

# Les risques sur la santé de l'utilisation de l'ozone dans les environnements intérieurs pour le rabattement des odeurs alimentaires

NOTE INFORMATIVE

Note préparée par :  
**Ionela L. Gheorghiu, M.Sc.**,  
Coordonnatrice UETMISM

Responsable scientifique :  
**Alain Lesage, M.D.**

## Contexte et objectif

L'ozone est un gaz qui se trouve à l'état naturel dans les couches élevées de l'atmosphère et au niveau du sol. L'ozone retrouvé à l'intérieur des résidences provient des sources extérieures et de certains équipements électroniques comme les imprimantes laser et les générateurs d'ozone commercialisés, tels les purificateurs d'air<sup>1</sup>.

Depuis plusieurs décennies, des purificateurs d'air qui génèrent de l'ozone ont été utilisés pour l'élimination des contaminants de l'air, en incluant les odeurs. Ces équipements sont commercialisés sur la présomption que l'ozone oxyde des composés organiques pour générer des molécules inodores de dioxyde de carbone et de l'eau. Au-delà du fait que l'efficacité de ces équipements dans la réduction des contaminants de l'air reste à être établie, ceux-ci peuvent produire des niveaux malsains d'ozone (US EPA 2013).

Dans le cadre du projet de revalorisation des résidus alimentaires à l'Institut universitaire en santé mentale de Montréal (IUSMM), une partie vise le rabattement des odeurs de ces résidus en utilisant un équipement d'aéro-ionisation avec l'apport contrôlé d'ozone. Étant donné la préoccupation constante d'assurer la sécurité de l'ensemble des patients et du personnel de l'Institut, le Secteur hygiène et salubrité de la Direction des services administratifs de notre établissement a contacté l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé mentale pour avoir un avis sur les risques associés à l'utilisation de l'ozone dans le milieu institutionnel.

Pour répondre à cette question dans un bref délai, une recherche documentaire sommaire a été effectuée afin de déterminer les risques de l'ozone sur la santé des êtres humains, plus spécifiquement sur les personnes adultes. Les résultats obtenus lors de cette recherche sont présentés dans la section suivante.

## Recherche documentaire

La recherche documentaire a été réalisée dans les bases de données PubMed, EMBASE et EMB Reviews. Plusieurs ressources de littérature grise ont également été consultées. La recherche a été limitée aux documents publiés en anglais et en français. La stratégie de recherche utilisée, le diagramme de sélection des articles repérés dans les bases de données, ainsi que les sources de littérature grise consultées sont présentés en annexe.

## Résultats

La recherche documentaire a donné 429 résultats, desquelles 115 ont été éliminés étant des doublons, des thèses et des livres. La lecture des 314 titres et résumés restants a permis de retenir 28 articles pour la lecture en version intégrale. De ces 28 articles, 11 ont été retenus pour analyse. Un autre article figurant dans la bibliographie d'un des articles consultés a également été retenu. Parmi ces articles, 4 sont des revues et les autres des études expérimentales.

La consultation de la littérature grise a permis de découvrir plus de 20 documents, desquels 6 ont été consultés lors de ce travail. Ces documents proviennent en majorité d'organismes gouvernementaux de protection environnementale des États-Unis, comme, par exemple, l'United States Environmental Protection Agency (US EPA). Ces organismes ont pris une position ferme contre l'utilisation des générateurs d'ozone à l'intérieur des bâtiments. Un autre document provient de la France et a été produit et mis à jour en 2013 par l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

La littérature retenue fait référence au milieu résidentiel et professionnel, comme les bureaux. La consultation de ce matériel a permis de déterminer les effets sur la santé de l'exposition à l'ozone, montrés dans le tableau 1, ainsi que les conséquences à la suite de l'exposition aux produits d'oxydation de l'ozone, résultats résumés dans le tableau 2.

## Discussion

Cette note informative présente les résultats d'une revue sommaire de la littérature menée afin de déterminer les risques pour la santé des êtres humains s'ils sont exposés à l'ozone et à ses produits d'oxydation. L'information recherchée dans la littérature se résume aux risques associés à l'exposition à ces produits à l'intérieur des résidences et sur les lieux de travail et ne fait pas référence à l'exposition à l'ozone ambiant. Le sommaire du matériel retenu est présenté dans les tableaux de la section *Résultats*. À noter que la qualité des études retenues n'a pas été évaluée.

### L'exposition à l'ozone

La toxicité de l'ozone est influencée par certains facteurs comme la concentration, la température, l'humidité ambiante, la durée d'exposition, le seuil de tolérance de chaque individu (INRS 2013, Weschler 2000). Lors de l'exposition à l'ozone, le système respiratoire est le plus affecté. Selon la concentration, les symptômes peuvent varier entre l'anesthésie olfactive transitoire, lors d'une exposition aiguë à des taux faibles d'ozone, la toux, l'hypersécrétion bronchique ou une réactivité augmentée de la voie aérienne aux allergènes et aux irritants, quand la concentration de l'ozone est plus élevée, allant jusqu'à des lésions pulmonaires sévères lors d'expositions à des concentrations de 9000 ppb (Boeniger 1995, INRS 2013).

Au-delà des atteintes au niveau respiratoire, l'exposition à ce gaz peut aussi causer des perturbations visuelles, des atteintes neurologiques et rénales, l'augmentation de plusieurs cytokines pro-inflammatoires, des changements au niveau des neutrophiles dans le sang (Devlin *et al.* 2012, INRS 2013). Devlin et ses collaborateurs (2012) ont même décrit des changements du contrôle autonome de la fréquence cardiaque tout de suite après l'exposition à l'ozone, par exemple la prolongation de la durée de l'intervalle QT. À noter qu'un intervalle QT prolongé est un facteur de risque pour la tachyarythmie ventriculaire et la mort subite (Devlin *et al.* 2012).

### L'exposition aux produits d'oxydation

L'ozone est un oxydant très fort qui interagit avec les produits chimiques à liens carboniques insaturés trouvés dans les environnements intérieurs, comme l'isoprène, le styrène, les terpènes, les acides gras insaturés. Les sources de ces produits sont : les êtres humains eux-mêmes, les vêtements sales, les produits et les planchers en bois, les tapis, les produits de nettoyage, les désodorisants, certaines peintures, le linoléum, les parfums et autres (Weschler 2006). Les terpènes sont aussi émis en grande quantité par les matières végétales (Rohr 2013). Ainsi, une source importante de terpène à l'intérieur est constituée d'agrumes, comme les pelures d'oranges.

La réaction de l'ozone et de ces composés mène à des produits d'oxydation avec différents degrés de toxicité pour les êtres humains. Comme dans le cas de l'exposition à l'ozone, le système respiratoire semble être le plus affecté, à cause par exemple, des particules sous-microscopiques qui peuvent être transportées profondément dans les voies respiratoires ou du formaldéhyde qui peut inciter et renforcer l'asthme (Weschler 2000 et 2006, US EPA 2013). Cependant, d'autres effets, comme ceux au niveau cellulaire, ont aussi été démontrés (Rohr 2013, Fu *et al.* 2013).

Parmi les études retenues pour cette note informative, seulement deux (Fiedler *et al.* 2005 et Laumbach *et al.* 2005) n'ont pas trouvé de changements

1. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/ozone/index-fra.php>

Tableau 1. Effets sur la santé de l'exposition à l'ozone

| Concentration de l'ozone en ppb <sup>2</sup> | EFFETS SUR LA SANTÉ <sup>3</sup>  |
|--|---|
|  | Toxicité aiguë  |
| 10   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• anesthésie olfactive transitoire</li> </ul>  |
| 60 - 120                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• perte de la fonction pulmonaire, avec de la toux et de la douleur à la poitrine à la suite d'une inhalation profonde</li> <li>• réponse inflammatoire avec des modifications au niveau cellulaire et biochimique</li> <li>• réactivité augmentée de la voie aérienne aux allergènes et aux irritants</li> </ul>  |
| ≥120   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• perturbations visuelles</li> <li>• maux de tête, vertiges</li> <li>• sécheresse buccale et de la gorge</li> <li>• étroitesse et maux dans la poitrine</li> <li>• hypersécrétion bronchique</li> <li>• anomalie du rythme respiratoire, dyspnée, toux</li> <li>• insomnie</li> <li>• atteintes rénales : dans des cas de néphrite aiguë avec protéinurie, hématurie et leucocyturie</li> <li>• aggravation des symptômes de l'asthme</li> </ul> |
| 300  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• augmentation significative des plusieurs cytokines pro-inflammatoires (IL-1<math>\beta</math>, IL-8 et TNF-<math>\alpha</math>)</li> <li>• changements dans les niveaux de la protéine C-réactive et des neutrophiles dans le sang</li> <li>• changements sur plusieurs marqueurs de la fibrinolyse</li> <li>• changements du contrôle autonome de la fréquence cardiaque</li> </ul>   |
| 200 - 500                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• diminution de l'acuité visuelle nocturne et de l'adaptation à la lumière</li> <li>• augmentation de la vision périphérique et des modifications de la motricité oculaire</li> </ul>  |
| 1000 - 2000                                  | <p><b>Atteintes neurologiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• subjectives : céphalées, vertiges, asthénie, altération du goût</li> <li>• objectives : troubles de la coordination des mouvements, troubles de la parole, baisse de la vigilance</li> </ul>   |
| 9000   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• lésions pulmonaires sévères</li> <li>• risque de mortalité élevé chez les personnes dont l'état de santé est fragile</li> </ul>  |
| Concentration de l'ozone en ppb              | EFFETS SUR LA SANTÉ   |
|  | Toxicité chronique  |
| Pas mentionnée                               | <p><b>Des effets pulmonaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bronchopathies</li> <li>• emphysème souvent associé à la fibrose, suite de l'atrophie des parois alvéolaires</li> <li>• fibrose</li> </ul>  |
| 40   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• dyspnées asthmatiformes</li> </ul>   |
| 250 – 400                                    | <p><b>Troubles neurologiques associés aux expositions prolongées (7 à 10 ans) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maux de tête</li> <li>• faiblesse</li> <li>• accroissement de l'excitabilité musculaire</li> <li>• troubles de la mémoire</li> </ul>   |

2. ppb : parties par milliard

3. Références : Boeniger 1995, Devlin *et al.* 2012, California Environmental Protection Agency 2006, Connecticut Department of Public Health 2007, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) 2013, Ohio Indoor Air Quality Coalition 2005, Santé Canada 2010, United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2013, WorksSafeBC (2006).

significatifs dans les paramètres étudiés, soit la performance neurocomportementale, le cortisol salivaire, le fonctionnement pulmonaire, les symptômes nasaux, les protéines et le niveau de l'IL-8, suite à l'exposition d'une cohorte de femmes en santé à des composés organiques volatils avec ou sans ozone. Le mélange des composés organiques volatils était formé, entre autres, par des terpènes. Le manque d'effets sur la santé pourrait s'expliquer par les

Tableau 2. Effets sur la santé de l'exposition aux produits d'oxydation

| Réaction de l'ozone avec : | Produits d'oxydation générés et leurs effets sur la santé <sup>4</sup>   |
|----------------------------|--|
| Isoprène                   | <p><b>Des produits de type aldéhydique et acide, comme : formaldéhyde, acroléine, acétone, pinoaldéhyde, peroxyacétyle, peroxyde hydroxyle, des particules sous-micrométriques, des radicaux hydroxyles et nitrates :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• effets sur le système respiratoire</li> <li>• carcinogènes</li> </ul>       |
| Terpène                    |  |
| Limonène                   | <p><b>Des produits comme des aldéhydes, des cétones et des acides carboxyliques avec le potentiel d'induire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• diminution de l'activité des protéasomes des globules blancs</li> <li>• diminution de la qualité perçue de l'air</li> </ul>   |
| Squalène                   | <p><b>Des produits comme des aldéhydes, des cétones et des acides carboxyliques avec le potentiel d'induire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une irritation des voies respiratoires et de la peau</li> <li>• des réponses allergiques</li> <li>• une augmentation de l'hydrophilie et de l'activité redox du squalène</li> </ul> |
| Fumée de cigarette         | <p><b>Des particules ultrafines (&lt;100 nm) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une induction d'une réponse inflammatoire</li> <li>• potentiel de transfert dans le système circulatoire</li> </ul>  |

limitations de ces études : temps d'exposition court, l'utilisation seulement d'une cohorte de sujets jeunes et en santé, le taux d'échange d'air élevé dans la chambre expérimentale.

Le squalène est un composé majeur des lipides trouvés dans la peau humaine. Avec l'ozone, c'est le produit le plus réactif dans les environnements intérieurs. Fu *et al.* (2013) ont démontré qu'une exposition du squalène à 750 ppb/h d'ozone peut conduire à une augmentation de 20 fois de l'activité redox de ce produit. Une activité redox augmentée dans les cellules peut endommager les composés cellulaires comme les protéines, les lipides et l'ADN. De plus, les espèces oxydatives réactives peuvent causer des perturbations dans les mécanismes de signalisation cellulaires.

La fumée de cigarette et l'ozone sont deux polluants rencontrés fréquemment à l'extérieur et à l'intérieur. Des effets synergétiques plus sévères sur la santé ont été démontrés lorsque la fumée occasionnelle et l'ozone sont combinés. L'effet est même plus dommageable que l'effet individuel de ces deux polluants. L'étude de Sleiman *et al.* (2010) a démontré que la réaction entre l'ozone et les constituants de la fumée occasionnelle mène à la formation de particules ultrafines qui posent des problèmes sur la santé à cause de leur composition chimique, leur habilité d'induire l'inflammation et leur potentiel de transfert dans le système circulatoire.

### Les ordures ménagères et l'ozone

Dans les gaz issus des décharges d'ordures ménagères, il pourrait y avoir plus de 500 composés. Leur type et leur concentration dépendent de la nature et de la composition des déchets déposés à la décharge. Ils peuvent se modifier selon les processus chimiques et biologiques qui s'amorcent à l'intérieur de la décharge. Ces composés peuvent provenir soit de la dégradation anaérobie des déchets avec les composés contenant de l'oxygène (alcools, cétones,

esters, acides carboxyliques), ceux contenant du soufre et des hydrocarbures (terpènes), soit par la volatilisation des composés comme les hydrocarbures aromatiques et chlorés trouvés dans les déchets stockés. Ainsi, parmi tous ces produits issus de décharges d'ordures ménagères, il y a des composés, comme les terpènes et les acides carboxyliques, qui peuvent interagir avec l'ozone et mener à des produits nocifs pour la santé des personnes exposées.

### Conclusion

La valeur-guide d'exposition maximale résidentielle pour l'ozone établie par Santé Canada est de 20 ppb pour une période d'exposition de 8 heures. Tel que démontré dans la littérature consultée, les expositions à des taux d'ozone plus élevés que celle-ci ont des conséquences sur la santé des êtres humains. De plus, les produits d'oxydation résultant de la réaction d'ozone et des produits trouvés dans les environnements intérieurs peuvent ajouter des risques supplémentaires.

Selon une analyse de l'efficacité des générateurs d'ozone effectuée par l'United States Environmental Protection Agency (2013), avec des concentrations n'excédant pas les normes de santé publique, l'ozone a un potentiel réduit d'enlever les polluants trouvés dans l'air intérieur. Cette conclusion est soutenue par plusieurs auteurs et organismes gouvernementaux des États-Unis.

Étant donné les risques sur la santé de l'exposition à l'ozone et à ses produits d'oxydation et la faible capacité de l'ozone à nettoyer l'air intérieur, d'autres méthodes de rabattement des odeurs peuvent être envisagées. La littérature suggère l'utilisation de la ventilation, des filtres, des purificateurs électroniques de l'air ou des matériaux adsorbants des particules gazeuses (US EPA 2013).

\*\*\*

4. Références : Fu *et al.* 2013, Hubbard *et al.* 2005, Rohr 2013, Sleiman *et al.* 2010, Tamas *et al.* 2006, Weschler 2000, Weschler 2006, United States Environmental Protection Agency 2013

**Remerciements** à M<sup>me</sup> Besbes, stagiaire en qualité, performance, risques et évaluation pour sa contribution au projet et à M<sup>me</sup> Marie Désilets, bibliothécaire, pour la recherche documentaire.

## Références

Boeniger, M.F. (1995). Use of ozone generating devices to improve indoor air quality. *Am Ind Hyg Assoc J.* 56: 590-598.

California Environmental Protection Agency. (2006). Beware of ozone-generating indoor "Air purifiers". <http://www.arb.ca.gov>

Connecticut Department of Public Health. (2007). Ozone generators. What you need to know. <http://www.ct.gov>

Devlin, R. B., Duncan, K. E., Jardim, M., Schmitt, M. T., Rappold, A. G., Diaz-Sanchez, D. (2012). Controlled exposure of healthy young volunteers to ozone causes cardiovascular effects. *Circulation.* 126: 104-111.

Fiedler, N., Laumbach, R., Kelly-McNeil, K., Liou, P., Fan, Z.H., Zhang, J., Ottenweller, J., Ohman-Strickland, P. & Kipen, H. (2005). Health effects of a mixture of indoor air volatile organics, their ozone oxidation products and stress. *Environ Health Prospect.* 113: 1542-1548.

Fu, D., Leng, C., Kelly, J., Zeng, G., Zhang, Y. & Liu, Y. ATR-IT study of ozone initiated heterogeneous oxidation of squalene in an indoor environment. *Environ Sci Technol.* 47: 10611-10618.

Hubbard, H. F., Coleman, B.K., Sarwar, G. & Corsi, R. L. (2005). Effects of an ozone-generating air purifier on indoor secondary particles in three residential dwellings. *Indoor air.* 15: 432-444.

Institut national de recherche et de Sécurité, France. (2013). Ozone. Fiche toxicologique. [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Laumbach, R., Fiedler, N., Gardner, C. R., Laskin, D., Fan, Z.H., Zhang, J., Weschler, C. J., Liou, P., Devlin, R. B., Ohman-Strickland, P., Kelly-McNeil, K. & Kipen, H. (2005). Nasal effects of a mixture of volatile organic compounds and their ozone oxidation products. *J Occup Environ Med.* 47: 1182-1189.

Ohio Indoor Air Quality Coalition (2005). Air cleaners and your health. <http://columbus.gov/>

Rohr, A. C. (2013). The health significance of gas- and particle-phase terpene oxidation products: A review. *Environ Int.* 60: 145-162.

Sleiman, M., Destallats, H., Smith, J. D., Liu, C. L., Ahmed, M., Wilson, K & Gunde, L. (2010). Secondary organic aerosol formation from ozone-initiated reactions with nicotine and secondhand tobacco smoke. *Atmospheric Environment.* 44: 4191-4198.

Tamas, G., Weschler, C.J., Toftum, J. & Fanger, P. O. (2006). Influence of ozone-limonene reaction on perceived air quality. *Indoor air.* 16: 168-178.

United States Environmental Protection Agency (2013). Ozone generators that are sold as air cleaners. <http://www.epa.gov>

Weschler, C. J. (2000). Ozone in indoor environments: concentration and chemistry. *Indoor air.* 10: 269-288.

Weschler, C. J. (2006). Ozone's impact on public health: contributors from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry. *Environ Health Prospect.* 114: 1489-1496.

WorksSafeBC (2006). Ozone safe work practices. <http://www.worksafebc.com>

## ANNEXE 1

### A. Recherche documentaire – stratégie de recherche

#### PubMed, EMBASE et EMB Reviews

Recherche effectuée le 21- 26 janvier 2015

Filtre langue: anglais et français

#1 risk OR security OR safety OR safe OR health OR toxicity OR harm OR harmful

#2 "air treatment" OR "airborne particles" OR air

#3 purify OR purified OR purification OR odor OR odour OR indoor

#4 ozone OR "activated oxygen" OR "super oxygen" OR "trivalent oxygen" OR "allotropic oxygen" OR "saturated oxygen" OR "mountain-fresh air" OR "energized oxygen" OR "ozone exposition" OR "ozone exposure"

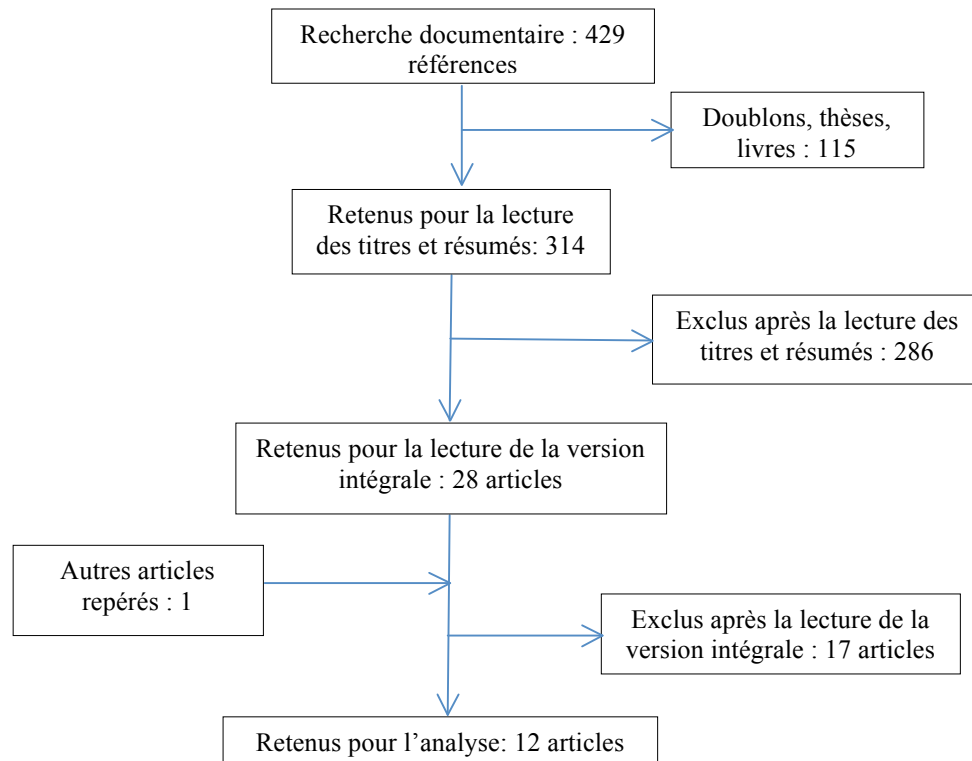
#5 #1 AND #2 AND #3 AND #4

Résultats PubMed: 175 références

Résultats EMBASE : 249 références

Résultats EMB Reviews : 5 références

### B. Diagramme de sélection des articles



## **C. L'activité de repérage d'information scientifique de type littérature grise**

Date de la recherche : 16 janvier – 2 février 2015

Limites : sites en anglais et français

Mots-clés : ozone air odor safety, ozone air odor harmful, ozone air odeur sécurité, ozone air odeur danger

### **Évaluation des technologies en santé :**

- International Network for Agencies for Health Technology Assessment and CRD-HTA database (<http://inahta.org>)
- Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health (<http://cadth.ca>)
- Institute national d'excellence en santé et en services sociaux (<http://www.inesss.qc.ca>)
- National Institute for Health and Care Excellence (<http://www.nice.org.uk>)
- NHS Evidence (<http://www.evidence.nhs.uk>)
- Centre hospitalier de l'Université de Montréal (<http://www.chumontreal.qc.ca>)
- Centre universitaire de santé McGill (<http://www.cusm.ca>)
- Centre hospitalier universitaire Ste-Justine (<http://www.chusj.org>)
- Centre hospitalier universitaire de Québec (<http://www.chuq.qc.ca>)
- Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (<http://www.chus.qc.ca>)
- Institut universitaire de santé mentale de Québec (<http://www.institutmq.qc.ca>)

### **Sociétés, organisations et associations:**

- Organisation mondiale de la Santé (<http://www.who.int/fr/>)
- US Food and drug Administration (<http://www.fda.gov/>)
- Santé Canada (<http://www.hc-sc.gc.ca/index-fra.php>)
- Department of Health, UK (<https://www.gov.uk>)
- Australian Government Department of Health (<http://www.health.gov.au/>)
- Ministère des Affaires sociales, de la Santé et des Droits des femmes (<http://www.sante.gouv.fr/>)

### **Autres**

- Google (<http://www.google.ca>)

