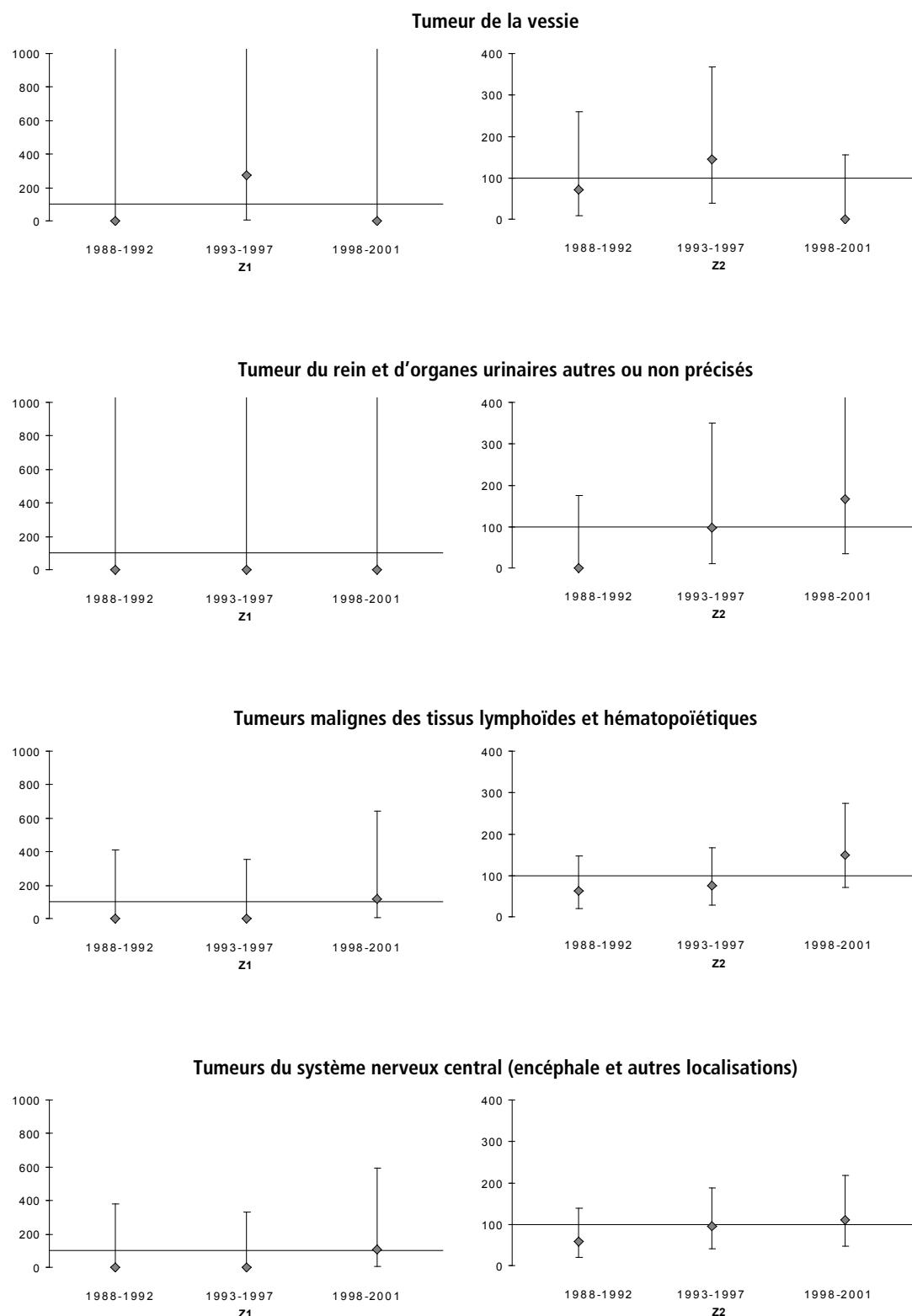
**FIGURE 3**

REPRÉSENTATION DES SMR PAR CANCER AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE,  
POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992,  
1993-1997 ET 1998-2001 (3)



**FIGURE 3**

REPRÉSENTATION DES SMR PAR CANCER AVEC LEUR INTERVALLE DE CONFIANCE, POUR LES HOMMES ET LES FEMMES DES ZONES Z1 ET Z2 SUR LES PÉRIODES 1988-1992, 1993-1997 ET 1998-2001 (4)



## Étude de la mortalité et de l'incidence des cancers dans la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe phréatique autour du site industriel Solvay à Tavaux, Jura

### Contexte

Le complexe industriel Solvay de Tavaux (Jura) a exploité de 1964 à 1986 une décharge de résidus de produits organiques chlorés aménagée dans une alvéole en argile. Ces produits ont peu à peu migré vers la nappe phréatique. La zone polluée s'étend sur une quarantaine de km<sup>2</sup> et concerne cinq communes du Jura et quatre communes de Côte-d'Or. Le réseau public d'eau potable, alimenté par des forages situés en amont, n'est pas concerné par la pollution. Une évaluation détaillée des risques a néanmoins conclu à l'existence d'un risque sanitaire à long terme en cas d'ingestion répétée d'eau de la nappe ou de baignades régulières en piscine alimentée par cette eau.

### Objectif

Cette étude a pour but de rechercher un excès de mortalité ou un excès d'incidence des cancers sur les communes concernées par la restriction d'usage, par rapport à la mortalité (ou à l'incidence) de ces pathologies dans le reste des départements de Côte-d'Or et du Jura.

### Résultats

L'étude n'a pas mis en évidence de surmortalité, que ce soit au droit des communes les plus impactées ou dans la périphérie de la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe. Les données d'incidence de cancer sur les communes de Côte-d'Or de la zone d'étude surveillées par les registres des cancers ne montrent pas non plus d'excès de risque.

### Discussion

Cette approche épidémiologique, mise en œuvre sur une population peu importante, présente une puissance statistique limitée qui ne permet pas d'objectiver les faibles excès de mortalité ou d'incidence compatibles avec les scénarios établis par l'évaluation détaillée des risques. Les scénarios les plus délétères pour la santé reposent sur des comportements individuels vraisemblablement peu fréquents, une enquête de terrain visant à recenser individuellement les puits et forages privés et à apprécier l'usage qui a été fait de l'eau de la nappe polluée est en cours, afin de caractériser plus précisément le risque réellement encouru.

## Mortality and cancer incidence in the area of restricted water use from the watertable, near the Solvay industrial site of Tavaux, Jura, France

### Background

*From 1964 to 1986, the Solvay chemical plant established in Tavaux (Jura) has stocked organic chloride wastes into a clayey dump. The chemical wastes gradually diffused to the water table. The polluted area is about 40 square kilometres wide and concerns 5 districts of the administrative area of Jura and 4 districts of Côte-d'Or. The public water network, supplied by upstream wells, is not concerned by the pollution. A detailed risk assessment concluded to a long term health risk for people who regularly drink the polluted water or swim in it.*

### Purpose

*The purpose of this study was to characterise an excess of cancer mortality/incidence in the population living in the incriminated districts, in comparison with the mortality/incidence observed in the rest of the administrative areas of Jura and Côte-d'Or.*

### Results

*The study did not show any mortality (or incidence) excess, neither in the more impacted districts, nor in the peripheral districts.*

### Discussion

*This epidemiological study, performed on a limited population, cannot point out reduced risk excesses like those established by the risk assessment approach. As the worst scenarios were based upon individual and probably uncommon behaviours, a complementary descriptive study is going on in order to collect individual data and characterise the risk for health with more accuracy.*

Citation suggérée :

F. Clinard. Étude de la mortalité et de l'incidence des cancers dans la zone de restriction d'usage de l'eau de la nappe phréatique autour du site industriel Solvay à Tavaux, Jura. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2007, 30 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)