

## Bulletin de veille sanitaire - N°16 / octobre 2013

**Page 1** | Bilan des intoxications au monoxyde de carbone déclarées en 2012 dans les Pays de la Loire |

**Page 12** | Principales méthodes de dosage du monoxyde de carbone : interprétation et problématiques |

**Page 14** | Etude sanitaire autour de la concession minière de la Mallièvre |

### | Editorial |

Ce Bulletin de Veille Sanitaire est consacré à des problématiques de santé liées à l'environnement.

Tout d'abord, le bilan annuel sur les intoxications au monoxyde de carbone (CO), réalisé par la Cire, permet de détailler l'organisation de la surveillance, les caractéristiques des épisodes d'intoxication et des cas ainsi que les circonstances de survenue des intoxications dans la région. Ce bilan est complété par une description des principales méthodes de dosage du CO. Cet article rédigé par le Centre Antipoison et de Toxicovigilance d'Angers souligne les possibles difficultés d'interprétation et l'intérêt des dosages précoces.

Le deuxième sujet abordé porte sur l'impact sanitaire des stériles miniers provenant d'anciennes mines d'uranium. Notre région est concernée avec une concession minière d'uranium exploitée de

1955 à 1991 et située aux frontières des départements de Vendée, Deux-Sèvres, Loire-Atlantique et Maine-et-Loire. Un groupe d'expertise pluraliste (GEP) a défini en 2010 une méthodologie d'analyse de l'impact sanitaire autour de ces anciens sites miniers. En appliquant la démarche proposée, le Registre général des tumeurs de Loire-Atlantique et Vendée a réalisé une étude descriptive de l'incidence du cancer du poumon à l'échelle cantonale, afin d'identifier d'éventuels excès d'incidence dans les zones géographiques autour de cette concession minière. Si cette étude n'a pas mis en évidence de risque plus élevé de cancer du poumon sur la zone théoriquement exposée au radon, il est important de poursuivre les efforts déjà entrepris de prévention, d'information et de surveillance dans la zone à risque.

# Bilan des intoxications au monoxyde de carbone déclarées en 2012 dans les Pays de la Loire

Anne-Hélène Liébert, Pascaline Loury, Cellule de l'InVS en région (Cire) des Pays de la Loire,  
Le Centre Antipoison et de Toxicovigilance (CAPTV) du CHU Angers,  
Les services santé-environnement des Délégations territoriales de l'ARS des Pays de la Loire,  
et les Services communaux d'hygiène et de santé (SCHS) des villes de Nantes, Saint-Nazaire, Le Mans et Angers.

## 1. Introduction

### 1.1. Risques sanitaires liés au monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique, incolore, inodore, non irritant et possédant pratiquement la même densité que l'air. Il provient de la combustion incomplète de matières carbonées (gaz naturel, bois, charbon, fioul, etc.), en raison notamment d'une quantité insuffisante d'oxygène dans l'air (pièce calfeutrée), d'une utilisation prolongée ou inadaptée d'un appareil à combustion ou encore d'une évacuation insuffisante des gaz de combustion (conduit mal raccordé, cheminée obstruée, etc.).

Du fait de son imperceptibilité, le CO constitue ainsi un danger grave pour l'homme. En effet, une fois inhalé, le CO gagne la

circulation sanguine où il entre en compétition avec l'oxygène pour se fixer sur l'hémoglobine (l'affinité du CO pour l'hémoglobine est 250 fois supérieure à celle de l'oxygène) [1]. Le CO et hémoglobine créent alors une molécule stable : la carboxyhémoglobine (HbCO) qui entraîne une diminution du transport d'oxygène vers les tissus et provoque une asphyxie parfois mortelle.

L'intoxication peut être chronique (exposition prolongée et répétée à de faibles concentrations en CO) ou aiguë (exposition brève à une concentration élevée en CO). De manière générale, l'intoxication est réversible si un traitement d'oxygénothérapie est administré rapidement. Cependant, des complications

neurologiques peuvent parfois apparaître immédiatement après l'intoxication ou plus tardivement (quelques jours à 4 semaines plus tard) et peuvent être plus ou moins graves : asthénie, troubles de la mémoire, modification du comportement, voire syndrome parkinsonien ou hémiplégié [1].

Le CO est la première cause de mortalité accidentelle par toxique en France. Il est responsable d'environ 4 000 intoxications et d'une centaine de décès par an [2].

## 1.2. Le système de surveillance des intoxications au CO

Aussi, la lutte contre les intoxications au CO est apparue prioritaire en 2004 dans la loi de santé publique [3] et dans le premier plan national santé environnement [4], se traduisant par le renforcement de la prévention, de la réglementation et la mise en place d'un système de surveillance. Depuis 2005, un dispositif national de surveillance des intoxications au CO, coordonné par l'Institut de veille sanitaire (InVS), a été mis en place [2]. Il repose sur une organisation régionale de recueil des signalements et de réalisations d'enquêtes médicales et environnementales.

Est inclus dans le système de surveillance, tout épisode d'intoxication au CO, suspecté ou avéré, survenu de manière accidentelle ou volontaire (tentative de suicide) :

- dans l'habitat ;
- dans un établissement recevant du public (ERP) ;
- en milieu professionnel ;
- ou en lien avec un engin à moteur thermique (dont véhicule) en dehors du logement.

En revanche, les intoxications liées à un incendie sont exclues du système de surveillance depuis 2008, en raison d'une stratégie de prévention différente.

### Objectifs spécifiques du système de surveillance des intoxications au CO

- alerter sur les situations d'intoxications au CO, afin de prendre les mesures de gestion du risque immédiates en soustrayant les personnes exposées de la source à l'origine des émanations de CO et de prévenir les récurrences par la réalisation d'enquête technique sur les lieux de l'intoxication et, le cas échéant, la prescription de travaux ;
- décrire la répartition spatio-temporelle des intoxications au CO, leurs circonstances de survenue et leurs facteurs de risque ;
- évaluer l'efficacité générale de la politique de prévention, en suivant l'évolution spatio-temporelle des intoxications au CO déclarées au système de surveillance.

En 2011, 49 épisodes d'intoxication au CO avaient été déclarés dans les Pays de la Loire, au cours desquels 118 personnes avaient été intoxiquées [5].

Ce bulletin présente les caractéristiques des épisodes d'intoxication au CO survenus au cours de l'année 2012 dans la région.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Définitions de cas d'intoxication au CO

Un épisode d'intoxication peut impliquer simultanément plusieurs victimes, les symptômes étant variables d'une personne à une autre. La définition épidémiologique d'un cas d'intoxication au CO a été construite par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France et a été reprise dans la circulaire du 14 décembre 2005

relative à la surveillance des intoxications au CO et aux mesures à mettre en œuvre modifiant la circulaire du 16 novembre 2004 [6]. Elle se base sur une combinaison de critères médicaux (signes cliniques et biologiques) et environnementaux (concentration atmosphérique en CO et identification de l'appareil en cause) (Tableau 1).

Tableau 1 : Les définitions d'un cas certain et d'un cas probable d'intoxication au CO

CAS CERTAIN	Signes médicaux	Signes environnementaux
<b>Cas 1</b>	Sujet présentant des signes cliniques évocateurs d'intoxication au CO et une carboxyhémoglobémie mesurée ou estimée (dans l'air expiré) supérieure ou égale à 6 % chez un fumeur (ou une personne dont le statut tabagique est inconnu) ou à 3 % chez un non-fumeur	
<b>Cas 2</b>	Sujet présentant des signes cliniques évocateurs d'intoxication au CO	ET Concentration de CO mesurée dans l'atmosphère supérieure à 10 ppm
<b>Cas 3</b>	Sujet présentant des signes cliniques évocateurs d'intoxication au CO	ET Exposition CO confirmée par l'enquête technique
<b>Cas 4</b>	Carboxyhémoglobémie mesurée ou estimée (dans l'air expiré) supérieure ou égale à 6 % chez un fumeur (ou une personne dont le statut tabagique est inconnu) ou à 3 % chez un non-fumeur	ET Situation d'exposition au CO confirmée par l'enquête technique
<b>Cas 5</b>	Carboxyhémoglobémie mesurée ou estimée (dans l'air expiré) supérieure ou égale à 10 % chez un fumeur (ou une personne dont le statut tabagique est inconnu) ou à 6 % chez un non-fumeur	
<b>Cas 6</b>	Carboxyhémoglobémie mesurée ou estimée (dans l'air expiré) supérieure ou égale à 6 % chez un fumeur (ou une personne dont le statut tabagique est inconnu) ou à 3 % chez un non-fumeur	ET Sujet exposé dans les mêmes conditions (locaux, véhicule...) qu'un patient appartenant à une des catégories précédentes
<b>Cas 7</b>	Sujet présentant des signes cliniques évocateurs d'intoxication au CO	ET Sujet exposé dans les mêmes conditions (locaux, véhicule...) qu'un patient appartenant à une des catégories précédentes
CAS PROBABLE	Signes médicaux	Signes environnementaux
	En l'absence d'information sur les signes cliniques et la mesure de l'imprégnation mais avec mention d'un traitement normobare ou hyperbare, ou d'une admission en hospitalisation	

## 2.2. Organisation du système de surveillance mis en place dans les Pays de la Loire

Toute personne ayant connaissance d'un épisode suspecté ou avéré d'intoxication au CO doit le **signaler** dans les meilleurs délais au Centre Antipoison et de Toxicovigilance (CAPTV) du CHU d'Angers, guichet unique qui assure 24h/24 la réception des signalements. Les déclarants peuvent être de différentes natures : Sdis, Samu/Smur, services d'urgences, médecins libéraux, SOS médecins, services hospitaliers, service de médecine hyperbare, professionnels chauffagistes qualifiés, particuliers, etc. (Figure 1).

Dès la réception du signalement, le CAPTV remplit le *formulaire "Alerte"* permettant de recueillir les premiers renseignements disponibles sur l'intoxication (nombre de personnes exposées, type(s) d'installation(s) suspectée(s), etc.). Il est chargé de réaliser l'**enquête médicale** (*formulaire "Intoxiqué"*) qui vise à décrire les personnes victimes de l'intoxication en termes de caractéristiques démographiques, médicales (signes cliniques et biologiques), de prise en charge thérapeutique et d'évolution à 24 heures.

Parallèlement, le CAPTV transmet le signalement dans les meilleurs délais au point focal de l'Agence régionale de santé (ARS) qui informe la Délégation territoriale de l'ARS (DT-ARS). Celle-ci peut le cas échéant orienter le signal vers le Service communal d'hygiène et de santé (SCHS) lorsque l'intoxication relève des villes de Nantes, Saint-Nazaire, Angers ou Le Mans ou vers l'Unité territoriale de la Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE) lorsque l'épisode survient en milieu professionnel.

Une **enquête environnementale** est alors menée pour décrire les lieux et les circonstances de survenue de l'intoxication, l'appareil à combustion fonctionnant au moment de l'intoxication, les facteurs favorisants (défaut d'aération, utilisation inadaptée de l'appareil, influence de la météo, etc.). Ces informations

permettent de mettre en œuvre les mesures de gestion nécessaires (mise en sécurité de l'installation, définition de travaux à effectuer, etc.) et d'éviter ainsi toute récurrence. Les informations relatives à l'enquête environnementale sont remplies dans trois formulaires : *formulaire "Source"*, *formulaire "Enquête environnementale"* et *formulaire "Synthèse et bilan"*.

Les données contenues dans les cinq formulaires sont ensuite **saisies dans une plateforme Internet sécurisée (Siroco)**, la Cire est chargée d'assurer l'exploitation épidémiologique des informations recueillies au niveau régional.

L'ARS des Pays de la Loire assure l'animation du groupe de travail régional de lutte contre les intoxications au CO et l'organisation de la mise en œuvre du système de surveillance.

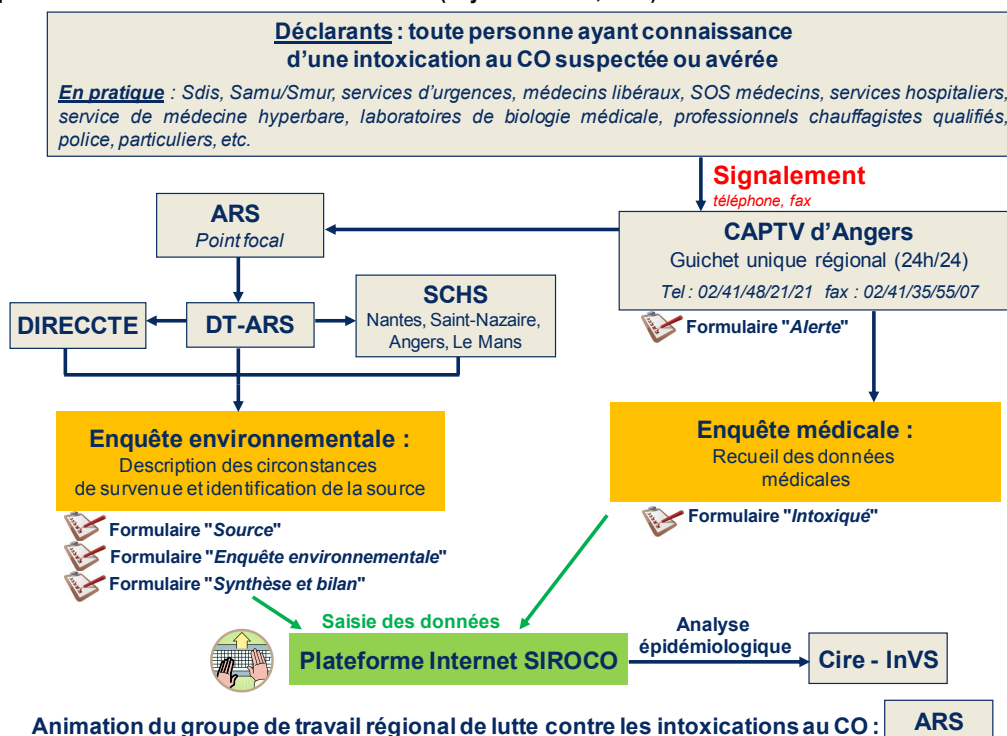
## 2.3. Analyse épidémiologique des données

Le bilan présenté dans cet article porte sur l'analyse épidémiologique des épisodes d'intoxication au CO déclarés en 2012 dans la région des Pays de la Loire, après exclusion des incendies et des personnes ne répondant pas à la définition épidémiologique de cas d'intoxication au CO.

L'analyse régionale est adaptée d'un programme d'analyse statistique des épisodes d'intoxication au CO réalisé au niveau national par l'InVS. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Stata v12.0 et s'est attachée à décrire :

- les caractéristiques des personnes intoxiquées ;
- les épisodes d'intoxication au CO : répartition temporelle et géographique des épisodes, circonstances de survenue des intoxications accidentelles dans l'habitat, en milieu professionnel et dans les ERP (les tentatives de suicide en revanche n'ont pas été analysées dans cet article, car elles dépendent d'une politique de prévention différente de celle du CO) ;
- la qualité du système de surveillance : délais de signalement et nature des déclarants.

Figure 1 : Le dispositif de surveillance des intoxications au CO (Pays de la Loire, 2012)

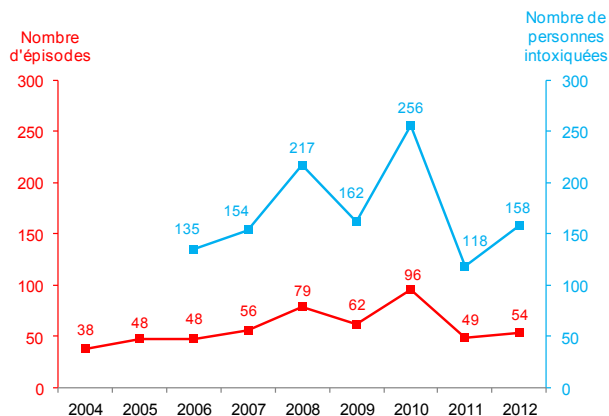


## 3. Résultats

### 3.1. Nombre d'épisodes en 2012

En 2012, dans la région des Pays de la Loire, 54 épisodes d'intoxication au CO ont été déclarés au système de surveillance intoxicant 158 personnes (Figure 2).

Figure 2 : Evolution du nombre annuel d'épisodes déclarés et du nombre de personnes intoxiquées (Pays de la Loire 2004-2012)



### 3.2. Caractéristiques des personnes intoxiquées

#### 3.2.1. Caractéristiques démographiques

Lors des 54 épisodes déclarés dans la région en 2012, 158 personnes ont été intoxiquées (152 cas certains et 6 cas probables), ce qui représente un taux régional de cas déclarés de 4,4 cas pour 100 000 habitants (INSEE, estimations de la population au 1<sup>er</sup> janvier 2012) (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de personnes intoxiquées et taux de cas déclarés par classe d'âge (Pays de la Loire, 2012)

Classes d'âge	Nombre de personnes intoxiquées	Taux de cas déclarés / 100 000 habitants
0 à 4 ans	19	8,2
5 à 14 ans	16	3,4
15 à 24 ans	20	4,6
25 à 44 ans	60	6,6
45 à 64 ans	24	2,5
≥ 65 ans	19	3,0
Total	158	4,4

Une médiane de deux personnes intoxiquées par épisode a été observée (minimum : 1 – maximum : 9).

L'âge médian des personnes intoxiquées était de 33,5 ans et variait de 1 mois à 90 ans. Toutes les classes d'âge ont été concernées, plus particulièrement les 0-4 ans et les 25-44 ans avec respectivement 8,2 et 6,6 cas pour 100 000 habitants.

Les femmes représentaient 53% des personnes intoxiquées (83/158), quatre d'entre elles étaient enceintes au moment de l'intoxication.

#### 3.2.2. Sévérité des cas

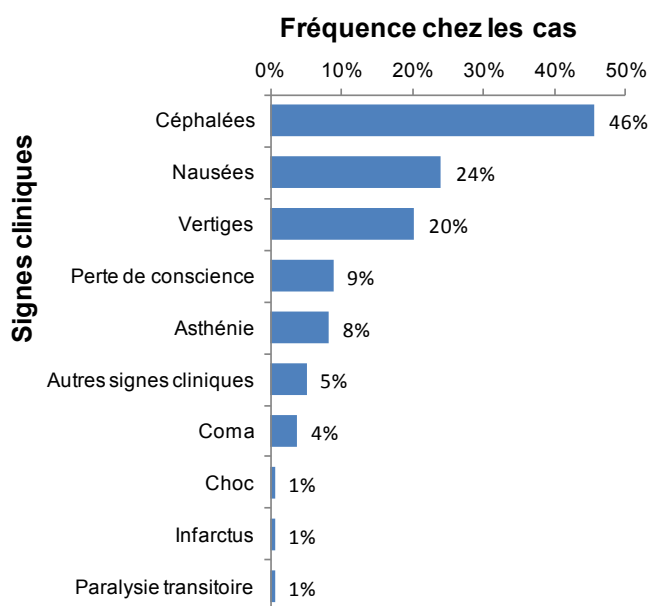
##### Signes cliniques et gravité

En 2012, sur l'ensemble des 158 personnes intoxiquées dans les Pays de la Loire, au moins un signe clinique évocateur d'une intoxication au CO a été observé chez près de 65 % des cas. Les signes cliniques les plus fréquemment rencontrés parmi les 158 cas étaient des céphalées (46 %), des nausées (24 %) et des vertiges (20 %).

Des signes plus graves étaient également rapportés : perte de conscience (9%) ou coma (4 %).

D'autres signes cliniques ont été cités (5 %) : confusion mentale, myoclonies, malaise, tachycardie ou encore dyspnée. (Figure 3).

Figure 3 : Fréquence des signes cliniques parmi les 158 personnes intoxiquées au CO (Pays de la Loire, 2012)



Concernant les stades de gravité et parmi les 158 personnes intoxiquées en 2012 (Tableau 3) :

- 52 personnes (33 %) étaient asymptomatiques (stade 0), l'intoxication ayant pu être confirmée par la mesure de la carboxyhémoglobémie et par les conclusions de l'enquête environnementale ;
- 81 personnes (52 %) avaient présenté des signes modérés (stades 1 et 2) ;
- 20 personnes (12 %) avaient présenté une intoxication plus sévère (stades 3 et 4) ;
- 3 personnes (2 %) sont décédées (stade 5) : un décès était lié à l'utilisation d'une chaudière (la concentration atmosphérique en CO mesurée dans l'air lors du signalement était de 1 400 ppm), deux autres personnes étaient décédées dans une camionnette à l'arrêt utilisée pour le couchage et dans laquelle un barbecue avait été retrouvé (la mesure de l'imprégnation en CO chez les deux victimes était supérieure à 70 % d'HbCO).

**Tableau 3 : Nombre de personnes intoxiquées par stade de gravité (Pays de la Loire, 2012)**

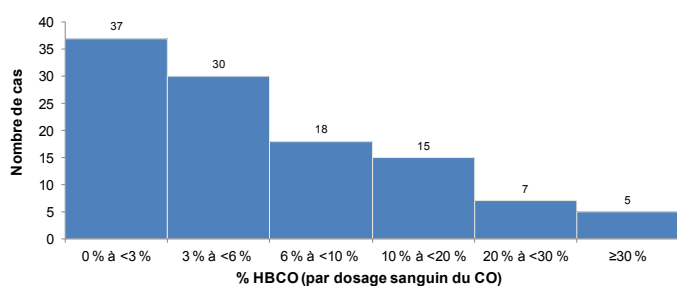
Stade	Définition	Nombre de cas	%
0	Pas de symptôme	52	33%
1	Inconfort, fatigue, céphalées	39	25%
2	Signes généraux aigus ( <i>nausées, vomissements, vertige, malaise, asthénie intense</i> ) à l'exclusion des signes neurologiques ou cardiologiques	42	27%
3	Perte de conscience transitoire spontanément réversible ou signes neurologiques ou cardiologiques n'ayant pas de critère de gravité du stade 4	15	9%
4	Signes neurologiques ( <i>convulsions, coma</i> ) ou cardiovasculaires graves ( <i>arythmie ventriculaire, œdème pulmonaire, infarctus du myocarde, angor, choc, acidose sévère</i> )	5	3%
5	Décès	3	2%
	Stade de gravité indéterminé	2	1%
<b>Total</b>		<b>158</b>	<b>100%</b>

### Imprégnation au CO

Sur les 158 personnes intoxiquées, 130 ont pu bénéficier d'une mesure d'imprégnation au CO (par dosage sanguin de la carboxyhémoglobine, par dosage du CO dans l'air expiré ou par CO-oxymétrie digitale). Majoritairement, une seule mesure par personne a été réalisée, mais certains cas ont parfois bénéficié d'une seconde mesure complémentaire (couplage dosage sanguin / dosage du CO dans l'air expiré ou couplage dosage sanguin / CO-oxymétrie).

Le dosage sanguin était l'analyse la plus fréquemment réalisée (112 personnes sur les 130 ayant bénéficié d'une mesure d'imprégnation au CO) (Figure 4). Ainsi, sur ces 112 personnes, 37 avaient un taux d'HbCO inférieur à 3 % et 30 avaient un taux compris entre 3 % et 6 %. Le niveau médian du taux d'HbCO mesuré était de 4,4 %. Deux valeurs extrêmes (70,7 % et 77,7 %) étaient observées chez deux personnes décédées de leur intoxication.

**Figure 4 : Résultats des mesures d'imprégnation au CO par dosage sanguin chez les personnes intoxiquées (n=112) (Pays de la Loire, 2012)**

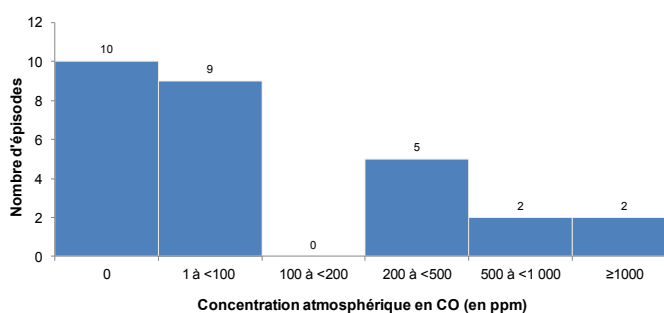


### Concentration atmosphérique en CO

Sur les 54 épisodes d'intoxication au CO, 28 (52 %) ont fait l'objet d'une mesure de la concentration atmosphérique en CO au moment du signalement (Figure 5). La concentration médiane

relevée était de 49 ppm avec un maximum à 2 000 ppm (épisode survenu en milieu professionnel à la suite de l'utilisation d'un four).

**Figure 5 : Episodes ayant fait l'objet d'une mesure de la concentration atmosphérique en CO (n=28) (Pays de la Loire, 2012)**



### 3.2.3. Prise en charge thérapeutique et évolution des personnes intoxiquées

D'après les informations recueillies à l'issue de l'enquête médicale, sur les 158 personnes intoxiquées, 133 (84 %) ont été transportées vers un service d'urgence et 78 (49 %) ont été hospitalisées (Tableau 4). Une grande majorité des personnes hospitalisées (75/78) avaient pu retourner à leur domicile 24 heures après l'hospitalisation.

Concernant les traitements reçus, une oxygénothérapie normobare a été administrée à la majorité des personnes intoxiquées (121/158). La durée médiane du traitement était de 8 heures (minimum : 1 h - maximum : 12 h) chez les 79 personnes pour lesquelles on disposait de cette information. Seize personnes ont quant à elles bénéficié d'un traitement en caisson hyperbare (situé au CHU d'Angers).

**Tableau 4 : Nombre d'épisodes et de personnes intoxiquées, transportées vers un service d'urgence, hospitalisées et décédées selon le département (Pays de la Loire)**

Département	Nombre de personnes				
	Nombre d'épisodes	Intoxiquées	Transportées aux urgences	Hospitalisées	Décédées
Loire-Atlantique (44)	15	49	38	29	0
Maine-et-Loire (49)	11	28	26	17	0
Mayenne (53)	4	8	8	7	0
Sarthe (72)	6	18	16	9	2
Vendée (85)	18	55	45	16	1
<b>Région Pays de la Loire</b>	<b>54</b>	<b>158</b>	<b>133</b>	<b>78</b>	<b>3</b>
<i>Pourcentage</i>		<i>100%</i>	<i>84%</i>	<i>49%</i>	<i>2%</i>

## Combinaisons des critères médicaux et environnementaux pour définir un cas d'intoxication au CO

Les différentes définitions d'un cas d'intoxication au CO combinent à la fois des signes cliniques et/ou des dosages biologiques (imprégnation au CO) et/ou des dosages de la concentration atmosphérique en CO.

### Signes cliniques

Les signes cliniques d'une intoxication au CO ne sont pas spécifiques et peuvent être très variés. Au-delà des signes classiquement retrouvés et évocateurs d'une intoxication au CO (maux de tête, vertiges, nausées, etc.), d'autres peuvent être plus rarement observés. Les signes cliniques permettent de déterminer le degré de gravité de l'intoxication, qui est elle-même fonction de la concentration en CO dans l'atmosphère, de la durée d'exposition et du volume d'air inhalé. La sévérité d'un cas d'intoxication au CO est graduée selon une échelle de 6 classes, allant du stade 0 (absence de symptômes) au stade 5, le plus grave (décès de la victime).

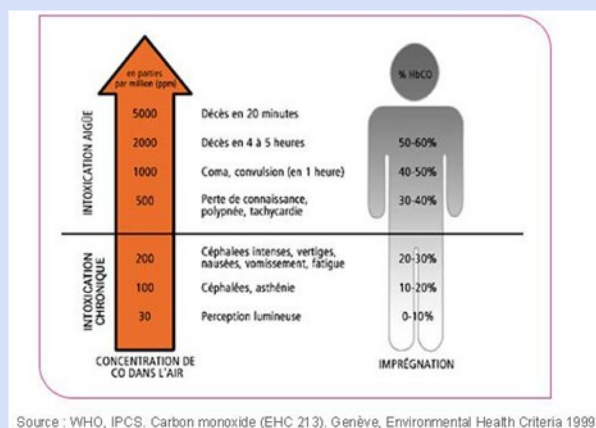
### Imprégnation au CO

L'imprégnation au CO peut être réalisée par la mesure de la carboxyhémoglobine (HbCO) dans le sang, par dosage du CO dans l'air expiré (analyseurs électroniques) ou par CO-oxymétrie de pouls (capteur placé sur l'index ou le majeur de la personne intoxiquée). Le décès par intoxication au CO peut survenir à partir d'un taux d'HbCO de plus de 50 % sous certaines conditions d'exposition (Figure 6).

### Concentration atmosphérique en CO

De manière générale, les premiers signes d'intoxication sont ressentis pour une concentration atmosphérique en CO de l'ordre de 30 ppm. Vers 100 ppm, peuvent apparaître des céphalées et une asthénie, le décès peut alors survenir en quelques heures lorsque la concentration est de l'ordre de 2 000 ppm, voire en quelques minutes à 5 000 ppm (Figure 6). Lorsque cela est possible, la mesure de la concentration atmosphérique en CO permet d'apporter des éléments importants pour décrire l'intoxication. Cependant, cela n'est pas toujours réalisé de manière systématique, la priorité des services d'urgences étant de porter secours à la victime et une des premières actions consiste à aérer le local où est survenue l'intoxication.

Figure 6 : Gravité de l'intoxication en fonction de la concentration atmosphérique en CO et de l'imprégnation au CO (source : WHO, 1999)



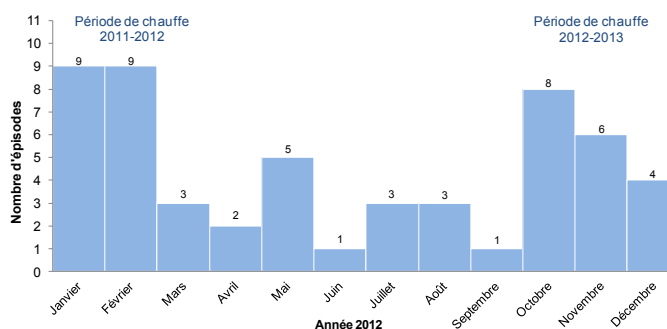
## 3.3. Les épisodes d'intoxication au CO

### 3.3.1. Répartition temporelle et géographique

#### Répartition temporelle des épisodes

Parmi les 54 épisodes déclarés en 2012 dans la région des Pays de la Loire, près des trois quarts sont survenus durant la période de chauffe : 21 au cours du premier trimestre et 18 au cours du quatrième trimestre (Figure 7).

Figure 7 : Répartition mensuelle des épisodes d'intoxication au CO (n=54) (Pays de la Loire, 2012)



### Répartition géographique des épisodes

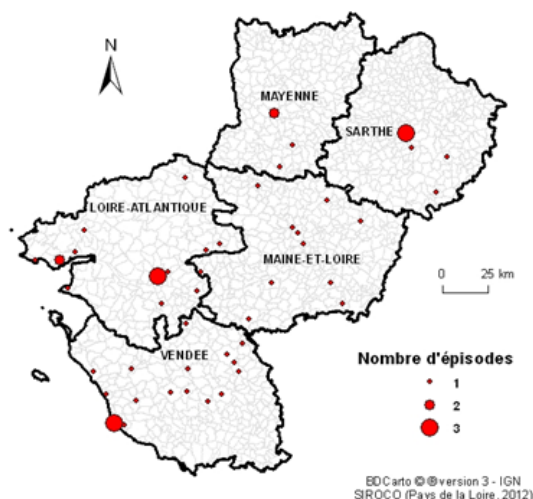
Les épisodes étaient dispersés sur l'ensemble du territoire régional. Des disparités départementales existaient avec un taux de cas déclarés pour 100 000 habitants en Vendée (8,5 cas pour 100 000 habitants) deux fois supérieur à celui de tous les autres départements (dont les taux étaient compris entre 2,6 et 3,8 cas pour 100 000 habitants) (Tableau 5).

Tableau 5 : Répartition des épisodes et des personnes intoxiquées en fonction du département (Pays de la Loire, 2012)

Département	Episodes		Intoxiqués	
	Nombre	%	Nombre	Taux de cas déclarés / 100 000 habitants
Loire-Atlantique (44)	15	28%	49	3,8
Maine-et-Loire (49)	11	20%	28	3,5
Mayenne (53)	4	7%	8	2,6
Sarthe (72)	6	11%	18	3,1
Vendée (85)	18	33%	55	8,5
<b>Région Pays de la Loire</b>	<b>54</b>	<b>100%</b>	<b>158</b>	<b>4,4</b>

Sur les 54 épisodes survenus en 2012, les villes de Nantes, des Sables-d'Olonne et du Mans ont recensé chacune trois épisodes, celles de Laval et de Saint-Nazaire ont recensé deux épisodes (Figure 8).

Figure 8 : Représentation géographique des épisodes d'intoxication au CO (n=54) (Pays de la Loire, 2012)



### 3.3.2. Circonstances de survenue des intoxications

Sur les 54 épisodes déclarés en 2012, la majorité d'entre eux se sont produits dans l'habitat (40) comme ce fut le cas les années précédentes [5]. Les autres circonstances de survenue des épisodes étaient réparties de la façon suivante : 8 épisodes en milieu professionnel, 3 épisodes non accidentels (tentatives de suicide) et 1 épisode dans un ERP.

Tableau 6 : Répartition des épisodes d'intoxication au CO en fonction du département et de la circonstance de survenue (Pays de la Loire, 2012)

Département	Nombre d'épisodes	Habitat	Milieu professionnel	Etablissement recevant du public	Tentative de suicide	Non renseigné
Loire-Atlantique (44)	15	13	1	0	0	1
Maine-et-Loire (49)	11	6	4	0	1	0
Mayenne (53)	4	4	0	0	0	0
Sarthe (72)	6	5	0	0	0	1
Vendée (85)	18	12	3	1	2	0
<b>Région Pays de la Loire</b>	<b>54</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<i>Pourcentage</i>	<i>100%</i>	<i>74%</i>	<i>15%</i>	<i>2%</i>	<i>6%</i>	<i>4%</i>

Enfin, 2 épisodes ont été classés dans la catégorie « Non renseigné » : l'un correspondait à une intoxication survenue dans une camionnette à l'arrêt utilisée pour le couchage (deux décès) et l'autre à un épisode survenu en février 2012 mais dont le signalement au système de surveillance n'a été effectué que quatre mois plus tard (refus des occupants de communiquer des informations) (Tableau 6).

### Episodes accidentels dans l'habitat

En 2012, dans les Pays de la Loire, 109 personnes ont été intoxiquées lors des 40 épisodes d'intoxication survenus dans l'habitat, avec une médiane de 2 personnes intoxiquées par épisode.

Sur les 40 épisodes, une **enquête environnementale** a été réalisée pour 36 d'entre eux, dont :

- 25 épisodes ayant fait l'objet d'un déplacement sur place des enquêteurs ;
- 11 épisodes ayant fait l'objet d'une enquête téléphonique sans déplacement.

Par ailleurs, 1 enquête n'a pu être réalisée du fait de l'indisponibilité des victimes et l'information n'était pas renseignée pour 3 épisodes.

Les trois quarts des épisodes sont survenus dans des **maisons** individuelles ou mitoyennes. Sur l'ensemble des 40 épisodes domestiques, la moitié des occupants étaient **propriétaires** de leur logement. Dans la majorité des cas (53 %), les logements étaient équipés d'une chaudière individuelle pour le chauffage. L'eau chaude sanitaire était quant à elle produite principalement par chaudière individuelle (38 %) ou par ballon électrique (30 %).

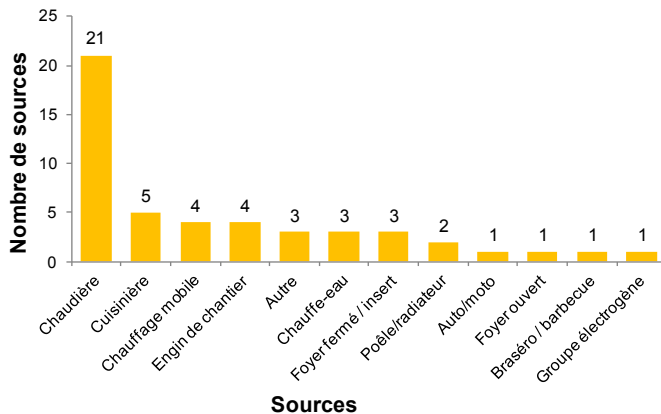
A l'issue des enquêtes environnementales, **49 sources à combustion** ont été recensées lors des épisodes domestiques (Figure 9). Certaines sources (31) ont pu être clairement identifiées comme ayant été à l'origine de l'intoxication, d'autres (12) présentaient une persistance de doute et 1 source n'était plus présente le jour de l'enquête environnementale.

Les sources étaient principalement localisées dans la cuisine (14), le séjour (6), la chaufferie (6) ou la cave (6).

Une seule source à combustion a été majoritairement identifiée par logement (pour 35 épisodes). Il est cependant arrivé d'identifier jusqu'à 4 sources différentes dans l'habitat (pour 2 épisodes).

Sur les 49 sources identifiées dans les logements, 38 étaient des sources fixes et 11 des sources mobiles.

Figure 9 : Sources suspectées comme ayant été à l'origine des épisodes d'intoxication dans l'habitat (n=49) (Pays de la Loire, 2012)



### 38 sources fixes

- **21 chaudières** : les circonstances d'intoxication étaient très variées : problème d'aération du local, défaut d'entretien de l'appareil, vétusté ou dysfonctionnement de la chaudière (absence de déclenchement du système de sécurité de l'appareil citée pour 3 sources), défaut d'évacuation des gaz imbrulés, inversion de tirage, non-conformités au niveau de l'appareil (conduit de fumée non-conforme, etc.).
- **5 cuisinières** : pour certaines, une utilisation non adaptée à été mise en cause (raccordement de la cuisinière à une bouteille de propane alors qu'elle disposait d'injecteurs pour le gaz de ville par exemple).
- **3 foyers fermés / inserts** : dont un épisode provoqué par un dégagement de fumées à l'intérieur du logement (porte de l'insert mal fermée et trappe d'évacuation des gaz de combustion en position fermée). Un autre épisode était lié à un insert situé dans une chambre d'enfant avec une combustion anormale durant la nuit.
- **3 chauffe-eaux** : inversion de tirage pour un des appareils, dysfonctionnement d'un appareil vétuste et fonctionnement d'un chauffe-eau non raccordé dans une salle d'eau insuffisamment aérée.
- **2 poêles à bois** : mauvaise utilisation ou dysfonctionnement de l'appareil.

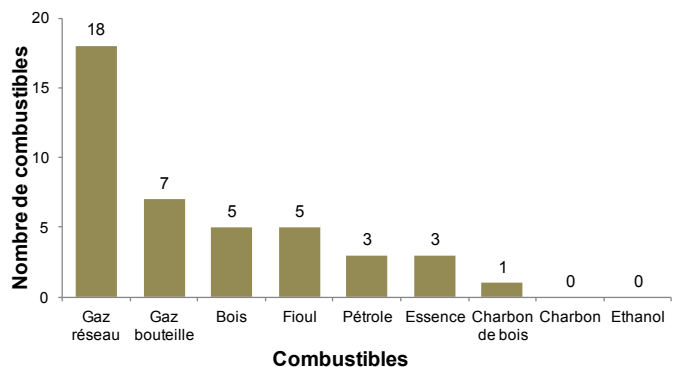
- **1 foyer ouvert** : aucun détail supplémentaire n'était disponible pour cette source.
- **3 autres sources** : il s'agissait d'un réfrigérateur à gaz vétuste non entretenu couplé à une insuffisance de la ventilation, d'un brûleur à gaz utilisé dans un local fermé en sous-sol pour faire de l'eau de vie (bouche de ventilation obstruée). Aucune précision n'a été apportée en revanche pour le troisième appareil.

### 11 sources mobiles

- **4 engins de chantier** : il s'agissait d'une scie à moteur thermique dans une cave, d'un nettoyeur haute pression à moteur thermique dans un local clos et de deux moteurs thermiques utilisés dans des caves non ventilées pour pomper de l'eau.
- **4 chauffages mobiles** : dysfonctionnement d'un poêle à pétrole mobile utilisé de façon continue comme moyen principal de chauffage, utilisation prolongée d'un appareil de chauffage d'appoint au gaz à des fins d'économie d'énergie, utilisation d'un poêle à pétrole d'appoint. Pour un des épisodes, l'appareil n'était plus présent le jour de l'enquête.
- **1 groupe électrogène** utilisé dans un espace confiné (travaux de finition à l'intérieur d'une maison en construction).
- **1 automobile** restée en fonctionnement par inadvertance dans un garage pendant 3 heures.
- **1 braséro / barbecue** : utilisation de braises incandescentes comme moyen de chauffage dans une chambre mal ventilée.

Le principal combustible retrouvé dans les épisodes domestiques d'intoxication au CO était le gaz (Figure 10).

Figure 10 : Combustibles utilisés lors des épisodes d'intoxication au CO dans l'habitat (n=42) (Pays de la Loire, 2012)

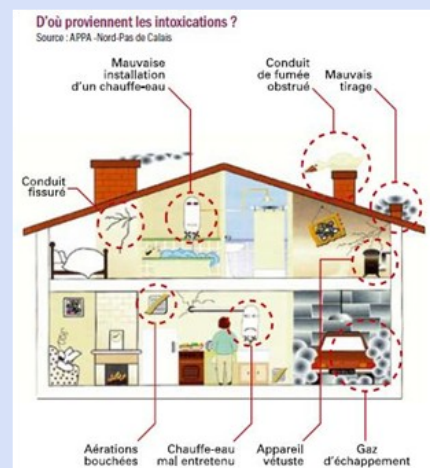


### Les sources et les facteurs favorisant les intoxications au CO dans l'habitat

L'origine d'une intoxication au CO provient du fonctionnement d'un appareil à combustion associé à la présence de facteurs favorisant de différentes natures pouvant parfois exister de manière concomitante (Figure 11) :

- défaut d'aération dans le logement ;
- anomalie/vétusté/utilisation inadaptée de l'appareil ;
- absence d'entretien de l'appareil ;
- coupure d'électricité (par exemple lors d'une tempête) ;
- anomalies au niveau du conduit d'évacuation des gaz de combustion (conduit de raccordement bouché ou déboîté par exemple) ;
- présence de phénomènes météorologiques particuliers, etc.

Figure 11 : Exemples de sources et de circonstances d'intoxications au CO dans l'habitat (source : APPA - Nord Pas de Calais)





Jusqu'à 4 facteurs favorisants différents ont été identifiés pour 4 des 49 sources retrouvées dans l'habitat. Trois facteurs différents ont été retrouvés pour 16 sources, 2 facteurs différents pour 11 sources et 1 facteur pour 14 sources. Il n'a pas été possible de déterminer pour 4 sources au moins un facteur favorisants.

Sur les 49 sources domestiques, les facteurs favorisants retrouvés ont été les suivants :

- un défaut d'aération pour 35 sources ;
- un défaut d'évacuation des gaz de combustion pour 31 sources ;
- un défaut de l'appareil pour 16 sources ;
- un défaut d'entretien de l'appareil pour 5 sources ;
- une utilisation inadaptée de l'appareil pour 3 sources.

A noter la présence de phénomènes météorologiques spécifiques qui ont été notés pour 9 épisodes d'intoxication, dont 5 liés à une vague de grand froid et 4 à un phénomène de redoux.

### Episodes en milieu professionnel

En 2012, 8 épisodes d'intoxication en milieu professionnel ont été déclarés dans les Pays de la Loire intoxiquant au total 32 personnes (1 à 9 personnes intoxiquées par épisode) :

- 5 épisodes concernaient des engins de chantier : une scie à béton avec une disqueuse thermique, un chariot élévateur utilisé dans un espace clos, un nettoyeur haute pression, une bétonnière utilisée dans une pièce close et un moteur thermique dans un immeuble en construction (épisode survenu lors d'une réunion de chantier intoxiquant 9 personnes).
- 1 épisode était lié à des radiants d'élevage défectueux utilisés pour chauffer le local d'un couvoir agricole.
- 1 épisode était survenu dans un camion en circulation avec le malaise du salarié après 45 minutes de conduite.
- 1 épisode concernait une intoxication dans une usine en lien avec l'utilisation d'un four, une concentration atmosphérique en CO de 2 000 ppm a été mesurée le jour de l'intoxication.

### Episodes dans les établissements recevant du public

Un seul épisode est survenu dans un ERP intoxiquant 8 personnes. Il s'agissait d'une salle des fêtes privée en Vendée. L'appareil en cause était un chauffage d'appoint au gaz utilisé pour préchauffer la salle de réception avant la mise en route des radiants électriques. Plusieurs facteurs favorisants l'intoxication ont été mis en cause, notamment un défaut de ventilation couplé à un défaut d'entretien de l'appareil.

## 4. Discussion

En 2012, 54 épisodes intoxiquant 158 personnes (dont 3 décès) ont été déclarés au système de surveillance des Pays de la Loire. Le taux régional de cas déclarés était de 4,4 cas pour 100 000 habitants. Des disparités départementales ont cependant été observées, probablement davantage liées à une meilleure exhaustivité des signalements.

Globalement, le nombre d'épisodes d'intoxication au CO en 2012 (54) a été supérieur à celui de 2011 (49), mais est resté inférieur aux nombres enregistrés entre 2007 et 2010 (l'année 2010 restant une année assez exceptionnelle avec 96 épisodes déclarés du fait notamment de conditions météorologiques particulières : hiver 2009-2010 rigoureux et vague de froid en décembre 2010).

### 3.3.3. Mise en œuvre d'actions

Sur les 54 épisodes d'intoxication au CO déclarés dans la région en 2012, la neutralisation de l'appareil identifié ou suspecté d'être à l'origine de l'intoxication a été réalisée pour 63 % des épisodes.

Par ailleurs, 72 % des épisodes ont conduit à la prescription de travaux ou de recommandations.

## 3.4. Capacité d'alerte du système

### 3.4.1. Réactivité du système

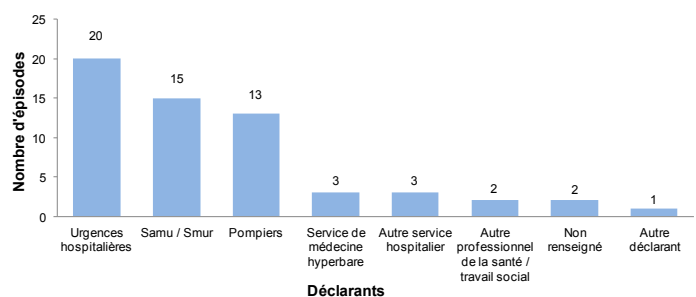
Si l'on exclue l'épisode survenu en février 2012 signalé seulement au mois de juin (délai de signalement extrême), la grande majorité des épisodes (41) ont été déclarés au système de surveillance le jour même de l'intoxication, 4 épisodes ont été déclarés le lendemain et 8 épisodes ont été signalés entre 2 et 4 jours suivant l'intoxication.

### 3.4.2. Déclarants

Sur les 54 épisodes déclarés en 2012, 47 n'ont fait l'objet que d'un seul signalement au système de surveillance, 5 épisodes ont en revanche été signalés par deux déclarants distincts (donnée non renseignée pour 2 épisodes), soit un total de 59 signalements réalisés au système de surveillance.

Plus de 80 % des épisodes ont été signalés par les structures d'urgence : urgences hospitalières (34 %), Samu/Smur (25 %) et pompiers (22 %) (Figure 12).

Figure 12 : Répartition des déclarants ayant signalé au moins une intoxication au CO au système de surveillance (n=59) (Pays de la Loire, 2012)



Au niveau national, près de 1 400 épisodes d'intoxication au CO ont été déclarés au système de surveillance en 2012.

Cette analyse des épisodes d'intoxication au CO déclarés en 2012 dans la région présente cependant quelques limites.

Une des limites concerne l'interprétation des mesures d'imprégnation du CO par dosage sanguin (Figure 4). En effet, les résultats présentés dans ce bulletin doivent être relativisés, car ils ne donnent qu'une estimation de l'imprégnation au CO et non l'imprégnation réelle au moment de l'intoxication. Ils ne prennent pas en compte notamment :

- le délai entre l'exposition et la réalisation de la mesure d'imprégnation ;

- la durée d'un éventuel traitement d'oxygénothérapie avant la réalisation de la mesure d'imprégnation (la demi-vie de l'HbCO est en moyenne de 320 minutes chez un adulte [7], mais peut diminuer à 72 minutes en moyenne lors de l'administration d'un traitement d'oxygénothérapie [8]) ;
- la différenciation du statut tabagique.

Outre le dosage sanguin qui est parfois réalisé tardivement par rapport à l'exposition, il existe d'autres méthodes de dosage du CO complémentaires (mesure du CO dans l'air expiré ou par CO-oxygénométrie) pouvant être réalisées plus tôt que le dosage sanguin (voir article du CAPTV).

Une deuxième limite dans cette analyse épidémiologique concerne les données des épisodes d'intoxication survenus en milieu professionnel (domaine de compétence de l'inspection du travail) qui sont parfois moins renseignés que les épisodes survenant dans l'habitat ou dans les ERP, rendant leur analyse moins complète.

Même si les déclarants signalent rapidement les épisodes d'intoxication (41 des 54 épisodes signalés le jour même de l'intoxication) et que le CAPTV d'Angers est très actif dans son rôle de guichet unique pour le recueil et la validation des épisodes, il est important de poursuivre la **sensibilisation des déclarants** sur l'importance d'un signalement précoce (organisation de réunions avec les acteurs de premier recours par exemple) afin de s'assurer que les mesures préventives et/ou correctives seront bien mises en œuvre.

Comme les années précédentes, les épisodes d'intoxication sont majoritairement survenus dans l'habitat (40/54 épisodes), les chaudières ayant été les principaux appareils à combustion à l'origine de ces épisodes. Les principaux facteurs favorisants retrouvés dans l'habitat, toutes sources confondues, ont été un défaut d'aération et un défaut d'évacuation des gaz de combustion.

Par ailleurs, la perception du risque d'intoxication au CO auprès de la population ne semble pas être encore totalement assimilée.

Malgré les campagnes nationales de communication diffusées chaque année par l'Inpes, moins de la moitié des Français se sent personnellement concernée par ce danger [9]. Par exemple, même si certaines personnes possèdent à leur domicile un appareil à combustion, elles sont persuadées qu'il n'y a pas d'équipements pouvant émettre du CO dans leur logement. D'autres ne savent pas qu'une utilisation prolongée d'un chauffage d'appoint à combustion peut être dangereuse (ces appareils ne disposent pas de conduit d'évacuation des gaz de combustion et certaines pièces du logement sont parfois mal ventilées) [9].

Il est intéressant de noter aussi que certains épisodes sont liés à des problématiques culturelles ou économiques : un épisode était par exemple lié à l'utilisation de braises incandescentes comme moyen de chauffage dans une chambre mal ventilée, un autre était lié à la volonté des occupants de diminuer leurs factures d'énergie.

Aussi, il semble primordial de **poursuivre les actions de communication auprès de la population** afin de rappeler les conseils de comportements. Ces messages de prévention doivent être diffusés au début de la période de chauffe (la majorité des épisodes survenant à ce moment), mais aussi lors de phénomènes météorologiques particuliers (grand froid, tempêtes, etc.). Un grand nombre d'intoxications pourrait ainsi être évité du fait du respect de consignes simples de sécurité.

Pour ce qui concerne les 8 épisodes en milieu professionnel, il s'agissait notamment d'engins de chantiers (chariot élévateur, bétonnière, etc.), mais aussi de radiants d'élevage (la filière avicole étant particulièrement développée dans la région, avec chaque année des épisodes signalés).

Les conclusions des deux études nationales lancées en 2013 (voir encadré « Perspectives ») permettront également d'approfondir les circonstances de survenue des intoxications et ainsi d'orienter et de cibler davantage les actions de santé publique à mener au cours des prochaines années.

## I Remerciements I

La Cire des Pays de la Loire remercie l'ensemble des acteurs du dispositif de surveillance :

- les déclarants,
  - Carinne Leduc et Sylvain Potier de l'ARS des Pays de la Loire,
  - Agnès Verrier et Mohamadi Madi Charif de l'InVS,
- sans qui cette surveillance ne pourrait pas fonctionner.

## Références

- [1] Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF). Repérer et traiter les intoxications au CO, 18 mars 2005.
- [2] <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Intoxications-au-monoxyde-de-carbone>.
- [3] Loi n°2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique.
- [4] Plan national santé environnement 2004-2008.
- [5] Loyer S. Les intoxications au monoxyde de carbone déclarées dans les Pays de la Loire en 2010. BVS Pays de la Loire Septembre 2012 ; n°11 :1-8.
- [6] Circulaire interministérielle n°DGS/SD7C/DDSC/SDGR/2005/552 du 14 décembre 2005 relative à la surveillance des intoxications au CO et aux mesures à mettre en œuvre modifiant la circulaire du 16 novembre 2004.

- [7] Peterson JE, Steward RD. Absorption and elimination of carbon monoxide by inactive young men. Arch Environ Health 1970 ; 21 : 165-171.
- [8] Weaver LK, Larson-Loehr V, Howe S. Carboxyhemoglobin (COHb) half life (t1/2) in carbon monoxide poisoned patients treated with normobaric oxygen (O2). Undersea Hyperb Med 1994 ; 21 (suppl) : 13-14.
- [9] <http://www.inpes.sante.fr/Barometres/BSE2007/pdf/co.pdf>

## **Perspectives : Evaluation du système de surveillance des intoxications au CO et lancement de deux études au niveau national**

L'année 2013 sera marquée par l'évaluation du système de surveillance des intoxications au monoxyde de carbone (CO) et le lancement de deux études nationales afin de mieux déterminer les causes de ces intoxications.

Le **système de surveillance des intoxications au CO**, mis en place en 2005, fera l'objet d'une **évaluation** au cours de l'année 2013. Elle portera sur la partie surveillance épidémiologique du dispositif (utilité, fonctionnement, performances techniques, atteintes des objectifs, etc.). Cette évaluation, coordonnée par l'InVS, sera menée par des intervenants externes et s'appuiera sur l'analyse de documents, la réalisation d'entretiens téléphoniques et de visites dans différentes régions. Plusieurs acteurs seront ainsi consultés (Direction générale de la santé, professionnels de santé, etc.). Les premiers résultats de cette évaluation, qui a débuté en avril 2013, sont attendus pour l'automne 2013.

Par ailleurs, une **étude nationale sur les déterminants des ménages intoxiqués de manière accidentelle au CO dans l'habitat** sera menée entre septembre 2013 et mars 2014. Il s'agit d'une étude descriptive transversale coordonnée conjointement par l'InVS et l'Inpes. Les ménages seront contactés par la société BVA un mois après leur intoxication pour recueillir des

informations permettant de décrire l'intoxication (facteurs environnementaux, source suspectée, description du logement, etc.), les caractéristiques démographiques et les déterminants socio-économiques du ménage, le niveau de connaissances du risque d'intoxication au CO ou encore les habitudes et comportements vis-à-vis de ce risque. Les conclusions de cette étude permettront d'orienter et de cibler les actions de santé publique. La valorisation des résultats est prévue pour la saison 2014-2015.

Enfin, une seconde **étude qualitative (étude Qualitox) sur les circonstances d'intoxication au CO** sera menée à l'automne 2013 au niveau de trois régions françaises (Ile de France, Provence Alpes Côte D'azur et Nord Pas de Calais). En effet, devant la stagnation du nombre de foyers depuis 2005, une description fine et contextualisée des déterminants de l'intoxication au CO sera réalisée auprès d'une trentaine de personnes intoxiquées dans ces trois régions. Elles seront interrogées sur les circonstances et l'enchaînement des événements ayant conduit à l'intoxication, leurs connaissances du risque d'intoxication au CO avant l'intoxication, les facteurs intervenant sur la (non)perception de ce risque, leur perception a posteriori des modalités de prévention efficaces. Sous réserve de l'obtention d'une autorisation de la Cnil, cette étude prospective et multicentrique devrait durer deux mois et les données devraient être valorisées pour la fin du premier trimestre 2014.

## **Action régionale : Journée régionale HABITAT SANTE à Angers**

A l'initiative de l'ARS Pays de Loire, une première journée régionale d'échanges professionnels HABITAT SANTE s'est déroulée en juin 2013 à Angers.

Les thématiques prioritaires retenues ont été d'une part le monoxyde de carbone et d'autre part, l'humidité associée à la

ventilation (connaissance et évaluation du risque, prescriptions techniques).

Une quarantaine de personnes ont répondu à l'invitation de l'ARS. Les opérateurs de l'habitat indigne, cible privilégiée de cette journée, et les collectivités locales impliquées ont représenté 56 % des participants.

Une seconde journée d'échanges sera organisée en 2014.

### **Chiffres clés des épisodes d'intoxication au CO dans les Pays de la Loire en 2012**

Nombre d'épisodes : **54**

Nombre de personnes intoxiquées : **158**

Nombre d'hospitalisation : **78**

Nombre de décès : **3**

### **Comment signaler une intoxication au monoxyde de carbone ?**

Toute intoxication suspectée ou avérée doit être déclarée au :  
**Centre antipoison et de toxicovigilance (CAPTV) d'Angers**

(Guichet unique régional 24h/24)

Tél : 02 41 48 21 21 - Fax : 02 41 35 55 07

## **| Pour en savoir plus sur le monoxyde de carbone... |**

Site de l'Agence régionale de santé (ARS) des Pays de la Loire :  
<http://www.ars.paysdelaloire.sante.fr/Monoxyde-de-carbone.123311.0.html>

Site de l'Institut de veille sanitaire (InVS) :  
<http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Intoxications-au-monoxyde-de-carbone>

Site du Ministère chargé de la Santé :  
<http://www.sante.gouv.fr/les-intoxications-au-monoxyde-de-carbone.html>

Site de l'Institut national de la prévention et de l'éducation pour la santé (Inpes) :  
<http://www.inpes.sante.fr/10000/themes/accidents/mmonoxyde-carbone/precautions.asp>

# Principales méthodes de dosage du monoxyde de carbone : interprétation et problématiques

Marie Bretaudeau Deguigne, Chloé Bruneau, Centre Antipoison et de Toxicovigilance Grand Ouest (CAPTV), CHU d'Angers

Le diagnostic d'une intoxication au monoxyde de carbone (CO) repose sur l'existence ou non d'une source de CO potentielle, l'anamnèse d'exposition, la présence de signes cliniques évocateurs ainsi que sur la métrologie environnementale et les mesures individuelles du monoxyde de carbone.

## **Mesures atmosphériques**

Le dosage atmosphérique du CO peut être effectué par techniques colorimétriques (tubes Dräger™) ou par l'intermédiaire de cellules électrochimiques. La circulaire du 16 novembre 2004 relative à la surveillance des intoxications au monoxyde de carbone et aux mesures à mettre en œuvre définit une situation à risque d'intoxication lorsque la valeur atmosphérique est supérieure à 10 ppm (1). Les valeurs guides de l'OMS et de l'Afsset, établies de manière à ce que le taux sanguin de carboxyhémoglobine (HbCO) chez l'homme ne dépasse pas 2,5%, sont de 87 ppm pendant 15 minutes, 52 ppm pendant 30 minutes, 26 ppm pendant 1 heure, 9 ppm pendant 8 heures. Des pics supérieurs à 20 ppm sont cependant fréquemment observés dans l'atmosphère des grandes agglomérations françaises.

## **Mesures individuelles**

Les mesures individuelles les plus courantes sont le dosage du CO dans l'air expiré (testeurs fonctionnant par colorimétrie ou à partir de cellules électrochimiques) ou le dosage sanguin de la carboxyhémoglobine (par spectrophotométrie automatisée ou CO-oxymétrie le plus souvent) à partir d'un prélèvement sanguin ou par capteur digital (Masimo RAD57™). Les valeurs d'HbCO retenues comme étant pathologiques varient selon les auteurs mais le rapport d'un groupe d'experts du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) a défini un cas "certain" d'intoxication au monoxyde de carbone comme la présence de signes cliniques évocateurs associée à une HbCO supérieure à 3% chez un non fumeur et 6% chez un fumeur (2). D'autres techniques de mesure individuelles sont possibles dans des situations précises nécessitant une expertise mais elles ne sont pas utilisées en routine.

## **Interprétation**

En situation clinique, l'interprétation des résultats des différents dosages est délicate en raison de l'existence de faux positifs ou de facteurs de surestimation des valeurs et de faux négatifs ou de facteurs de sous-estimation des valeurs. Le tableau 1 résume les problématiques rencontrées selon les principales méthodes de dosage ainsi que leurs intérêts et leurs limites.

Si la probabilité de survenue de faux positifs dus, par exemple, à une anémie hémolytique ou la présence d'un alcool dans l'atmosphère semble relativement rare, le manque de précision chez l'adulte et l'enfant de la mesure par CO-oxymétrie de pouls est fréquemment constaté par les différents intervenants des

intoxications au CO. Une étude publiée en 2013 portant sur 1363 sujets confirme cette donnée (18). La comparaison de la valeur d'HbCO, dosée au même moment par co-oxymétrie digitale (RAD57) et à partir d'un échantillon sanguin, a mis en évidence 9% de faux positifs (avec une différence de la valeur d'HbCO allant de +3 à +19% par rapport à la mesure sanguine) et 18% de faux négatifs (différence allant de -13 à -3%). Le dosage par capteur digital et le dosage du CO expiré, doivent donc être considérés comme des mesures de dépistage et toujours être complétés par le dosage sanguin.

## **Intérêt des dosages précoces**

Les dosages par appareils de mesure portatifs ont cependant l'avantage de pouvoir être réalisés sur les lieux d'exposition, rapidement après l'intoxication. Connaissant la demi-vie rapide de dissociation du complexe HbCO (environ 4 heures en air ambiant et 1 heure sous oxygène normobare), ces mesures, dites "précoces", sont un meilleur reflet de l'exposition. En effet, le prélèvement sanguin est habituellement réalisé tardivement par rapport à l'exposition du fait du délai de transport puis de la prise en charge et chez des patients ayant souvent bénéficié préalablement de 1 à 2 heures d'oxygénation. Le cas suivant illustre cette problématique. En novembre 2012, une femme de 22 ans, sans antécédent, allume un radiateur d'appoint au gaz. Après quelques heures elle présente des céphalées et perd connaissance. A l'arrivée des pompiers, leur détecteur atmosphérique qualitatif se déclenche. Elle est transportée sous oxygène aux urgences où un prélèvement sanguin pour dosage de l'HbCO est réalisé après deux heures d'oxygénation. Le résultat est normal (2,9%) alors que les signes cliniques, l'anamnèse et la détection atmosphérique de CO confirment l'intoxication.

En l'absence de dosages précoces, des situations où :

- les mesures atmosphériques sont négatives car réalisées après aération des locaux,
- et où la valeur de l'HbCO (sur prélèvement sanguin) est normale car réalisée tardivement après oxygénation,

conduisent parfois à des erreurs diagnostiques ou des difficultés d'interprétation. En octobre 2012, une femme de 29 ans enceinte de 22 semaines d'aménorrhée se réveille un matin avec des céphalées et une sensation vertigineuse. Un poêle à bois est en fonctionnement cette nuit là. Les pompiers ne détectent pas de monoxyde de carbone dans l'atmosphère car les locaux ont été aérés préalablement. Aucune mesure précoce individuelle par co-oxymétrie de pouls ou dans l'air expiré n'est effectuée. Le dosage sanguin de l'HbCO trois heures après l'exposition est normal (2,3%). L'enquête environnementale va finalement mettre en évidence un dysfonctionnement important du poêle à bois.

Les limites des différentes méthodes de dosage du CO permettent de recommander de prélever et d'analyser les échantillons sanguins le plus précocement possible. Le traitement par oxygénothérapie doit néanmoins être instauré rapidement devant toute suspicion d'intoxication, sans attendre la confirmation analytique. Au sein du réseau pluridisciplinaire de surveillance des intoxications au CO (Urgences, SAMU, CODIS, ARS, SCHS, Cire...), le CAPTV apporte son expertise pour l'aide au diagnostic.

L'enquête environnementale réalisée par des techniciens sanitaires des ARS et SCHS est aussi un atout supplémentaire pour le diagnostic puisqu'il va confirmer ou non le dysfonctionnement de l'appareil suspecté. C'est pourquoi dans les cas d'interprétation difficile, une notification au CAPTV sous forme de "situation à risque" permet de déclencher l'enquête sanitaire et les actions préventives.

**Tableau 1 : Intérêts et limites des principales méthodes de dosage du monoxyde de carbone**

	Air	Air expiré	CO-oxymétrie digitale (Masimo RAD57™)	HbCO sanguin (spectrophotométrie)
<b>Faux Positifs</b>	♦Acétone, acétate d'isopropyle, cyclohexanone, éthanol, méthanol, isopropanol, styrène, 2-butanone (3)	♦Éthanol (4) (↑ jusqu'à 15 ppm du CO soit 2,3% en HbCO) ♦Diabète, asthme (5,6) (↑ 8ppm du CO) ♦Gaz intestinaux (7,8) (bonbons riches en polyols, intolérance au lactose induisant une libération d'hydrogène) ♦Anémie (calibrage de l'appareil pour hémoglobinémie normale)	♦Anémie hémolytique (9) (augmentation jusqu'à 9,7%) ♦Présence d'hémoglobine fœtale (nouveau-né, parfois nourrisson, β thalassémie: surestimation>3%) (10,11)	♦Anémie hémolytique (9) (augmentation jusqu'à 9,7%) ♦Présence d'hémoglobine fœtale (nouveau-né, parfois nourrisson, β thalassémie: surestimation>3%) (10,11) ♦Prélèvement sur tube hépariné avec gel séparateur (bouchon vert clair – majoration 3 à 4%) (12)
<b>Faux Négatifs</b>	♦Ventilation préalable des locaux	♦Troubles ventilatoires obstructifs sévères (BPCO...) (13) ♦Polyglobulie (calibrage de l'appareil pour hémoglobinémie normale)		♦Prélèvement tardif (demi-vie rapide de l'HbCO, surtout sous ONB) ♦Analyse tardive (dissociation CO – hémoglobine continue dans le tube échantillon=> sous estimation de 3 à 40% après 3 heures) (14)
<b>Intérêt</b>	♦Dépistage de situations à risque	♦Appareil portatif ♦Mesure précoce ♦Résultat immédiat ♦Non invasif	♦Appareil portatif ♦Mesure précoce ♦Résultat immédiat ♦Non invasif	♦Mesure de référence ♦Durée d'analyse courte (quelques minutes)
<b>Limites</b>	♦Pas d'évaluation de l'exposition du patient	♦Faisabilité (âges extrêmes/troubles de la conscience) ♦Latence de plusieurs minutes entre 2 tests	♦Précision faible ♦Ininterprétable si port de vernis à ongle/faux ongles, si présence d'hydroxocobalamine/bleu de méthylène dans le prélèvement (15,16,17) ♦Capteur adapté nécessaire pour la mesure chez l'enfant ♦Coût (env. 3000€)	♦Invasivité ♦Mesure souvent tardive (délai de prélèvement sanguin) ♦Ininterprétable si présence d'hydroxocobalamine /bleu de méthylène dans le prélèvement (15,16,17)

## Références

- (1) Circulaire du 16 novembre 2004 relative à la surveillance des intoxications au monoxyde de carbone et aux mesures à mettre en œuvre
- (2) CSHPF "Repérer et traiter les intoxications oxycarbonées", 18 mars 2005
- (3) Rapport IRSST, "les interférences sur les détecteurs à piles électrochimiques" 2003
- (4) Tob Control 2006; 15:143
- (5) Chest 1999; 116:1007-11
- (6) Am J Respir Care Med 1997; 156:1140-3
- (7) Presse Med 2002; 31:1502-3
- (8) Am j Public Health 1990; 80:1114-5
- (9) J Emerg Med 2007; 33:17-9
- (10) Clin Chem 1988; 34(5):975-7
- (11) Revue Francophone des Laboratoires 2008; 38:29-33
- (12) Infotox, Bulletin de la Société de Toxicologie Clinique 2011; 36:3
- (13) Eur Respir J 2000; 15:177-80
- (14) Presse Med 1999; 28(4):163-7
- (15) Clin chem 1997; 43(6):1078-80
- (16) Clin Chim Acta 2009; 401:63-7
- (17) N Engl J Med 2012; 367(13):1270-1
- (18) Respir Care 2013; 58(2):232-40

# Etude sanitaire autour de la concession minière de la Mallièvre

Solenne Delacour-Billon<sup>1</sup>, Anne Cowpli-Bony<sup>1</sup>, Ronan Ollivier<sup>2</sup>, Florence Molinié<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Registre général des tumeurs de Loire-Atlantique et Vendée

<sup>2</sup> Cire des Pays de la Loire

## 1. Introduction

### Le registre général des tumeurs de Loire-Atlantique et Vendée

Le registre général des cancers de Loire-Atlantique et Vendée a l'originalité d'être un registre bi-départemental et de couvrir une population importante d'environ 1,9 millions d'habitants représentant plus de la moitié de la région Pays de la Loire. Comme tous les autres registres français de cancers qualifiés par le Comité National des Registres (CNR), il appartient au réseau FRANCIM.

Le registre des cancers a une double mission de veille sanitaire et de recherche.

Il effectue un enregistrement en routine (recueil permanent et exhaustif) de tous les nouveaux cancers diagnostiqués depuis 1998 chez les personnes résidant en Loire-Atlantique ou en Vendée au moment du diagnostic, permettant la production régulière d'indicateurs épidémiologiques descriptifs (fréquence des nouveaux cancers, évolution au cours du temps, répartition géographique, survie). Ces indicateurs sont produits au niveau local et au niveau national dans le cadre du réseau FRANCIM, pour répondre à l'objectif fondamental d'épidémiologie descriptive indispensable à la veille sanitaire et à la planification du système de soins.

Le registre réalise en parallèle des études spécifiques, notamment avec un axe de recherche centré sur le cancer du sein. Ces études peuvent être à l'initiative du registre ou sur sollicitation de partenaires locaux (ORS, CHU de Nantes, CIRE Pays de la Loire, cliniciens, ...) et nationaux (FRANCIM, InVS, INSERM) : évaluation des programmes de dépistage organisé, étude des pratiques de prise en charge et des facteurs d'inégalité sociale, recherche sur les facteurs de risque et les facteurs professionnels.

Le registre est autorisé par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) à recevoir toute information nominative d'ordre médical pour l'enregistrement de routine (22/11/2000 N°900234). Selon les recommandations de la CNIL, chaque patient doit être informé que son cancer peut être enregistré dans la base de données du registre des cancers à des fins de recherche et dans la plus stricte confidentialité.

Le registre s'appuie sur des partenaires publics et privés qui contribuent de façon essentielle au fonctionnement, en routine, par la transmission d'informations : laboratoires d'anatomopathologie, établissements de soins, services médicaux de l'Assurance Maladie, structures de dépistage, ARS Pays de la Loire, Préfecture, archives départementales et services d'état civil, médecins, réseau ONCO-PL. Avant d'être saisis dans la base de données, les enquêteurs du registre consultent les dossiers cliniques pour valider les cas de cancer et les coder selon les règles internationales pour les registres de cancer.

Le registre est financé par des organismes publics et privés, nationaux, régionaux et départementaux.

<http://www.santepaysdelaloire.com/registre-des-cancers/>

### 1.1. La concession minière de la Mallièvre

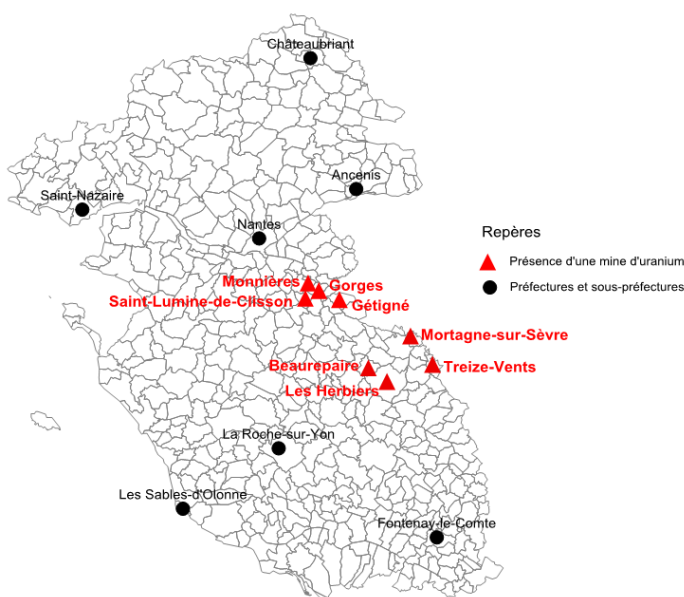
La concession minière de la Mallièvre est située aux frontières des départements de Vendée, Deux-Sèvres, Loire-Atlantique et Maine-et-Loire (cf Figure 1). Elle a été exploitée de 1955 à 1991. Le minerai extrait était traité dans une usine située à Gétigné. Les terres, sables ou roches contenant du minerai d'uranium non exploitable ont été rassemblés en « stériles miniers », qui ont ensuite été utilisés comme matériau de remblai sur le territoire de la concession.

L'impact sanitaire des stériles miniers a fait l'objet d'études en France, notamment par un groupe d'expertise pluraliste (GEP) sur les sites miniers d'uranium du Limousin. Ces experts ont défini une méthodologie d'analyse de l'impact sanitaire autour des anciens sites miniers, notamment quand ils sont situés sur la zone de couverture d'un registre général de cancers [1-3].

### 1.2. Quel risque sanitaire ?

Le radon est un gaz naturel inerte et radioactif, dépourvu d'odeur, de couleur ou de goût. Il est issu de la désintégration radioactive naturelle de l'uranium, que l'on trouve dans les roches et dans les

Figure 1 : Localisation des communes de la concession minière de la Mallièvre, sur la zone Loire-Atlantique-Vendée



sols. On peut également trouver du radon dans l'eau. Les stériles miniers constituent une source de radon qui s'ajoute à celles naturellement présentes sur les terrains granitiques.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le radon comme cancérigène pulmonaire certain, en 1988, sur la base des résultats des études sur les mineurs d'uranium et des expérimentations animales [4].

## 2. Méthodes

L'étude a porté sur les nouveaux cas de cancers du poumon, diagnostiqués entre 2000 et 2008 chez des patients résidant en Loire-Atlantique ou en Vendée au moment du diagnostic. Les données d'incidence proviennent de la base du registre général des cancers de Loire-Atlantique et Vendée qui enregistre toutes les tumeurs incidentes de personnes résidant en Loire-Atlantique ou en Vendée au moment du diagnostic, depuis 1998.

Les découpages géographiques utilisés pour les analyses sont les cantons de Loire-Atlantique et Vendée.

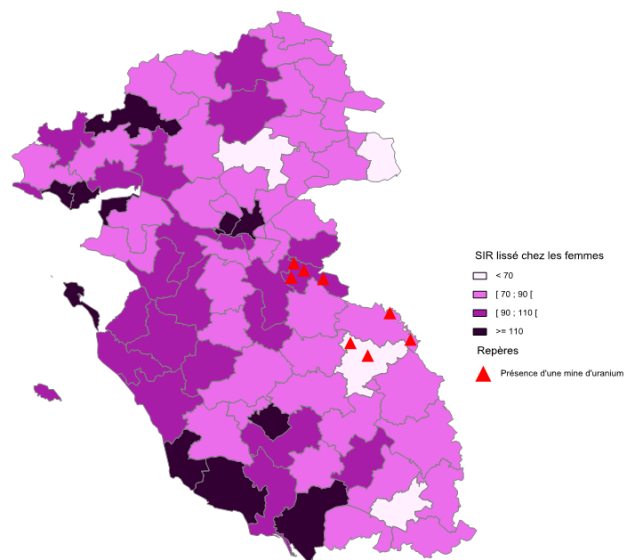
Les données de population par commune et par âge quinquennal sont issues du recensement de la population de 2006 (source INSEE).

Les ratios d'incidence standardisés (SIR) ont été calculés sur la zone « Loire-Atlantique – Vendée » au niveau des cantons : il s'agissait de calculer, pour chaque canton, le rapport entre le nombre de cas observés et le nombre de cas attendus si le canton avait le même risque (ou taux d'incidence) que celui de la zone « Loire-Atlantique – Vendée ». Un SIR supérieur à 100 traduisait une incidence plus élevée dans ce canton que l'incidence moyenne de la zone « Loire-Atlantique – Vendée ». L'intervalle de confiance de chaque SIR a été calculé par la méthode de Byar [5].

## 3. Résultats

Sur la période 2000-2008 et sur la zone « Loire-Atlantique – Vendée », le nombre moyen de cancers du poumon par canton était de 19 chez les femmes (min-max : 0-333), soit une moyenne de 2 cas par an, et de 67 chez les hommes (min-max : 4-808), soit une moyenne de 7 cas par an.

Figure 2 : SIR lissés pour le cancer du poumon chez les femmes, par canton



## 1.3. Objectifs

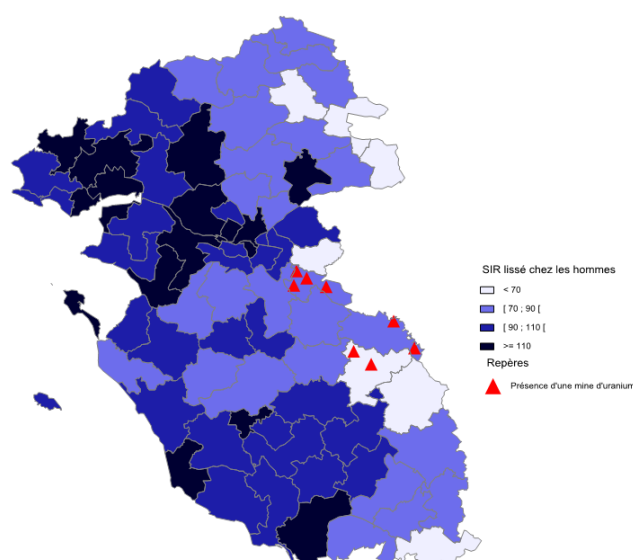
L'objectif était de réaliser une étude descriptive de l'incidence du cancer du poumon à l'échelle des cantons, afin d'identifier d'éventuels excès d'incidence dans les zones géographiques autour de la concession minière de la Mallièvre.

L'usage des SIR au niveau des cantons (ou des communes) pose un certain nombre de problèmes. En effet, le découpage géographique sur des bases administratives induit une forte hétérogénéité dans la répartition des populations avec des zones peu peuplées (zones rurales) et d'autres beaucoup plus denses (zones urbaines). La représentation géographique d'événements statistiquement rares comme les cancers, conduit à produire des cartes de SIR très contrastées et difficilement interprétables. Les zones les moins peuplées montrent souvent les colorations les plus fortes, correspondant à des valeurs extrêmes. Ainsi, les contrastes dans la représentation des SIR reflètent en grande partie ceux de la structure de peuplement.

Afin d'obtenir des données plus informatives et plus vraisemblables pour la cartographie des SIR, nous avons procédé à un lissage de type bayésien, dont le principe général est de pondérer les résultats de chaque unité géographique en fonction des valeurs des autres unités géographiques dans la zone d'étude. La méthode utilisée ici était la méthode empirique bayésienne (modèle Poisson-Gamma). Les estimations des SIR lissés ont été réalisées avec le logiciel R (package DCluster), après une série d'itérations (maximum : 10 000) dont elles représentent la moyenne.

Les figures 2 et 3 représentent respectivement les SIR lissés par canton pour le cancer du poumon chez les femmes et chez les hommes.

Figure 3 : SIR lissés pour le cancer du poumon chez les hommes, par canton



**Tableau 1 : SIR bruts et lissés pour le cancer du poumon, dans la concession minière de la Mallièvre, par canton**

	Femmes				Hommes			
	N <sub>00-08</sub>	SIR brut	IC95%	SIR lissé	N <sub>00-08</sub>	SIR brut	IC95%	SIR lissé
Clisson	16	103	[59-167]	97	44	83	[60-111]	85
Les Herbiers	4	<b>21</b>	[6-55]	52	38	<b>53</b>	[37-73]	60
Mortagne-sur-Sèvre	13	65	[35-111]	76	53	<b>72</b>	[54-94]	75

Le tableau 1 présente le nombre de cas de cancer du poumon sur la période 2000-2008, les SIR bruts et leurs intervalles de confiance (IC95%), ainsi que les SIR lissés, pour les cantons qui disposent d'une installation minière dans la concession de la Mallièvre.

Les estimations des SIR pour les trois cantons disposant d'une installation minière ne mettaient pas en évidence de sur-incidence

significative pour le cancer du poumon autour de la concession minière de la Mallièvre. Aux abords de la concession minière, l'incidence du cancer du poumon est comparable à celle de la zone « Loire-Atlantique – Vendée ».

Une sous-incidence significative pour le cancer du poumon était retrouvée dans le canton des Herbiers pour les deux sexes, et dans le canton de Mortagne-sur-Sèvre pour les hommes.

## 4. Discussion

Le registre des cancers n'a pas mis en évidence de sur-incidence significative autour de la concession minière de la Mallièvre, au niveau du canton, pour le cancer pulmonaire, qui est le seul cancer dont le lien avec l'exposition au radon est avéré [4].

La concession minière de la Mallièvre couvre un peu moins de la moitié de la population des cantons de Clisson, des Herbiers et de Mortagne-sur-Sèvre. Des analyses plus fines ont donc été réalisées au niveau de la commune pour le cancer du poumon chez les hommes (résultats non présentés dans ce document). Ces analyses mettaient également en évidence une sous-incidence significative pour le cancer du poumon chez les hommes de la commune des Herbiers, mais les effectifs par commune étaient très faibles et ces derniers résultats doivent donc être pris avec précaution.

### Limites de l'étude

L'application de la méthodologie développée par le groupe de travail GT2 du GEP Limousin [2-3], à la zone située autour de la concession minière de la Mallièvre présente cependant des limites.

La concession minière de la Mallièvre se situe à la frontière des départements de Loire-Atlantique, Vendée, Maine-et-Loire et Deux-Sèvres. Or le registre des cancers enregistre les cancers uniquement chez des personnes résidant en Loire-Atlantique ou en Vendée au moment du diagnostic. Tous les cas de cancers diagnostiqués chez des personnes résidant en Maine-et-Loire ou Deux-Sèvres ne sont donc pas comptabilisés par le registre.

Une sous-estimation du nombre de cas de cancer est possible car le registre ne tient pas compte de l'historique des résidences des patients. Toutes les personnes qui ont déménagé hors de la zone avant leur diagnostic de cancer ne sont donc pas comptabilisées. Par ailleurs, un sous-enregistrement du nombre de cas dans les zones frontalières du registre est possible, mais est probablement un phénomène marginal.

Pour évaluer la stabilité des résultats, les analyses ont été menées sur la période d'incidence 2005-2009 qui a l'avantage d'être constituée de données plus récentes (résultats non présentés dans ce document). Ces analyses aboutissaient aux mêmes conclusions, c'est-à-dire une absence de sur-incidence du

cancer du poumon autour de la concession minière de la Mallièvre.

Des facteurs de confusion, tels que le tabagisme, les facteurs socioéconomiques ou les facteurs environnementaux, n'ont pas pu être pris en compte. Or, ils jouent sans doute un rôle très important dans la répartition spatiale des cancers. Les facteurs de risque connus du cancer du poumon sont principalement l'exposition au tabac, mais aussi au chrome, à l'arsenic, aux oxydes de fer, au nickel, au goudron, au radon, à l'amiante, à la radioactivité ou aux bêta-carotènes. Il peut également y avoir une susceptibilité génétique. Le temps de latence entre l'exposition et la survenue du cancer, ainsi que la durée d'exposition sont également des facteurs importants à prendre en considération. Malgré une forte exposition au radon, la zone aux abords de la concession minière de la Mallièvre présente une incidence du cancer du poumon comparable à celle de la zone Loire-Atlantique – Vendée.

Cette étude n'a pas pu mettre en place de modèle statistique prenant en compte l'exposition au radon : les données issues des mesures du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ne couvraient pas la totalité des communes. Il existe d'autres jeux de données d'exposition au radon, notamment des mesures dans l'habitat, mais ces données n'ont pas été utilisées car l'exposition est très dépendante du mode de vie des habitants, de la saison, de la nature de l'habitat et de la pièce de vie dans laquelle les mesures ont été effectuées.

La méthodologie statistique utilisée pour cette étude est basée en grande partie sur celle préconisée par le groupe de travail GT2 du GEP Limousin, qui n'avait pas mis en évidence de résultat marquant sur des zones fortement exposées (exposition moyenne deux fois plus élevée dans le Limousin qu'en Pays de la Loire), malgré une méthodologie plus poussée.

D'autres analyses plus approfondies pourraient être réalisées notamment des estimations bayésiennes prenant en compte une autocorrélation spatiale (si présente), ou la recherche d'agrégats à l'aide de la statistique de Kulldorf. Cependant, compte-tenu des nombreuses limites méthodologiques de cette étude inhérentes aux données disponibles et à la situation géographique de la



concession minière de la Mallièvre, l'utilisation d'une méthode d'analyse plus complexe n'apporterait probablement pas plus d'information.

### En conclusion...

Cette étude a permis de cartographier le risque de cancer du poumon dans une zone fortement exposée au radon.

Malgré certaines limites (situation de la zone minière de la Mallièvre en périphérie de région, absence de données disponibles sur les autres facteurs de risque, ...), cette étude n'a pas mis en évidence de risque plus élevé de cancer du poumon sur la zone théoriquement exposée au radon. L'absence de sur-

incidence dans la population générale à l'échelle d'un territoire géographique n'écarte pas la possibilité qu'il y ait un risque au niveau individuel pour les particuliers qui seraient soumis à une exposition très localisée. Les études sur le radon dans l'habitat ou les études professionnelles, notamment sur les travailleurs du nucléaire ou les mineurs d'uranium, ont déjà identifié et quantifié ce risque [6-11]. Il ne faut donc pas s'appuyer uniquement sur les conclusions spatiales de cette étude pour prendre des mesures de prévention et de protection individuelle. Il est important de poursuivre les efforts déjà entrepris de prévention, d'information et de surveillance dans la zone à risque.

## I Remerciements I

Le registre des cancers de Loire-Atlantique et Vendée remercie l'ensemble de ses partenaires publics et privés, laboratoires d'anatomie pathologique, établissements de soins, médecins, réseau de cancérologie ONCO-PL et Assurance Maladie qui contribuent au fonctionnement du registre en routine.

Le registre remercie également l'ensemble des partenaires institutionnels ou privés qui apportent un soutien financier : Institut de Veille Sanitaire, Institut National du Cancer, Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire, Conseil Régional des Pays de la Loire, Conseil Général de Vendée, comité départemental de la Ligue Contre le Cancer de Vendée, comité départemental de la Ligue Contre le Cancer de Loire-Atlantique, Centre Hospitalier Universitaire de Nantes, Centre Hospitalier Départemental de la Roche sur Yon.

La Cire des Pays de la Loire, l'ARS des Pays de la Loire et le registre des cancers 44 et 85 remercient Magali Hamono (ARS des Pays de la Loire DPPS service santé-environnement, Stéphanie Loyer, Pascaline Loury, Bruno Hubert, Ronan Ollivier (InVS-Cire des Pays de la Loire), Sylvain Pottier (ARS des Pays de la Loire DPPS CAMI), Benoît Vincent, Valérie Vial (ARS Pays de la Loire DT 85), Florence Molinié, Solenne Delacour, Anne Cowppli-Bony (registre des Cancers de Loire-Atlantique et de Vendée).

Ce travail spécifique a fait l'objet d'un rapport [12] et a été en partie financé par l'ARS des Pays de la Loire (arrêté en date du 17 novembre 2011).

### Références

- [1] Groupe d'Expertise Pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin. Recommandations pour la gestion des anciens sites miniers d'uranium en France. Des sites du Limousin aux autres sites, du court au moyen et long termes. Rapport final, Septembre 2010, 196 p.
- [2] Groupe d'Expertise Pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin, GT2. Surveillances environnementale, des écosystèmes et sanitaire. Risque environnemental. Impacts dosimétrique et sanitaire. Rapport GT2, volume 2, Février 2010, 462 p.
- [3] Boumediene F, Quet F, Leleu JP, URALIM. Méthodologie de screening sanitaire des cancers dans les espaces sous influence des anciens sites d'exploitation d'Uranium, (166 p) et synthèse méthodologique (66 p.). Rapports d'études pour le compte de l'ASN, l'InVS et l'IRSN, nov 2009.
- [4] IARC (International Agency for Research on Cancer). Man-made mineral fibres and radon. Monogr Eval Carcinog Risk Hum 1988; 43:1-300.
- [5] Breslow NE, Day NE. Statistical methods in cancer research. Volume II--The design and analysis of cohort studies. IARC Sci Publ. 1987;(82):1-406.
- [6] Catelinois O, Rogel A, Laurier D, Billon S, Hemon D et al. Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France: impact of the risk models and uncertainty analysis. Environ Health Perspect. 2006 ;114:1361-6.
- [7] Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ 2005; 330:223
- [8] Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, et al R. Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. Scand J Work Environ Health. 2006;32 Suppl 1:1-83. Erratum in: Scand J Work Environ Health. 2007 Feb;33(1):80.
- [9] Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. Epidemiology 2005; 16:137-145.
- [10] Lubin JH. Studies of radon and lung cancer in North America and China. Radiat Prot Dosimetry 2003;104:315-9.
- [11] Rogel A, Laurier D, Tirmarche M, Quesne B. Lung cancer risk in the French cohort of uranium miners. J Radiol Prot. 2002;22:A101-6.
- [12] Delacour S, Cowppli-Bony A, Molinié F. Screening sanitaire autour de la concession minière de la Mallièvre. Rapport EPIC-PL, décembre 2012 (29 p).

Cire des Pays de la Loire  
Tel : 02.49.10.43.62 - Fax : 02.49.10.43.92  
✉ [ars-pdl-cire@ars.sante.fr](mailto:ars-pdl-cire@ars.sante.fr)

Retrouvez ce numéro sur <http://www.invs.sante.fr>

**Directeur de la publication** : Dr Françoise Weber, directrice générale de l'Institut de veille sanitaire  
**Rédacteur en Chef** : Dr Bruno Hubert, coordonnateur scientifique de la Cire des Pays de la Loire  
**Maquettiste** : Nicole Robreau - Cire des Pays de la Loire  
**Comité de rédaction** : Equipe de la Cire des Pays de la Loire

**Diffusion** : Cire des Pays de la Loire - 17 boulevard Gaston Doumergue - CS 56233 - 44262 Nantes cedex 2  
<http://www.invs.sante.fr> - <http://ars.paysdelaloire.sante.fr>

*La publication d'un article dans le BVS n'empêche pas sa publication par ailleurs. Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) et peuvent être reproduits sans copyright avec citation exacte de la source.*