



## Évaluation du chrome dans le sang [*Confidentiel*]

Présenté à : **D<sup>r</sup> Paul Van Buynder, MBBS MPH FAFPHM.,**  
**Médecin hygiéniste en chef adjoint,**  
Région du Centre, Fredericton,  
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5G4

Préparé par : **ChemRisk Canada, une division de ChemRisk LLP,**  
12B-291, chemin Woodlawn Ouest,  
Guelph (Ontario) N1H 7L6

Le 31 janvier 2010  
Projet n° 10782-001

Le 31 janvier 2010

Projet n° 10782-001

D<sup>r</sup> Paul Van Buynder, MBBS MPH FAFPHM  
Médecin hygiéniste en chef adjoint  
Centre régional de Fredericton  
Bureau 202  
Case postale 5001  
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5G4

Docteur,

ChemRisk Canada, une division de ChemRisk LLP (« ChemRisk »), a le plaisir de présenter le rapport ci-joint préparé pour votre agence au sujet de l'interprétation des niveaux de chrome dans le plasma et les érythrocytes du sang. Notre interprétation est fondée sur un résumé des données obtenues à la suite de la collecte de prélèvements sanguins auprès de personnes habitant à proximité d'une collectivité résidentielle éventuellement touchée par un déversement d'acide chromique.

Sur la base de notre évaluation statistique et des renseignements actuellement disponibles qui nous ont été fournis, nous n'avons trouvé aucune différence statistique concernant les niveaux de chrome présents dans le plasma ou les érythrocytes des résidents vivant à proximité du site du déversement par rapport à une population vivant en dehors de la zone de déversement. Cela indique que l'exposition au chrome des résidents est identique à celle de la population normale de contrôle.

Si vous avez des questions concernant le contenu de ce rapport, vous pouvez communiquer directement avec moi par téléphone au 707-527-2615 ou par courriel à l'adresse : [bfinley@chemrisk.com](mailto:bfinley@chemrisk.com), à votre convenance.

Veillez agréer, Docteur, l'expression de mes sentiments distingués.

**ChemRisk LLP**

**Préparé par :**

**Original signé par**

Mark J Chappel, M.Sc., DABT  
Spécialiste principal en sciences de la santé

**Original signé par**

Dimitri Fillos, MPH  
Spécialiste adjoint en sciences de la santé

**Vérifié par :**

**Original signé par**

Brent L. Finley, Ph. D., DABT  
Toxicologue principal

**Original signé par**

Hugh A. Scobie, M.Sc., DABT  
Spécialiste principal en sciences de la santé

## TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction et objectifs .....	1
2	Contexte et conception de l'étude.....	1
2.1	Déversement.....	1
2.2	Contaminants potentiellement préoccupants .....	2
2.2.1	Chrome (Cr).....	2
2.2.2	Chrome trivalent (CrIII).....	3
2.2.3	Chrome hexavalent.....	3
2.3	Surveillance biologique du chrome .....	4
2.4	Modèle d'étude.....	5
2.4.1	Zone d'étude et sujets.....	5
2.4.2	Procédure de collecte pour le plasma.....	6
2.4.3	Analyse chimique.....	6
2.5	Analyse statistique.....	7
3	Résultats .....	9
4	Discussion et conclusions.....	10
5	Limites du rapport.....	11
6	Références .....	11

## TABLEAUX

Tableau 2-1 :	Niveaux de chrome dans le plasma et les globules rouges pour les résidents qui habitent dans le lotissement résidentiel Evergreen (résultats combinés). Résultats des données en nmol/L.....	7
Tableau 2-2 :	Niveaux de chrome dans le plasma et les érythrocytes pour la population de contrôle (référence) qui vit hors de portée du site de déversement (résultats combinés). Les résultats sont présentés en nmol/L.....	8
Tableau 3-1 :	Mesures statistiques de base pour les séries de données regroupées – niveaux de chrome dans le plasma et les érythrocytes (nmol/L) .....	9

D<sup>r</sup> Paul van Buynder, M.D., FRCPC  
Évaluation du chrome dans le sang  
Le 31 janvier 2010  
Projet n° 0782-001

## ANNEXES

Annexe A : Clé de l'emplacement – Site du déversement

Annexe B : Résultats de l'analyse statistique du logiciel SAS/STAT

## 1 Introduction et objectifs

L'entreprise ChemRisk<sup>®</sup> Canada, une division de ChemRisk<sup>®</sup> LLP (« ChemRisk »), a été choisie par le médecin hygiéniste en chef adjoint, le D<sup>r</sup> Paul Van Buynder, pour effectuer un examen et une évaluation statistique des données concernant les niveaux de chrome dans le sang. Les données concernant le chrome dans le sang ont été obtenues à la suite de l'échantillonnage et de l'analyse d'une population indiquant avoir été exposée au chrome après le déversement d'acide chromique dans un bassin d'eau souterraine à proximité d'un quartier résidentiel (à savoir le lotissement Evergreen Park, situé à la périphérie de Fredericton, dans la province du Nouveau-Brunswick, au Canada; ci-après désigné comme la « collectivité »). Le programme de prélèvement sanguin a été mené en partenariat avec le médecin hygiéniste de la région, le médecin hygiéniste en chef adjoint de la province, le personnel du ministère provincial de la Santé et le personnel du laboratoire de l'hôpital local. Le programme de surveillance comprenait l'analyse du chrome dans le plasma, ainsi que la mesure des niveaux de chrome dans les globules rouges. Le programme de surveillance du sang a été mis sur pied après l'épisode du déversement et il a pris fin entre septembre et octobre 2009.

L'évaluation du chrome dans le sang a été faite à l'aide de techniques analytiques et d'échantillonnage reconnues. Elle a regroupé environ 21 membres de la population échantillonnée (c.-à-d. des « cas ») qui vivaient à peu de distance du lieu du déversement (le « site du déversement »). Plusieurs échantillons ont été collectés pour chaque individu et les résultats ont été compilés à l'aide d'Excel. Ces renseignements ont été envoyés à ChemRisk de façon électronique pour procéder à une analyse et à une évaluation statistique indépendante. Les résultats des prélèvements sanguins à la recherche de chrome dans le plasma et les globules rouges ont été évalués à l'aide d'un certain nombre de tests statistiques afin de définir s'il existait une différence importante entre la population échantillonnée et le groupe de contrôle (c.-à-d. le groupe qui ne vivait pas à proximité du site). Cette comparaison a été utilisée pour définir si un résident en particulier ou les résidents en général présentaient des niveaux de chrome élevés, ce qui pouvait indiquer une exposition potentielle par l'intermédiaire d'un contact avec des ressources en eaux souterraines.

## 2 Contexte et conception de l'étude

### 2.1 Déversement

En octobre 2008, un déversement de « trioxyde de chrome » (c.-à-d. d'acide chromique) s'est produit à l'entreprise « Custom Machine and Hardchrome », située à côté (et peut-être en aval) du lotissement Evergreen Park (« la collectivité ») (Annexe A, Clé de l'emplacement). Cette collectivité est située dans la périphérie de Fredericton (Nouveau-Brunswick). Peu après le déversement, le 28 octobre 2008 ou autour de cette date, le ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick (par l'intermédiaire du Bureau du médecin hygiéniste) a transmis ce qu'on appelle un « avis sanitaire » à plusieurs dizaines de propriétaires et à une vingtaine d'entreprises de la zone d'Evergreen Park. Cet avis indiquait que la collectivité ne devait pas boire l'eau de puits ni l'utiliser pour se laver et devait, en général, éviter au maximum tout contact avec l'eau souterraine jusqu'à nouvel ordre.

Les travaux d'assainissement ont commencé peu après le déversement. Néanmoins, vu le peu de renseignements disponibles concernant la direction de l'écoulement de l'eau souterraine (apparemment vers le nord et peut-être dans la direction opposée à la collectivité [en aval]) et surtout à la suite du premier avis sanitaire publié par le ministère de la Santé, les résidents de la collectivité se sont inquiétés des possibilités d'exposition au chrome contenu dans l'eau souterraine par l'intermédiaire de différentes voies d'exposition directes et indirectes, notamment la consommation d'eau (par ingestion). Peu après, plusieurs résidents de la zone ont demandé à leur médecin de famille des analyses sanguines à la recherche de chrome et, apparemment, un de ces résultats se situait en dehors de la plage de référence du laboratoire et a été signalé à la Santé publique.

Cela a incité le médecin hygiéniste local à sélectionner des individus vivant dans la collectivité afin de tester leur sang à la recherche de chrome. Les analyses sanguines (c.-à-d. biosurveillance) comprenaient une évaluation du chrome dans le plasma et dans les globules rouges (érythrocytes). Même si le déversement semble avoir eu lieu en aval de la collectivité résidentielle, il a été établi que les prélèvements sanguins constitueraient le meilleur moyen de savoir si les résidents avaient été exposés au chrome.

## **2.2 Contaminants potentiellement préoccupants**

Il a été signalé que le débordement d'un réservoir contenant de l'« acide chromique » avait probablement causé le déversement et que ce dernier s'était produit sur le site industriel (MH, communication personnelle, 2009). En général, l'acide chromique évoque un ensemble de composés générés par l'acidification de solutions contenant des anions chromate et dichromate, ou par la dissolution de trioxyde de chrome dans l'acide sulfurique. On attribue souvent à ces espèces chimiques les formules suivantes :  $H_2CrO_4$  et  $H_2Cr_2O_7$ . L'anhydride de ces « acides chromiques » est le trioxyde de chrome, également connu sous le nom d'oxyde de chrome(VI) (c.-à-d.  $CrO_3$ ). Dans l'industrie, ce composé est parfois vendu et connu sous le nom d'« acide chromique ». Cet acide chromique contient le chrome dans un stade d'oxydation de +6 (ou VI), qu'on appelle « chrome hexavalent ». D'autres caractéristiques concernant le chrome et ses formes connexes sont présentées dans les sections suivantes.

### **2.2.1 Chrome (Cr)**

En bref, le chrome (Cr) est un élément qu'on retrouve dans la nature, habituellement dans la roche composant la croûte terrestre. En raison de son omniprésence, le chrome peut être retrouvé et détecté dans différents tissus animaux et espèces de plantes. On le retrouve également en tant que composant naturel dans le sol, ainsi que dans la poussière et le gaz volcaniques (Goyer, 2001). Le chrome est présent dans l'environnement sous différentes formes. Les formes les plus répandues sont les suivantes : CrIII (trivalent) et CrVI (également connu sous le nom de chrome hexavalent). Vous trouverez ci-dessous plus de renseignements concernant ces différentes formes.

### 2.2.2 Chrome trivalent (Cr(III))

Le chrome trivalent est naturellement présent dans l'environnement et peut être trouvé dans différents aliments, par exemple les fruits de mer et une grande variété de légumes. Le chrome(III) est considéré comme un élément nutritif essentiel à l'état de trace en raison de sa fonction en tant que composant du « facteur de tolérance au glucose » (c.-à-d. chromoduline; Jacquamet et coll., 2003). Par conséquent, il est nécessaire au fonctionnement physiologique et homéostatique normal du corps humain (Stoecker, 1996 comme le mentionne Goyer, 2001). Tous les individus ont des niveaux de chrome trivalent détectables dans le sang. À partir de son caractère essentiel, la commission U.S. Food and Nutrition Board (United States Academy of Sciences) a évalué le niveau adéquat et sécuritaire d'ingestion quotidienne de chrome pour les adultes entre 50 et 200 µg (NRC, 1989). L'Institute of Medicine (IOM, 2001) de la National Academy of Sciences des États-Unis évalue que l'ingestion appropriée de chrome se situe entre 20 et 45 µg de chrome III/jour pour les adolescents et les adultes, niveau habituellement nécessaire à un fonctionnement homéostatique sain. Le chrome est habituellement sécrété par le corps humain à un niveau d'environ 10 µg/jour en l'absence d'exposition (p. ex. exposition professionnelle). Les examens critiques concernant l'adsorption, la distribution et le métabolisme du chrome dans le corps humain après l'ingestion d'eau potable sont présentés par Finley et coll. (1997) et Kerger et coll. (1996).

Le Cr(III) ne traverse pas facilement la membrane des globules rouges. Le Cr(III) ingéré qui atteint la circulation sanguine reste en grande partie dans le plasma du sang. Par conséquent, l'ingestion de Cr(III) peut entraîner une augmentation des niveaux de chrome dans le plasma, mais elle n'entraîne pas une augmentation des niveaux de chrome dans les globules rouges (sauf à très hautes doses). L'augmentation des niveaux de Cr(III) dans le plasma revient habituellement au « niveau de base » quelques heures après l'ingestion en raison de la rapidité de la clairance du Cr(III) dans la circulation sanguine.

### 2.2.3 Chrome hexavalent

Les formes hexavalentes [c.-à-d. Cr(VI)] du chrome n'existent pas à l'état naturel. Elles sont produites par l'homme. Les composés du chrome(VI) sont largement utilisés comme inhibiteurs de corrosion pour la fabrication de pigments, l'apprêtage et le chromage, la production d'acier inoxydable, le tannage du cuir et la préservation du bois (Costa, 1997; ATSDR, 2008). Lorsque du chrome hexavalent est ingéré (par la consommation d'eau potable contenant du chrome hexavalent; acide chromique), la majorité, voire la totalité, de ce chrome est converti en chrome trivalent dans l'estomac (en raison des conditions d'acidité de l'estomac) avant que le reste soit absorbé dans la circulation sanguine.

Contrairement au Cr(III), tout Cr(VI) absorbé dans la circulation sanguine peut traverser la membrane des globules rouges, où il se fixe rapidement aux protéines intracellulaires, notamment l'hémoglobine (Kerger et coll., 1997). La durée de vie d'un globule rouge est d'environ 120 jours (Shemin et Rittenberg, 1946). Par conséquent, si la quantité de Cr(VI) est suffisante pour dépasser la capacité de réduction du tractus gastro-intestinal, le niveau de chrome dans le plasma et les globules rouges peut être élevé pendant quelques heures après l'ingestion, alors que les niveaux de chrome dans les globules rouges peuvent rester élevés pendant plusieurs semaines.

## 2.3 Surveillance biologique du chrome

En général, la surveillance biologique (p. ex. prélèvements de sang ou d'urine) peut être un outil efficace de surveillance de l'exposition individuelle à un grand nombre de composés, y compris le chrome. La mesure la plus fiable de l'exposition au chrome hexavalent ou trivalent, ainsi que la façon la plus directe de déterminer si l'exposition d'une personne est potentiellement supérieure à la normale, est l'analyse de sang.

Comme il a été indiqué précédemment, le sang total comprend différents éléments, notamment les globules rouges et le plasma. Alors que les niveaux de chrome dans le plasma peuvent s'avérer utiles pour évaluer l'exposition récente aux composés de Cr(III) et de Cr(VI), les niveaux de chrome dans les globules rouges donnent des renseignements concernant l'exposition au Cr(VI).

Il est important de noter que les niveaux de chrome dans le sang (à la fois dans le plasma et les globules rouges) pour un individu peuvent varier de façon importante pendant la journée. Cela est principalement dû aux fluctuations de l'ingestion et de l'excrétion de chrome dans les aliments. Par conséquent, pour évaluer correctement les niveaux de chrome habituels chez un individu ou un groupe, il faut normalement collecter plusieurs échantillons par individu. Dans cette analyse, jusqu'à trois échantillons ont été collectés pour chaque participant à l'étude. En outre, comme cela a été noté plus tôt, tous les individus ont des niveaux de chrome mesurables dans leur plasma et dans leurs globules rouges en raison du chrome dans les aliments. Par conséquent, la seule présence de chrome dans ces composants du sang n'indique pas une exposition inhabituelle ou élevée au chrome. Afin de définir si une exposition inhabituelle ou élevée au chrome s'est produite, il faut comparer les niveaux de chrome dans le sang du groupe « potentiellement exposé » à une valeur normale ou « de base ».

## 2.4 Modèle d'étude

### 2.4.1 Zone d'étude et sujets

Les résidents (au départ n = 23) ont été recrutés dans la zone du lotissement du parc Evergreen (la collectivité), qui est la communauté résidentielle proche du site de déversement d'acide chromique de la rue Melissa (c'est-à-dire le déversement provenant de l'installation « Custom Machine and Hardchrome »). Au cours des efforts de collecte d'échantillons de sang, il a été signalé que deux résidents ont choisi d'abandonner l'étude.

Aux fins de comparaison, un groupe de « contrôle » ou groupe de « référence » a été constitué. Les individus du groupe de contrôle n'avaient aucun potentiel de contact avec les eaux souterraines provenant du site de déversement. Dans l'ensemble, les individus de la population de contrôle vivaient et travaillaient à des endroits assez éloignés du site de déversement par rapport au groupe de cas. Le groupe de « contrôle » (n = 25) était composé de travailleurs du laboratoire qui effectuait des essais analytiques, en plus du médecin hygiéniste. La population à l'étude était composée de 10 hommes et de 11 femmes (n = 21), tandis que le groupe de contrôle était composé de vingt et une (21) femmes et quatre (4) hommes (n = 25). Il n'y avait pas de différence importante entre l'âge moyen des individus des groupes de contrôle et de cas. Le groupe à l'étude était composé de presque autant d'hommes que de femmes, tandis que le groupe de contrôle avait une proportion bien plus grande de femmes.



Étant donné que les niveaux de chrome dans le sang peuvent varier d'un individu à l'autre au cours d'une journée (c'est-à-dire en raison du régime alimentaire, du jeûne, de l'absorption de compléments alimentaires tels que des compléments vitaminiques et minéraux, etc.), trois (3) échantillons ont été obtenus pour chaque sujet tout au long d'une période d'échantillonnage de trois semaines. Afin d'établir une « référence », ou des niveaux de base de chrome dans le sang, les sujets du groupe de contrôle se sont soumis, jusqu'à trois fois pendant une période de trois semaines, à un échantillonnage.

Pendant le processus de recrutement et d'échantillonnage, des tentatives d'entrevue (enquête) ont été engagées auprès de tous les sujets. Les résumés des enquêtes ont été mis à la disposition de ChemRisk aux fins d'examen. Quatre sujets du groupe de contrôle n'ont pas répondu aux questionnaires qui comprenaient un résumé du sexe, de l'âge, du tabagisme et de l'exposition à un environnement de fumeurs, de la possible exposition au chrome par l'intermédiaire des soins dentaires (amalgames dentaires à base de mercure), de la consommation de vitamines, en plus de la possible exposition au chrome par l'intermédiaire de l'utilisation de produits ménagers. Aucun résident ni aucun sujet du groupe de contrôle n'a signalé qu'il travaillait actuellement dans une industrie dans laquelle une exposition au chrome pouvait se produire, tel que le chromage, le nettoyage à sec, le soudage ou l'impression. Deux sujets du groupe de cas ont signalé avoir déjà travaillé dans l'industrie du soudage et un sujet du groupe de contrôle a signalé qu'il travaillait actuellement dans l'industrie du soudage.

#### **2.4.2 Procédure de collecte pour le plasma**

Les prélèvements sanguins (jusqu'à trois échantillons collectés sur une période de trois semaines) ont été obtenus de manière à minimiser toute contamination. L'utilisation traditionnelle d'aiguilles et de seringues a été évitée expressément afin de minimiser leur potentiel de contribution au chrome (Versieck et coll., 1982; Minoia et coll., 1992; Christiansen et coll., 1993). Aucune directive n'a été communiquée concernant la consommation de fruits de mer (qui contiennent en général du chrome à des niveaux élevés) ou de compléments alimentaires (y compris les compléments contenant du chrome) et il n'a été demandé à aucun sujet de jeûner avant l'échantillonnage.

La procédure suivie pour la collecte d'échantillons de plasma pendant l'étude est décrite comme suit :

1. Pour chaque individu, un (1) tube de sang a été collecté en utilisant soit un tube en verre Vacutainer d'héparine de sodium à fermeture verte de 10 mL, soit un tube à fermeture bleu roi ou vert pour l'analyse de métaux-traces. Le tube Vacutainer a été obtenu auprès de Becton Dickinson (N° de référence : 366480).
2. Après la collecte, le tube Vacutainer a été agité doucement, puis centrifugé avec le bouchon pendant 15 minutes. Les échantillons devaient subir des rotations et être séparés au bout de 30 minutes (séparation du plasma des globules rouges [érythrocytes]).
3. Transfert du plasma à l'aide d'une pipette de transfert en polypropylène dans un tube en polypropylène Sarstedt de 7 mL.
4. Entreposage à 4 °C, ou -20 °C jusqu'à son expédition au laboratoire pour analyse.

Les échantillons de globules rouges ont aussi été conservés dans de la glace jusqu'à ce que l'analyse soit effectuée. L'analyse de métaux-traces a été effectuée en l'espace d'une période très courte (moins d'un mois) de la collecte de sang.

### 2.4.3 Analyse chimique

Les échantillons ont été analysés au « London Trace Metal Laboratory » situé à London, en Ontario. L'analyse a été effectuée en utilisant un spectromètre de masse à plasma inductif (ICP-MS) (ICP-MS haute résolution Element de Finnigan). L'ICP-MS à haute résolution Element de Finnigan combine une source d'ions (ou ICP), qui fonctionne à des températures supérieures à 8 000 K, et un spectromètre de masse à double focalisation avec secteur magnétique utilisé comme détecteur pour séparer les éléments et leurs isotopes pour de futures détections et mesures. Il peut atteindre des résolutions de 380, 4 800 et 10 500 u.m.a. Cette méthode consigne uniquement la quantité totale de chrome contenu dans l'échantillon, c'est-à-dire qu'elle ne fait pas la distinction entre le Cr(III) et le Cr(VI).

La procédure analytique comprenait le nombre requis de vides, les normes d'origine NIST et les contrôles sanguins et plasmatiques disponibles dans le commerce (communication personnelle, ChemRisk et London Trace Metal Laboratory, 2009).

### 2.5 Analyse statistique

Les données analytiques et les résultats sommaires obtenus à la suite des essais relatifs à la recherche de chrome dans le plasma et les globules rouges pour les résidents et la population de contrôle ont été fournis à ChemRisk sous la forme d'une feuille de calcul Excel sous la garde du médecin hygiéniste, D<sup>re</sup> Cristin Muecke, M.D.

Les données ont été calculées et analysées en utilisant SAS (logiciel SAS/STAT<sup>®</sup>, 100, SAS Campus Drive, Cary, NC). Les statistiques descriptives, y compris la moyenne arithmétique, la médiane, le mode, ainsi que les mesures de variabilité (écart-type, variance, étendue), ont été calculées en utilisant SAS (se reporter à l'annexe B).

En raison de la variabilité possible au sein des échantillons, toutes les données des groupes de contrôle et de cas ont été regroupées avant l'évaluation statistique. Une analyse statistique (c'est-à-dire une comparaison à l'aide d'une approche statistique) entre les deux groupes a été utilisée pour déterminer si un résident ou les résidents en tant que groupe ont des niveaux élevés de chrome par rapport à la population de contrôle. Dans cette étude, l'essai statistique était un « test t »<sup>1</sup>. Le test t a été réalisé en utilisant le logiciel SAS/Stat. Les résultats de l'analyse statistique sont annexés dans l'annexe C. Tous les calculs statistiques ont été effectués à un niveau de confiance de 95 pour cent.

---

<sup>1</sup> Le test t est la méthode la plus couramment utilisée pour évaluer les différences de moyennes entre deux groupes. Par exemple, le test t peut être utilisé pour mesurer une différence de résultats d'un essai entre un groupe de patients ayant reçu un médicament et un groupe de contrôle ayant reçu un placebo.

Le tableau 2-1 est un résumé des résultats obtenus à la suite de l'analyse de chrome pour la population de résidents, tandis que le tableau 2-2 présente un résumé des résultats pour la population de contrôle (sujets de référence).

**Tableau 2-1 : Niveaux de chrome dans le plasma et les globules rouges pour les résidents qui habitent dans le lotissement résidentiel Evergreen (résultats combinés). Résultats des données en nmol/L.**

Numéro du sujet et date de l'essai n° 1	Résultat pour le chrome (plasma)	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 2	Résultat pour le chrome (plasma)	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 3	Résultat pour le chrome (plasma)	Résultat pour le chrome (érythrocytes)
Sujet 1 – 23 sept. 2009	4,81	6,70	30 sept. 2009	4,81	22,70	7 oct. 2009	4,04	6,2
Sujet 2 – 23 sept. 2009	5,96	8,70	30 sept. 2009	5,38	12,50	7 oct. 2009	2,12	3,1
Sujet 3 – 23 sept. 2009	5,00	3,80	30 sept. 2009	4,23	8,80	7 oct. 2009	3,85	6
Sujet 4 – 23 sept. 2009	4,42	2,50	30 sept. 2009	9,23	3,10	7 oct. 2009	4,04	2,9
Sujet 5 – 23 sept. 2009	3,27	5,00	30 sept. 2009	3,46	4,20	7 oct. 2009	5	3,1
Sujet 6 – 23 sept. 2009	3,08	5,60	30 sept. 2009	7,12	5,20	7 oct. 2009	3,56	3,5
Sujet 7 – 23 sept. 2009	4,42	4,20	30 sept. 2009	4,81	9,60	7 oct. 2009	4,62	3,3
Sujet 8 – 23 sept. 2009	4,23	2,10	30 sept. 2009	1,76	13,10	7 oct. 2009	7,12	4,2
Sujet 9 – 23 sept. 2009	4,04	1,90	30 sept. 2009	5,19	9,40	7 oct. 2009	26,54	8,3
Sujet 10 – 23 sept. 2009	5,19	6,30	30 sept. 2009	2,88	25,20	7 oct. 2009	4,23	6,2
Sujet 11 – 23 sept. 2009	5,58	3,50	30 sept. 2009	4,04	2,30	7 oct. 2009	4,23	4,4
Sujet 12 – 23 sept. 2009	5,38	6,20	30 sept. 2009	5,38	3,80	7 oct. 2009	6,35	9,8
Sujet 13 – 23 sept. 2009	4,62	9,40	30 sept. 2009	5,77	6,70	7 oct. 2009	5,19	3,3
Sujet 14 – 23 sept. 2009	3,08	15,60	30 sept. 2009	5,96	8,70	7 oct. 2009	3,85	3,1
Sujet 15 – 23 sept. 2009	6,15	5,40	30 sept. 2009	5,38	5,60	7 oct. 2009	7,5	4
Sujet 16 – 23 sept. 2009	4,23	5,40	7 oct. 2009	4,42	11,20	14 oct. 2009	6,15	8,1
Sujet 17 – 30 sept. 2009	4,81	5,60	7 oct. 2009	7,12	3,50	14 oct. 2009	5,77	14,2
Sujet 18 – 30 sept. 2009	3,46	8,30	7 oct. 2009	5,77	10,20	14 oct. 2009	4,23	4,6
Sujet 19 – 30 sept. 2009	1,92	4,20	7 oct. 2009	3,65	13,70	20 oct. 2009	4,42	2,3
Sujet 20 – 30 sept. 2009	5,77	7,70	7 oct. 2009	3,85	7,90	14 oct. 2009	5,00	4,8
Sujet 21 – 30 sept. 2009	3,08	8,80	7 oct. 2009	4,04	11,00	14 oct. 2009	4,42	20
Sujet 22 – 30 sept. 2009	5,93	15,20	7 oct. 2009	7,88	3,50	14 oct. 2009	7,88	3,7
Sujet 23 – 7 oct. 2009	5,19	5,00	14 oct. 2009	5,58	2,30	21 oct. 2009	5	5

**Tableau 2-2 : Niveaux de chrome dans le plasma et les érythrocytes pour la population de contrôle (référence) qui vit hors de portée du site de déversement (résultats combinés). Les résultats sont présentés en nmol/L.**

Numéro du sujet et date de l'essai n° 1	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 2	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 3	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)
Sujet 1 – 23 sept. 2009	5,38	3,80	30 sept. 2009	5,19	7,50	26 oct. 2009	4,04	2,5
Sujet 2 – 8 oct. 2009	6,73	4,40	14 oct. 2009	7,50	7,90	23 oct. 2009	5,58	20,4
Sujet 3 – 7 oct. 2009	4,62	5,80	14 oct. 2009	5,00	4,80	21 oct. 2009	2,88	2,3
Sujet 4 – 7 oct. 2009	4,23	8,10	14 oct. 2009	5,38	7,90	21 oct. 2009	5,38	15,6
Sujet 5 – 8 oct. 2009	4,42	15,60	14 oct. 2009	6,54	12,30	21 oct. 2009	3,08	5,6
Sujet 6 – 7 oct. 2009	4,04	5,80	14 oct. 2009	6,73	5,20	21 oct. 2009	4,81	7,3

Numéro du sujet et date de l'essai n° 1	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 2	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)	Date de l'essai n° 3	Résultat pour le chrome	Résultat pour le chrome (érythrocytes)
Sujet 7 – 7 oct. 2009	4,81	9,60	14 oct. 2009	5,19	14,00	21 oct. 2009	3,08	10,8
Sujet 8 – 7 oct. 2009	7,31	3,70	14 oct. 2009	4,04	18,80	22 oct. 2009	4,62	7,5
Sujet 9 – 7 oct. 2009	4,81	11,50	13 oct. 2009	7,12	18,10	21 oct. 2009	6,35	7,5
Sujet 10 – 7 oct. 2009	5,38	6,70	14 oct. 2009	7,31	6,70	21 oct. 2009	5	2,9
Sujet 11 – 14 oct. 2009	5,38	17,30	21 oct. 2009	3,85	5,00	28 oct. 2009	5,58	4
Sujet 12 – 8 oct. 2009	6,54	23,30	14 oct. 2009	7,12	3,70	21 oct. 2009	5,77	9,8
Sujet 13 – 8 oct. 2009	6,35	9,40	14 oct. 2009	3,65	7,30	22 oct. 2009	9,62	8,8
Sujet 14 – 8 oct. 2009	4,42	5,20	14 oct. 2009	4,23	8,50	21 oct. 2009	7,31	5,6
Sujet 15 – 7 oct. 2009	4,81	13,70	14 oct. 2009	5,96	4,40	21 oct. 2009	8,08	10,2
Sujet 16 – 14 oct. 2009	4,81	4,20	21 oct. 2009	3,08	4,80	28 oct. 2009	5,96	6,5
Sujet 17 – 7 oct. 2009	4,23	14,00	14 oct. 2009	6,54	10,40	21 oct. 2009	9,42	11,7
Sujet 18 – 7 oct. 2009	5,19	3,80	14 oct. 2009	5,58	4,80	22 oct. 2009	4,81	3,8
Sujet 19 – 8 oct. 2009	5,96	11,20	14 oct. 2009	4,23	3,70	21 oct. 2009	5	6,2
Sujet 20 – 7 oct. 2009	3,65	9,60	14 oct. 2009	4,42	8,30	21 oct. 2009	2,12	5,0
Sujet 21 – 14 oct. 2009	6,15	7,30	21 oct. 2009	4,62	2,70	28 oct. 2009	7,5	3,1
Sujet 22 – 14 oct. 2009	4,62	6,00	21 oct. 2009	3,65	4,80	28 oct. 2009	5,58	3,7
Sujet 23 – 14 oct. 2009	4,04	14,40	22 oct. 2009	4,81	5,80	28 oct. 2009	3,08	4,8
Sujet 24 – 14 oct. 2009	5,58	6,50	21 oct. 2009	5,38	2,70	28 oct. 2009	2,5	6,3
Sujet 25 – 14 oct. 2009	5,38	21,00	21 oct. 2009	1,92	7,90	28 oct. 2009	2,69	3,7

### 3 Résultats

Dans l'ensemble, les résultats pour tout individu donné étaient assez uniformes pour les trois périodes d'échantillonnage. La seule « valeur aberrante » semble être la valeur du chrome dans le plasma de 26,54 nmol/L mesurée chez le sujet 9, le 7 octobre 2009. Cette valeur est clairement élevée par rapport aux autres valeurs pour le plasma mesurées dans le groupe de contrôle ou dans le groupe des résidents. Chose intéressante, cette valeur est bien supérieure aux valeurs pour le plasma mesurées auparavant pour ce même individu, le 23 septembre 2009 et le 30 septembre 2009 (4,04 et 5,19 nmol/L, respectivement). À noter qu'il est également curieux que les niveaux de chrome dans les globules rouges de cet individu n'aient pas augmenté à la même date. Ce point de données résulte probablement 1) de la contamination au cours de la collecte d'échantillon ou pendant l'analyse, 2) d'une erreur de laboratoire ou 3) de la consommation préalable d'un complément alimentaire contenant du Cr(III) ou d'un groupe alimentaire contenant une dose élevée de chrome. Les résultats d'un essai de suivi recommandé ont révélé un retour à la normale des concentrations de chrome dans le plasma (5,00 nmol/L) et dans les globules rouges (4,8 nmol/L).

Les mesures statistiques générales (moyenne et écart-type) pour les deux séries de données regroupées sont présentées dans le tableau 3-1. La concentration moyenne de chrome dans le plasma était la même pour le groupe de contrôle et le groupe de cas, soit 5,17 nmol/L, et il n'y avait pas de différence importante ( $p = 0,99$ ) de concentration de chrome dans le plasma entre le groupe de cas et le groupe de contrôle.

**Tableau 3-1 : Mesures statistiques de base pour les séries de données regroupées – niveaux de chrome dans le plasma et les érythrocytes (nmol/L)**

	Cas – « Résidents » (n = 23)	Contrôles (n = 25)	Différence statistique
Moyenne pour le plasma	5,17 – Écart-type (2,94)	5,17 – Écart-type (1,53)	Pas de différence statistique (p = 0,99)
Moyenne pour les globules rouges	7,13 – Écart-type (4,80)	8,07 – Écart-type (4,81)	Pas de différence statistique (p = 0,24)

Écart-type; p = valeur p

De la même façon, il n'y avait pas de différence statistique entre les valeurs moyennes mesurées dans les globules rouges du groupe des résidents (7,13 nmol/L) par rapport au groupe de contrôle (8,07 nmol/L) (p = 0,24).

À la lumière de ces constatations, on peut conclure que les niveaux de chrome dans le sang chez les résidents sont identiques à ceux d'un groupe d'individus dont l'exposition possible à un site contenant du chrome(VI) est nulle.

#### 4 Discussion et conclusions

Dans la présente étude, les niveaux de chrome dans le plasma [indiquant une exposition au chrome(III) et (VI)] et dans les érythrocytes [indiquant une exposition au Cr(VI)] ont été mesurés et comparés afin de déterminer s'il y avait une différence statistique importante entre les deux groupes. Dans cette enquête, trois prélèvements sanguins ont été effectués à au moins une semaine d'intervalle pour rendre compte des fluctuations de l'absorption de chrome dans le régime alimentaire ou d'autres expositions au chrome non liées au milieu de travail. Aucune différence statistique importante n'a été observée en ce qui concerne les niveaux moyens de chrome dans le plasma ou dans les érythrocytes du sang entre le groupe de cas et le groupe de contrôle. Cela indique que l'exposition au chrome des résidents est identique à celle de la population normale de contrôle. Dans l'ensemble, les valeurs de référence pour le chrome contenu dans le plasma pour les populations qui ne sont pas exposées au chrome dans leur milieu de travail varient entre 0,04 et 0,35 µg/L (Christensen et coll., 1993) avec une moyenne de 0,25 µg/L. La concentration moyenne de chrome dans le plasma des résidents était de 5,71 nmol/L, soit 0,27 µg/L (en convertissant les nmol/L en µg/L en utilisant un facteur de  $5,19 \times 10^{-2}$ ). Cette valeur est comprise dans la fourchette signalée pour les populations de référence non exposées dans le milieu de travail. La concentration moyenne enregistrée (5,71 nmol/L) dans cette étude est également comprise dans la fourchette signalée par Torra et coll. (1999) qui ont étudié 243 adultes en santé âgés de 17 à 71 ans. Dans l'étude de Torra et coll. (1999), la concentration de chrome dans le plasma était comprise entre 0,6 et 6 nmol/L, avec un 95<sup>e</sup> percentile enregistré de 5 nmol/L.

Cette constatation n'est pas totalement imprévue étant donné que le flux des eaux souterraines (du moins en fonction des résultats préliminaires) semble s'éloigner de la communauté résidentielle (c'est-à-dire que la collectivité est située en amont du site de déversement d'un point de vue hydraulique). Cela est d'autant plus vrai que la majorité des résultats de surveillance des puits obtenus à partir de l'échantillonnage des puits (c'est-à-dire les puits situés bien en amont du site de déversement) semble être égale ou inférieure à la norme pour l'eau potable au Canada fixée à 0,05 mg/L (sauf MW 13).

En conclusion, cette étude démontre indéniablement que les niveaux de chrome dans le plasma et les globules rouges des résidents vivant dans la collectivité ne sont pas statistiquement plus élevés.

## 5 Limites du rapport

ChemRisk<sup>®</sup> Canada, une division de ChemRisk LLC (« ChemRisk »), a préparé ce document pour son utilisation exclusive par la D<sup>re</sup> Cristin Muecke, M.D., médecin hygiéniste, le D<sup>r</sup> Paul van Buynder, M.D., médecin hygiéniste en chef, médecins hygiénistes adjoints, région centrale, Fredericton, Nouveau-Brunswick, Canada, en plus du Bureau du médecin hygiéniste en chef pour donner des conseils relatifs à l'évaluation de l'exposition potentielle au chrome pour les résidents vivant dans une collectivité ayant pu être touchée par un déversement d'acide chromique. ChemRisk décline toute responsabilité relative à l'utilisation de ce document ou toute opinion exprimée dans la présente par un tiers, ou confiance en ce document ou en toute décision prise fondée sur celui-ci sans le consentement écrit préalable de ChemRisk. ChemRisk n'est pas responsable des dommages, s'il y a lieu, causés par un tiers à la suite de décisions ou de mesures fondées sur ce document. La copie ou la distribution de ce rapport, son utilisation ou la confiance en l'information qu'il contient, dans sa totalité ou en partie, ne sont pas autorisées sans la permission expresse par écrit de ChemRisk, à l'exception des D<sup>rs</sup> C. Muecke et P. van Buynder, du Bureau du médecin hygiéniste en chef, des ministères respectifs et du gouvernement du Nouveau-Brunswick. Rien dans ce rapport n'a pour but de constituer ou de fournir une opinion médicale ou légale. Le médecin hygiéniste a fourni à ChemRisk les données sommaires relatives aux niveaux de chrome dans le plasma et les globules rouges.

## 6 Références

[ATSDR] AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological profile from chromium, Draft for Public Comment, chez l'auteur, U.S. Department of Health and Human Services, 2008 (consulté le 6 décembre 2009). Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.html#bookmark08>.

CHRISTENSEN J.M., E. HOLST, J.P. BONDE et L. KNUDSEN. « Determination of chromium in blood and serum. Evaluation of quality control procedures and estimation of reference values in Danish subjects », *Sci. Total. Environ.*, vol. 132 (1993), p. 11-25.

COSTA M. « Toxicity and carcinogenicity of Cr(VI) in animal models and humans », *Crit. Rev. Toxicol.*, vol. 27, n° 5 (1997), p. 431-442.

FINLEY, B.L., B.D. KERGER, M.W. KATONA, M.L. GARGAS, G.C. CORBETT et D.J. PAUSTENBACH. *Human ingestion of chromium (VI) in drinking water: Pharmacokinetics following repeated exposure*, 1997.

GOYER, R.A. « Toxic effects of metals », dans C.D. Klassen (éd.), *Casarett and Doull's Toxicology: The basic science of poisons*, 6<sup>th</sup>, New York, 2001, p. 811-867.

KERGER B.D., B.L. FINLEY, G.E. CORBETT, D.G. DODGE et D.J. PAUSTENBACH. « Ingestion of chromium (VI) in drinking water by human volunteers: absorption, distribution, and excretion of single and repeated doses », *J. Toxicol. Environ. Health*, vol. 50 (1997), p. 67-95.

KORALLUS, U. « Chromium compounds: Occupational health, toxicological and biological monitoring aspects », *Toxicol. Environ. Chem.*, vol. 12 (1986), p. 47-59.

LEWALTER, J., U. KORALLUS, C. HARZDORF et H. WEIDEMANN. « Chromium blood detection in isolated erythrocytes: A new principle of biological monitoring of exposure to hexavalent chromium », *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 55 (1985), p. 305-318.

MINOIA C., R. PIETRA, E. SABBIONI, A. RONCHI, A. GATTI, A. CAVALLIERI et L. MANZO. « Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European community. III. The control of preanalytical factors in the biomonitoring of trace elements in biological fluids », *Sci. Total Environ.*, vol. 120 (1992), p. 63-79.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Recommended Dietary Allowances, 10th ed.*, Washington (DC), National Academy Press, 1989, p. 1-285.

SHEMIN, D., et D. RITTENBERG. « The life span of the human red blood cell », *The journal of biological chemistry*, 1946, p. 627-636.

STOECKER, B.J. « Chromium », dans E.E. Ziegler et L.J. Filer (éditeurs), *Present Knowledge in Nutrition*, Washington (DC), ILSI, 1996, p. 344-352.

TORRA, M., M. RODAMILANS, J. CORBELLA, R. FERRER et R. MAZZARA. « Blood chromium determination in assessing reference values in an unexposed Mediterranean population », *Biological Trace Element Research*, vol. 70 (1999), p. 183-189.

VERSIECK J., F. BARBIER, R. CORNELIS et J. HOLST. « Sample contamination as a source of error in trace element analysis of biological samples », *Talanta*, vol. 29 (1982), p. 973-984.

D<sup>r</sup> Paul van Buynder, M.D., FRCPC  
Évaluation du chrome dans le sang  
Le 31 janvier 2010  
Projet n° 0782-001

#### **Annexe A :**

#### **Clé de l'emplacement – Site du déversement**

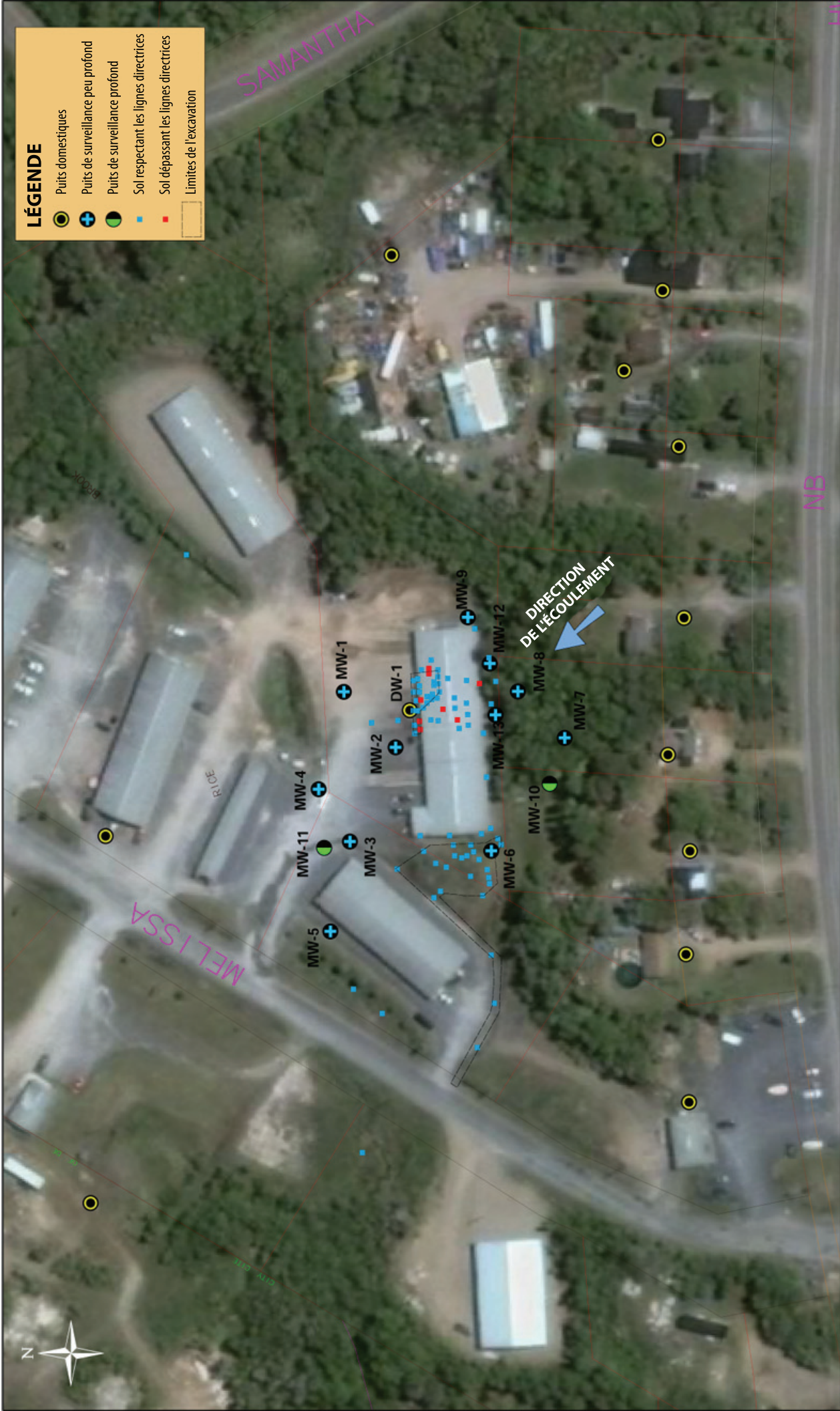
**ChemRisk<sup>®</sup>**

12B-291, chemin Woodlawn Ouest, Guelph (Ontario) N1H 7L6  
(519) 823-5333  
[www.chemrisk.com](http://www.chemrisk.com)





- LÉGENDE**
- Puits domestiques
  - ⊕ Puits de surveillance peu profond
  - ⊕ Puits de surveillance profond
  - Sol respectant les lignes directrices
  - Sol dépassant les lignes directrices
  - ▭ Limites de l'excavation



D<sup>r</sup> Paul van Buynder, M.D., FRCPC  
Évaluation du chrome dans le sang  
Le 31 janvier 2010  
Projet n° 0782-001

## **Annexe B :**

### **Résultats de l'analyse statistique du logiciel SAS/STAT**

**ChemRisk<sup>®</sup>**

12B-291, chemin Woodlawn Ouest, Guelph (Ontario) N1H 7L6  
(519) 823-5333  
[www.chemrisk.com](http://www.chemrisk.com)

## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Variable : Résultat\_Chrome\_Résident

Moments			
<b>N</b>	70	<b>Pondérations des sommes</b>	70
<b>Moyenne</b>	5,17442857	<b>Observations de la somme</b>	362,21
<b>Écart-type</b>	2,94220643	<b>Variance</b>	8,65657865
<b>Asymétrie</b>	5,688349	<b>Aplatissement</b>	41,0270969
<b>Somme des carrés non corrigée</b>	2471,5337	<b>Somme des carrés corrigée</b>	597,303927
<b>Coeff. de variation</b>	56,8605091	<b>Erreur-type moyenne</b>	0,35166093

Mesures statistiques de base			
Emplacement		Dispersion	
<b>Moyenne</b>	5,174429	<b>Écart-type</b>	2,94221
<b>Médiane</b>	4,810000	<b>Variance</b>	8,65658
<b>Mode</b>	4,230000	<b>Étendue</b>	24,78000
		<b>Intervalle interquartile</b>	1,73000

Tests d'emplacement : Mu0=0				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Loi t de Student</b>	<b>t</b>	14,71425	<b>Pr &gt;  t </b>	<0,0001
<b>Signe</b>	<b>M</b>	35	<b>Pr &gt;=  M </b>	<0,0001
<b>Observations appariées</b>	<b>S</b>	1242,5	<b>Pr &gt;=  S </b>	<0,0001

Tests de normalité				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>W</b>	0,514105	<b>Pr &lt; W</b>	<0,0001
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>	<b>D</b>	0,241532	<b>Pr &gt; D</b>	<0,0100
<b>Cramer-von Mises</b>	<b>W-Sq</b>	1,212507	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	<0,0050
<b>Anderson-Darling</b>	<b>A-Sq</b>	7,048162	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	<0,0050

## *Le système SAS*

### *La procédure UNIVARIATE* *Variable : Résultat\_Chrome\_Résident*

<b>Quantiles (définition 5)</b>	
<b>Quantile</b>	<b>Estimation</b>
<b>100 % Max</b>	26,540
<b>99 %</b>	26,540
<b>95 %</b>	7,880
<b>90 %</b>	7,120
<b>75 % Q3</b>	5,770
<b>50 % Médiane</b>	4,810
<b>25 % Q1</b>	4,040
<b>10 %</b>	3,175
<b>5 %</b>	2,880
<b>1 %</b>	1,760
<b>0 % Min</b>	1,760

<b>Observations extrêmes</b>			
<b>Plus faible</b>		<b>Plus élevé</b>	
<b>Valeur</b>	<b>Obs</b>	<b>Valeur</b>	<b>Obs</b>
1,76	31	7,50	61
1,92	19	7,88	45
2,12	48	7,88	68
2,88	33	9,23	27
3,08	21	26,54	55

<b>Valeurs manquantes</b>			
<b>Valeur manquante</b>	<b>Nombre</b>		<b>Pourcentage de</b>
		<b>Toutes les obs</b>	<b>Obs manquantes</b>
.	29	29,29	100,00

## *Le système SAS*

### *La procédure UNIVARIATE* *Variable : Résultat\_Chrome\_Résident*

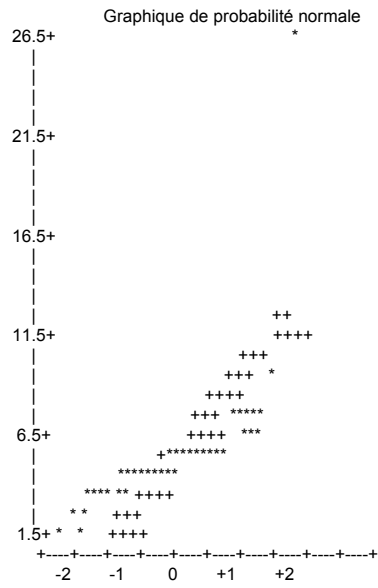
```

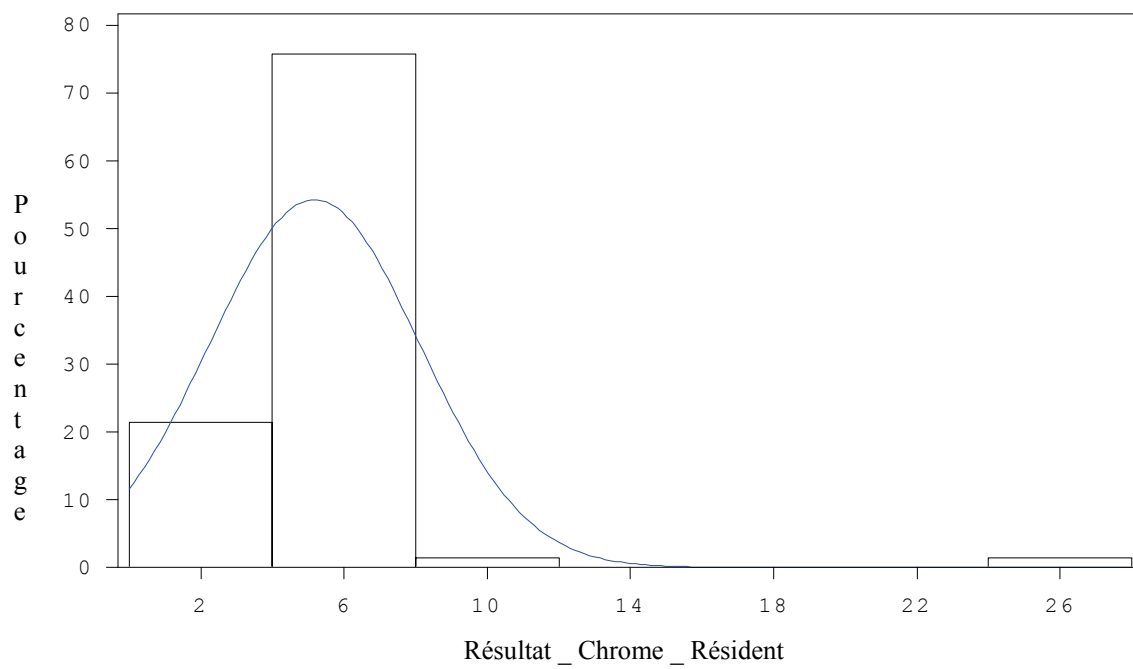
Arborescent          N°      Tracé en rectangle et moustaches
26 5                 1      *
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9 2                 1      0
8
7 111599             6      |
6 00224              5      |
5 0000222244446688889 20    +--+--+
4 000002222244444668888 22    *-----*
3 11135566888       11      |
2 19                 2      |
1 89                 2      |
-----+-----+-----+-----+-----

```

# Le système SAS

## La procédure UNIVARIATE Variable : Résultat\_Chrome\_Résident





*Le système SAS*

*La procédure UNIVARIATE  
Distribution ajustée pour  
Résultat\_Chrome\_Résident*

Paramètres pour une distribution normale		
Paramètre	Symbole	Estimation
Moyenne	Mu	5,174429
Écart-type	Sigma	2,942206

Tests de validité de l'ajustement pour la distribution normale				
Test	Statistique		Valeur de p	
Kolmogorov-Smirnov	<b>D</b>	0,24153247	<b>Pr &gt; D</b>	<0,010
Cramer-von Mises	<b>W-Sq</b>	1,21250683	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	<0,005
Anderson-Darling	<b>A-Sq</b>	7,04816207	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	<0,005

Quantiles pour une distribution normale			
Pourcentage		Quantile	
		Observé	Estimé
<b>1,0</b>		1,76000	-1,67017
<b>5,0</b>		2,88000	0,33493
<b>10,0</b>		3,17500	1,40384
<b>25,0</b>		4,04000	3,18994
<b>50,0</b>		4,81000	5,17443
<b>75,0</b>		5,77000	7,15892
<b>90,0</b>		7,12000	8,94502
<b>95,0</b>		7,88000	10,01393
<b>99,0</b>		26,54000	12,01902



## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Variable : Ré\_Érythrocyte\_Chrome\_Résident

Moments			
<b>N</b>	70	<b>Pondérations des sommes</b>	70
<b>Moyenne</b>	7,12714286	<b>Observations de la somme</b>	498,9
<b>Écart-type</b>	4,80168815	<b>Variance</b>	23,0562091
<b>Asymétrie</b>	1,71748223	<b>Aplatissement</b>	3,35513217
<b>Somme des carrés non corrigée</b>	5146,61	<b>Somme des carrés corrigée</b>	1590,87843
<b>Coeff. de variation</b>	67,3718522	<b>Erreur-type moyenne</b>	0,57391151

Mesures statistiques de base			
Emplacement		Dispersion	
<b>Moyenne</b>	7,127143	<b>Écart-type</b>	4,80169
<b>Médiane</b>	5,600000	<b>Variance</b>	23,05621
<b>Mode</b>	3,100000	<b>Étendue</b>	23,30000
		<b>Intervalle interquartile</b>	5,10000

**Nota :** Le mode affiché est le plus petit des 3 modes avec un compte de 4.

Tests d'emplacement : $\mu_0=0$				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Loi t de Student</b>	<b>t</b>	12,41854	<b>Pr &gt;  t </b>	<0,0001
<b>Signe</b>	<b>M</b>	35	<b>Pr &gt;=  M </b>	<0,0001
<b>Observations appariées</b>	<b>S</b>	1242,5	<b>Pr &gt;=  S </b>	<0,0001

Tests de normalité				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>W</b>	0,833852	<b>Pr &lt; W</b>	<0,0001
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>	<b>D</b>	0,168384	<b>Pr &gt; D</b>	<0,0100
<b>Cramer-von Mises</b>	<b>W-Sq</b>	0,536144	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	<0,0050
<b>Anderson-Darling</b>	<b>A-Sq</b>	3,213619	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	<0,0050

## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE

Variable : Ré\_Érythrocyte\_Chrome\_Résident

Quantiles (définition 5)	
Quantile	Estimation
100 % Max	25,2
99 %	25,2
95 %	15,6
90 %	13,6
75 % Q3	8,8
50 % Médiane	5,6
25 % Q1	3,7
10 %	3,0
5 %	2,3
1 %	1,9
0 % Min	1,9

Observations extrêmes			
Plus faible		Plus élevé	
Valeur	Obs	Valeur	Obs
1,9	9	15,2	22
2,1	8	15,6	14
2,3	65	20,0	67
2,3	46	22,7	24
2,3	34	25,2	33

Valeurs manquantes			
Valeur manquante	Nombre	Pourcentage de	
		Toutes les obs	Obs manquantes
.	29	29,29	100,00

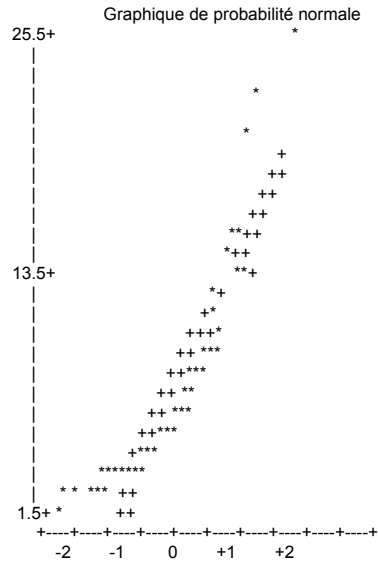
## Le système SAS

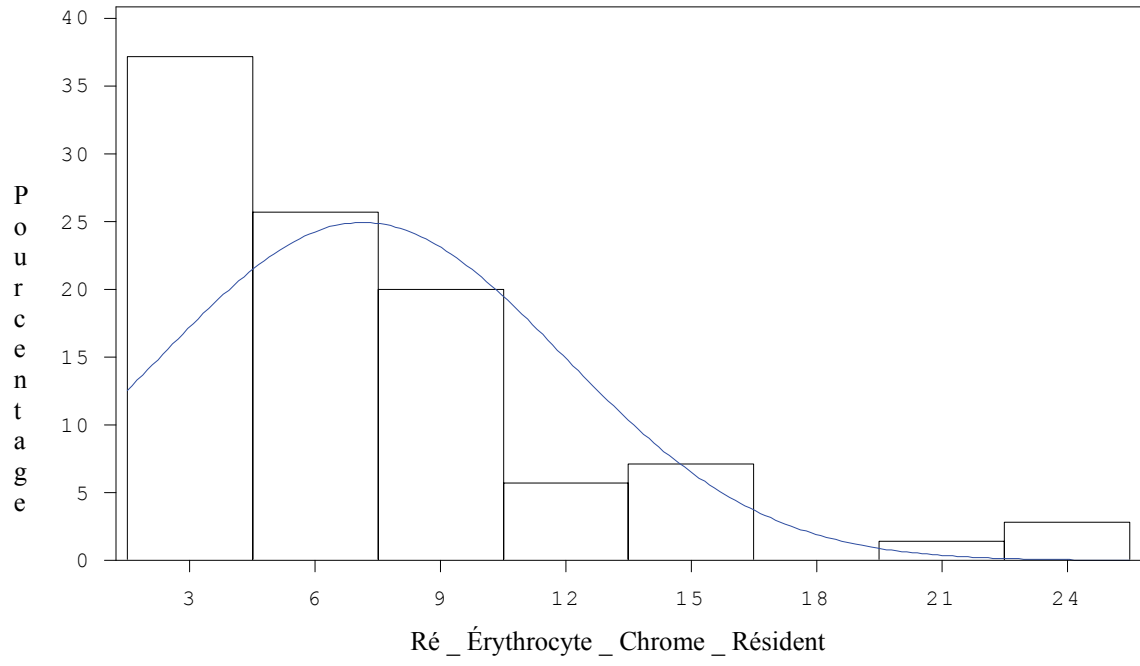
### La procédure UNIVARIATE Variable : Ré\_Érythrocyte\_Chrome\_Résident

Arborescent	N°	Tracé en rectangle et moustaches
25 2	1	*
24		
23		
22 7	1	0
21		
20 0	1	0
19		
18		
17		
16		
15 26	2	
14 2	1	
13 157	3	
12 5	1	
11 02	2	
10 2	1	
9 4468	4	
8 1337788	7	+-----+
7 79	2	+
6 0222377	7	
5 000244666	9	+-----+
4 02222468	8	
3 111133555788	13	+-----+
2 133359	6	
1 9	1	
-----+		

*Le système SAS*

*La procédure UNIVARIATE*  
*Variable : Ré\_Érythrocyte\_Chrome\_Résident*





## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Distribution ajustée pour Ré\_Érythrocyte\_Chrome\_Résident

Paramètres pour une distribution normale		
Paramètre	Symbole	Estimation
Moyenne	Mu	7,127143
Écart-type	Sigma	4,801688

Tests de validité de l'ajustement pour la distribution normale				
Test	Statistique		Valeur de p	
Kolmogorov-Smirnov	<b>D</b>	0,16838377	<b>Pr &gt; D</b>	<0,010
Cramer-von Mises	<b>W-Sq</b>	0,53614358	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	<0,005
Anderson-Darling	<b>A-Sq</b>	3,21361928	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	<0,005

Quantiles pour une distribution normale			
Pourcentage	Quantile		
		Observé	Estimé
<b>1,0</b>		1,90000	-4,04325
<b>5,0</b>		2,30000	-0,77093
<b>10,0</b>		3,00000	0,97353
<b>25,0</b>		3,70000	3,88845
<b>50,0</b>		5,60000	7,12714
<b>75,0</b>		8,80000	10,36583
<b>90,0</b>		13,60000	13,28075
<b>95,0</b>		15,60000	15,02522
<b>99,0</b>		25,20000	18,29754

## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Variable : Résultat\_Chrome\_Contrôle

Moments			
<b>N</b>	75	<b>Pondérations des sommes</b>	75
<b>Moyenne</b>	5,1696	<b>Observations de la somme</b>	387,72
<b>Écart-type</b>	1,53000745	<b>Variance</b>	2,34092281
<b>Asymétrie</b>	0,43101047	<b>Aplatissement</b>	0,59288812
<b>Somme des carrés non corrigée</b>	2177,5856	<b>Somme des carrés corrigée</b>	173,228288
<b>Coeff. de variation</b>	29,5962445	<b>Erreur-type moyenne</b>	0,17667004

Mesures statistiques de base			
Emplacement		Dispersion	
<b>Moyenne</b>	5,169600	<b>Écart-type</b>	1,53001
<b>Médiane</b>	5,000000	<b>Variance</b>	2,34092
<b>Mode</b>	4,810000	<b>Étendue</b>	7,70000
		<b>Intervalle interquartile</b>	1,73000

**Nota :** Le mode affiché est le plus petit des 2 modes avec un compte de 7.

Tests d'emplacement : Mu0=0				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Loi t de Student</b>	<b>t</b>	29,26133	<b>Pr &gt;  t </b>	<0,0001
<b>Signe</b>	<b>M</b>	37,5	<b>Pr &gt;=  M </b>	<0,0001
<b>Observations appariées</b>	<b>S</b>	1425	<b>Pr &gt;=  S </b>	<0,0001

Tests de normalité				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>W</b>	0,979214	<b>Pr &lt; W</b>	0,2545
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>	<b>D</b>	0,100926	<b>Pr &gt; D</b>	0,0579
<b>Cramer-von Mises</b>	<b>W-Sq</b>	0,077768	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	0,2248
<b>Anderson-Darling</b>	<b>A-Sq</b>	0,447307	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	>0,2500

## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Variable : Résultat\_Chrome\_Contrôle

Quantiles (définition 5)	
Quantile	Estimation
100 % Max	9,62
99 %	9,62
95 %	7,50
90 %	7,31
75 % Q3	5,96
50 % Médiane	5,00
25 % Q1	4,23
10 %	3,08
5 %	2,69
1 %	1,92
0 % Min	1,92

Observations extrêmes			
Plus faible		Plus élevé	
Valeur	Obs	Valeur	Obs
1,92	50	7,50	27
2,12	70	7,50	71
2,50	74	8,08	65
2,69	75	9,42	67
2,88	53	9,62	63

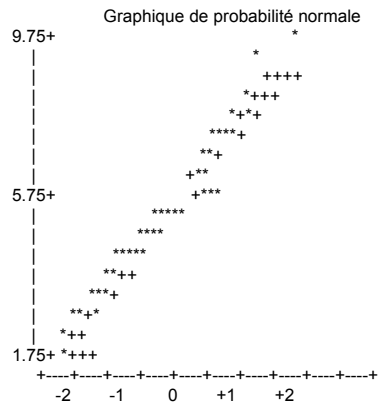
Valeurs manquantes			
Valeur manquante	Nombre	Pourcentage de	
		Toutes les obs	Obs manquantes
.	24	24,24	100,00

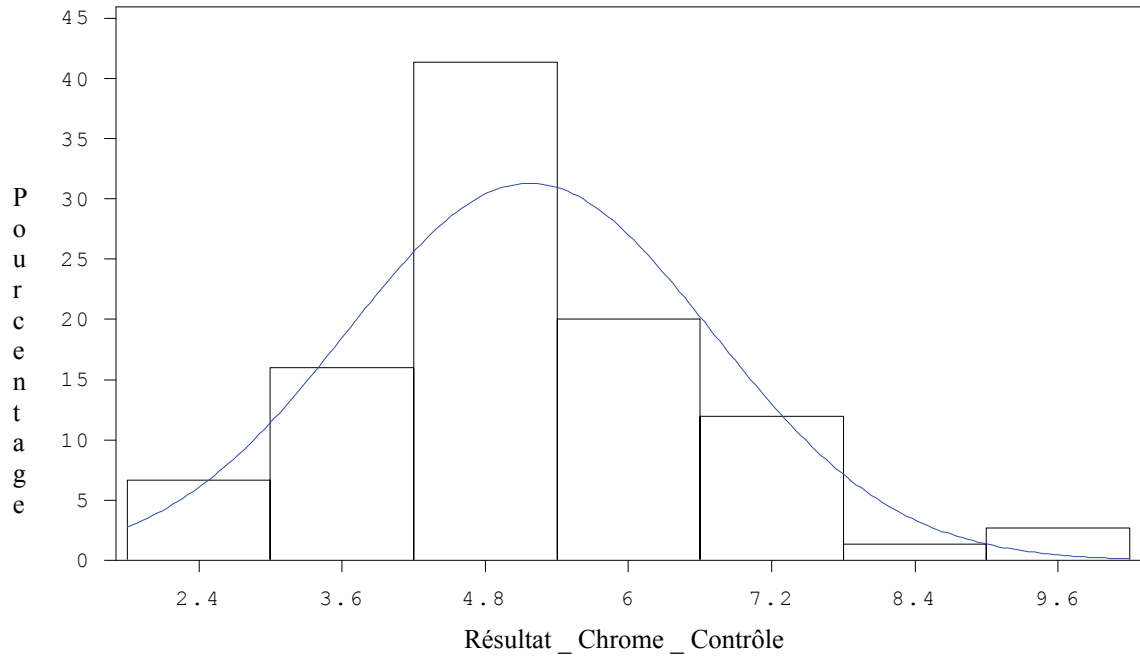


*Le système SAS*

**La procédure UNIVARIATE**  
**Variable : Résultat\_Chrome\_Contrôle**

Arborescent	N°	Tracé en rectangle et moustaches
9 6	1	0
9 4	1	0
8		
8 1	1	
7 55	2	
7 11333	5	
6 55577	5	
6 000244	6	+-----+
5 666668	6	
5 0002224444444	13	*--+*
4 666688888888	11	
4 00002222444	11	+-----+
3 6668	4	
3 1111	4	
2 579	3	
2 1	1	
1 9	1	
-----+-----+-----+		





## *Le système SAS*

### *La procédure UNIVARIATE Distribution ajustée pour Résultat\_Chrome\_Contrôle*

Paramètres pour une distribution normale		
Paramètre	Symbole	Estimation
Moyenne	Mu	5,1696
Écart-type	Sigma	1,530007

Tests de validité de l'ajustement pour la distribution normale				
Test	Statistique		Valeur de p	
Kolmogorov-Smirnov	<b>D</b>	0,10092627	<b>Pr &gt; D</b>	0,058
Cramer-von Mises	<b>W-Sq</b>	0,07776782	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	0,225
Anderson-Darling	<b>A-Sq</b>	0,44730679	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	>0,250

Quantiles pour une distribution normale			
Pourcentage		Quantile	
		Observé	Estimé
<b>1,0</b>		1,92000	1,61027
<b>5,0</b>		2,69000	2,65296
<b>10,0</b>		3,08000	3,20882
<b>25,0</b>		4,23000	4,13763
<b>50,0</b>		5,00000	5,16960
<b>75,0</b>		5,96000	6,20157
<b>90,0</b>		7,31000	7,13038
<b>95,0</b>		7,50000	7,68624
<b>99,0</b>		9,62000	8,72893

*Le système SAS*

*La procédure UNIVARIATE*

*Variable : Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle*

Moments			
<b>N</b>	75	<b>Pondérations des sommes</b>	75
<b>Moyenne</b>	8,07333333	<b>Observations de la somme</b>	605,5
<b>Écart-type</b>	4,80543986	<b>Variance</b>	23,0922523
<b>Asymétrie</b>	1,2944724	<b>Aplatissement</b>	1,20492366
<b>Somme des carrés non corrigée</b>	6597,23	<b>Somme des carrés corrigée</b>	1708,82667
<b>Coeff. de variation</b>	59,5223765	<b>Erreur-type moyenne</b>	0,5548844

Mesures statistiques de base			
Emplacement		Dispersion	
<b>Moyenne</b>	8,073333	<b>Écart-type</b>	4,80544
<b>Médiane</b>	6,700000	<b>Variance</b>	23,09225
<b>Mode</b>	3,700000	<b>Étendue</b>	21,00000
		<b>Intervalle interquartile</b>	5,40000

**Nota :** Le mode affiché est le plus petit des 2 modes avec un compte de 5.

Tests d'emplacement : $\mu_0=0$				
Test	Statistique		Valeur de p	
<b>Loi t de Student</b>	<b>t</b>	14,54958	<b>Pr &gt;  t </b>	<0,0001
<b>Signe</b>	<b>M</b>	37,5	<b>Pr &gt;=  M </b>	<0,0001
<b>Observations appariées</b>	<b>S</b>	1425	<b>Pr &gt;=  S </b>	<0,0001

*Le système SAS*

*La procédure UNIVARIATE*

*Variable : Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle*

Tests de normalité				
Test	Statistique		Valeur de p	
Shapiro-Wilk	W	0,873799	Pr < W	<0,0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0,154387	Pr > D	<0,0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0,50305	Pr > W-Sq	<0,0050
Anderson-Darling	A-Sq	2,987865	Pr > A-Sq	<0,0050

Quantiles (définition 5)	
Quantile	Estimation
100 % Max	23,3
99 %	23,3
95 %	18,8
90 %	15,6
75 % Q3	10,2
50 % Médiane	6,7
25 % Q1	4,8
10 %	3,7
5 %	2,7
1 %	2,3
0 % Min	2,3

Observations extrêmes			
Plus faible		Plus élevé	
Valeur	Obs	Valeur	Obs
2,3	53	18,1	34
2,5	51	18,8	33
2,7	49	20,4	52
2,7	46	21,0	25
2,9	60	23,3	12

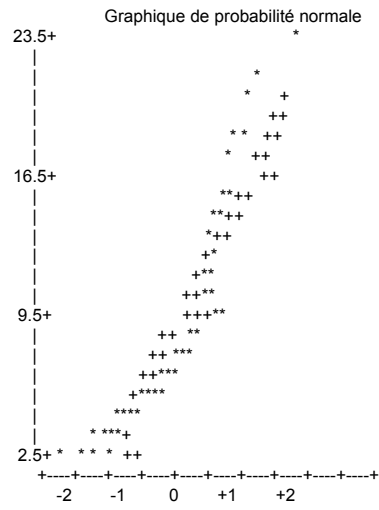
*Le système SAS**La procédure UNIVARIATE**Variable : Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle*

Valeurs manquantes			
Valeur manquante	Nombre	Pourcentage de	
		Toutes les obs	Obs manquantes
.	24	24,24	100,00

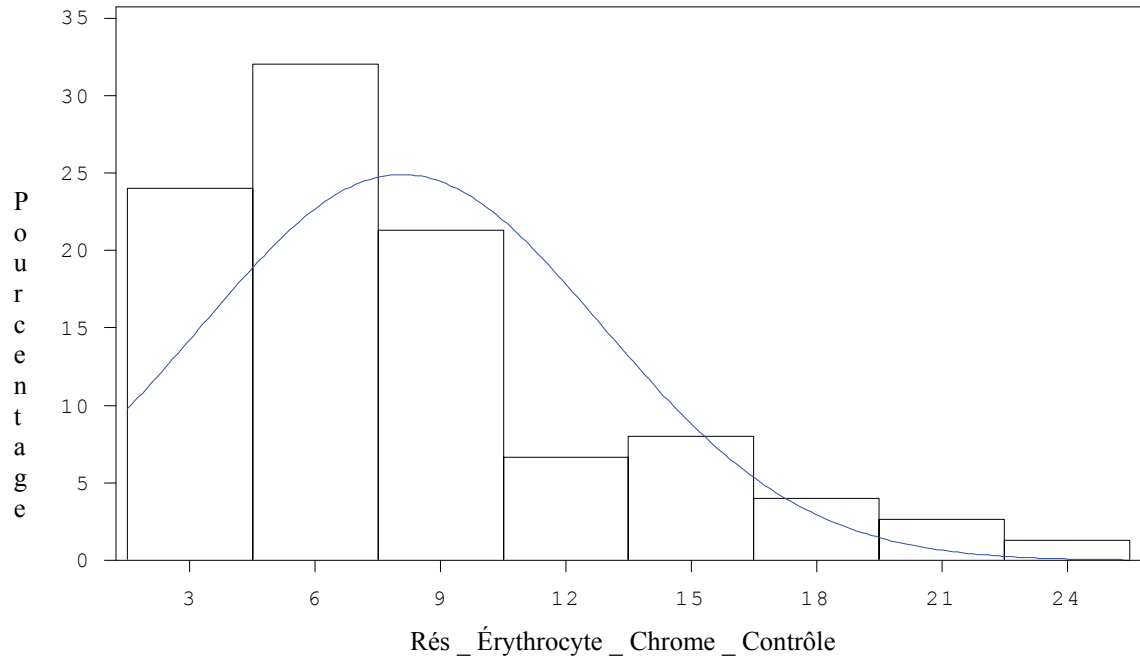
## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Variable : Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle

Arborescent	N°	Tracé en rectangle et moustaches
23 3	1	0
22		
21 0	1	0
20 4	1	0
19		
18 18	2	0
17 3	1	
16		
15 66	2	
14 004	3	
13 7	1	
12 3	1	
11 257	3	
10 248	3	+---+
9 4668	4	
8 1358	4	+
7 333555999	9	
6 0235577	7	*---*
5 002266888	9	
4 024488888	9	+---+
3 177777888	9	
2 35779	5	
---+---+---+---+		

*Le système SAS**La procédure UNIVARIATE*  
*Variable : Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle*





## Le système SAS

### La procédure UNIVARIATE Distribution ajustée pour Rés\_Érythrocyte\_Chrome\_Contrôle

Paramètres pour une distribution normale		
Paramètre	Symbole	Estimation
Moyenne	Mu	8,073333
Écart-type	Sigma	4,80544

Tests de validité de l'ajustement pour la distribution normale				
Test	Statistique		Valeur de p	
Kolmogorov-Smirnov	<b>D</b>	0,15438682	<b>Pr &gt; D</b>	<0,010
Cramer-von Mises	<b>W-Sq</b>	0,50304953	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	<0,005
Anderson-Darling	<b>A-Sq</b>	2,98786458	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	<0,005

Quantiles pour une distribution normale			
Pourcentage		Quantile	
		Observé	Estimé
<b>1,0</b>		2,30000	-3,10579
<b>5,0</b>		2,70000	0,16909
<b>10,0</b>		3,70000	1,91491
<b>25,0</b>		4,80000	4,83211
<b>50,0</b>		6,70000	8,07333
<b>75,0</b>		10,20000	11,31455
<b>90,0</b>		15,60000	14,23175
<b>95,0</b>		18,80000	15,97758
<b>99,0</b>		23,30000	19,25246