

Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

Gazons synthétiques utilisés dans les installations sportives intérieures de la Ville de Montréal

Évaluation des risques à la santé

GARDER
notre monde
ENSANTÉ

Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

Gazons synthétiques utilisés dans les installations sportives intérieures de la Ville de Montréal

Évaluation des risques toxicologiques

Karine Price, M.Sc., toxicologue

Secteur Environnement urbain et santé

2013

GARDER
notre monde
ENSANTÉ

Une réalisation du secteur Environnement urbain et santé
Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3
Téléphone : 514 528-2400
www.dsp.santemontreal.qc.ca

© Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (2013)
Tous droits réservés

ISBN 978-2-89673-252-4 (version PDF)
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2013

Prix : 8 \$

Mot du directeur

En 2008, la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal a publié un rapport visant à évaluer les risques toxicologiques à la santé associés à la pratique de sport sur des terrains de gazon synthétique extérieurs. Le rapport indiquait que *« les risques à la santé pour les joueurs qui utilisent les gazons synthétiques ne sont pas significatifs et qu'ils peuvent continuer à pratiquer leurs sports sur ce type de terrains extérieurs en toute sécurité »*.

Le présent rapport complète cette information, en traitant des risques à la santé reliés à l'utilisation de gazons synthétiques intérieurs. Une revue de la littérature concernant les substances émanant des gazons synthétiques et leur concentration dans l'air intérieur est présentée, de même que le point de vue de la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal quant aux risques à la santé associés à l'utilisation de ces terrains.

Bonne lecture,

Le directeur de santé publique,



Richard Masse, M.D.

Résumé

Le présent rapport a pour objectif d'évaluer les risques toxicologiques associés à l'utilisation de gazons synthétiques aménagés dans des centres intérieurs. Plusieurs gazons synthétiques sont maintenant aménagés à l'intérieur afin d'offrir la possibilité de pratiquer un sport en toute saison. Le peu d'entretien requis pour ces surfaces permet aussi un nombre plus élevé d'heures d'utilisation. Les composantes des gazons synthétiques peuvent être issues de plusieurs sources, dont les pneus usagés (SBR), ou encore d'éthylène propylène diène monomère (EPDM) ou d'élastomère thermoplastique (ETP). Ces produits peuvent contenir différentes substances, dont certaines sont volatiles et peuvent migrer vers l'air intérieur. Dans le but d'évaluer les risques à la santé reliés à l'utilisation de ce type de surface, une revue de la littérature a été effectuée. Les substances issues des gazons synthétiques ont été identifiées, de même que leur concentration dans l'air intérieur.

Dans un premier temps, un résumé de la teneur en substances chimiques des composantes des gazons synthétiques est présenté, celui-ci étant initialement développé plus en détail dans le rapport de la DSP sur les gazons synthétiques extérieurs. Les teneurs en composés organiques volatils, en composés organiques aromatiques et en hydrocarbures aromatiques polycycliques sont toutes inférieures aux critères génériques du ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) établis dans le cadre de sa *Politique de protection des sols* pour un usage résidentiel.

Relativement aux métaux, certaines études ont démontré, en 2008, une teneur plus élevée en plomb dans des échantillons de composantes des gazons synthétiques. À la suite de ces résultats, d'autres études ont été menées afin de déterminer la teneur en plomb des différentes composantes des gazons synthétiques. Ces études rapportent des niveaux qui sont inférieurs à la norme. De plus, l'analyse des poussières présentes sur les terrains, recueillies à l'aide de lingettes afin de représenter le contact main-bouche d'un enfant, indique que les concentrations sont faibles ou non détectées. Les risques encourus sont donc non significatifs.

Les concentrations dans les matériaux ne représentent toutefois pas celles qui se retrouvent dans l'air des gymnases et auxquelles les sportifs sont exposés. Une revue de la littérature a permis d'identifier plusieurs types de substances volatiles présentes dans l'air intérieur des gymnases avec gazon synthétique, soient :

- les composés organiques volatils totaux (COV totaux), benzène (B), toluène (T), éthylbenzène (E), xylènes (X), styrène (S), alcanes, cétones et composés chlorés;
- les composés organiques semi-volatils (COSV) et
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les concentrations dans l'air de ces substances recensées dans la littérature varient en fonction du gymnase et de son volume, du type de revêtement et de la présence ou non de ventilation.

Les concentrations de COV totaux présentées dans la littérature sont toutes inférieures à celles pouvant occasionner des effets sur la santé. Toutefois, dans certains gymnases peu ventilés, les concentrations pouvaient atteindre des niveaux pour lesquels il était possible que certains usagers perçoivent des odeurs. La ventilation a toutefois permis d'abaisser rapidement les concentrations dans l'air de ces substances. Les niveaux de COV individuels, dont le BTEX et S, sont tous sous les normes de qualité de l'air ambiant du MDDEFP pour l'air extérieur afin de protéger les personnes exposées contre les effets potentiels sur la santé. La présence de deux

COSV a été décelée dans l'air intérieur des gymnases avec gazons synthétiques, soit le benzothiazole (BZT) et l'hydroxytoluène butylé (BHT). Ces deux substances ont été retrouvées à des concentrations plus élevées que dans l'air au-dessus de gazons synthétiques extérieurs et dans l'air ambiant. Toutefois, tel qu'observé avec les COV, l'utilisation de la ventilation a permis d'abaisser d'une façon importante les concentrations.

Certains HAP ont été échantillonnés dans l'air intérieur des gymnases. Les concentrations les plus élevées selon la littérature, échantillonnées en absence de ventilation, sont comparables aux concentrations maximales mesurées à Montréal l'hiver, dans certains quartiers lorsqu'il y a forte utilisation de chauffage au bois.

À la suite de l'analyse sur la teneur en substances volatiles dans l'air intérieur des gymnases et leur comparaison avec les normes en vigueur, un survol des analyses de risques toxicologiques associés aux concentrations retrouvées dans l'air intérieur a été réalisé. Les trois analyses de risques retenues proposent différents scénarios d'exposition, impliquant des joueurs adultes ou enfants et se basent sur les concentrations les plus élevées des substances retrouvées à l'intérieur. Les analyses permettent de conclure qu'il n'y a pas de risques à la santé, à court ou à long terme, associés à l'utilisation de gazons synthétiques à l'intérieur. Toutefois, selon une étude, la présence de COV totaux à des concentrations plus élevées permet aux auteurs de conclure que la qualité de l'air peut être perçue comme étant moins bonne par les usagers, en raison notamment des odeurs de caoutchouc, sans qu'il y ait de risques pour la santé. Les études concluent également que l'utilisation de la ventilation est recommandée, surtout lors de la pose de nouvelles surfaces, puisqu'elle permet d'abaisser les concentrations de substances chimiques pouvant être présentes dans l'air.

La revue de la littérature concernant les concentrations de substances dans l'air intérieur des gymnases avec gazon synthétique, leur comparaison avec les concentrations dans d'autres milieux de vie et les normes de qualité de l'air, ainsi que les analyses de risques toxicologiques associées à ces substances, **la DSP considère que les risques à la santé reliés à l'utilisation de gazons synthétiques aménagés à l'intérieur sont non significatifs pour les usagers.** Bien que les analyses des effets des concentrations de substances dans l'air ne révèlent aucun risque significatif, une **ventilation** adéquate (au moins un changement d'air à l'heure) assurerait un maintien de la qualité de l'air et éviterait que des odeurs ou une nuisance soient perçues par les utilisateurs.

De plus, les gazons synthétiques intérieurs requièrent un entretien périodique afin d'assurer la qualité et l'uniformité du terrain. Dans certains cas, cet entretien pourrait se faire à l'aide de machinerie avec un moteur à l'essence qui peut dégager des substances potentiellement toxiques, tels le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Cet aspect concerne plutôt les travailleurs puisque l'entretien de la surface de jeux ne se fait pas en présence de joueurs ou de spectateurs. Le respect du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) qui exige un changement d'air frais à l'heure permettrait de diminuer les concentrations de ces substances dans l'air lors de l'utilisation de machinerie d'entretien à l'essence à l'intérieur. Cependant, pour plus d'information concernant la santé des travailleurs, il est suggéré de consulter la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) afin de connaître toutes ses exigences concernant l'utilisation des moteurs à combustion à l'intérieur.

Table des matières

MOT DU DIRECTEUR.....	I
RÉSUMÉ.....	III
INTRODUCTION.....	1
DESCRIPTION DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	3
MÉTHODOLOGIE UTILISÉE AFIN D'ÉVALUER LES RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS À L'UTILISATION DES GAZONS SYNTHÉTIQUES INTÉRIEURS	5
RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS AUX GAZONS SYNTHÉTIQUES INTÉRIEURS ET LEUR UTILISATION	5
BREF SURVOL DES CONCENTRATIONS DE SUBSTANCES CHIMIQUES DANS LES MATÉRIAUX DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	5
<i>Teneur en COV</i>	5
<i>Teneur en composés organiques aromatiques</i>	6
<i>Teneur en HAP</i>	6
<i>Teneur en métaux</i>	6
ÉTUDES PORTANT SUR LA MESURE DES CONCENTRATIONS DE SUBSTANCES CHIMIQUES DANS L'AIR DE CENTRES SPORTIFS INTÉRIEURS AVEC GAZONS SYNTHÉTIQUES	8
<i>COV totaux</i>	9
<i>Certains COV individuels</i>	10
<i>Composés organiques semi-volatils (COSV)</i>	14
<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</i>	15
SURVOL DES ANALYSES DES RISQUES TOXICOLOGIQUES ASSOCIÉS AUX TERRAINS SYNTHÉTIQUES INTÉRIEURS DANS LA LITTÉRATURE	17
AUTRES ENJEUX ASSOCIÉS AUX TERRAINS SYNTHÉTIQUES INTÉRIEURS	18
CONCLUSION	21
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

Liste des tableaux et des figures

TABLEAU 1. CONCENTRATION DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV) DANS LES MATÉRIAUX DE TERRAINS DE SPORTS AVEC GAZON SYNTHÉTIQUE (DSP, 2008).....	7
TABLEAU 2. CONCENTRATION DE PLOMB DANS LES COMPOSANTES DES GAZONS SYNTHÉTIQUES.....	8
TABLEAU 3. CONCENTRATION DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS ÉCHANTILLONNÉS DANS L'AIR AU-DESSUS DE TERRAINS DE SPORTS AVEC GAZON SYNTHÉTIQUE.....	12
TABLEAU 4. CONCENTRATION DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (SUITE) ÉCHANTILLONNÉS DANS L'AIR AU-DESSUS DE TERRAINS DE SPORTS AVEC GAZON SYNTHÉTIQUE (ALCANES, CÉTONES ET COMPOSÉS ORGANIQUES CHLORÉS).....	13
TABLEAU 5. CONCENTRATION DES COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS ÉCHANTILLONNÉS DANS L'AIR AU-DESSUS DE TERRAINS DE SPORTS AVEC GAZON SYNTHÉTIQUE.....	15
TABLEAU 6. CONCENTRATION DE HAP ÉCHANTILLONNÉS DANS L'AIR AU-DESSUS DE TERRAINS DE SPORT AVEC GAZON SYNTHÉTIQUE	16

Abréviations et unités

Abréviations

ACE	: acénaphène
ACEL	: acénaphylène
ANT	: anthracène
BaA	: benzo(a)anthracène
BaP	: benzo(a)pyrène
BbF	: benzo(b)fluoranthène
BghiP	: benzo(g,h,i)pérylène
BkF	: benzo(k)fluoranthène
BTEX	: benzène, toluène, éthylbenzène et xylène
CEC	: <i>Commission of European Communities</i>
COsV	: composé organique semi-volatile
COV	: composé organique volatil
COV totaux	: composés organiques volatils totaux
CSST	: Commission de la santé et de la sécurité du travail
DSP	: Direction de santé publique de l'Agence de santé et des services sociaux de Montréal
EPDM	: <i>éthylène propylène diène monomère</i>
EPDMn	: <i>éthylène propylène diène monomère neuf</i>
EPDMr	: <i>éthylène propylène diène monomère recyclé</i>
ETP	: élastomère thermoplastique
FL	: fluorène
FLUO	: fluoranthène
HAP	: hydrocarbure aromatique polycyclique
INERIS	: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MEK	: méthyléthylcétone
MDDEFP	: ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
MIBK	: méthyl isobutyl cétone
MSSS	: ministère de la Santé et des Services Sociaux
NA	: naphthalène
NIPHRH	: <i>Norwegian Institute of Public Health and Radium Hospital</i>
OEHHA	: <i>Office of Environmental Health Hazard Assessment</i>
PHE	: phénanthrène
PR	: plastique recyclé
RfC	: concentration de référence
RSST	: Règlement sur la santé et la sécurité du travail
SBR	: <i>styrene butadiene rubber</i>
SBRn	: <i>styrene butadiene rubber neuf</i>
SBRr	: <i>styrene butadiene rubber recyclé</i>
USEPA	: <i>United States Environmental Protection Agency</i>

Unités

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube
Σ	: la somme (résultat de l'addition)
ng/m^3	: nanogramme par mètre cube
95 ^e perc.	: 95 ^e percentile
mg/m^3	: milligramme par mètre cube
pcm/pi^2	: pied cube par minute par pied carré
vol/h	: volume par heure

Introduction

Les gazons synthétiques sont de plus en plus présents dans les parcs extérieurs et dans les gymnases pour la pratique de différents sports, tel le soccer. Ce type de surface, comparativement au gazon naturel, requiert peu d'entretien et assure une surface de jeu constante, uniforme et sécuritaire durant plusieurs années. Les heures de jeu sur ce type de terrain peuvent également être plus nombreuses en raison du peu d'usures engendrées par l'utilisation de la surface comparativement au gazon naturel et du peu d'entretien. La pratique du sport est ainsi rendue accessible à plus de joueurs. En 2007, l'agglomération de Montréal ne comptait que six terrains intérieurs, regroupés dans une installation (Ville de Montréal, 2007). Toutefois, depuis 2007, plusieurs projets de développement d'installation intérieur ont pris place dans les différents arrondissements (ex. : St-Léonard, Ahuntsic, Montréal-Nord, Ville-Marie). Le développement d'un nouveau complexe municipal de soccer est également projeté dans l'arrondissement Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension (OCPM, 2012).

Ce type de surface est composé de matériaux neufs ou recyclés, dont les propriétés toxicologiques ont été évaluées dans plusieurs études afin de s'assurer qu'aucun risque à la santé n'est encouru par les usagers. Dans un rapport produit par la DSP de Montréal (*Gazons synthétiques utilisés pour les sports extérieurs à la Ville de Montréal – revue de la littérature et évaluation des risques toxicologiques, 2008*), les risques à la santé reliés à l'utilisation de gazons synthétiques **extérieurs** ont été présentés. Ce rapport concluait que « *les risques à la santé pour les joueurs qui utilisent les gazons synthétiques **ne sont pas significatifs** et qu'ils peuvent continuer à pratiquer leurs sports sur ce type de terrains extérieurs en toute sécurité* ».

Toutefois, depuis quelques années, la Ville de Montréal est sollicitée afin de réaliser des projets d'aménagement de terrains de sports avec gazons synthétiques dans des centres sportifs intérieurs. La Ville de Montréal a donc demandé un avis à la DSP de Montréal afin de connaître s'il y a des risques à la santé engendrés par les gazons synthétiques intérieurs. Le présent avis vient donc compléter le rapport initial de la DSP de Montréal concernant les terrains extérieurs en traitant des risques à la santé reliés à l'utilisation de terrains synthétiques **intérieurs** en présentant les conclusions des études les plus récentes.

Description des gazons synthétiques

Depuis la première installation d'un gazon synthétique en 1966, la structure et les produits entrant dans la fabrication des terrains synthétiques ont grandement évolué. Ces derniers sont maintenant composés d'une trame de fond en polyester ou polypropylène, ou en matière textile recyclable. Les fibres de gazon sont tissées sur cette trame et sont maintenues en place suivant l'ajout d'une fine couche de sable. S'y rajoutent des granulats dont la composition peut varier. Ils peuvent se composer d'un copolymère de butadiène/styrène, recyclé ou neuf en provenance de pneus (SBRr ou SBRn), de l'éthylène propylène diène monomère recyclé ou neuf (EPDMr ou EPDMn), de l'élastomère thermoplastique (ETP) ou de plastique recyclé (PR). La formation de granulats recyclés à partir des pneus implique le déchiquetage et le broyage mécanique de granules à température ambiante ou le broyage de granules gelées afin d'obtenir une forme mieux définie (SBR cryogénique). Certains granulats peuvent également être colorés afin d'offrir une augmentation de l'albédo du matériau (capacité de réfléchir l'énergie solaire) et ainsi réduire la température de surface du terrain lorsqu'il est exposé au soleil.

Méthodologie utilisée afin d'évaluer les risques à la santé associés à l'utilisation des gazons synthétiques intérieurs

En premier lieu, les concentrations de substances chimiques dans les matériaux des terrains synthétiques sont présentées. En effet, les mêmes produits composent les terrains intérieurs et extérieurs. Conséquemment, les concentrations de substances émises par les deux types de terrains sont les mêmes. Des différences de concentrations dans l'air au-dessus des terrains intérieurs et extérieurs pourront toutefois être mesurées. En effet, les terrains extérieurs bénéficient du vent et de l'air ambiant afin de disperser les substances volatiles qui pourraient être présentes à la surface du terrain. Les terrains intérieurs ne possèdent évidemment pas ces caractéristiques. Dans ce cas, la dispersion des substances dans l'air sera influencée par la ventilation et le volume d'air du gymnase. Un bref survol des conclusions du rapport de la DSP sur la composition des matériaux des gazons synthétiques extérieurs est présenté ci-après.

Les concentrations dans les matériaux ne représentent toutefois pas celles qui se retrouvent dans l'air des gymnases et auxquelles les sportifs sont exposés. Ainsi, selon une revue de la littérature, les produits chimiques suivants ont été identifiés dans l'air intérieur des gymnases et sont présentés dans les tableaux 3 à 6 :

- Composés organiques volatils (COV), benzène (B), Toluène (T), ethylbenzène (E), xylènes (X), Styrene (S), alcanes, cétones et composés chlorés (Tableaux 3 et 4);
- Composés organiques semi-volatils (COSV) (Tableau 5);
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (Tableau 6).

En deuxième lieu, les mesures des substances rapportées dans les études sur les terrains synthétiques intérieurs ont été comparées à des normes de qualité de l'air des organismes réglementaires. De plus, à titre de comparaison, des concentrations normalement mesurées dans différents milieux (maisons, bureaux, écoles, air extérieur) sont également présentées. Une revue des analyses de risques toxicologiques qui évaluent différents scénarios d'utilisation des gazons synthétiques intérieurs a été effectuée afin d'évaluer les risques à la santé reliés à la pratique de sport sur des terrains de gazon synthétique intérieurs.

Risques à la santé associés aux gazons synthétiques intérieurs et leur utilisation

Bref survol des concentrations de substances chimiques dans les matériaux des gazons synthétiques

Teneur en COV

Les COV sont une famille de substances chimiques volatiles dont certaines composantes peuvent être omniprésentes dans notre environnement. Certains COV peuvent être émis par des meubles ou des recouvrements de planchers. D'autres sont présents dans les émanations d'essence, de peinture, de colle ou de solvants, ou encore dans la fumée de tabac.

Les COV totaux émis par des parcelles de terrain dans une chambre d'émission ont été mesurés par Moretto et coll., 2007. Il a noté une diminution des concentrations émises par les matériaux après 28 jours dans la chambre d'émission. En effet, pour les gazons avec granulats de pneus, il a observé une diminution de 8 fois par rapport aux valeurs initiales. Après 28 jours,

le gazon avec granulats EPDM avait une concentration émise de 490 µg/m³, le gazon avec granulats SBRr, de 134 µg/m³, le gazon avec granulats ETP, de 118 µg/m³ et finalement, le gazon sans granulats avait une valeur plus faible, de 8,3 µg/m³. Cependant, ces valeurs ne représentent pas l'exposition des joueurs. Pour ce faire, il est nécessaire de tenir compte de la surface du terrain, du volume du gymnase et du taux de ventilation. Une évaluation du risque toxicologique a été réalisée par l'INERIS pour un terrain intérieur en considérant l'influence de ces facteurs. Cette étude est présentée dans la dernière section du présent rapport, traitant des analyses de risques (INERIS, 2007).

Teneur en composés organiques aromatiques

D'après les données recueillies dans le rapport de la DSP de Montréal en 2008, les concentrations de certains composés organiques aromatiques dans les matériaux (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, styrène) sont sous les valeurs des critères pour les sols du MDDEFP pour un usage résidentiel (Tableau 1).

Teneur en HAP

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont une famille de substances issues de la combustion de matière organique. On les retrouve dans l'air ambiant, dans la fumée de feu de bois, mais aussi dans la nourriture telle la viande grillée au barbecue.

La somme des 16 HAP jugés prioritaires par le USEPA et mesurés dans les matériaux des gazons synthétiques est inférieure aux critères pour les sols du MDDEFP pour un usage résidentiel (20 à 76 mg/kg, comparativement à 78 mg/kg) (DSP, 2008).

Teneur en métaux

D'après les études ayant mesuré la teneur en métaux des gazons synthétiques, les fibres en nylon des gazons de première génération, employés dans les années 70 et 80, renfermaient des concentrations plus importantes de plomb que les fibres des gazons de 2^e ou 3^e génération, utilisés aujourd'hui, dont les concentrations sont très faibles ou non-détectées (Bresnitz, 2008; NJDHSS, 2008). Dans les eaux de ruissellement, le zinc était présent à des concentrations plus importantes. Toutefois, aux concentrations mesurées, le zinc ne représente pas de risques pour la santé humaine.

En ce qui a trait au plomb, certaines études menées par le New Jersey Department of Health and Social Services (NJDHSS) ont révélé des concentrations plus grandes dans les poussières d'un échantillon en provenance d'un terrain de gazon synthétique de première génération installé à la fin des années 90 composé de fibres de nylon (valeur de 3742 mg/kg; Bresnitz, 2008). Toutefois, ce terrain sportif était adjacent à un site industriel et à une cour de ferraille ; de plus, la contribution des émissions environnementales aux résultats n'a pas été évaluée.

Suivant ces résultats, le United States Consumer Product Safety Commission (USCPSC) a été mandaté afin d'investiguer le contenu en plomb des gazons synthétiques et le potentiel d'exposition pour les utilisateurs, dont les jeunes enfants. Des lingettes ont été utilisées afin de recueillir les poussières pouvant contenir du plomb sur les fibres de 14 terrains de gazon synthétique. Cette méthodologie a été utilisée afin de représenter l'exposition maximale par contact main-bouche par un enfant. **Les résultats indiquent que les concentrations sont faibles ou non détectées (Tableau 2).** Les concentrations de plomb recueillies ne représenteraient pas de risque pour la santé des enfants. En effet, suivant une exposition aux

concentrations mesurées, les estimations des niveaux de plomb dans le sang seraient sous les limites réglementaires (USCPSC, 2008).

D'autres études récentes obtiennent également des résultats semblables. Pour sa part, le City of New York Parks and Recreation a échantillonné, en 2009, 112 terrains de gazon synthétique de différentes générations dont les résultats indiquent une concentration inférieure à la valeur limite américaine pour le sol résidentiel (400 mg/kg) et dont 108 des 112 terrains ont des valeurs inférieures à 100 mg/kg (NYCP, 2009).

D'après l'étude du USEPA en 2009 qui a échantillonné six terrains, les valeurs de plomb dans les fibres varient de 1,97 à 77,1 mg/kg. Un échantillon (fibres rouges) avait une valeur de 389 mg/kg, tandis qu'un échantillon comprenant des fibres de nylon avait une valeur de 701 mg/kg. Plus récemment, l'étude de Simcox et coll., 2011, démontre également des niveaux de plomb inférieurs aux normes dans les composantes des terrains synthétiques de nouvelle génération, installés en 2007-2009. La plupart des études citées dans le Tableau 2 utilisent une méthodologie similaire afin d'évaluer la teneur totale en plomb de la fibre ou du granulat, soit celle développée par le USEPA.

Selon l'analyse de concentrations de plomb contenues dans les composantes des gazons synthétiques, il est possible de conclure que les risques encourus sont non significatifs.

Tableau 1. Concentration des composés organiques volatils (COV) dans les matériaux de terrains de sports avec gazon synthétique (DSP, 2008)

CONCENTRATION DANS LES MATÉRIAUX (mg/kg)	BENZÈNE	TOLUÈNE	ÉTHYLBENZÈNE	XYLÈNE	STYRÈNE	AUTEURS
Granulats SBRr (70% camion, 30%auto)	0.01	0.06		0.04	0.02	IBV, 2007
Granulats SBRr		0.02	0.3	0.1		RAMP, 2007
Valeur-limite usage résidentiel des sols	0.5	3	5	5	5	MDDEP, 1998
Valeur-limite usage commercial/industriel des sols	5	30	50	50	50	MDDEP, 1998

Tableau 2. Concentration de plomb dans les composantes des gazons synthétiques.

CONCENTRATION DANS LES MATÉRIAUX (mg/kg)	Année d'installation	Pb (ug/g)	Auteurs
Fibres nylon	1999	3400 à 4100 ¹	Bresnitz, 2008 et NJDHSS, 2008
Fibres PE /nylon	2005	700 ²	USEPA, 2009; 1 échantillon
Fibres PE rouge	2006	389	USEPA, 2009, 1 échantillon
Fibres PE	2003-2006	1,97 à 77,1	USEPA, 2009; 5 terrains, 13 échantillons
Fibres PE	2007-2009	<59,0 à <76,5	Simcox et coll., 2011
Fibres PE	nd	< 2	Plesser et Lund, 2004
Fibres PE ou polypropylène (PP)	nd	< 2	Plesser et Lund, 2004
Fibres PE ou PP	nd	faible	Bresnitz, 2008
Granulats SBRr	1999-2008	nd à 240 ³	NYCP, 2008; 112 terrains
Granulats SBRr	2007-2009	<68,9 à <78,7; 271 (1 terrain)	Simcox et coll., 2011
Granulats SBRr	2008	6 à 83	Mondo, 2008
Granulats SBRr	2003-2006	11 à 61	EPA, 2009; 5 terrains, 9 échantillons
Granulats SBRr ⁴	2004	15 à 20	Plesser et Lund, 2004
Granulats SBRr (camion/auto)	nd	18	IBV, 2007
Granulats SBRr	nd	<10	Edeskar, 2004 cité par Keml, 2006
Granulats EPDM	2004	8	Plesser et Lund, 2004
Granulats 50%SBRr/50%EPDM	nd	1	Stockholm City 2004 cité par Keml, 2006
Granulats PR	2008	0,7	Mondo, 2008
Granulats EPDMr	2008	<0,4	Mondo, 2008
CONCENTRATION OBTENUE PAR ESSUYAGE (µg)			
Fibres PE	2004-2008	ND-2,4 µg; max. 98,7 µg ⁵	USCPSC 2008; 14 terrains, 29 échantillons
Peintures (avant 2005)		5 000	Santé Canada, 2004
Valeur-limite sols commercial/industriel		1 000	MDDEP, 1998
Valeur-limite sols résidentiel		500	MDDEP, 1998
Peintures/revêtements pour jouets		90	Gouvernement du Canada, 2012
Critère A (bruit de fond)		50	MDDEP, 1998
Niveau limite d'ingestion suggéré par le USCPSC		15 µg/jour⁶	USCPSC 2008

¹ La poussière des tapis synthétiques et des fibres synthétiques étaient de 3742 mg/kg. Il s'agit d'un parc situé près d'une cour de ferraille au New Jersey

² Des fibres de nylon en provenance d'une région nouvellement réparée du terrain ont été incorporées dans l'échantillon

³ 108 des 112 terrains ont des concentrations inférieures à 100 mg/kg

⁴ La première valeur correspond aux particules grossières (Ø=2-4 mm) et la deuxième aux fines particules.

⁵ Terrain de 1999, enlevé depuis. Valeur de 14,3 ug pour un terrain installé en 2000.

⁶ Niveau suggéré par le CPSC afin de respecter le niveau sanguin réglementaire

Études portant sur la mesure des concentrations de substances chimiques dans l'air de centres sportifs intérieurs avec gazons synthétiques

Les études portant sur les terrains synthétiques intérieurs sont peu nombreuses. En fait, seulement deux ont été recensées dans la littérature, soit celle du *Norwegian Pollution Control Authority (NILU)* publiée en 2006 mesurant les concentrations dans trois gymnases norvégiens avec gazon synthétique (NILU, 2006) et l'étude du *Connecticut Department of Public Health* (Simcox et coll., 2011) décrivant les concentrations d'un gymnase avec gazon synthétique. Ces études rapportent les concentrations de COV, COSV et HAP présentes dans l'air à la surface des terrains intérieurs. Dans l'étude du NILU, 2006, la qualité de l'air intérieure a été évaluée dans trois gymnases norvégiens. Dans l'étude de Simcox et coll., 2011, plusieurs types d'échantillons ont été prélevés, soit des échantillons stationnaires situés à six pouces ou à trois pieds de la surface du terrain ainsi que des échantillons provenant de moniteurs personnels portés à la taille par des joueurs de soccer lors d'une partie dans le gymnase.

Le fonctionnement de la ventilation avant et lors de la période d'échantillonnage a vraisemblablement pu influencer les concentrations de substances chimiques présentes dans l'air. De plus, le volume du gymnase est un facteur non négligeable qui peut influencer la concentration de substances échantillonnées dans l'air. Lorsque disponible, l'information sur l'état de la ventilation est indiquée dans les tableaux 3 à 6. Dans l'étude de Simcox et coll., 2011, la ventilation n'était pas fonctionnelle lors de la période d'échantillonnage. Dans l'étude du NILU, 2006, la ventilation était variable selon le gymnase échantillonné. Les méthodes d'échantillonnage (instruments de mesure, durée et période de l'année lors de l'échantillonnage) diffèrent entre l'étude du NILU, 2006 et l'étude de Simcox et coll., 2011. De plus, les différentes substances captées par l'échantillonnage et comprises dans le calcul des COV totaux peuvent également différer selon les terrains.

Les concentrations intérieures ont également été comparées à des mesures prises sur des terrains synthétiques extérieurs et sur un terrain de gazon naturel extérieur. Des comparaisons ont également été faites avec les concentrations présentes dans d'autres milieux (maisons, bureaux, écoles, air ambiant) ainsi qu'avec les normes de qualité de l'air pour les différentes substances.

Concentrations de COV totaux, de certains COV individuels (BTEX, S, alcanes, cétones, composés chlorés), COSV et de HAP dans l'air des gymnases

COV totaux

D'après l'étude de Simcox et coll., 2011, on remarque que les valeurs de COV totaux ayant été mesurées à partir d'échantillons stationnaires varient entre $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 3). La ventilation ne fonctionnait pas lors de la période d'échantillonnage.

Suite à l'échantillonnage à l'aide d'un moniteur personnel, la valeur est de $424 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En effet, les auteurs signalent qu'il est possible que ces différences soient attribuables à une contamination issue de l'équipement d'échantillonnage (courroie de retenue, etc.) ou des personnes portant l'équipement. En effet, tant au niveau des COV totaux que pour les COV individuels, les auteurs ont noté que des valeurs très différentes ont été recueillies en provenance du même terrain lorsque différentes personnes portaient l'équipement d'échantillonnage. Dans le Tableau 3, les valeurs de COV totaux et de COV individuels recueillis à l'aide d'un moniteur personnel dans l'étude de Simcox et coll., 2011 sont donc

présentées qu'à titre indicatif afin d'avoir un aperçu des concentrations de ces substances qui peuvent être présentes à même les individus.

Dans l'étude du NILU, 2006, l'air intérieur de trois gymnases avec terrains synthétiques a été évalué. Pour le premier terrain avec gazon synthétique SBR, les valeurs de COV totaux dans le gymnase ont atteint $715 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette concentration a diminué à $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lors de l'échantillonnage suivant. La valeur du premier échantillon est plus élevée, car elle a été mesurée en fin de journée, sans ventilation préalable. La ventilation n'a été ouverte que 30 minutes après le début de l'échantillonnage, d'une durée totale de 1 h 30. Lors de la prise du deuxième échantillon, la ventilation était fonctionnelle. Dans le hall d'entrée du gymnase, les valeurs de COV totaux étaient de $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'échantillonnage d'un second gymnase avec gazon synthétique SBR installé depuis 2 mois a révélé des concentrations de 234 et $290 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les portes de garage du gymnase ont été ouvertes brièvement à deux reprises au début de la prise de l'échantillon afin de permettre la sortie de deux véhicules. Pour sa part, l'échantillonnage d'un troisième terrain avec granulats ETP indique des concentrations plus faibles de COV totaux, soit de 136 et $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aucune norme pour les COV totaux dans l'air intérieur n'est disponible au Canada, mais la concentration cible suggérée est de $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et la limite d'intervention est fixée à $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Santé Canada, 2007). D'après Santé Canada, lorsque les concentrations de COV totaux atteignent entre 0,3 et $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (300 à $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), il peut y avoir perception d'odeurs et présence d'inconfort et d'irritation. Au-delà de $25 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($25\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), il se produit un inconfort ainsi qu'une irritation respiratoire. **D'après les concentrations mesurées dans les gymnases avec gazon synthétique, les niveaux de COV totaux sont sous les niveaux pouvant occasionner des effets sur la santé.** Cependant, en fonction du gymnase et de l'état de la ventilation, des odeurs pourraient être perçues.

À titre de référence, si l'on compare les données de COV totaux dans l'air intérieur des gymnases avec les plus récentes données obtenues sur des terrains extérieurs (Simcox et coll., 2011), on observe que les données intérieures sont supérieures aux données extérieures échantillonnées à l'aide de moniteurs stationnaires. Toutefois, elles sont inférieures aux concentrations dans certains milieux intérieurs (maisons, bureaux ou écoles).

Certains COV individuels

a. Composés aromatiques (BTEX, S)

Les études de Simcox et coll., 2011 et du NILU, 2006 rapportent également des concentrations de certains COV individuels, soient le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le xylène et le styrène (BTEX et S) (Tableau 3). Tel que pour les COV totaux, la concentration de BTEX et S dans l'étude du NILU, 2006 était plus élevée lorsque la ventilation n'était pas en marche et montrait une diminution avec l'ouverture de la ventilation.

Dans l'air des gymnases, les valeurs de benzène oscillent entre 1,7 et $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans la littérature, on rapporte des valeurs dans des résidences qui s'échelonnent entre 0,6 et $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Holcomb et Seabrook, 1995). De plus, une exposition de $3,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été obtenue suivant le port d'un moniteur personnel dans le cadre de l'étude du *National Health and Nutrition Survey (NHANES) 1999-2001 Volatile Organic Compound Study* du CDC aux États-Unis (Symanski et coll., 2009). Toutefois, cette donnée reflète une exposition de plusieurs sources et dans les

différents milieux qu'un individu peut fréquenter dans une journée. Dans les études, on souligne que l'exposition aux COV peut être très variable et se faire via plusieurs sources. En effet, la fumée de tabac ainsi que les vapeurs d'essence, en provenance, par exemple d'un garage attaché à la maison, peuvent être des sources d'exposition aux COV (Symanski et coll., 2009).

Pour le toluène, les valeurs dans les gymnases varient entre 2,8 et 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cette dernière valeur ayant été prise avec peu de ventilation préalable. Dans la littérature, les valeurs dans des résidences oscillent entre 1,2 et 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Holcomb et Seabrook, 1995).

Les valeurs d'éthylbenzène varient entre 1,0 et 6,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air des gymnases, cette dernière valeur ayant été prise sans ventilation préalable. Elles sont de 3,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans des maisons (Sexton et coll., 2004).

Pour les xylènes, les valeurs de 2,2 à 25,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont inférieures aux valeurs dans des résidences (14,5 à 36,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Sexton et coll., 2004).

Les concentrations de styrène dans l'air intérieur du gymnase (3,0 à 6,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont dans le même ordre que celles retrouvées dans certaines maisons (2,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 8,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Payne-Sturges et coll., 2004).

On observe donc que les valeurs de BTEX et S échantillonnées à l'intérieur sont supérieures aux concentrations extérieures, dans l'air ambiant ou au-dessus de terrains synthétiques extérieurs. Toutefois, les concentrations des gymnases intérieurs sont dans le même ordre que celles dans d'autres milieux intérieurs, telles les résidences. **Dans tous les cas, ces valeurs sont sous les normes de qualité de l'air ambiant du MDDEFP pour prévenir les effets sur la santé.**

b. Alcanes, cétones, composés organiques chlorés

Pour ces substances, les concentrations retrouvées dans l'air intérieur des gymnases avec gazon synthétique sont inférieures aux concentrations retrouvées dans des maisons (Tableau 4). Les concentrations de dichlorométhane (1,1 à 1,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont inférieures aux concentrations échantillonnées dans des maisons canadiennes (16,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Environnement Canada, 2007). Les concentrations de chlorométhane (1,17 à 1,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont également inférieures aux concentrations intérieures (1,3 à 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Environnement Canada, 2009). Les concentrations de méthyl ethyl cétone (MEK) sont inférieures aux concentrations mesurées dans des résidences (2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comparativement à 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Simcox et coll., 2011; Chan et coll., 1990). Les concentrations de méthyl isobutyl cétone (MIBK) en provenance des gymnases (<1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 35,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont également inférieures à certaines concentrations intérieures (97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (NILU, 2006; Simcox et coll., 2011; Fan et coll., 2003). Ces concentrations sont inférieures aux valeurs limites pour une exposition à long terme selon le USEPA afin de prévenir les effets sur la santé. **Dans tous les cas, ces valeurs sont sous les normes de qualité de l'air ambiant du MDDEFP pour prévenir les effets sur la santé.**

Tableau 3. Concentration des composés organiques volatils échantillonnées dans l'air au-dessus de terrains de sports avec gazon synthétique

CONCENTRATION DANS L'AIR INTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	COVtotaux	BENZÈNE	TOLUÈNE	ÉTHYLBENZÈNE	XYLÈNE	STYRÈNE	Commentaire	AUTEURS
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans (moniteur stationnaire à 6" ou 3')	72-79		2,78-2,82	1,00-1,04	2,17		Pas de ventilation	Simcox et coll., 2011
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans (moniteur personnel) ¹	293; 424	1,15; 1,18	127,8; 135,4	4,77; 4,77	11,7; 12,13	1,45; 3,53		
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 1 an)	Air au-dessus du terrain ²	715 ^a ; 234 ^b	1,7 ^b	85 ^a ; 51,2 ^b	6,7 ^a ; 4,1 ^b	25,5 ^a ; 14,4 ^b	Ventilation en marche 2/3 de l'échantillonnage ²	NILU, 2006
	Dans le hall d'entrée du gymnase	151		39,4	4,2	17,4		
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 2 mois)	234; 290	2,1; 2,4	15,0; 15,3	3,0; 3,3	9,2; 9,6	3,2	Brève ouverture des portes de garage	
Gazon avec granulats ETP	136-161		17-19	2	6,8; 8,6			
Concentrations dans des maisons		0,6-32	1,2-96		0,7-37			Holcomb et Seabrook, 1995
Concentrations dans des maisons (moyenne)		0,2 à 32,3 (2,7)	0,8 à 314,8 (23,5)	(6,5)		<LD à 129 (0,28)		Héroux et coll., 2010; IARC monographs
Concentrations dans des maisons, bureaux, écoles	500-1 000							WHO, 1997
Concentration dans des maisons; médiane (95^e perc.)		5,8 (15,3)	22,4 (53,8)	3,9 (8,9)	14,5 (36,9)	2,72 (8,96)		Sexton et coll., 2004; Payne-Sturges et coll. 2004
Concentration suivant le port d'un moniteur personnel; moyenne (95^e perc.)		3,2 (18,1)	17,5 (96,6)	2,9 (25,4)	7,3 (76,3)			Symanski et coll., 2009
Norme C.E.C. pour les milieux non occupationnels	<200; 200-3000; 3000-25000³							Commission of European Communities (C.E.C) cité par Nguyen et coll., 2007
CONCENTRATIONS DANS L'AIR EXTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans; (moniteur stationnaire à 6" ou 3')	12 à 19	ND	ND-1,13	ND	ND	ND		Simcox et coll., 2011;
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans (moniteur personnel) ¹	29 à 240,5 ⁴	<0,32 à 1,56 ⁵	1,39 à 52,66 ⁵	<0,43 à 4,29 ⁴	<0,87 à 10,83 ⁴	<0,43 à 1,96 ⁴		
Concentrations bruit de fond (moniteur stationnaire à 3')	13-29	ND-0,92	ND-4,78	ND-1,21	ND-1,78	ND-0,94		
Concentration sur gazon naturel (moniteur personnel; max) ¹	173	1,3	39,12	2,14	4,64	2,51		
Concentration annuelle moyenne dans l'air extérieur à Montréal (24h)		0,58-1,44	2,35-3,99	0,29-0,48	1,09-2,8	<LD-0,129		Ville de Montréal, 2011
Valeur-limite pour l'air extérieur		10 (24h)	600 (4 min)	740 (4 min) 200 (1 an)	350 (4 min) 20 (1an)	150 (1 hr)		MDDEFP, RAA 2012

¹Une contamination en provenance des personnes et de l'équipement de mesure a été notée par l'auteur. Les données ne sont présentées qu'à titre indicatif.

²Données de 2 échantillons d'une durée de 1h30. ^aLa première valeur a été prise en fin de journée et sans ventilation préalable. Il y a eu ouverture de la ventilation 30 minutes après le début de l'échantillonnage. ^bLa deuxième valeur a été prise avec ventilation.

³Zone de confort: <200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; zone d'inconfort possible: 200 à 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; zone d'inconfort: 3000 à 25000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; zone toxique: >25000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (santé canada 2007 au : www.hc-sc.gc.ca/ewh-sem/pubs/air/office_buildings-immeubles_bureaux/organic_organiques-fra.php)

⁴La mesure maximale et minimale a été recueillie sur le même terrain (3 terrains au total, 6 mesures)

⁵Mesure de 1,54 et 52,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le même terrain, mais avec une personne différente portant l'appareil personnel d'échantillonnage

Tableau 4. Concentration des composés organiques volatils (Suite) échantillonnées dans l'air au-dessus de terrains de sports avec gazon synthétique (alcane, cétones et composés organiques chlorés)

CONCENTRATION DANS L'AIR INTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Méthylène chloride (DCM)	Chloro méthane	acétone	MEK	MIBK	Cyclo hexane	Heptane	Hexane	Commentaire	Auteurs
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 1 an)	Air au-dessus du terrain ¹			15,3 ^a ; 9,3 ^b		12,7 ^a ; 3,2 ^b				Ventilation en marche 2/3 des mesures	NILU, 2006
	Dans le hall d'entrée du gymnase			6,5		2,0					
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 2 mois)				9,5; 9,5		11,3 – 12,7		0,8			
Gazon avec granulats ETP				8,6; 8,9		<1	2,9				
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans (moniteur stationnaire à 6" ou 3')		1,1; 1,17	1,17-1,23	12; 17	2; 2,1	35,9				Pas de ventilation	Simcox 2011
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans (moniteur personnel)	9,96;10,3	1,45;1,57	<1,2; 92,5 ²	44,2; 44,2	22,1; 20,4	7,21;10,3	7,36;10,2	10,9;11,3			
Concentration dans des maisons		16,3*	1,3-4,5**	32-70	17,8	97			0,15-8,2**		Chan et coll. 1990; Fan et al., 2003; *EC 2007;**EC, 2009
CONCENTRATION DANS L'AIR EXTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans; (moniteur stationnaire à 6" ou 3')		ND	1,0-1,45	3,65-12,33	1,1-1,4	<2,04	ND-1,51	ND	ND-0,87	Simcox, 2011	
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans (moniteur personnel)	<0,34-14,1	0,98-1,7	13,8-52,2	<0,23-2,94	2,3-3,4	0,86-17,5	<0,41-5,72	<0,35-31,3			
Concentrations bruit de fond (moniteur stationnaire à 3')	ND-1,24	ND-1,33	4,0 -12,6	1,1 - 1,8	ND	ND	ND-0,53	ND-9,4			
Concentration sur gazon naturel (moniteur personnel; max)	ND	1,23	40,3	7,8	ND	4,81	2,13	6,96			
Concentration annuelle moyenne dans l'air extérieur à Montréal (24h)		0,45-0,85	1,15-1,21	1,97-3,31	0,23-0,30	0,30-0,48	0,11-0,25	0,28-0,62	0,38-0,76		Ville de Montréal 2011
Valeur-limite pour l'air extérieur	14000 (1hr) 2 (1 an)		8600 (4mn) 380 (1 an)	740 (4 min)	400 (4 min)			5300 (4 min) 140 (1 an)		MDDEFP, RAA 2012	
Valeur-limite selon le U.S.EPA (RfC)	600	90		5000	3 000	6000		700		U.S.EPA, 2003	

¹Données de 2 échantillons d'une durée de 1h30. La première valeur a été prise en fin de journée et sans ventilation préalable. ^aIl y a eu ouverture de la ventilation 30 minutes après le début de l'échantillonnage. ^bLa deuxième valeur a été prise avec ventilation.

²Ces données proviennent du même terrain, mais avec une personne différente portant l'appareil personnel d'échantillonnage

Composés organiques semi-volatils (COSV)

La présence de deux COSV a été plus fréquemment décelée dans l'air intérieur des gymnases avec des terrains synthétiques, soit le benzothiazole (BZT) et l'hydroxytoluène butylé (BHT) dans les études de Simcox et coll., 2011 et du NILU, 2006. Le BZT est utilisé lors de la production de caoutchouc et entre dans la composition de divers produits pharmaceutiques et est également un additif alimentaire. L'exposition au BZT peut se faire via l'ingestion de produits de consommation, l'inhalation de fumée de tabac ou directement dans l'air ambiant en raison de l'usure des pneus sur les routes (Ginsberg et coll., 2011).

Selon Simcox et coll., 2011, la concentration dans l'air d'un gymnase sans ventilation varie de 11 à 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 5). Dans l'étude du NILU, 2006, les concentrations de BZT échantillonnées au-dessus d'un terrain de gazon synthétique intérieur sont de 15,7 et 8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Encore une fois, la mise en marche de la ventilation permet de diminuer les concentrations dans l'air. Une troisième valeur, de 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a été prise dans le hall d'entrée du gymnase. Les valeurs sont plus élevées pour les échantillons recueillis dans des gymnases nouvellement installés (29,1 et 31,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Elles sont plus faibles (3,4 et 3,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans des gymnases avec granulats ETP.

Les concentrations dans l'air intérieur échantillonnées par Simcox et coll. 2011 et du NILU, 2006 sont supérieures aux concentrations au-dessus de terrains synthétiques extérieurs ou dans l'air ambiant. En effet, la concentration de BZT n'atteint que 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air au-dessus des terrains de gazon synthétique extérieurs et 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air ambiant au-dessus d'un terrain de gazon naturel (Simcox et coll., 2011). Une valeur de 6,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a également été observée dans un échantillon d'air au-dessus d'un terrain synthétique extérieur par le *New York State Department of Health*, bien que le BZT n'ait pas été observé dans d'autres échantillons en provenance du même terrain ou d'un autre terrain échantillonné dans la même région (NYSDH, 2009).

Très peu de recherches ont été effectuées afin de déterminer les concentrations de BZT présentes dans l'air ambiant extérieur ou intérieur. L'exposition au BZT se fait généralement via l'alimentation en raison de son utilisation comme agent aromatisant. Dans l'air ambiant, d'autres produits contenant du caoutchouc (endos de tapis, base amortissante pour différents types de plancher) peuvent également contribuer aux concentrations observées (Ginsberg et coll., 2011). Une évaluation de la toxicité du BZT a été proposée par Ginsberg et coll., 2011a. Suivant l'analyse des caractéristiques du BZT et celles du 2-mercaptobenzothiazole, un analogue structural dont les effets sont connus, l'auteur a proposé des valeurs limites afin de protéger contre les effets d'une exposition aiguë ou à long terme au BZT. Ces valeurs ont ensuite été utilisées dans l'analyse de risque toxicologique des gazons synthétiques proposée par l'auteur, qui est présentée plus loin (Ginsberg et coll., 2011).

Tableau 5. Concentration des composés organiques semi-volatils échantillonnés dans l'air au-dessus de terrains de sports avec gazon synthétique

CONCENTRATION DANS L'AIR INTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		BZT	BHT	Auteurs	Commentaire	
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans		11 à 14	1,24 à 3,9	Simcox et coll., 2011	Pas de ventilation	
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 1 an)	Air au-dessus du terrain	15,7; 8,9 ¹		NILU, 2006	Ventilation en marche 2/3 de l'échantillonnage	
	Dans le hall d'entrée du gymnase	4,5				
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 2 mois)		29,1 et 31,7				Brève ouverture des portes de garage au début de l'échantillonnage
Gazon avec granulats ETP		3,4 et 3,9				
CONCENTRATION DANS L'AIR EXTÉRIEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans		<0,08 à 1,2	<0,08 à 0,16	Simcox et coll., 2011		
Concentrations bruit de fond (moniteur stationnaire)		<0,08 à 0,7	<0,07 à 0,15			

BZT : Benzothiazole; BHT: Hydroxytoluène butylé

¹Données de 2 échantillons d'une durée de 1h30. La première valeur a été prise en fin de journée et sans ventilation préalable. Il y a eu ouverture de la ventilation 30 minutes après le début de l'échantillonnage. La deuxième valeur a été prise avec ventilation.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les concentrations de HAP totaux sont de 342 ng/m³ pour l'étude de Simcox et coll., 2011 et de 174 ng/m³ et 364 ng/m³ dans l'étude du NILU, 2006 pour des terrains avec granulats SBR (Tableau 6). Le terrain avec granulats ETP présente des concentrations plus faibles, de 121 ng/m³. Encore une fois, l'état de fonctionnement de la ventilation influencera ces résultats. Les valeurs échantillonnées sans ventilation sont supérieures à la moyenne des valeurs, mais semblables aux concentrations maximales trouvées dans certaines résidences new-yorkaises (Jung et coll., 2010). Les concentrations les plus élevées sont comparables aux concentrations maximales extérieures mesurées à Montréal l'hiver, dans certains quartiers lorsqu'il y a forte utilisation de chauffage au bois (valeurs maximales sur 24 heures entre 105 et 338 ng/m³ pendant les hivers de 1999 à 2002, Carter et coll., 2004).

En plus des études mesurant les concentrations de substances dans l'air, une évaluation de l'exposition a été effectuée par Van Rooij et Jongeneelen, 2010 qui ont décrit l'absorption de HAP par des joueurs de football en analysant la teneur en 1-hydroxypyrene de leur urine après un match sur un terrain synthétique extérieur. Le 1-hydroxypyrene est un marqueur de l'exposition aux HAP. Les auteurs concluent que l'absorption de HAP en provenance des gazons synthétiques est minime et qu'elle se confond aux autres sources de HAP en provenance de la diète ou, plus généralement, de l'environnement.

Tableau 6. Concentration de HAP échantillonnés dans l'air au-dessus de terrains de sport avec gazon synthétique

CONCENTRATION DANS L'AIR INTÉRIEUR (ng/m ³) ¹		Σ HAP	BaA	BaP	BbF	BkF	BghiP	CHRY	DBahA	IND	ACE	ACEL	ANT	FLUO	FL	NA	PHE	PYR	Auteurs	Commentaire
Gazon avec granulats SBRr de 3 ans; moniteur stationnaire,		342								8,9	17,4	6,8		5,6	53,7	113	32,3	11,8	Simcox et coll., 2011	Pas de ventilation
Gazon avec granulats 50%SBR/50%EPDM				0,075															IVL, 2004 cité par Keml, 2006	
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 1 an,)		174	0,7	1,2	2		1		0,1	1	6	32	2	3	10	21	20	4	NILU, 2006	Ventilation en marche 2/3 de l'échantillonnage
Gazon avec granulats SBRr (installé depuis 2 mois)		364	0,4	0,6	1		0,8		0,1	0,7	14	78	1	3	19	56	25	4		Brève ouverture des portes de garage
Gazon avec granulats ETP		121	0,2	0,4	0,8		0,7		0,1	0,4	5	6	1	2	8	11	14	3		
Concentration dans des maisons		10,4-217 ^{2*} (moy. 45,6)	<LD-2,5 ^{**}	0,41-2,2	0,06-2,5		0,78-2,0	0,24-2,0		0,92-2,8			<LD-2,8 ^{**}	0,5-6,7 ^{**}		200-1600 [†]	(Moy. 32,7) [*]	1,6-4,1	*Jung, 2010 **Gustafson, 2008; [†] SC, 2012 OEHHA, 2001	
CONCENTRATION DANS L'AIR EXTÉRIEUR (ng/m ³)																				
Gazon avec granulats SBRr de 2 ans				ND-0,2	ND-0,2	ND-0,08	ND-0,14	ND-0,74	ND	ND-0,05	2,1-3,5	ND-6,6	ND	1,7-6,8	2,2-4,1	6-14,6	5,1-14,3	1-6,9	Simcox et coll., 2011	
Concentration bruit de fond, moniteur stationnaire				ND-0,05	ND-0,07	ND-0,04	ND	ND-0,04	ND-0,03	ND-0,05		ND-0,77	ND-0,02	0,6-4	2,4-3,6	4,5-16,9	6,1-13,1	0,4-3,2		
Gazons avec granulats SBRr (70% camion et 30% automobile)			<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	J.C. Broderick & Al., 2007	
Concentration hivernale, ville de Montréal, 1999 à 2002 ³	Moyenne	30,3 et 74,6																	Carter et coll., 2004	
	Maximum	159 et 338																		
Concentration annuelle Montréal, 2009 ⁴	moyenne	14,3; 25,2	0,15; 0,38	0,17; 0,31	0,57; 0,85	0,15; 0,24	0,22; 0,34	0,28; 0,62	0,04; 0,08	0,21; 0,31	1,61; 1,24	1,47; 0,72	0,34; 0,46	1,49; 2,88	1,63; 2,90	-	4,87; 9,78	1,08; 1,81	RSQA, Ville de Montréal, 2009	
	maximum	-	1,33; 4,16	0,93; 3,31	3,70; 8,19	0,83; 2,20	1,39; 2,58	1,99; 5,92	0,21; 0,65	1,25; 2,53	3,45; 5,48	13,62; 2,92	2,14; 2,16	6,28; 12,91	5,51; 5,96	-	18,17; 19,21	5,12; 9,51		
Valeur-limite pour l'air extérieur				0,9 (1 an)												3000 (1 an)			MDDEFP, RAA 2012	
Valeur-limite selon le U.S.EPA (RfC)											210E ³			140E ³	140E ³	3000	110E ³	110E ³	Ginsberg, 2011	

¹ Les concentrations représentent la somme des HAP mesurés dans la phase gazeuse et dans la phase particulaire ² Somme de 8 HAP semi-volatils. La somme de 8 HAP non-volatils est de 0,29-13,9 ng/m³ ³ Moyennes et valeurs maximales hivernales enregistrées à deux stations d'échantillonnage (rue Ontario, centre-ville de Montréal et Rivière-des-Prairies) ⁴ Moyenne et maximum des données recueillies sur 24 heures durant un an à deux stations d'échantillonnage.

Survol des analyses des risques toxicologiques associés aux terrains synthétiques intérieurs dans la littérature

Le rapport de la DSP sur les terrains de gazon synthétiques extérieurs dressait un portrait de sept analyses de risques toxicologiques associées aux matériaux des gazons synthétiques. Une description complète de ces études est disponible dans le rapport initial (Direction de santé publique de Montréal, 2008). Depuis, d'autres études sur les risques à la santé des gazons synthétiques ont été publiées (OEHHA, 2010; USEPA, 2009; NYCPH, 2009, Menichini et coll., 2011). Ces études n'identifient pas de risques significatifs à la santé pour les utilisateurs de terrains extérieurs. Nous présentons ici brièvement les trois analyses de risques qui se basent sur un scénario d'exposition à l'intérieur (NIPHRH, 2006; INERIS, 2007 et Ginsberg et coll., 2011).

Étude de Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital (NIPHRH, 2006):

Cette analyse provient d'un institut de santé du gouvernement norvégien. Elle a été effectuée en considérant neuf scénarios impliquant des jeunes joueurs et des adultes s'exerçant sur des terrains de gazon synthétique intérieurs. Malgré divers scénarios qui traduisent la plus importante exposition envisageable d'après l'échantillonnage effectuée dans l'étude du NILU, 2006, les auteurs concluent qu'il n'y a pas de risques significatifs à la santé des joueurs pratiquant un sport sur des terrains synthétiques aménagés dans des gymnases intérieurs. La présence de COV totaux à des concentrations plus élevées permet cependant aux auteurs de mentionner que la qualité de l'air peut être perçue comme étant moins bonne par les usagers, en raison notamment des odeurs de caoutchouc, sans qu'il n'y ait de risques pour la santé.

Étude de l'Institut National de l'Environnement et des Risques (INERIS, 2007) :

L'INERIS est un organisme public français sous le ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Cette étude est citée dans le document de Moretto et coll., 2007. Celle-ci a évalué les risques associés à la pratique de sports sur des gazons synthétiques intérieurs dans un petit gymnase peu ventilé. Les concentrations de COV et d'aldéhydes n'ont pas été mesurées directement dans un gymnase, mais estimées selon les concentrations de substances émises par des parcelles de gazons synthétiques recueillies en laboratoire dans des chambres d'émission (Moretto et coll., 2007). L'INERIS a ensuite pris les données de Moretto et coll., 2007, afin d'extrapoler à l'aide de formules mathématiques (en tenant compte de la surface du terrain, du taux de ventilation, du volume d'air du gymnase) la concentration inhalée par les utilisateurs du terrain. Les concentrations qui pourraient se retrouver dans un gymnase ont été déterminées en considérant un gymnase ayant un volume minimal (surface émettrice de 230 m² et hauteur de 6 m) et un taux de renouvellement d'air faible (0,5 vol/h). L'étude indique que l'utilisation de gazons synthétiques pour la pratique du sport dans des gymnases ne représente pas un risque pour les utilisateurs. Toutefois, dans le rare cas des travailleurs qui installent des terrains synthétiques uniquement dans des gymnases de petite taille (1380 m³) et sans ventilation depuis plus de 5 ans, il est suggéré de fournir un renouvellement d'air de 2 vol/h lors de l'installation. Ceci s'explique par le fait que ce scénario impliquerait les travailleurs toujours exposés aux concentrations initiales qui sont émises lors de la pose des gazons synthétiques. Ces concentrations émises par les matériaux diminuent par la suite jusqu'à huit fois dans un intervalle de 28 jours suivants leur pose. Cette situation est donc très différente de l'exposition des joueurs de sport.

Étude de Ginsberg et coll., 2011 :

Cette étude a été effectuée avec la collaboration du *Connecticut Department of Public Health* et l'*University of Connecticut Health Center*. Dans l'analyse de risque réalisée par Ginsberg et coll., 2011, quatre scénarios ont été retenus, soit l'enfant jouant sur un terrain synthétique extérieur ou intérieur et l'adulte jouant sur un terrain synthétique extérieur ou intérieur. Les données retenues aux fins d'analyse sont celles rapportées par Simcox et coll., 2011, au Connecticut. Les auteurs ont évalué le risque cancérigène et non cancérigène suivant une exposition chronique ainsi que le risque suivant une exposition aiguë. Les concentrations de COV, COSV et de HAP ont été considérées. Cette évaluation des risques est basée sur les données les plus élevées, recueillies avec les moniteurs personnels lorsqu'aucun système de ventilation dans le gymnase n'était en marche.

Pour le risque de cancer, l'estimation la plus élevée implique le scénario des enfants jouant sur un terrain synthétique intérieur est de 1,3 par million. Pour ce qui est du risque non cancérigène suivant une exposition chronique, ils sont tous plus faibles que la valeur seuil de 1,0¹. Pour ce qui est des risques suivant une exposition aiguë, on note que les estimations de risques sont toutes plus faibles que 1,0. Toutefois, le risque pour l'enfant jouant sur un gazon synthétique intérieur est de 0,9. Cette valeur est plus élevée en raison de la présence de BZT qui contribue le plus lors du calcul de risque. Les auteurs stipulent que l'estimation du risque comporte des incertitudes quant à la toxicité du BZT qui n'a pas été évaluée exhaustivement. Des données limitées sur la toxicité par voie d'inhalation du BZT suggèrent un potentiel d'irritation des voies respiratoires chez la souris, bien qu'aucune observation chez l'humain ne le confirme. En raison de ces incertitudes et afin de réduire le potentiel d'exposition au BZT et aux autres substances, les auteurs suggèrent une ventilation adéquate pour les terrains synthétiques intérieurs.

Autres enjeux associés aux terrains synthétiques intérieurs

D'autres enjeux ayant un risque potentiel à la santé peuvent également être reliés à l'utilisation de terrains synthétiques intérieurs. En effet, les terrains synthétiques intérieurs requièrent un entretien périodique afin d'assurer la qualité et l'uniformité du terrain. Lors de l'entretien, des granulats peuvent être brossés ou ajoutés afin d'égaliser la surface du terrain. Cet entretien se fait généralement à l'aide de machinerie avec moteur à essence ou au gaz. D'autres types de machinerie peuvent également être utilisés afin d'entretenir la structure générale du gymnase ou centre sportif intérieur. Les moteurs à combustion à l'essence ou au gaz peuvent dégager des substances potentiellement toxiques, tels le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde d'azote (NO₂) en raison de la combustion incomplète du carburant. La concentration de ces substances dans l'air dépend de l'état de la machinerie et de son temps d'utilisation, du volume d'air dans le gymnase et du taux de renouvellement d'air. La présence de CO et de NO₂ en quantités suffisantes peut rapidement mener à des problèmes de santé importants. Il est donc important de veiller au bon fonctionnement du système de ventilation lors de l'utilisation de ce type de machinerie à l'intérieur.

Au niveau de la réglementation québécoise, aucun taux minimum de changement d'air frais à l'heure n'est proposé spécifiquement pour un terrain sportif intérieur. Cependant, selon le règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), tous les établissements (non visés aux Tableaux I et II de l'Annexe III du règlement) devraient s'assurer d'avoir un changement d'air frais à l'heure. Les recommandations américaines élaborées par l'*American Society of Heating,*

¹ La valeur seuil n'indique pas une toxicité, mais une valeur à partir de laquelle de plus amples informations concernant la substance ainsi que l'exposition sont nécessaires.

Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) dans son standard 62-1-2010 proposent un taux de ventilation pour les centres sportifs de type aréna sportif, gymnase ou stade (« *sports arena, gym, stadium* »). D'après ce standard (Tableau 6.1 du standard), la ventilation nécessaire au niveau de la surface de jeu est de 0,30 pcm/pi². Cette valeur correspond approximativement à celle proposée par le RSST, soit un changement d'air à l'heure.

Conclusion

Grâce à une revue de la littérature, il a été possible de recueillir la concentration de composés organiques volatils (COV), de composés organiques semi-volatils (COSV) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans trois gymnases norvégiens avec terrains de gazons synthétiques (NILU, 2006) et dans un gymnase du Connecticut (Simcox et coll., 2011).

Les concentrations de COV totaux décrites dans les études demeurent sous les normes de qualité de l'air ambiant du MDDEFP. Cependant, l'étude du NILU, 2006 démontre clairement que la ventilation a un effet considérable sur les concentrations de substances dans l'air. En effet, l'ouverture de la ventilation dans un cas a réduit les concentrations de COV totaux de trois fois. Aux concentrations observées dans l'étude du NILU, 2006 lorsque la ventilation n'était pas fonctionnelle, les personnes présentes auraient pu percevoir des odeurs ou une impression de qualité de l'air moins bonne. En effet, ces concentrations se rapprochent des niveaux pour lesquels Santé Canada indique que la qualité de l'air puisse être perçue comme étant moins bonne, sans que des effets sur la santé ne soient présents.

Les concentrations de COSV, principalement le benzothiazole (BZT) et l'hydroxytoluène butylé (BHT) échantillonnées dans l'air au-dessus des terrains synthétiques intérieurs sont plus élevées que les valeurs au-dessus des terrains extérieurs et dans l'air ambiant. Cependant, la présence et la concentration de ces composés peuvent être variables selon les échantillons et les terrains étudiés (NYSDH, 2009). On remarque encore une fois l'influence de la ventilation sur les résultats qui permet de baisser les concentrations de près de deux fois.

Les valeurs de HAP totaux échantillonnées dans l'étude de Simcox et coll., 2011 et du NILU, 2006 diminuent également en fonction de la mise en marche de la ventilation. Les concentrations de HAP sans fonctionnement du système de ventilation sont plus importantes que les moyennes des concentrations annuelles pour la Ville de Montréal en 2009. Elles sont semblables aux concentrations maximales observables au Centre-Ville de Montréal et dans des quartiers à forte utilisation de chauffage au bois (hivers 1999 à 2002; Carter et coll., 2004).

Nous avons retenu trois analyses de risques portant sur la pratique d'un sport sur un terrain synthétique intérieur, soit celle du *Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital* (NIPHRH, 2006), celle de l'Institut National de l'Environnement et des Risques (INERIS, 2007) et celle de Ginsberg et coll., 2011. Ces études ont évalué le risque selon différents scénarios d'exposition, selon le nombre d'heures d'utilisation et pour différentes clientèles (enfants ou adultes). En considérant une exposition aiguë ou chronique aux concentrations les plus élevées de COV, COSV ou HAP, ces études indiquent que les risques à la santé pour les utilisateurs de terrains de sports intérieurs faits de gazons synthétiques sont non significatifs. Les études mentionnent toutefois l'importance de la ventilation dans les gymnases afin de réduire la perception de mauvaise qualité de l'air par les utilisateurs et spectateurs (Ginsberg et coll., 2011).

Dans les différentes études, la ventilation joue un rôle clé au niveau de la diminution des concentrations de substances dans l'air. Bien que les analyses des effets des concentrations de substances dans l'air ne révèlent aucun risque significatif à la santé des joueurs sur les terrains synthétiques intérieurs, il demeure qu'une ventilation adéquate (au moins un changement d'air à l'heure) assurerait un maintien de la qualité de l'air et éviterait que des odeurs ou une nuisance soient perçues par les utilisateurs.

Un autre aspect à ne pas négliger est l'utilisation de machinerie d'entretien avec moteur à combustion à l'intérieur du gymnase. Ceci concerne plutôt les travailleurs puisque l'entretien de la surface de jeux ne se fait pas en présence de joueurs ou de spectateurs. Lors de l'entretien, les véhicules avec moteur à essence peuvent générer des produits de combustion, le CO et le NO₂, qui sont des polluants pouvant avoir de graves effets sur la santé. Le respect du RSST exige un changement d'air frais à l'heure permettrait de diminuer les concentrations de ces substances dans l'air lors de l'utilisation de machinerie d'entretien à l'essence à l'intérieur. Cependant, pour plus d'information concernant la santé des travailleurs, il est suggéré de consulter la CSST afin de connaître toutes ses exigences concernant l'utilisation des moteurs à combustion à l'intérieur.

Références bibliographiques

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), Inc. Standard 62.1-2010 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 58 pages. Disponible au : www.ashrae.org
- Bresnitz, E. A., 2008b. Letter to the U.S. Consumer Product safety Commission. New Jersey Department of Health and Senior Services, Available at: http://www.state.nj.us/health/artificialturf/documents/cpsc_letter_0608.pdf.
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). Safety Study of Artificial Turf Containing Crumb Rubber Infill Made from Recycled Tires: Measurements of Chemicals and Particulates in the Air, Bacteria in the Turf, and Skin Abrasions Caused by Contact with the Surface” Full study. Pesticide and Environmental Toxicology Branch. October 2010
- Carter A-M, Germain A, Rousseau J, Bisson M, Gagnon C (2004). Campagne d'échantillonnage sur le chauffage résidentiel au bois Rapport d'étude : 1999 à 2002.
- Chan CC, Vainer L, Martin JW, et al. 1990. Determination of organic contaminants in residential indoor air using an adsorption-thermal desorption technique. *J Air Waste Manage Assoc* 40:62-67.
- City of New York Parks and Recreation (NYCP). 2008. Synthetic turf lead results. Disponible au: <http://www.nycgovparks.org/news/reports/synthetic-turf-tests>
- Fan Z, Liou P, Weschler C, Fiedler N, Kipen H, Zhang J. Ozone-initiated reactions with mixtures of volatile organic compounds under simulated indoor conditions. *Environ Sci Technol*. 2003; 37:1811–1821
- Ginsberg G, Toal B, Kurland T. Benzothiazole toxicity assessment in support of synthetic turf field human health risk assessment. *J Toxicol Environ Health A* 2011a; 74(17):1175-1183.
- Ginsberg G, Toal B, Simcox N, Bracker A, Golembiewski B, Kurland T et al. Human health risk assessment of synthetic turf fields based upon investigation of five fields in Connecticut. *J Toxicol Environ Health A* 2011; 74(17):1150-1174.
- Gilbert, N. L. et coll., 2006. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Québec City, Canada. *Environ. Res.*, 102: 1-8.
- Gouvernement du Canada, 2005. Loi sur les produits dangereux - Règlement sur les revêtements. *Gazette du Canada*.
- Gustafson P, Östman C, Sällsten A. Indoor levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in homes with or without wood burning for heating. *Environ. Sci. Technol*. 2008, 42, 5074–5080.
- Héroux M-E, Clark N, Van Ryswyk K, Mallick R, Gilbert NL, Harrison I, Rispler K, Wang D, Anastassopoulos A, Guay M, MacNeill M and Wheeler AJ. Predictors of Indoor Air

- Concentrations in Smoking and Non-Smoking Residences Int. J. Environ. Res. Public Health 2010, 7, 3080-3099;
- Holcomb, L.C. and Seabrook, B.S. (1995) "Indoor concentrations of volatile organic compounds: implications for comfort, health and regulation", Indoor Environment, 4, 7-26.
- IBV, 2007. Study of the incidence of recycled rubber from tyres in environment and human health. Intituto de Biomecanica de Valencia.
- Jung KH, Patel MM, Moors K, Patrick L. Kinney PL, Steven N, Chillrud SN, Robin Whyatt R, Hoepner L, Garfinkel R, Yan B, Ross J, Camann D, Perera FP, and Miller RL. Effects of Heating Season on Residential Indoor and Outdoor Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Black Carbon, and Particulate Matter in an Urban Birth Cohort. Atmos Environ. 2010 November 1; 44(36): 4545–4552.
- Keml, 2006. Synthetic Turf from a chemical perspective-a status report. Swedish Chemicals Inspectorate. 27 pages.
- Kim S, Yang JY, Kim HH, Yeo IY, Shin DC, Lim YW. Health risk assessment of lead ingestion exposure by particle sizes in crumb rubber on artificial turf considering bioavailability. Environ Health Toxicol 2012; 27.
- Menichini E, Abate V, Attias L, De Luca S, di Domenico A, Fochi I, Forte G, Iacovella N, Iamiceli AL, Izzo P, Merli F, Bocca B. Artificial-turf playing fields: contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment. Sci Total Environ. 2011;409(23):4950-7
- Ministère du Développement Durable, Environnement, Faune et Parcs (MDDEP). Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère. Disponible au : <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm>
- Ministère de l'Environnement du Québec, 1998. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. 124 pages, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/resume.htm>.
- Moretto, R., 2007. Évaluation environnementale et sanitaire de l'utilisation de granulats d'élastomères (vierges et issus de pneumatiques usagés) comme remplissage des gazons synthétiques de troisième génération. 26 pages.
- New Jersey Department of Health and Senior Services (NJDHSS), 2008a. New Jersey Investigation of Artificial turf and Human Health Concerns. New Jersey Department of Health and Senior Services. 2 pages, <http://www.state.nj.us/health/artificialturf/index.shtml>.
- New Jersey Department of Health and Senior Services (NJDHSS), 2008b. Update: New Jersey Investigation of Artificial Turf and Human Health Concerns - June 2008. New Jersey Department of Health and Senior Services.
- New York State Department of Environmental Conservation and New York State Department of Health (NYSDH). An Assessment of Chemical Leaching, Releases to Air and Temperature at Crumb-Rubber Infilled Synthetic Fields". 2009. Disponible au: http://www.dec.ny.gov/docs/materials_minerals_pdf/crumbrubr.pdf

- New York City Department of Health and Mental Hygiene (NYCPH). Air Quality Survey of Synthetic Turf Fields containing Crumb Rubber Infill. 2009. Disponible au : <http://www.nyc.gov/html/doh/html/environmental/turf.shtml>
- Nguyen, V. H., Beaudry, C., Renzi, P., et Donnini, G., 2007. La qualité de l'air intérieur - Aspects techniques, médicaux et juridiques - 3^e édition. Éditions Yvon Blais. 406 pages.
- NILU, 2006. Measurement of air pollution in indoor artificial turf halls. Norwegian Pollution Control Authority.
- Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital (NIPH). Artificial turf pitches – an assessment of the human health risks for football players. 2006.
- Office de la consultation publique de Montréal (OCPM), 2012. Disponible au : <http://www.ocpm.qc.ca/consultations-publiques/complex-municipal-de-soccer-cesm>
- Plessner, S. W. et Lund, O. J., 2004. Potential health and environmental effects linked to artificial turf systems – final report. Norwegian Building Research Institute. 16 pages.
- Prepared for New York City Department of Health and Mental Hygiene by TRC M2. "A Review of the Potential Health and Safety Risks from Synthetic Turf Fields Containing Crumb Rubber Infill". 2008.
- RAMP, 2007. Synthetic turf Chemicals. <http://www.albany.edu/ihe/SyntheticTurfChemicals.htm>.
- Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), chapitre S-2.1, r. 13. Loi sur la santé et la sécurité du travail, à jour le 1^{er} janvier 2013.
- Santé Canada, 2004. Trousse d'information sur le plomb - questions couramment posées sur l'effet de l'exposition au plomb sur la santé humaine, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/contaminants/lead-plomb/asked_questions_questions_posees_f.html,
- Santé Canada, 1989. Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences. 26 pages.
- Santé Canada 2012. Projet de ligne directrice pour la qualité de l'air intérieur des résidences pour le naphthalène. Disponible au : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/consult/_2012/naphthalene/draft-ebauche-fra.php
- Sexton K, Adgate JL, Ramachandran G, Pratt GC, Mongin SJ, Stock TH, Morand MT. Comparison of Personal, Indoor, and Outdoor Exposures to Hazardous Air Pollutants in Three Urban Communities Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 423-430
- Simcox NJ, Bracker A, Ginsberg G, Toal B, Golembiewski B, Kurland T et al. Synthetic turf field investigation in Connecticut. J Toxicol Environ Health A 2011; 74(17):1133-1149.
- Symanski E, Stock TH, Tee PG, Chan W. Demographic, Residential, and Behavioral Determinants of Elevated Exposures to Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes

- Among the U.S. Population: Results from 1999–2000 NHANES, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues*, 2009; 72:14, 903-912
- TSI Testing Services inc pour AstroTurf, 2008. Test report - Parc Ironwood Recreation - Newark, New-Jersey. 2 pages.
- U.S.Consumer Product Safety Commission (USCPSC). CPSC Staff Finds Synthetic Turf Fields OK to Install, OK to Play On.. 20080.
- U.S.Environmental Protection Agency (USEPA). A Scoping-Level Field Monitoring Study of Synthetic Turf Fields and Playgrounds". 2009.
- van Rooij JG, Jongeneelen FJ. Hydroxypyrene in urine of football players after playing on artificial sports field with tire crumb infill. *Int Arch Occup Environ Health* 2010; 83(1):105-110.
- Verschoor, A. J., 2007. Leaching of zinc from rubber infill on artificial turf (football pitches) - RIVM report 601774001/2007. Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment Hollande,
http://www.parks.sfgov.org/wcm_recpark/SPTF/Verschoor.pdf.
- WHO 1997. Assessment of exposure to indoor air pollutants, Jantunen, M., Jaakkola, J. J. K., and Krzyzanowski, M., Denmark. 139 pages.
- Payne-Sturges DC, Burke TA, Breyse P, Diener-West M, Buckley TJ. Personal Exposure Meets Risk Assessment: A Comparison of Measured and Modeled Exposures and Risks in an Urban Community. *Environ Health Perspect* 2004 112:589–598
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), Integrated risk information system (IRIS). Disponible au: <http://www.epa.gov/IRIS/Iris>
- Ville de Montréal, Réseau de surveillance de la qualité de l'air (RSQA). Bilan environnemental, Qualité de l'air à Montréal. Données 2011. Disponible au :
http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,75941576&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Ville de Montréal, Réseau de surveillance de la qualité de l'air (RSQA). Bilan environnemental, Qualité de l'air à Montréal. Données 2009. Disponible au :
http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,75941576&_dad=portal&_schema=PORTAL

**Agence de la santé
et des services sociaux
de Montréal**

Québec 