



Gazon synthétique en milieu scolaire

- Évaluation des risques à la santé

Gazon synthétique en milieu scolaire

- Évaluation des risques à la santé

Gazon synthétique en milieu scolaire : évaluation des risques à la santé

est une production de la Direction régionale de santé publique de Montréal
du CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal

1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3
514 528-2400
santemontreal.qc.ca

Auteurs :

Karine Price, M.Sc., toxicologue
Monique Beausoleil, M.Sc., toxicologue

Notes

Dans ce document, l'emploi du masculin générique désigne aussi bien les femmes que les hommes et est utilisé dans le seul but d'alléger le texte.

Ce document est disponible en ligne à la section publications
du site Web : santemontreal.qc.ca

© CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, 2015

ISBN978-2-89673-503-7 (Imprimé)

ISBN978-2-89673-504-4 (En ligne)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS	III
1. MISE EN CONTEXTE.....	1
2. DESCRIPTION D'UN GAZON SYNTHÉTIQUE.....	1
3. RISQUES SANITAIRES ASSOCIÉS AUX SUBSTANCES CHIMIQUES PRÉSENTES DANS LES MATÉRIAUX DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	3
3.1 MESURE DES CONCENTRATIONS DE MÉTAUX, COV, COSV ET HAP DANS LES MATÉRIAUX DE GAZON SYNTHÉTIQUE	3
3.2 CONCENTRATIONS DE MÉTAUX, COV, COSV ET HAP MESURÉES DANS L'AIR AU-DESSUS DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	4
3.3 ÉVALUATION DES RISQUES À LA SANTÉ RELIÉS AUX SUBSTANCES CHIMIQUES PRÉSENTES DANS LES MATÉRIAUX DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	4
4. MISE AU POINT CONCERNANT LE RISQUE DE CANCER CHEZ LES UTILISATEURS DE GAZONS SYNTHÉTIQUES SOULEVÉ PAR LE RÉSEAU NBC.....	5
5. EXPOSITION AUX NANOMATÉRIAUX EN LIEN AVEC LES GAZONS SYNTHÉTIQUES	6
6. TEMPÉRATURE ÉLEVÉE SUR DES GAZONS SYNTHÉTIQUES	6
7. RÉCENTES RECOMMANDATIONS ÉMISES PAR DES ORGANISMES DE SANTÉ PUBLIQUE	7
8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	7
RÉFÉRENCES	9
ANNEXE 1. CONCENTRATIONS DE SUBSTANCES CHIMIQUES MESURÉES DANS LES GRANULATS DU GAZON SYNTHÉTIQUE DE LCC ET COMPARAISON AVEC LES TENEURS RAPPORTÉES DANS LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE	13
1. MÉTAUX	13
2. COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS.....	19
3. COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS	21
4. HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES.....	23
ANNEXE 2. ÉVALUATION DES RISQUES RELIÉS AUX NANOMATÉRIAUX EN LIEN AVEC LES GAZONS SYNTHÉTIQUES	27
1. DESCRIPTION DES NANOTECHNOLOGIES.....	27
2. UTILISATION DE NANOMATÉRIAUX DANS LA FABRICATION DES PNEUS	28
3. ÉVALUATION DE L'EXPOSITION POTENTIELLE AUX NANOMATÉRIAUX.....	29
4. POTENTIEL D'ÉMISSION ET TOXICITÉ DU NOIR DE CARBONE	30
5. POTENTIEL D'ÉMISSION ET TOXICITÉ DES NANOTUBES DE CARBONE.....	30
6. RÉSULTATS DE L'ANALYSE CONCERNANT LES NANOMATÉRIAUX	32

Liste des abréviations

ACE	Acénaphène
ACEL	Acénaphylène
ANT	Antracène
As	Arsenic
Ba	Baryum
BaA	Benzo(a)anthracène
BaP	Benzo(a)pyrène
BbF	Benzo(b)fluoranthène
BBP	Benzybutyle phtalate
BkF	Benzo(k)fluoranthène
BghiP	Benzo(ghi)pérylène
BPC	Biphényl polychloré
Cd	Cadmium
CHRY	Chrysène
Co	Cobalt
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
COSV	Composés organique semi-volatils
COV	Composés organiques volatils
COVt	Composés organiques volatils totaux
DBahA	Dibenzo(ah)Anthracène
DBP	Dibutyle phtalate
DEHP	Di-2-éthylhexyle phtalate
DEP	Di-éthyle phtalate
DIDP	Di-isodécyle phtalate
DINP	Di-isononyl phtalate
DOP	Di-n-octyle phtalate
DMP	Di-méthyle phtalate
DSP	Direction de santé publique du CIUSSS du Centre-Sud-de-l'île-de-Montréal
EPDM	<i>Ethylene propylene diene monomer</i>
ETP	Élastomère thermoplastique
FL	Fluorène
FLUO	Fluoranthène
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
Hg	Mercur
IND	Indéno(123-cd)pyrène
Iso-NP	Isononylphénol
LCC	Lower Canada College
Mn	Manganèse
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques
MEK	Méthyl éthyl cétone
MIBK	Méthyl isobutyl cétone
NA	Naphtalène
4-n-NP	4-n-nonylphénol
NP	Nonylphénol
Ni	Nickel
NTC	Nanotube de carbone
Pb	Plomb
PHE	Phénanthrène
PM _{2.5}	Particules plus petites que 2,5 µm ou 2 500 nm
PM ₁₀	Particules plus petites que 10 µm ou 10 000 nm
PYR	Pyrène
Se	Sélénium
SBRr	Granulats de pneus recyclés (<i>styrene-butadiene rubber recycled</i>)
4-t-OP	4-tert-octyl-phénol
Zn	Zinc

1. Mise en contexte

En 2014, le Lower Canada College (LCC), une école de maternelle, primaire et secondaire de l'arrondissement Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce, s'est doté d'un terrain en gazon synthétique multisport *Xtreme Turf Premier SX60* de la compagnie Carpell (Carpell, 2015). Ce terrain est utilisé pour la pratique de plusieurs sports, mais également pour la tenue des récréations. Suite à des questionnements de la part de parents d'élèves, LCC a demandé à la Direction régionale de santé publique du Centre Intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'île-de-Montréal (DSP) un avis concernant les risques que les composantes de ce gazon synthétique pouvaient présenter pour la santé des étudiants.

La DSP a déjà produit quelques rapports et avis visant à informer la population que les gazons synthétiques ne présentaient pas de risques significatifs pour la santé des utilisateurs (Beausoleil et al, 2008; Price, 2013; Massé, 2014; King, 2014; Price et Beausoleil, 2015). Le présent avis veut répondre aux inquiétudes exprimées par des parents d'élèves du LCC quant aux risques à la santé humaine reliés aux activités des enfants des milieux scolaires sur les gazons synthétiques.

Ce document fait le point sur

- les risques sanitaires associés aux substances chimiques présentes ou émises par les composantes des gazons synthétiques ainsi que les résultats d'analyses de laboratoire effectuées sur les granulats du gazon synthétique de LCC,
- le risque de cancer chez les utilisateurs de gazons synthétiques évoqué par le réseau NBC,
- les connaissances scientifiques concernant les nanoparticules associées aux granulats de pneus utilisés comme matériel de remplissage des gazons,
- la température élevée présente en été sur les terrains de gazon synthétique,
- les plus récentes recommandations émises par des organismes de santé publique en rapport avec les risques potentiels reliés aux gazons synthétiques ainsi que
- les conclusions et recommandations de la DSP quant à l'utilisation des gazons synthétiques en milieu scolaire.

2. Description d'un gazon synthétique

Les gazons synthétiques actuellement installés au Québec sont des gazons de 3^e génération. La Figure 1 présente les différentes couches de matériaux qui peuvent être installées pour ce type de gazons. En surface, on retrouve des fibres de gazon artificiel (faites de polyéthylène, nylon ou un mélange des deux), des matériaux de remplissage (granulats de caoutchouc provenant généralement de pneus recyclés ou un mélange de sable et de granulats) et un tapis sur lequel sont tissées les fibres de gazon (mélange de polypropylène, polyamide 6, polyoléfinés et/ou polyuréthane) (Cheng et al, 2014).

De façon plus spécifique, le gazon synthétique installé au LCC est composé de fibres de polyéthylène tissées dans un tapis de polypropylène enduit d'une couche de polyuréthane qui sert à fixer les fibres et

augmenter leur résistance à l'arrachement. L'espace entre les fibres est rempli d'une première couche de sable qui sert à lester le revêtement pour le stabiliser, puis d'une couche de granules de caoutchouc de pneus recyclés déchiquetés (SBRr : *styrene-butadiene rubber recycled*). Le sable et les granulats occupent 40 – 43 mm d'épaisseur alors que la fibre a une longueur d'environ 60 mm. Ces matériaux sont posés sur une fondation granulaire composée d'une couche de pierre drainante en surface (appelée MG-20 modifié), d'une membrane géotextile filtrante et d'une couche de pierre nette qui permet l'écoulement de l'eau latéralement vers les tranchées de drainage. Une dernière membrane géotextile sépare le tout du sol sous-jacent. Le gazon synthétique a été installé à LCC à l'été 2014 (monsieur François Hébert, DSSS consultants Ltée, communication personnelle).

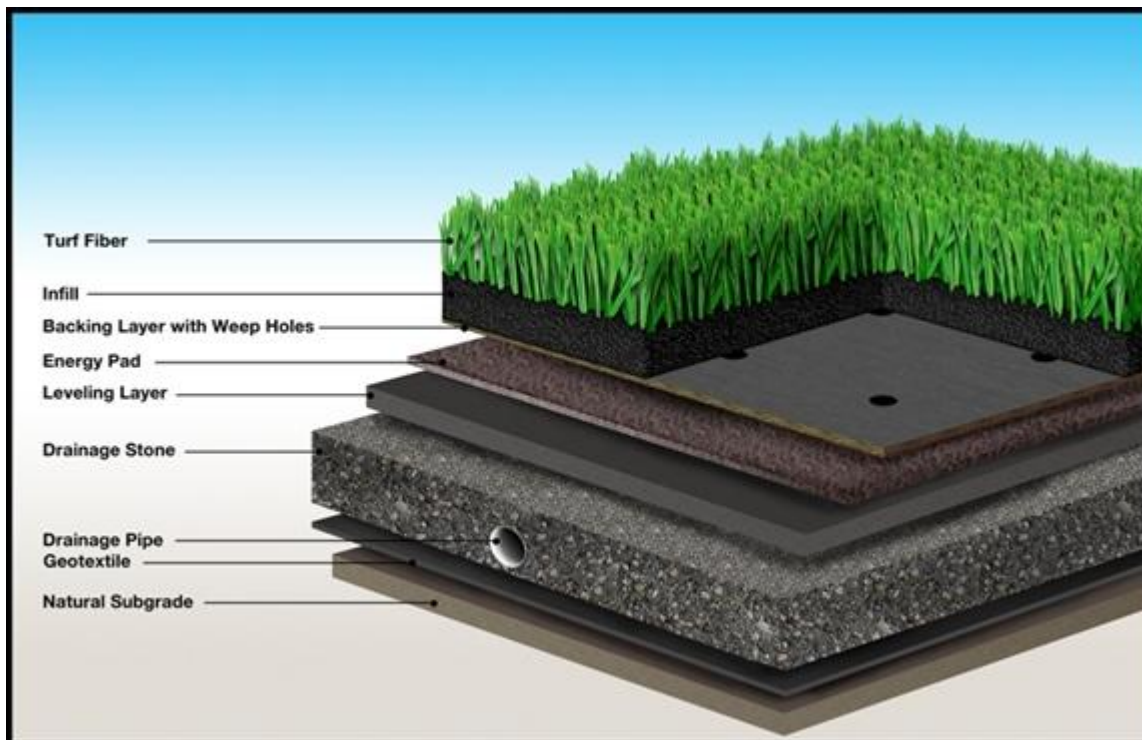


Figure 1. Structure d'un gazon synthétique de troisième génération (de bas en haut : sol de fondation, géotextile, tuyau de drainage, base de drainage, couche de nivelage, coussin, tapis de base sur lequel sont tissées les fibres, remplissage de sable et/ou de granulats, fibres de gazon)

Source : <http://www.syntheticurfCouncil.org/?page=FAQs>

Les gazons synthétiques sont principalement utilisés pour les terrains de sports en raison de la très longue disponibilité d'une surface de jeu en bon état comparativement aux terrains de sports en gazon naturel. Cheng et al. (2014) estiment qu'un terrain de sport en gazon synthétique peut permettre une utilisation qui est jusqu'à 7,7 fois plus importante en termes d'heures de jeu qu'un terrain en gazon naturel. Différents avantages et inconvénients sont rattachés à l'utilisation de gazons synthétiques qui ne seront pas discutés ici (coût, entretien, drainage, qualité de jeu, etc.). Le lecteur trouvera cependant une analyse de ces paramètres dans les publications de Cheng et al., 2014 et de Macfarlane et al., 2015.

3. Risques sanitaires associés aux substances chimiques présentes dans les matériaux des gazons synthétiques

Afin de vérifier si les matériaux qui composent les gazons synthétiques peuvent présenter un risque pour la santé des joueurs, on peut recourir à différentes approches illustrées ci-dessous.

1. Mesure des concentrations de substances chimiques dans les matériaux	<ul style="list-style-type: none">• Différentes méthodes permettent d'estimer les niveaux de substances chimiques présents dans le matériau qui pourraient être relâchées.• Ces méthodes utilisent des réactifs plus ou moins agressifs pour extraire les substances chimiques du matériau : de l'eau pour simuler les pluies, des réactifs qui ressemblent à l'acidité de l'estomac, des acides forts, etc.• A titre d'indication, on compare les concentrations de substances chimiques mesurées avec les limites permises pour certains produits de consommation (p.e. pour les jouets) ou pour les sols d'usage résidentiel.
2. Mesure des concentrations de substances chimiques présentes dans l'air au-dessus du gazon synthétique	<ul style="list-style-type: none">• Permet de connaître l'exposition des utilisateurs aux substances chimiques qui sont passées des matériaux vers l'air au-dessus du gazon synthétique.• Ces mesures ne peuvent être faites que dans un cadre de recherche en raison des exigences au niveau des techniques de mesures utilisées et des précautions à prendre afin de ne pas mesurer les concentrations de substances provenant d'autres sources (ex. : circulation automobile, sources industrielles, etc.).• Ces données d'exposition sont disponibles dans les études scientifiques publiées.
3. Évaluation de risques effectuée à partir de l'exposition des utilisateurs aux substances chimiques	<ul style="list-style-type: none">• Des scénarios d'exposition sont établis à partir de l'exposition potentielle des utilisateurs (tant d'heures par semaine sur le gazon synthétique), des différentes voies d'exposition (inhalation d'air, ingestion de matériaux et contact cutané avec le gazon synthétique), des concentrations de substances chimiques mesurées dans les matériaux et dans l'air des utilisateurs. Ces scénarios d'exposition sont intégrés dans des équations mathématiques qui permettent de simuler le comportement de ces substances dans le corps humain.• Lorsque de telles évaluations de risques sont réalisées de façon rigoureuse, elles permettent d'avoir un bon aperçu du risque potentiel à la santé.

3.1 *Mesure des concentrations de métaux, COV, COSV et HAP dans les matériaux de gazon synthétique*

Les concentrations de métaux, composés organiques volatils (COV), composés organiques semi-volatils (COSV) et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC par deux laboratoires et deux méthodes d'analyse différentes (voir l'annexe 1 pour le détail et l'interprétation des résultats).

Le laboratoire Labosport a mesuré les concentrations de métaux dans les granulats SBRr selon une méthode d'analyse recommandée par une norme européenne qui permet de vérifier la sécurité des jouets (Labosport, 2014). Cette méthode simule l'exposition des enfants aux substances chimiques lorsqu'ils portent les jouets à leur bouche ou en ingèrent. Les concentrations de tous les métaux analysés se situent sous les limites permises par cette norme, ce qui est rassurant.

La firme Amec Foster Wheeler a fait mesurer par le laboratoire Maxxam les concentrations de métaux, de COV et de HAP (Amec Foster wheeler, 2015). Les concentrations de ces composés se situent sous les critères B de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC établis pour construire une résidence, sauf celles du cobalt et du zinc (MDDELCC, 1998). La méthode d'analyse utilisée par le laboratoire Maxxam pour mesurer les concentrations de métaux est plus agressive que celle utilisée par Labosport, c'est-à-dire qu'elle permet d'extraire plus de métaux de la matrice de caoutchouc des granulats SBRr; mais cela ne signifie pas que les concentrations obtenues représentent mieux l'exposition humaine aux métaux. Dans le cas présent, nous croyons que cette méthode plus agressive surestime l'exposition humaine aux métaux, dont le cobalt et le zinc, présents dans les granulats SBRr.

On retrouve, dans la littérature scientifique, des études qui ont utilisé des méthodes d'analyse aussi agressives que celle utilisée par Maxxam et qui ont observé des concentrations de cobalt et de zinc du même ordre de grandeur que celles présentées par Amec Foster Wheeler. **Or, les avis déjà publiés par Beusoleil et Price, 2008 et Price, 2013 ont bien documenté que les différentes substances chimiques mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques, y compris le cobalt et le zinc, ne présentent de risques significatifs pour la santé des utilisateurs de ces terrains.**

3.2 Concentrations de métaux, COV, COSV et HAP mesurées dans l'air au-dessus des gazons synthétiques

LCC n'a pas fait faire de mesures de substances chimiques émises dans l'air au-dessus des gazons synthétiques car de telles mesures nécessitent une approche de recherche scientifique afin de mesurer adéquatement les valeurs attribuables au gazon synthétique uniquement. Ce type de mesures a été faite à plusieurs reprises par des chercheurs dans le cadre de leurs recherches, et un résumé des résultats et de leur interprétation est présenté à l'annexe 1.

Ces données indiquent que les concentrations de métaux, de COV, de COSV et de HAP présentes dans l'air au-dessus des gazons synthétiques sont du même ordre de grandeur que les niveaux généralement mesurés dans l'air ambiant et bien inférieures aux valeurs-limites prescrites pour l'air ambiant par des organismes québécois.

3.3 Évaluation des risques à la santé reliés aux substances chimiques présentes dans les matériaux des gazons synthétiques

La présence de métaux, de COV, de COSV et de HAP dans les composantes des gazons synthétiques n'est problématique que si les joueurs sont exposés à des niveaux importants. En effet, nous sommes tous déjà exposés à ces substances chimiques dans notre environnement. Il s'agit de s'assurer que les niveaux d'exposition des utilisateurs de gazons synthétiques ne présentent pas de risques plus grands que ceux de

la vie de tous les jours. C'est pourquoi les scientifiques se basent sur les résultats d'analyses de risques à la santé des joueurs qui sont réalisées à partir des données d'exposition à ces substances chimiques.

Une revue de sept (7) évaluations de risque à la santé des joueurs évoluant sur des terrains de sport en gazon synthétique avait été présentée dans l'avis de Beausoleil et al, 2008. Plusieurs scénarios d'exposition aux différentes substances chimiques contenues ou émises par les gazons synthétiques avaient pris en compte l'exposition d'enfants. Ces études indiquent que leur exposition aux substances chimiques lors de la pratique de sport sur des gazons synthétiques (jusqu'à 3 heures par jour, 261 jours par année, durant 3 à 7 ans) est faible et que les risques à la santé pour les joueurs ne sont pas préoccupants.

Plus récemment, une évaluation des risques pour les enfants associés aux plus récentes valeurs de COV et de HAP échantillonnées sur cinq terrains synthétiques a été effectuée par le *Connecticut Department of Public Health et University of Connecticut Health Center* (Ginsberg et al., 2011, Simcox et al., 2011). Les auteurs ont ainsi évalué le risque cancérigène, non cancérigène et d'effets aigus reliés à la pratique de sport sur un gazon synthétique pour les adultes et les enfants. Ces analyses se sont basées sur les concentrations les plus élevées échantillonnées parmi les cinq terrains afin de représenter le scénario le plus défavorable. Pour les enfants, le risque a été calculé suivant un scénario d'exposition de 3 heures par jour, 4 jours par semaine, durant 8 mois par année. Le risque de cancer pour un enfant exposé aux substances émises par les gazons synthétique est estimé à un excès de 0,5 cas de cancer pour 1 million d'individus, ce qui est inférieur au risque seuil de cancer en évaluation du risque à la santé humaine de 1 excès de cas de cancer pour 1 million d'individus.

4. Mise au point concernant le risque de cancer chez les utilisateurs de gazons synthétiques soulevé par le réseau NBC

En octobre 2014, le réseau d'information NBC (www.nbcnews.com/watch/nightly-news/does-artificial-turf-present-a-health-risk-339753027899) a publié un reportage concernant une entraîneure qui croyait voir un lien entre la pratique du soccer sur des terrains synthétiques et le développement de lymphomes non-Hodgkiniens chez les gardiens de but.

A ce jour, et tel que reconnu dans le reportage, il n'existe aucune étude scientifique ayant établi un tel lien entre le développement du cancer et l'exposition aux terrains synthétiques. Les quelques études citées dans ce reportage avaient d'ailleurs été prises en compte dans l'analyse critique effectuée par la DSP lors de l'élaboration de ses deux avis produits en 2008 et 2013. **Aussi, tel que précisé dans ces avis, nous considérons que les risques à la santé sont non significatifs, y compris pour le cancer.**

Tout récemment, le *Connecticut Department of Public Health* a émis un avis concernant le reportage du réseau NBC sur le risque de cancer chez les gardiens de but. Le département de santé publique maintient les conclusions de leurs recherches qu'il avait produites en 2011, affirmant que les risques de cancer reliés à l'utilisation des gazons synthétiques sont non significatifs (State of Connecticut Department of Public Health, 2015).

5. Exposition aux nanomatériaux en lien avec les gazons synthétiques

Des nanomatériaux peuvent entrer dans la composition des pneus qui seront par la suite recyclés pour produire les granulats SBRr. Dans le cadre de cette demande, certains ont soulevé des questions quant aux risques des nanomatériaux pour la santé en lien avec l'utilisation des gazons synthétiques. Le lecteur est invité à consulter l'annexe 2 pour plus de détails sur ce sujet.

Les nanomatériaux sont une catégorie de matériaux ayant une dimension de l'ordre de 1 à 100 nanomètres (nm, c'est-à-dire un milliardième de mètre). Ces matériaux peuvent être d'origine naturelle, soit biologique (ADN, virus, bactérie), soit minérale ou environnementale (fraction fine du sable de désert, smog, fumées d'activité volcanique ou de feux de forêt) (Ostiguy et al., 2010). Ils sont également présents dans de nombreux produits de consommation et produits alimentaires utilisés et consommés quotidiennement par la population (cosmétiques, emballages, textiles, produits électroniques, additifs alimentaires, etc.). Le tableau 12 (annexe 2) présente des exemples de produits de consommation contenant des nanomatériaux qui sont fréquemment utilisés par la population générale.

Les nanomatériaux ajoutés aux pneus sont principalement le noir de carbone, les nanotubes de carbone et les nanoparticules inorganiques (SiO₂). Tout comme pour les substances chimiques, le potentiel d'émission des nanoparticules à partir d'un produit de consommation est un facteur important qui détermine l'exposition des personnes à ces substances. Or, il apparaît que les nanomatériaux sont fortement liés à la substance dans laquelle ils ont été ajoutés (p.e. le polymère formant les pneus). Les études réalisées jusqu'à présent indiquent que l'émission de nanomatériaux « libres » (c'est-à-dire non intégrés dans les produits de consommation) est peu probable, même suite à une usure mécanique ou environnementale (climat, UV). Ces matériaux émis se retrouvent plutôt sous forme de particules liées à la matrice de polymère (Nowack, 2013, Froggett, 2014). À ce titre, l'ANSES, 2014 précise que :

« Le relargage de nanoparticules dans l'état d'origine, c'est-à-dire non recouvertes en surface par les matériaux dans lesquels elles étaient incorporées, est peu probable, comme cela a été montré sur des crèmes solaires. »

En considérant l'information présentée et les divers scénarios d'émission étudiés, il nous apparaît peu probable que la concentration de nanoparticules au-dessus d'un gazon synthétique soit significativement différente de celle déjà présente dans l'air ambiant. Toutefois, puisque ces technologies sont nouvelles et que la recherche sur les effets sur la santé de ces matériaux se poursuit, la DSP de Montréal continuera de suivre la littérature scientifique à ce sujet.

6. Température élevée sur des gazons synthétiques

Lorsqu'il fait chaud et ensoleillé, les terrains en gazon synthétique présentent des surfaces plus chaudes que les terrains de gazon naturel car les surfaces non végétales de couleurs foncées retiennent plus fortement la chaleur que les surfaces végétalisées. C'est également le cas des pistes d'athlétisme, des terrains de tennis, des terrains de basketball, etc. En période de canicule, les organismes de santé publique recommandent aux sportifs de boire beaucoup d'eau, de réduire l'intensité de leurs activités

physiques et de prendre plus de pauses à l'ombre afin d'éviter les malaises reliés à la chaleur, comme les coups de chaleur. C'est le cas pour les sports en général, et d'autant plus pour les sports qui ont lieu sur des gazons synthétiques. La plantation d'arbres autour de ces terrains non végétalisés permet d'offrir un espace ombragé aux utilisateurs de ces infrastructures.

Une autre conséquence de la présence de surfaces non végétalisées est la formation d'îlots de chaleur urbains. Les surfaces asphaltées, telles les stationnements et les rues, et les édifices ayant un toit de couleur noire, comme les écoles, les bâtiments publics, industriels et résidentiels, sont les principaux responsables de la formation d'îlots de chaleur en milieu urbain. Les terrains synthétiques contribuent également à retenir la radiation solaire en raison de leur composition. Toutefois, la surface que ces terrains occupent est infiniment plus petite que celle occupée par les stationnements, les rues et les toits d'édifices. Afin de contrer la formation d'îlots de chaleur, la DSP de Montréal, tout comme les autres organismes de santé, recommande de favoriser le verdissement autour des stationnements et le long des rues ainsi que la mise en place de toits blancs ou verts. La plantation d'arbres autour des terrains synthétiques et des autres installations sportives non végétalisées constitue un moyen efficace de réduire la chaleur localement et en périphérie de ces terrains.

Soulignons également qu'en période de chaleur, l'odeur caractéristique de caoutchouc des granulats SBRr sera plus facilement perceptible sans que celle-ci ne présente un risque pour la santé des personnes qui fréquentent le terrain synthétique.

7. Récentes recommandations émises par des organismes de santé publique

Les documents publiés précédemment par la DSP de Montréal présentaient la position de plusieurs organismes de santé publique relativement aux risques toxicologiques reliés aux gazons synthétiques (Beausoleil et al, 2008; Price, 2013; Massé, 2014; King, 2014; Price et Beausoleil, 2015).

En avril 2015, le Département de santé publique de Toronto a émis une évaluation des impacts sur la santé reliés à l'utilisation des gazons synthétiques (Toronto Public Health, 2015). Cet organisme conclut que l'utilisation des gazons synthétiques et l'exposition aux composantes de ces surfaces ne représentent pas de risques significatifs à la santé. Les auteurs suggèrent également de s'assurer de certaines bonnes pratiques d'hygiène : se laver les mains après le jeu extérieur sur les terrains, surveiller les jeunes enfants pour éviter qu'ils ne mangent des granulats, éviter de manger sur les terrains synthétiques.

8. Conclusion et recommandations

Cette nouvelle publication de la DSP de Montréal confirme à nouveau, en considérant les résultats de mesures de substances chimiques dans les granulats SBRr et la dernière littérature scientifique, que **les risques à la santé reliés à l'utilisation de ce type de surface sont non significatifs et que par conséquent, les joueurs peuvent pratiquer leur sport sur ce type de surface en toute sécurité.**

Suite à une revue de l'information sur les nanomatériaux ajoutés dans les pneus recyclés en granulats SBRr et sur les divers scénarios d'émission de ces nanomatériaux disponibles dans la littérature scientifique, il nous apparaît peu probable que la concentration de nanoparticules au-dessus d'un gazon synthétique soit significativement différente de celle déjà présente dans l'air ambiant. Soulignons que les nanomatériaux entrent dans la composition de plusieurs produits de consommation utilisés quotidiennement par la population (cosmétiques, emballages, textiles, produits électroniques, etc). Comme il s'agit de nouvelles technologies disponibles et que la recherche va se poursuivre sur les risques potentiels des nanomatériaux sur la santé humaine, la DSP de Montréal continuera de suivre la littérature scientifique à ce sujet.

Les gazons synthétiques ont la capacité de retenir la chaleur lors des périodes chaudes et ensoleillées, ce qui est également le cas des autres installations sportives non végétalisées. Les responsables sportifs doivent donc être prudents en période de chaleur importante et surveiller les jeunes qui s'entraînent sur ces terrains afin qu'ils boivent beaucoup d'eau, réduisent l'intensité de leurs activités physiques et prennent plus de pauses à l'ombre pour éviter les malaises reliés à la chaleur. La plantation d'arbres autour des terrains synthétiques constitue un moyen efficace de réduire la chaleur localement et en périphérie de ces terrains, en plus d'offrir des espaces de repos à l'ombre pour les joueurs.

Enfin, lors des activités sportives ou des récréations qui se déroulent sur le gazon synthétique de LCC, nous souscrivons à la recommandation du *Toronto Public Health* de s'assurer de certaines bonnes pratiques d'hygiène, comme c'est le cas pour toutes activités extérieures sur d'autres types de terrains de jeux : se laver les mains après le jeu extérieur sur les terrains, surveiller les jeunes enfants pour éviter qu'ils ne mangent des granulats, éviter de manger sur les terrains synthétiques.

Références

- Amec Foster Wheeler, 2015. *Évaluation de la toxicité des granules de caoutchouc au niveau du terrain de soccer synthétique – Lower Canada College*. 20 août 2015.
- ANSES, 2014. *Évaluation des risques liés aux nanomatériaux Enjeux et mise à jour des connaissances Autosaisine n° 2012-SA-0273*. 180 pages. Disponible à l'adresse <https://www.anses.fr/fr/documents/AP2012sa0273Ra.pdf>
- Beausoleil et al, 2008. *Gazons synthétiques utilisés pour les sports extérieurs à la Ville de Montréal : Revue de littérature et évaluation des risques toxicologiques*. Direction de santé publique de l'Agence de santé et de services sociaux de Montréal. Disponible à l'adresse: http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/publications/publications_resume.html?tx_wfqbe_pi1%5Buid%5D=165
- Boyles, M. S. et al., 2015. Multi-walled carbon nanotube induced frustrated phagocytosis, cytotoxicity and pro-inflammatory conditions in macrophages are length dependent and greater than that of asbestos. *Toxicology in Vitro*, 29(7), 1513-1528.
- Carpell, 2015. *Xtreme Turf terrains sportifs*. Disponible à l'adresse <http://www.carpell.com/fr/xtreme-turf.html>
- CEAEQ, 2015. *Les méthodes d'analyse en usage au CEAEQ*. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Disponible à l'adresse http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/methode_para.htm
- Cheng, H., Hu, Y. et Reinhard, M., 2014. Environmental and Health Impacts of Artificial Turf : A Review. *Environmental Science and Technology*, 48 : 2114-2129.
- Dahm, M. M. et al., 2015. Carbon Nanotube and Nanofiber Exposure Assessments: An Analysis of 14 Site Visits. *Annals of Occupational Hygiene*, mev020.
- Donaldson, K. et al., 2013. Pulmonary toxicity of carbon nanotubes and asbestos—similarities and differences. *Advanced drug delivery reviews*, 65(15), 2078-2086.
- Erdely A. et al., 2013. Carbon nanotube dosimetry: from workplace exposure assessment to inhalation toxicology. *Particle and Fibre Toxicology*, 10:53
- Froggett, S. J. et al., 2014. A review and perspective of existing research on the release of nanomaterials from solid nanocomposites. *Part. Fibre Toxicol*, 11(17), 1-28.
- Felix, P. et Giftson, D., 2014. Passenger Safe Car. *Global Journal of Researches In Engineering*, 14(8).
- Hébert, François. Architecte-paysagiste de DSSS consultants. Site Internet : <http://www.dsssconsultants.com/>
- IRSST, 2014. *Nanomatériaux : guide de bonnes pratiques favorisant la gestion des risques en milieu de travail*. 2^e édition. 98 pages. Disponible à l'adresse www.irsst.qc.ca/-publication-irsst-nanomateriaux-guide-r-840.html

- King, 2014. *Avis sur les risques à la santé associés à l'utilisation des gazons synthétiques*. Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. Disponible à l'adresse [http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/fileadmin/documents/dossiers_thematiques/Environnement/Activite_physique_municipal/Avis_Plateau Mt Royal 2014_SiteInternet.pdf](http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/fileadmin/documents/dossiers_thematiques/Environnement/Activite_physique_municipal/Avis_Plateau_Mt_Royal_2014_SiteInternet.pdf)
- Labosport, 2014. *TECHNICAL REPORT Toxicological Analysis of performance infill for synthetic turf fields according to EN 71-3 standard – Safety of toys Part 3: Migration of certain elements*. Lower Canada College. 5 novembre 2014. 3 pages.
- Lam, C. W. et al., 2006. A review of carbon nanotube toxicity and assessment of potential occupational and environmental health risks. *Critical reviews in toxicology*, 36(3), 189-217.
- Lamberti, M. et al., 2015. Carbon nanotubes: Properties, biomedical applications, advantages and risks in patients and occupationally-exposed workers. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 28(1), 4-13.
- Macfarlane, R. et al., 2015. *Health Impact Assessment of the Use of Artificial Turf in Toronto*. Toronto Public Health. 82 pages. Disponible à l'adresse : http://www.google.ca/url?url=http://www1.toronto.ca/City%2520of%2520Toronto/Toronto%2520Public%2520Health/Healthy%2520Public%2520Policy/Built%2520Environment/Files/pdf/H/HIA_on_Artificial_Turf_Summary_Report_Final_2015-04-01.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CB4QFjAAahUKEwi1gIKzu5LHAhXDWh4KHV7sCNA&usg=AFQjCNFyoHTE6_KtvdySVKDlaE2EhoKtg
- Massé, 2014. *Avis de santé publique sur les terrains synthétiques*. Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. Disponible à l'adresse http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/fileadmin/documents/dossiers_thematiques/Environnement/Sols_contamines/Avis_05032014_DSP_Terrains_synthetiques_1_.pdf
- MDDELCC, 1998. *Politique de protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques. Disponible à l'adresse <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/resume.htm>
- MDDELCC, 2015. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère – Version 4*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques. Disponible à l'adresse <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/Normes-criteres-qc-qualite-atmosphere.pdf>
- Murr, L. E. et al., 2004. Carbon nanotubes, nanocrystal forms, and complex nanoparticle aggregates in common fuel-gas combustion sources and the ambient air. *Journal of Nanoparticle Research*, 6(2), 241-251.
- Nowack, B. et al., 2013. Potential release scenarios for carbon nanotubes used in composites. *Environment international*, 59, 1-11.
- Ostiguy, C. et al., 2010. *Les nanoparticules de synthèse – Connaissances actuelles sur les risques et les mesures de préventions en SST – 2^e édition*. Institut de recherche en santé et sécurité du travail (IRSST). 149 pages. Disponible à l'adresse www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-646.pdf

- Price, K., 2013. *Gazons synthétiques utilisés dans les installations sportives intérieures de la Ville de Montréal - Évaluation des risques toxicologiques*. Direction de santé publique de Montréal de l'Agence de santé et de services sociaux de Montréal. Disponible à l'adresse http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/dossiers_thematiques/environnement_urbain/thematiques/activite_physique_en_milieu_municipal/documentation.html
- Price, K. et Beausoleil, M., 2015. *Avis concernant le terrain de sport synthétique dans le parc Rutheford*. Direction de la santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Est-de-l'île-de-Montréal. Disponible à l'adresse http://www.dsp.santemontreal.qc.ca/fileadmin/documents/dossiers_thematiques/Environnement/Activite_physique_municipal/Gazon_synthetique_reservoir_McTavish_site_Web.pdf
- Santé Canada, 2007. *Concentrations de contaminants et d'autres produits chimiques dans les aliments composites*. Disponible à l'adresse <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/concentration/index-fra.php>
- Santé Canada, 2012. *Guide destiné à l'industrie sur les exigences de Santé Canada en matière de sécurité des jouets pour enfants et des produits connexes*. Disponible à l'adresse <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pubs/indust/toys-jouets/index-fra.php#a345>
- Schilirò, T. et al., 2013. Artificial turf football fields: environmental and mutagenicity assessment. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 64(1), 1-11.
- Simcox, N.J. et al., 2011. Synthetic turf field investigation in Connecticut. *J Toxicol Environ Health A*, 74(17): 1133-49.
- State of Connecticut Department of Public Health, 2015. *Circular Letter #2015-02 to Local Health Departments and Districts concerning Recent News Concerning Artificial Turf Fields, January 20, 2015*. Disponible au: http://c.ymcdn.com/sites/www.syntheticurfCouncil.org/resource/resmgr/Files/CT_Dept_of_Public_Health_Cir.pdf
- Toronto Public Health, 2015. *Health impact assessment of the use of artificial turf in Toronto*. Disponible à l'adresse http://www.google.ca/url?url=http://www1.toronto.ca/City%2520of%2520Toronto/Toronto%2520Public%2520Health/Healthy%2520Public%2520Policy/Built%2520Environment/Files/pdf/H/HIA_on_Artificial_Turf_Summary_Report_Final_2015-04-01.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CBMQFjAAahUKEwiEmrGPvTGAhVSrIAKHW8TArg&usg=AFQjCnFyoHTE6_KtvdvSVKDlaE2EhoKtg
- USEPA, 2012. *Report to Congress on Black Carbon Mars 2012. Department of the Interior, Environment, and Related Agencies Appropriations Act, 2010*. Disponible à l'adresse <http://www.epa.gov/blackcarbon/>
- Vasiliadis, H., 2011. *Briefing no. 23 – Transport – Nanotechnology in automotive tyres*. ObservatoryNano. Disponible à l'adresse http://www.google.ca/url?url=http://nanopinion.eu/sites/default/files/briefing_no.23_nanotechnology_in_automotive_tyres.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CBMQFjAAahUKEwjH9MnHo8LHAhUFmh4KHUknBeA&usg=AFQjCNGIcUDnZW1h4EOykt5zZX9xNTbniQ

Annexe 1. Concentrations de substances chimiques mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC et comparaison avec les teneurs rapportées dans la littérature scientifique

La direction du LCC a fait mesurer les concentrations de métaux, de composés organiques volatils (COV) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les granulats SBRr de leur gazon synthétique, et ce, à deux reprises.

La première étude, réalisée par Labosport, a mesuré les concentrations de métaux dans les granulats selon la méthode de la norme *EN 71-3 – Safety of toys Part 3 : Migration of certain elements (Material of Category III)* et les a comparées avec les critères de cette norme (Labosport, 2014).

La deuxième étude, de la firme Amec Foster Wheeler, a fait analyser les concentrations de métaux, de COV et de HAP dans les granulats et la couche élastique située en-dessous des granulats du gazon synthétique de l'école LCC selon les méthodes d'analyse du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec par le laboratoire Maxxam (Amec foster Wheeler, 2015; CEAEQ, 2015). Elle les a ensuite comparées avec les critères de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC, 1998) : critères A : concentrations de métaux normalement mesurées dans les sols non affectés par les activités humaines; critères B : concentrations de contaminants sous lesquelles il est permis de construire des résidences au Québec; critères C : concentrations de contaminants sous lesquelles il est permis de construire des commerces et des industries au Québec.

1. Métaux

Le rapport de Labosport indique que les concentrations de métaux mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC sont toutes plus faibles que les limites de Catégorie III de la norme européenne EN 71-3 pour la sécurité des jouets d'enfants (Tableau 1).

Dans l'étude d'Amec Foster Wheeler, les concentrations de métaux mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC étaient plus faibles que les critères A ou les critères B de la Politique du MDDELCC, sauf pour le cobalt et le zinc (Tableau 1). A titre d'information, les concentrations de cobalt sont cependant à peine plus élevées que le critère de Catégorie III de la norme EN 71-3 et celles du zinc respectent le critère de Catégorie III de la norme EN 71-3. La présence importante de zinc dans les granulats SBRr, comparativement aux autres métaux, est due à l'ajout d'oxyde de zinc lors de la fabrication des pneus afin d'accélérer la vulcanisation du caoutchouc.

Tableau 1. Concentrations de métaux mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC et comparaison avec des valeurs-limites européennes pour les jouets européens et les critères québécois pour les sols contaminés

Élément	Concentrations dans les granulats de LCC (mg/kg)		Limites de la catégorie III pour l'étude de Labosport (mg/kg)	Critères pour la contamination des sols pour l'étude d'Amec Foster Wheeler (mg/kg)		
	Labosport	Amec F W		Critères A	Critères B	Critères C
Aluminium	45,3	290 – 410	70 000 *			
Antimoine	<0,5		560 *			
Arsenic	<0,5	<5	47 *	6	30	50
Baryum	3,43	<5 – 5	18 750 *	200	500	2 000
Bore	2,30		15 000 **			
Cadmium	<0,5	0,6 – 0,7	17 **	1,5	5	20
Chrome III	<0,5		460 ***			
Chrome VI	<0,2		0,2 ***			
Chrome total				85	250	800
Cobalt	1,06	140 – 160	130 *	15	50	300
Cuivre	4,73	40 – 43	7 700 *	40	100	500
Étain	<0,5		180 000 *	5	50	300
Magnésium	220 – 330					
Manganèse	7,66	6 – 15	15 000 *	770	1 000	2 200
Mercure	<0,5	<0,02	94 **	0,2	2	10
Nickel	2,11	2 – 3	930 *	50	100	500
Plomb	<0,5	26 – 85	160 *	50	500	1 000
Sélénium	<0,5	<1	460 *	1	3	10
Strontium	1,23		56 000 **			
Zinc	532	14 000	46 000 *	110	500	1 500

* Test NF EN ISO 11885

** Test NF EN ISO 17294-1 et 2

*** Test NF T 90-043

	Concentrations mesurées dans les granulats inférieures aux limites pour la catégorie III de la norme EN 71-3
	Concentrations mesurées dans les granulats inférieures aux critères A de la <i>Politique</i> du MDDELCC
	Concentrations mesurées dans les granulats dans la plage A-B selon la <i>Politique</i> du MDDELCC
	Concentrations mesurées dans les granulats supérieures aux critères C de la <i>Politique</i> du MDDELCC

Les concentrations de métaux dans les granulats de LCC mesurées lors des deux études sont relativement semblables, sauf pour les concentrations d'aluminium, de cobalt, de cuivre, de plomb et de zinc qui sont plus importantes dans la deuxième étude. Ces différences sont probablement attribuables aux méthodes d'analyse différentes de ces deux études¹.

La méthode d'analyse du CEAEQ est plus agressive que celle de la norme EN 71-3 établie en Europe pour s'assurer de la sécurité des jouets pour les enfants, c'est-à-dire qu'elle permet d'extraire plus de métaux de la matrice de caoutchouc des granulats SBRr. Toutefois, cela ne signifie pas que les concentrations obtenues à l'aide de cette méthode plus agressive représentent mieux l'exposition humaine aux métaux.

¹ La méthode d'analyse recommandée dans la norme EN 71-3 consiste à prélever 0,5 g de matériel, d'y ajouter 25 mL d'une solution d'acide chlorhydrique 0,07 mol/L et de le laisser en contact à 37°C durant 2 heures. La solution est ensuite filtrée pour séparer les solides de la solution et les métaux de l'échantillon sont analysés par ICPMS. La méthode d'analyse MA. 20 - Mét. 1.2 du CEAEQ consiste à mettre 1 g de matériel en présence de 4 ml d'acide nitrique 50% et de 10 ml d'acide chlorhydrique 20%, et à faire chauffer cette solution durant 30 minutes sans toutefois faire bouillir vigoureusement.

Dans le cas présent, nous croyons que la méthode plus agressive retenue dans l'étude d'Amec Foster Wheeler surestime l'exposition humaine aux métaux, dont le cobalt et le zinc, présents dans les granulats SBRr.

On retrouve, dans la littérature scientifique, des études qui ont utilisé des méthodes d'analyse aussi agressives que celle utilisée par Maxxam et qui ont observé des concentrations de métaux, dont le cobalt et de zinc, du même ordre de grandeur que celles présentées par Amec Foster Wheeler (Tableau 2). Les concentrations de métaux mesurées dans ces études sont généralement inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC, sauf pour le cobalt et le zinc. **Or, les avis déjà publiés par Beausoleil et Price, 2008 et Price, 2013 ont bien documenté que les différentes substances chimiques mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques, y compris le cobalt et le zinc, ne présentent de risques significatifs pour la santé des utilisateurs de ces terrains.**

On retrouve également dans la littérature des concentrations de plomb mesurées dans la poussière présente sur les terrains de gazon synthétique de 3^{ème} génération et dans l'air au-dessus de ces surfaces. Ces données indiquent des valeurs plus faibles que les valeurs-limites de plomb pour la poussière à l'intérieur des résidences et que les concentrations de plomb mesurées dans l'air ambiant de Montréal (Tableau 3).

Tableau 2. Concentrations de métaux mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques

Matériaux	Concentrations de métaux dans les matériaux (mg/kg)											
	As	Ba	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Fibres de nylon 1 ^{ère} génération										1 000 à 4 010		
Fibres des 2 ^e et 3 ^e génération	<3		< 0,1	< 2		59 – 68		< 0,03	< 1			3 100
Granulats SBRr	<3	3 – 4	0,6 – 2	< 2 – 5	7 – 211	4 – 70	7,5	< 0,005 – 0,04	< 5	1 – 83	< 5	174 – 27 000
Granulats SBRr de LCC (Labosport)	<0,5	3,43	< 0,5	< 0,5	1,06	4,73	7,66	< 0,5	2,11	< 0,5	< 0,5	532
Granulats SBRr de LCC (Amec F W)	< 5	< 5 - 5	0,6 – 0,7	2	140 – 160	40 – 42	6 – 15	< 0,02	2 – 3	26 – 85	< 1	14 000
Granulats EPDM	< 0,04	< 2	< 0,04	< 0,8 – 5 200		< 3		< 0,03	< 5	< 0,4 – 8	< 0,4	32 – 9 500
Granulats PR	< 0,04	28	< 0,04	2				< 0,006		0,7	0,7	2
Critères A des sols (bruit de fond)	6	200	1,5	85	15	40	770	0,2	50	50	1	110
Critères B des sols (résidentiel)	30	500	5	250	50	100	1 000	2	100	500	3	500
Critères C des sols (industriel)	50	2 000	20	800	800	500	2 200	10	500	1 000	10	1 500

Source : Données de Labosport, 2014, Amec Foster Wheeler, 2015 et résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013







-  Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
-  Concentrations mesurées dans le gazon synthétique de LCC dans la plage B-C selon la *Politique* pour les sols du MDDELCC
-  Concentrations mesurées dans le gazon synthétique de LCC supérieures aux critères C de la *Politique* pour les sols du MDDELCC
-  Mesures faites sur les matériaux du gazon synthétique de LCC

Tableau 3. Concentrations de plomb mesurées dans les poussières d'un gazon synthétique et dans l'air au-dessus d'un gazon synthétique

Matériaux	Concentrations de plomb dans les poussières et dans l'air au-dessus du gazon synthétique		
	Poussières (mg/kg)	Poussières (µg/pi ²)	Air (ng/m ³)
Fibres 1 ^{ère} génération	3 742	< 8 - 214	
Fibres 3 ^e génération		< 8 – 12	
Granulats SBRr 3 ^e génération		< 8 – 13	< 1 – 0,1
Valeur-limite de l'USEPA 40 CFR-745.65(b) pour les planchers		40	
Valeur-limite de l'USEPA 40 CFR-745.65(b) pour les rebords intérieurs des fenêtres		250	
Concentration moyenne (maximale) dans l'air ambiant de Montréal			10 (29)

Source : Résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

-  Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
-  Concentrations mesurées dans les poussières ou dans l'air, supérieures aux valeurs-limites dans les résidences et aux concentrations dans l'air ambiant de Montréal

2. Composés organiques volatils

Plusieurs COV ont été mesurés dans les granulats SBRr du gazon synthétique de LCC selon la méthode d'analyse MA. 400 - COV 2.0 du CEAEQ pour les COV. Toutes ces concentrations de COV étaient inférieures aux limites de détection de 0,2 mg/kg et 0,4 mg/kg (Tableau 4). Dans la littérature scientifique, les concentrations de COV des granulats SBRr mesurées dans de nombreuses études sont très faibles (Tableau 5). Enfin, les concentrations de COV mesurées dans l'air ambiant au-dessus de terrains sportifs extérieurs en gazon synthétique avec granulats SBRr ne sont pas plus élevées que celles mesurées dans l'air au-dessus des terrains en gazon naturel ou dans l'air ambiant à Montréal. Les concentrations de composés organiques volatils totaux (COVt) au-dessus des gazons synthétiques se classent généralement dans l'étendue des concentrations de COVt qui n'entraînent pas d'inconfort chez les personnes exposées (Tableau 6).

Tableau 4. Concentrations de COV mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC

Composés	Concentrations mesurées dans les granulats de LCC (mg/kg)	Critères pour la contamination des sols (mg/kg)	
		Critère B	Critère C
Benzène	<0,2	0,5	5
Chlorobenzène	<0,4	1	10
Dichloro-1,2 benzène	<0,4	1	10
Dichloro-1,3 benzène	<0,4	1	10
Dichloro-1,4 benzène	<0,4	1	10
Éthylbenzène	<0,4	5	50
Styrène	<0,4	5	50
Toluène	<0,4	3	30
Xylènes (o,m,p)	<0,4	5	50
Chloroforme	<0,4	5	50
Chlorure de vinyle	<0,4	0,4	0,4
Dichloro-1,1 éthane	<0,4	5	50
Dichloro-1,2 éthane	<0,4	5	50
Dichloro-1,1 éthylène	<0,4	5	50
Dichloro-1,2 éthylène (cis et trans)	<0,4	5	50
Dichlorométhane	<0,4	5	50
Dichloro-1,2 propane	<0,4	5	50
Dichloro-1,3 propylène (cis et trans)	<0,4	5	50
Tétrachloro-1,1,2,2 éthane	<0,4	5	50
Tétrachloroéthylène	<0,4	5	50
Tétrachlorure de carbone	<0,2	5	50
Trichloro-1,1,1 éthane	<0,4	5	50
Trichloro-1,1,2 éthane	<0,4	5	50
Trichloroéthylène	<0,4	5	50

 Concentrations mesurées dans les granulats inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC

Tableau 5. Concentrations de composés organiques volatils mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques

Matériaux	Concentrations de composés organiques volatils dans les matériaux (mg/kg)								
	Benzène	Toluène	Éthylbenzène	Xylène	Styrène	Acétone	MIBK	Trichloroéthylène	Chloroforme
Granulats SBRr	0,01	0,02 – 0,06	0,3	0,04 – 0,1	0,02	1	0,3 – 11	0,008 – 0,03	0,7
Granulats SBRr de LCC (AMEC)	<0,2	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4			<0,4	<0,4
Critères B des sols (résidentiel)	0,5	3	5	5	5			5	5
Critères C des sols (industriel)	5	30	50	50	50			50	50

Source : Données d'Amex Foster Wheeler, 2015 et résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

- Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
- Concentrations mesurées dans le gazon synthétique de LCC supérieures aux critères B de la *Politique* pour les sols du MDDELCC
- ➔ Mesures faites sur les matériaux du gazon synthétique de LCC

Tableau 6. Concentrations de composés organiques volatils mesurées dans l'air au-dessus de terrains de sports avec gazon synthétique

Matériaux	Concentrations de composés organiques volatils dans l'air au-dessus des gazons synthétiques extérieurs et intérieurs (µg/m ³)													
	COVt	Benzène	Toluène	Éthylbenzène	Xylène	Styrène	Dichlorométhane	Chlorométhane	Acétone	MEK	MIBK	Cyclohexane	Heptane	hexane
TERRAINS EXTÉRIEURS														
Granulats SBRr – station	12 – 19	nd	nd – 1,1	nd	nd	nd	nd	1,1 – 1,4	3,6 – 12	1,1 – 1,4	<2	nd – 1,5	nd	nd – 0,9
Granulats SBRr – personnel	29 – 240	<0,3 – 1,5	1,4 – 53	<0,4 – 4,3	<0,9 – 10	<0,4 – 2	0,3 – 14	1 – 1,7	14 – 52	<0,2 – 2,9	2,3 – 3,4	0,9 – 17	<0,4 – 5,7	<0,4 – 31
Gazon naturel – personnel (max)	173	1,3	39	2,1	4,6	2,5	nd	1,2	40	7,8	nd	4,8	2,1	7
Bruit de fond – station	13 – 29	nd – 1	nd – 4,8	nd – 1,2	nd – 1,8	nd – 0,9	nd – 1,2	nd – 1,3	4 – 12	1,1 – 1,8	nd	nd	nd – 0,5	nd – 9
Concentration annuelle moyenne air extérieur Montréal (24 heures)		0,6 – 1,4	2,4 – 4	0,3 – 0,5	1,1 – 2,8	nd – 0,1	0,4 – 0,8	1,1 – 1,2	2 – 3,3	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,1 – 0,2	0,3 – 0,6	0,4 – 0,8
Valeur-limite pour l'air extérieur (MDDELCC, 2012)		10 (24h)	600 (4m)	740 (4m) 200 (1an)	350 (4m) 20 (1an)	150 (1h)	14 000 (1h) 3,6 (1an)	4,5 (1an)	8 600 (4 m) 380 (1an)	740 (4m)	400 (4m)	1435 (4m)	2740 (4m)	5 300 (4m) 140 (1an)
TERRAINS INTÉRIEURS														
Granulats SBRr – station	79 – 715	1,7 – 2,4	2,8 – 51	1 – 6,7	2,1 – 26	3,2	1,2	1,2	9,3 – 15	2	3,2 – 35		0,8	
Granulats SBRr – personnel	293 – 424	1,2	127 – 135	4,8	11 – 12	1,5 – 3,5	10	1,5	<1,2 – 92	44	22	7 – 10	7 – 10	11
Granulats ETP – station	136 – 161		17 – 19	2	6,8 – 8,6				9		<1	3		
Concentration mesurée dans des maisons	500 – 1 000	0,2 – 32	0,8 – 315	6,5	0,7 – 37	nd - 129	16,3	1,3 – 4,5	32 - 70	18	97			0,2 - 8
Limites recommandées	COVt : zone de confort : <200; zone d'inconfort possible : 200 - 3 000; zone d'inconfort : 3 000 – 25 000; zone toxique : > 25 000 µg/m³ selon Santé Canada, 2007													

Source : Résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

- Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
- Concentrations mesurées dans le gazon synthétique supérieures aux valeurs-limites pour l'air extérieur

3. Composés organiques semi-volatils

Les composés organiques semi-volatils (COSV) constituent une autre famille de substances chimiques présentes dans les pneus et qui ont été mesurées dans différentes études disponibles dans la littérature scientifique.

LCC n'a pas fait mesurer ces substances dans leur gazon synthétique. Toutefois, comme on peut le constater à partir des deux études réalisées dans les granulats SBRr du gazon synthétique de LCC, les concentrations de métaux, de COV et de HAP sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les études de la littérature scientifique. Nous considérons donc que les concentrations de COSV mesurées dans les granulats dans les études tirées de la littérature scientifique peuvent être utilisées pour représenter les concentrations de ces substances dans les granulats SBRr de LCC (Tableau 7 et Tableau 8). Ces données indiquent que les concentrations de nonylphényles, de BPC, de substances à base d'azote (benzothiazole, BHA, BHT, etc.) et de phtalates dans les matériaux des gazons synthétiques de 3^e génération sont inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC et aux valeurs-limites pour les jouets au Canada (Santé Canada, 2012) (Tableau 7).

Tableau 7. Concentrations de composés organiques semi-volatils mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques

Matériaux	Concentrations de composés organiques semi-volatils dans les matériaux (mg/kg)													
	ΣNP	4-n-NP	Iso-NP	4-t-OP	ΣBPC	Nitrosamines	BBP	DBP	DEHP	DMP	DEP	DIDP	DINP	DOP
Fibre – PE ou PE/PP		<0,005	<0,05	<0,005	<0,2		<1	<1 – 1	1,7 – 8	<1 – 1,2	<1	<1	<1 – 5,5	<1
Granulats SBRr		<0,005	0,2	0,04	<0,2	nd	1,3 – 2,8	2,6 – 3,9	21 – 29	<1	<1	<1	57 – 78	<1
Granulats EPDM		<0,005	9 – 22	20 – 34	nd – 0,4		<1	1,6	3,9	3,4	1,5			3,2
Limite dans hochets et autres jouets									1 000				1 000	
Critères B des sols (résidentiel)	5,7				1		60	70 000	60	60	60	60	60	60
Critères C des sols (industriel)	14				10		60	70 000	60	280	280	60	60	280

Source : Résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

	Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
	Concentrations mesurées dans les gazons synthétiques de la littérature scientifique supérieures aux critères B de la <i>Politique</i> du MDDELCC ou aux limites dans les hochets/jouets au Canada
	nd : non détecté

Tableau 8. Concentrations de composés organiques semi-volatils mesurées dans l'air au-dessus de terrains sportifs en gazon synthétique

Matériaux	Concentrations de composés organiques semi-volatils dans l'air au-dessus de gazons synthétiques extérieurs et intérieurs (µg/m³)													
	Nitro-samines	Benzothio-azole	BHT	2-hydroxy benzothiazole	2-(4-morpholinyl)-benzothiazole	Σcomposés vulcanisation	Σphtalates	BBP	DBP	DiBP	DEHP	DMP	DEP	DOP
TERRAINS EXTÉRIEURS														
Granulats SBRr	nd	<0,1 – 1,2	<0,1 – 0,2											
Concentration bruit de fond		<0,1 – 0,7	<0,1 – 0,2											
TERRAINS INTÉRIEURS														
Granulats SBRr		4 – 32	1,2 – 4	0,0006	0,00005	0,0002	0,1 – 0,5	0,005	0,1 – 0,4	0,02 – 0,1	0,03	0,05	0,02	<0,005
Granulats ETP		3 – 4		<0,00003	<0,0002		0,2	0,004	0,2	0,05	0,02	0,02	0,03	<0,005
Concentration air extérieur								0,007	<0,005		<0,005			
Concentration air intérieur								0,14	2,85		3,1			

Source : Résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

	Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment
	Concentrations mesurées dans l'air au-dessus des gazons synthétiques extérieurs supérieures aux concentrations bruit de fond

4. Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les concentrations de HAP ont été mesurées dans les granulats SBRr du gazon synthétique de LCC selon la méthodologie MA. 400 – HAP 1.1 du CEAEQ et elles sont toutes inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC. Les taux de récupération des HAP présentés dans le rapport du laboratoire Maxxam sont très faibles (taux de récupération non déterminé en raison de la nature de l'échantillon pour deux échantillons et taux de récupération variant de 16% à 60% pour les deux autres échantillons), ce qui signifie une possible sous-estimation des concentrations de HAP dans ces matériaux.

Les concentrations de HAP des granulats SBRr de LCC sont un peu plus faibles que celles mesurées dans les granulats SBRr des études publiées dans la littérature scientifique (Tableau 10). Les concentrations de HAP mesurées dans les granulats SBRr de LCC sont inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC. Les concentrations de HAP mesurées dans les granulats SBRr dans la littérature scientifique sont plus faibles que les critères B, sinon plus faibles que les critères C (usage commercial/résidentiel) de la *Politique* du MDDELCC. La somme de 16 HAP ($\Sigma 16\text{HAP}$) dans les granulats SBRr est du même ordre de grandeur que la $\Sigma 16\text{HAP}$ provenant de l'asphalte de la rue.

Enfin, les concentrations des HAP dans l'air extérieur au-dessus des gazons synthétiques ressemblent aux concentrations de HAP présentes dans l'air extérieur à Montréal (Tableau 11).

Tableau 9. Concentrations de HAP mesurées dans les granulats du gazon synthétique de LCC

Composés de HAP	Concentrations mesurées dans le granulat (mg/kg)	Critères pour la contamination des sols (mg/kg)	
		Critère B	Critère C
Acénaphène	<0,1	10	100
Acénaphthylène	<0,1	10	100
Anthracène	<0,1 – 0,3	10	100
Benzo(a)anthracène	<0,1 – 0,4	10	100
Benzo(a)pyrène	<0,1 – 0,2	1	10
Benzo(b)fluoranthène	<0,1 – 0,2	1	10
Benzo(j)fluoranthène	<0,1	1	10
Benzo(k)fluoranthène	<0,1	1	10
Benzo(c)phénanthrène	<0,1 - <0,3	1	10
Benzo(ghi)pérylène	<0,1 – 0,5	1	10
Chrysène	<0,1 – 1,4	1	10
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,1	1	10
Dibenzo(a,i)pyrène	<0,1	1	10
Dibenzo(a,l)pyrène	<0,1	1	10
7,12-diméthylbenzanthracène	<0,1	1	10
Fluoranthène	<0,1 – 2,9	10	100
Fluorène	<0,1 – 0,2	10	100
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,1	1	10
3-Méthylcholanthrène	<0,1	1	10
Naphtalène	<0,1	5	50
Phénanthrène	<0,1 – 1,6	5	50
Pyrène	<0,1 – 8,9	10	100
2-Méthylnaphtalène	<0,1	1	10
1-Méthylnaphtalène	<0,1	1	10
1,3-Diméthylnaphtalène	<0,1 – 0,7	1	10
2,3,5-Triméthylnaphtalène	<0,1 – 0,1	1	10


 Concentrations mesurées dans les granulats inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDELCC

Tableau 10. Concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurées dans les matériaux des gazons synthétiques

Matériaux	Concentrations de HAP dans les matériaux (mg/kg)																	
	ΣHAP	Σ16HAP	BaA	BaP	BbF	BkF	BghiP	CHRY	DBahA	IND	ACE	ACEL	ANT	FLUO	FL	NA	PHE	PYR
Fibre PE ou PE/PF		<2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Granulats SBRr	192	20-76	1,3-1,9	1,4-9	0,2-3,9	0,4-7,3	3,4-5,8	1,3-7,6	<0,2-3,5	0,8-1,4	<0,2-0,3	0,6-1	0,6-0,8	7,4-11	0,4-0,7	0,3-0,7	4,8-5,9	14-37
Granulats SBRr LCC			<0,1-0,4	<0,1-0,2	<0,1-0,2	<0,1	<0,1-0,5	<0,1-1,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1-0,3	<0,1-2,9	<0,1-0,2	<0,1	<0,1-1,6	<0,1-8,9
Granulats EPDM		0,1-3,8	<0,8	0,1	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,1	<0,8	0,2	0,4	0,2
Asphalte de rue		50-122																
Critère B des sols		78	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	10	10	10	5	5	10
Critère C des sols		780	10	10	10	10	10	10	10	10	100	100	100	100	100	50	50	100

Source : Données d'Amex Foster Wheeler, 2015 et résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment

Concentrations mesurées dans les granulats SBRr dans la littérature scientifique qui se situent dans la plage B-C des critères de la *Politique* du MDDELCC

Tableau 11. Concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) mesurées dans l'air au-dessus de terrains sportifs en gazon synthétique

Matériaux	Concentrations de HAP dans l'air au-dessus des gazons synthétiques extérieurs et intérieurs (ng/m ³)																	
	ΣHAP	Σ16HAP	BaA	BaP	BbF	BkF	BghiP	CHRY	DBahA	IND	ACE	ACEL	ANT	FLUO	FL	NA	PHE	PYR
TERRAINS EXTÉRIEURS																		
Granulats SBR		2,6-16		nd-0,2	nd-0,2	nd-0,1	nd-0,1	nd-0,7	nd	nd-0,1	2,1-3,5	nd-6,6	nd	1,7-6,8	2,2-4,1	6-14	5,1-14	1-6,9
Bruit de fond				nd-0,1	nd-0,1	nd-0,1	nd	nd-0,1	nd-0,1	nd-0,1		nd-0,8	nd-0,1	0,6-4	2,4-3,6	4,5-17	6-13	0,4-3,2
Concentration annuelle moyenne air Montréal			0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,8	0,8	0,2	1,5	1,6		5,7	1
Concentration maximale air Montréal			2	1,4	3,1	1	1,5	2,9	0,2	0,2	3,5	8,8	1,6	9,6	7,2		21	7,7
TERRAINS INTÉRIEURS																		
Granulats SBR	174-364		0,4-0,7	0,1-1,2	1-2		0,8-1	0,1		0,7-8,9	6-17	6,8-78	1-2	3-5,6	10-54	21-113	20-32	4-12
Granulats ETP	121		0,2	0,4	0,8		0,7		0,1	0,4	5	6	1	2	8	11	14	3
Air intérieur de maisons	10-217	nd-2,5	0,4-2,2	0,1-2,5		0,8-2	0,2-2		0,9-2,8			nd-2,8	0,5-6,7			200-1600	32	1,6-4,1

Source : Résumé des données présentées dans les avis de Beausoleil et al., 2008 et Price, 2013

Matériaux semblables à ceux du gazon synthétique de LCC et des gazons synthétiques installés récemment

Concentrations mesurées dans l'air au-dessus des gazons synthétiques extérieurs supérieures aux concentrations maximales mesurées dans l'air de Montréal

Annexe 2. Évaluation des risques reliés aux nanomatériaux en lien avec les gazons synthétiques

1. Description des nanotechnologies

Les nanotechnologies constituent un nouveau domaine industriel qui évolue très rapidement. Ces technologies s'intéressent à la création ou à la manipulation de particules et de matériaux ayant une dimension de l'ordre de 1 à 100 nanomètres (nm, c'est-à-dire un milliardième de mètre) : on peut distinguer les « nanoparticules » dont les trois dimensions (longueur, largeur, épaisseur) sont nanométriques, les « nanofibres » (nonofil, nanotube et nanotige) qui ont deux dimensions nanométriques et les « nanoplaques » dont une seule dimension est de l'ordre des nanomètres. La très petite taille de certains nanomatériaux leur confère des propriétés particulières en termes d'effets chimiques, biologiques, électroniques, magnétiques, optiques, mécaniques ou structuraux. On retrouve également des matériaux nanométriques d'origine naturelle, soit biologique (ADN, virus, bactérie), soit minérale ou environnementale (fraction fine du sable de désert, smog, fumées d'activité volcanique ou de feux de forêt) (Ostiguy et al., 2010).

Les nanoparticules sont aujourd'hui très présentes dans nos milieux de vie. En 2010, l'IRSST considérait qu'il y avait plus de 800 produits commercialisés ayant des composantes « nanos »; on les retrouve dans des cosmétiques, des emballages, des textiles, etc. (Tableau 12). L'arrivée de ces nouveaux produits pose des questions quant aux risques des nanoparticules de synthèse pour la santé et la sécurité des travailleurs qui les manipulent, de même que pour la santé de la population en général (Ostiguy et al., 2010).

Tableau 12. Exemples de domaines d'application possibles selon la nature des nanomatériaux et de produits pouvant contenir des nanomatériaux (ANSES, 2014)

Nanomatériaux	Domaines d'application	Exemples de produits finis
Nano-oxydes	Matériaux composites structuraux, Composants anti-UV – Polissage mécano-chimique des substrats dans la microélectronique – Applications photocatalytiques, bâtiments et travaux publics	Additifs alimentaires, peintures, cosmétiques, encres, pneus
Matériaux nanométralliques	Secteurs antimicrobiens et/ou de la catalyse – Couches conductrices des écrans, les capteurs ou encore les matériaux énergétiques	Pansements, films alimentaires, revêtements (réfrigérateur), plans de travail, vitres ou murs autonettoyants, vêtements, matériaux en contact avec des denrées alimentaires, emballages alimentaires ingérables
Noir de carbone	Nanocomposites conducteurs électriques – Matériaux structuraux – nanoélectronique, biomédical	Raquette de tennis, écran souple, pare-chocs, phares, batteries, pneus
Nanomatériaux massifs	Transports, bâtiments et travaux publics, équipements sportifs	Revêtements durs – Composants structuraux pour l'industrie aéronautique, l'automobile, les conduites pour les industries pétrolières et gazières, le domaine sportif ou le secteur anticorrosion
Dendrimères	Domaine médical – Domaine cosmétique	Administration de médicaments, détection rapide
<i>Quantum dots</i>	Applications optoélectroniques (écrans)	Cellules photovoltaïques, encres et peintures pour applications de type marquage anti-contrefaçon
Fullerènes	Secteurs du sport (nanocomposites) et des cosmétiques	Mascaras, crèmes de beauté, balles de golf
Nanofils	Électronique, opto-électronique, photovoltaïque	Applications dans les couches conductrices des écrans ou encore les cellules solaires ainsi que les dispositifs électroniques

2. Utilisation de nanomatériaux dans la fabrication des pneus

Dans le cadre des gazons synthétiques, la question des nanomatériaux fait référence aux granulats SBRr qui proviennent de pneus recyclés. Depuis des décennies, des nanoparticules sont ajoutées lors de la fabrication des pneus afin d'en augmenter les performances et la durée de vie, de réduire leur poids et les émissions sonores lors du roulement, et d'éliminer l'électricité statique.

Le noir de carbone est un nanomatériau ajouté aux pneus depuis longtemps; ses propriétés et ses effets sur la santé sont bien documentés. Le noir de carbone se présente sous forme de particules sphériques de 20 à 70 nm de diamètre, pouvant se lier entre elles sous forme d'agrégats atteignant 500 nm (IRSST,

2014). Les nanotubes de carbone (NTC) sont des nanomatériaux plus récents dans la composition des pneus, et dont les propriétés sont encore à l'étude. Les nanotubes de carbone ont une forme cylindrique creuse d'un diamètre de 0,7 nm. Ces cylindres peuvent également se présenter en plusieurs couches, atteignant un diamètre de 100 nm (IRSST, 2014). Des nanoparticules inorganiques (SiO₂) sont aussi utilisés comme additifs dans les pneus (Ostiguy et al., 2010; Vasiliadis, 2011).

3. Évaluation de l'exposition potentielle aux nanomatériaux

Certains ont soulevé des questions quant aux risques des nanoparticules présentes dans les granulats SBRr pour la santé des utilisateurs. Tout comme pour les substances chimiques, le potentiel d'émission des nanoparticules à partir d'un produit de consommation est un facteur important car il détermine l'exposition des personnes à ces substances. On a vu précédemment que certaines composantes chimiques des gazons synthétiques sont émises sous forme de métaux ou sous forme gazeuse (COV, HAP, etc.). L'évaluation de l'exposition des joueurs et le risque attribuable à cette exposition est alors estimé en tenant compte de l'émission de ces substances à partir des granulats.

Pour leur part, les nanomatériaux sont fortement liés à la substance dans laquelle ils ont été ajoutés (p. e. le polymère formant les pneus). Or, contrairement à certaines substances chimiques déjà décrites, il n'est pas attendu que les nanomatériaux soient émis d'emblée des objets solides qu'ils composent, tel que décrit dans l'ANSES, 2014 :

« Le relargage de nanoparticules dans l'état d'origine, c'est-à-dire non recouvertes en surface par les matériaux dans lesquels elles étaient incorporées, est peu probable, comme cela a été montré sur des crèmes solaires. »

L'évaluation de l'exposition de la population aux nanomatériaux comporte des incertitudes au niveau des méthodes de prélèvement et de caractérisation de l'exposition de la population. De plus, il existe des difficultés à distinguer les nanomatériaux des particules ultrafines déjà présentes dans l'environnement (ANSES, 2014).

Il existe également des incertitudes au niveau de protocoles d'études utilisés pour déterminer les effets sur la santé et les mécanismes de toxicité. Plusieurs études ont exposé des cellules ou des animaux à divers types de nanomatériaux « libres », c'est-à-dire non intégrés dans des produits de consommation. Mais, jusqu'à présent, peu d'études ont quantifié l'émission de nanomatériaux ajoutés aux produits de consommation (pneus, crèmes solaires, maquillage, équipement électronique, etc.). Et à notre connaissance, il n'y aurait actuellement aucune étude qui porte spécifiquement sur l'émission de nanomatériaux en lien avec l'utilisation de gazons synthétiques, ni sur la détermination de leur toxicité.

Aussi, en raison du manque de données concernant spécifiquement les nanomatériaux en lien avec les gazons synthétiques, notre évaluation porte plutôt sur deux principaux nanomatériaux pouvant faire partie des pneus, soit le noir de carbone et les nanotubes de carbone. Le potentiel d'émission de ces

nanomatériaux à partir de produits de consommation ainsi que la toxicité des deux formes sont présentés.

4. Potentiel d'émission et toxicité du noir de carbone

Les pneus peuvent contenir jusqu'à 30% de noir de carbone utilisé comme agent de renforcement du caoutchouc.

Le noir de carbone est considéré comme une composante des particules fines d'un diamètre inférieur à 2 500 nm ou 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$) retrouvées dans l'atmosphère et associées à la pollution atmosphérique. En milieu urbain, les $\text{PM}_{2.5}$ et le noir de carbone proviennent principalement de la combustion et sont en lien avec les émissions des moteurs diesel. Une fraction des $\text{PM}_{2.5}$ et du noir de carbone provient aussi de l'usure des pneus sur la chaussée (USEPA, 2015). Les $\text{PM}_{2.5}$ causeraient surtout des effets au niveau pulmonaire et cardiovasculaire (USEPA, 2015).

En ce qui a trait plus spécifiquement aux gazons synthétiques, des mesures de particules fines n'ont montré aucune différence significative entre les valeurs de $\text{PM}_{2.5}$ et de PM_{10} (particules de moins de 10 μm ou 10 000 nm) échantillonnées dans l'air au-dessus d'un terrain synthétique et celles mesurées dans l'air ambiant (Schiliro, 2013).

5. Potentiel d'émission et toxicité des nanotubes de carbone

Les nanotubes de carbones (NTC) sont rajoutés au mélange de caoutchouc formant le pneu en raison des caractéristiques mécaniques qu'ils confèrent aux pneus : résistance à la traction, résistance aux déchirures et dureté. Les nanotubes de carbone ne représentent pas plus de 3% du mélange de caoutchouc (Giftson et Felix, 2014).

De façon générale, les concentrations de nanotubes de carbone sont faibles dans l'air ambiant (Lam, 2006). Outre les sources industrielles, elles résultent de la combustion du diesel ou de la biomasse et se retrouvent dans la poussière présente en bordure des routes en raison de l'usure des pneus sur la chaussée (Dahm, 2015; USEPA, 2015). Des agrégats de nanotubes de carbone sont également présents dans l'air intérieur des cuisines où on utilise un poêle au gaz, et les niveaux mesurés à l'intérieur sont plus élevés que dans l'air extérieur (Murr, 2004). Les NTC sont également présents dans l'air intérieur des industries ou des laboratoires qui les produisent ou les manipulent, et ce à différentes concentrations en fonction des méthodes de production utilisées et de la ventilation présente dans le milieu de travail.

Des effets ont été observés dans les études *in vitro* (sur des cellules) ou dans les études *in vivo* (chez les animaux) suite à des expositions à de fortes doses de NTC. L'extrapolation des résultats des études animales pour l'humain demeure difficile car la dose et les scénarios d'exposition *in vitro* et *in vivo* diffèrent grandement de l'exposition réelle des travailleurs ou de la population (Lamberti, 2015).

Présentement, aucun lien n'a été établi entre l'exposition humaine aux NTC et des effets sur la santé humaine (Erderly, 2013).

Dans les études animales, les facteurs qui déterminent la toxicité des NTC sont la grosseur, la longueur, le diamètre, la pureté, la fonctionnalité (ajout moléculaire afin de conférer certaines caractéristiques) ainsi que la forme des fibres (p.e. sous forme de poudre, ou incorporé dans un matériau composite ou dans un thermoplastique) (Lamberti, 2015). Lors de l'inhalation de NTC sous forme libre et de faible diamètre, ces derniers sont retenus dans le tissu alvéolaire ou pleural, pouvant alors produire une réaction au niveau du tissu pulmonaire, tel la cytotoxicité ou une fibrose interstitielle (Lamberti 2015). Certains auteurs comparent d'ailleurs la toxicité des fibres libres de NTC avec celle des fibres d'amiante. Cette comparaison ne peut cependant pas être généralisée aux formes particulières agglomérées de NTC (Donaldson 2013, Boyles, 2015). Tel que mentionné précédemment, ces effets ont été observés en laboratoire avec des scénarios d'exposition à de formes de NTC et des doses qui peuvent différer grandement de l'exposition réelle de la population (p.e. fibres libres comparativement à des fibres non libres, incorporées et liées aux composantes des matériaux de consommation). Ils n'ont pas été observés chez l'humain et peu d'information est disponible quant au potentiel d'exposition du travailleur ou de la population à ces matériaux.

Puisque les travailleurs sont potentiellement plus exposés aux nanomatériaux lors des différentes étapes de production, des études récentes ont tenté de déterminer le degré d'exposition des travailleurs qui manipulent ces substances ainsi que la forme (libre ou agglomérée) sous laquelle les NTC se retrouvent dans l'air en milieu industriel. En 2013, NIOSH a réalisé une évaluation de l'exposition des travailleurs aux NTC et aux autres nanofibres dans 14 entreprises utilisant ou produisant des NTC (industrie thermoplastique, électronique, etc.) (Dahm, 2015). Dans les 14 sites échantillonnés, la majorité des échantillons prélevés présentaient des NTC sous forme agglomérée ($> 2\text{-}5\ \mu\text{m}$ ou $> 2\ 000\text{-}5\ 000\ \text{nm}$). Peu de fibres de NTC ont été observées sous forme individuelle ou sous forme de particules agglomérées d'un diamètre inférieur à $1\ \mu\text{m}$ ou $1\ 000\ \text{nm}$ (Dahm 2015).

Froggett, 2014 et Nowack, 2013 ont étudié le potentiel d'émission de NTC à partir de matériaux utilisés par les travailleurs ou la population afin de mieux comprendre l'exposition de la population générale aux NTC. Ces études ont évalué divers scénarios d'usure (y compris la dégradation environnementale, comme celle attribuable aux rayons UV) ainsi que des scénarios utilisant la forme libre ou la forme agglomérée de fibres émises. Certains de ces scénarios d'émission de NTC impliquaient des pneus ou de l'équipement sportif soumis à une usure mécanique ou environnementale. Suivant ces scénarios, il a été observé que bien que l'émission sous forme libre soit possible, surtout au niveau de l'usure des pneus sur la chaussée ou lors de procédés industriels nécessitant une énergie importante (perçage, ponçage, coupe de composé NTC), les fibres émises se retrouvent plutôt sous forme de particules liées à la matrice de polymère. Cette même conclusion est également observée suite à une dégradation environnementale (climat, UV).

6. Résultats de l'analyse concernant les nanomatériaux

Les nanomatériaux sont présents dans de nombreux produits de consommation et produits alimentaires. En raison du caractère nouveau de ce type de matériaux, il existe peu de données sur l'exposition de la population générale à partir de divers produits, dont les gazons synthétiques. Les études réalisées jusqu'à présent indiquent que l'émission de nanomatériaux, tels les nanotubes de carbone sous leur forme initiale, à partir du matériau qu'ils composent est peu probable, même suite à une usure mécanique ou environnementale.

En considérant l'information présentée et les divers scénarios d'émission étudiés, il nous apparaît peu probable que la concentration de nanoparticules au-dessus d'un gazon synthétique soit significativement différente de celle déjà présente dans l'air ambiant. Toutefois, puisque ces technologies sont nouvelles et que la recherche sur les effets sur la santé de ces matériaux se poursuit, la DSP de Montréal continuera de suivre la littérature scientifique à ce sujet.