

Le Directeur général

Maisons-Alfort, le 29 août 2018

NOTE

d'appui scientifique et technique

de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,

de l'environnement et du travail

relative à une demande sur les éventuels risques liés à l'emploi de matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés dans les terrains de sport synthétiques et usages similaires

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 21 février 2018 par les Ministères de la Transition écologique et solidaire, des Solidarités et de la Santé, de l'Economie et des Finances, du Travail, de l'Agriculture et de l'Alimentation, ainsi que par le Ministère des Sports, pour la réalisation de l'expertise suivante : demande d'appui scientifique et technique (AST) sur les éventuels risques liés à l'emploi de matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés dans les terrains de sport synthétiques et usages similaires.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE

Le recyclage de pneumatiques usagés sous forme de granulats utilisés dans la production de sols et revêtements synthétiques est l'une des voies de valorisation des déchets de pneumatiques. Ces revêtements synthétiques soulèvent des préoccupations quant à leur impact éventuel sur la santé humaine et sur l'environnement, notamment en raison des substances chimiques présentes dans leur composition. Ce questionnement est particulièrement prégnant lorsque ces granulats sont utilisés comme constituants des terrains de sport ou des aires de jeux pour enfants.

Les matériaux synthétiques contenant des granulats de pneumatiques usagés sont utilisés dans des environnements extérieurs et intérieurs, pour la pratique de sports ou pour des activités récréatives (aires de jeux). Selon l'inventaire des équipements sportifs du ministère des Sports, le nombre de terrains sportifs synthétiques de grande dimension était estimé, au début de l'année 2018, à environ 3000 en France. En outre, les situations d'exposition sont nombreuses et variées. Ainsi, les groupes de population concernés sont les sportifs professionnels ou amateurs, les enfants, les travailleurs chargés de la fabrication, la pose et l'entretien de ces terrains. L'émission

des granulats libres dans l'environnement ainsi que la lixiviation de substances chimiques, qui se retrouvent dans les sols et eaux souterraines, à partir de ces granulats posent également question. Enfin, la question des impacts potentiels sur la santé animale est également évoquée compte tenu de la possibilité d'autres usages plus spécifiques de ces matériaux, tels que les constituants de litière animale ou dans les sols de manèges pour la pratique de l'équitation.

Depuis plusieurs mois, les médias ont fait état de préoccupations liées à la réutilisation des pneumatiques usagés, notamment quant à leur utilisation dans des terrains de football synthétiques. Cette forte préoccupation a donné lieu à de multiples sollicitations de l'Anses de la part de représentants de la société civile, des collectivités locales, d'élus et de l'industrie. L'association « Robin des Bois », les villes de Nantes et de Paris ont notamment contacté l'Anses sur ce sujet.

En écho à une première saisine de Robin des Bois, une demande d'appui scientifique et technique a été adressée le 21 février 2018 à l'Anses, co-signée par 6 ministères (les tutelles de l'Anses et le ministère chargé des sports) et porte sur l'exposition de la population générale (adultes et enfants) et de la population en milieu de travail. La question autour des expositions professionnelles comprend l'utilisation d'autres substances chimiques potentiellement toxiques lors des différentes étapes de fabrication, de pose et d'entretien.

Les risques potentiels pour l'environnement, ainsi que pour la santé des animaux susceptibles d'être en contact avec ces matériaux sont également cités, afin d'être discutés. Néanmoins, après échanges avec les représentants de la Direction générale de l'alimentation et de représentants de la filière industrielle, il apparaît que les usages pouvant exposer les animaux constituent des utilisations très peu répandues. Cette question n'est donc pas traitée dans la présente note.

L'appui scientifique et technique de l'Anses poursuit plusieurs objectifs. En accord avec la demande des ministères, il ne constitue pas une évaluation des risques sanitaires et ne vise donc pas à émettre une conclusion de l'agence sur l'existence ou l'absence de risques. Il vise à identifier et hiérarchiser les besoins de connaissance concernant les différentes situations d'exposition. Pour ce faire, il s'appuie sur l'analyse contextualisée des données publiées et recense les travaux en cours. Cette note vise également à apporter un appui pour l'élaboration de la position française s'agissant des actions de gestion en cours au niveau communautaire, en vue de restreindre la teneur d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), classés cancérigènes probables pour l'Homme dans les granulats utilisés comme matériaux de remplissage. Au-delà, elle a pour objectif d'identifier des pistes de réflexion pour l'identification des questions prioritaires d'évaluation des risques pour la santé et pour l'environnement liés aux granulats de pneus, à traiter ultérieurement.

La présente note sera complétée prochainement par un rapport plus détaillé en langue anglaise, qui sera partagé avec les agences et instituts ayant engagé des travaux sur cette même thématique au niveau national, communautaire et international.

2. ORGANISATION DES TRAVAUX

En sus d'une analyse de publications académiques, de la mobilisation de littératures grises et de sources médiatiques, ce premier volet s'est appuyé sur l'audition des organismes suivants :

- Direction Jeunesse et Sports et Service Parisien de Santé Environnementale de la Ville de Paris, auditionnés le 6 avril 2018 ;
- Association Robin des Bois, dont le représentant a été auditionné le 3 mai 2018 ;
- Représentants de la filière industrielle, comprenant des acteurs français de la fabrication, de la pose et du contrôle des terrains et revêtements concernés par l'expertise, auditionnés le 3 mai 2018 ;

- Le syndicat européen de l'industrie du pneu et du caoutchouc (ETRMA¹), contacté par téléphone le 25 mai 2018 ;
- Le GIE² France Recyclage Pneumatiques, contacté par téléphone le 21 juin 2018.

L'expertise a été suivie par le comité d'experts spécialisés (CES) « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation » avec l'appui spécifique de deux experts rapporteurs. L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

3. ANALYSE

3.1. Réglementation et normes applicables

Dans l'Union européenne, les pneumatiques usagés sont interdits de mise en décharge depuis l'entrée en vigueur de la directive 1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets. Les producteurs des pneumatiques ont la responsabilité de veiller à la collecte et à la valorisation des pneumatiques usagés (dans le cadre du principe de la « responsabilité élargie du producteur »). Dans cette organisation, les producteurs ont donc créé une filière de valorisation des pneus usagés, représentée par un ou plusieurs éco-organismes (les principaux acteurs français étant Aliapur et France Recyclage Pneumatiques) en France métropolitaine. Dans les DROM, quatre organismes collecteurs coexistent.

L'Article R543-140 du Code de l'environnement (modifié par le Décret n°2015-1003 du 18 août 2015 - art. 4) précise que tout déchet de pneumatique collecté doit être traité selon les modes suivants, en privilégiant, par ordre de priorité :

- 1- La préparation en vue de la réutilisation (rechapage) ;
- 2- Le recyclage ;
- 3- Les autres modes de valorisation, y compris la valorisation énergétique.

Ces pratiques s'inscrivent dans le cadre plus large d'une politique européenne sur l'économie circulaire. C'est ainsi que, dans la lignée du paquet européen relatif à l'économie circulaire du printemps 2018³, la France a également adopté en avril 2018 une feuille de route *ad hoc*⁴.

Concernant la production des pneumatiques, l'entrée 50 de l'annexe XVII du règlement REACH⁵ limite, depuis 2010, la teneur en HAP des huiles utilisées pour leur fabrication :

A partir du 1^{er} janvier 2010, les huiles de dilution ne peuvent être mises sur le marché, ni utilisées pour la production de pneumatiques ou de parties de pneumatiques, si elles contiennent:

- plus de 1 mg/kg (0,0001 % en poids) de BaP, ou
- plus de 10 mg/kg (0,001 % en poids) de la somme de tous les HAP énumérés⁶.

¹ European Tyre & Rubber Manufacturers' Association

² Groupement d'intérêt économique

³ Le paquet économie circulaire a été adopté en 2018 par le Parlement et est connecté à d'autres politiques européennes (Feuille de route sur l'usage efficient des ressources, dans le cadre de la Stratégie de croissance Europe 2020). A destination des consommateurs et industriels, il reste principalement articulé autour d'enjeux économiques, ponctuellement environnementaux et sociaux.

⁴ Ministère de la transition écologique et solidaire, Feuille de route pour l'économie circulaire : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Feuille-de-route-Economie-circulaire-50-mesures-pour-economie-100-circulaire.pdf>

⁵ Règlement n°1907/2006 du 18 décembre 2006

Pour autant, il n'existe pas de réglementation spécifique encadrant la composition chimique des granulats de pneumatiques en vue de leur recyclage, notamment lorsqu'ils sont utilisés comme matériau de remplissage dans les terrains de sport artificiels ou dans les aires de jeux.

Il existe par ailleurs plusieurs normes qualité pour les terrains (gazons) synthétiques, produites par le Comité européen de normalisation (CEN) ou l'AFNOR pour ce qui concerne les versions françaises. Ces normes se concentrent uniquement sur les performances techniques attendues (durabilité, rebond de la balle, perméabilité à l'eau, absorption des chocs...).

Pour ce qui concerne les terrains de grands jeux en gazon synthétique, la norme française NF P90-112 en définit les conditions de réalisation. Les seuls requis d'ordre sanitaire ou environnemental concernent l'existence de seuils de lixiviation pour 6 métaux lourds (plomb, cadmium, chrome total et chrome VI, mercure, étain et zinc).

La norme internationale EN 15330-1 et le programme qualité de la fédération internationale de football (FIFA) préconisent des spécifications pour la performance et les propriétés mécaniques des terrains de sport. Sur cette base de requis techniques, la FIFA accrédite des instituts pour certifier des installations de sport notamment les terrains de football synthétiques.

« *World Rugby* » a également publié des spécifications techniques pour la pratique du rugby. En l'absence de critères sanitaires explicites dans ces normes, certains fabricants utilisent en sus et de manière volontaire des labels de qualité comme *Greenguard certification*⁷ garantissant le contrôle de l'émission de polluants potentiellement dangereux, en adaptant des méthodes utilisées pour le contrôle des émissions dans l'air intérieur (série de normes ISO 16000) ou pour la migration à partir des jouets (norme EN 71-3).

Pour ce qui concerne les aires de jeux, le décret n°96-1136 du 18 décembre 1996 fixe les prescriptions de sécurité relatives aux aires collectives de jeux. L'accent est porté sur les performances d'amortissement, même si son annexe II précise que les matériaux de revêtement de l'aire de jeux doivent satisfaire aux conditions d'hygiène et de propreté permettant d'éviter toute souillure ou contamination. La norme BS EN 1177 (2018) définit les méthodes d'essai pour la détermination de l'atténuation de l'impact (hauteur de chute critique).

La norme NF EN 1176-1 (octobre 2008) précise les exigences de sécurité et méthodes d'essai générales pour les équipements et sols d'aires de jeux. Elle indique que les substances dangereuses ne doivent pas être utilisées dans les équipements d'aires de jeux si elles peuvent constituer un risque pour la santé de l'utilisateur, en s'appuyant sur la directive obsolète 76/769/CEE (abrogée par le règlement REACH).

En synthèse, il ressort de ce travail d'identification réglementaire et normatif que les textes sont principalement tournés vers les performances sportives et les qualités d'amortissement (notamment pour les aires de jeux), sans exigences relatives à la composition chimiques ou aux risques sanitaires ou environnementaux liées aux matériaux (à l'exception des seuils de lixiviation de métaux lourds dans la NF P90-112).

⁶ a) Benzo(a)pyrène (BaP), Benzo(e)pyrène (BeP), Benzo(a)anthracène (BaA), Chrysène (CHR), Benzo(b)fluoranthène (BbFA), Benzo(j)fluoranthène (BjFA), Benzo(k)fluoranthène (BkFA), Dibenz(a, h)anthracène (DBAhA).

⁷ Le *GREENGUARD Synthetic Turf Certification Program* peut être cité à titre d'exemple. Plus d'information disponible ici : http://greenguard.org/en/CertificationPrograms/CertificationPrograms_SyntheticTurf.aspx.

3.2. Valorisation des pneumatiques usagés

La filière des pneumatiques usagés regroupe de nombreux acteurs intervenant tout au long du cycle de vie, depuis les fabricants et distributeurs de pneumatiques jusqu'aux opérateurs de la collecte et du traitement des pneumatiques en fin de vie.

La figure ci-dessous explicite les différentes possibilités de recyclage des pneumatiques en fin de vie.

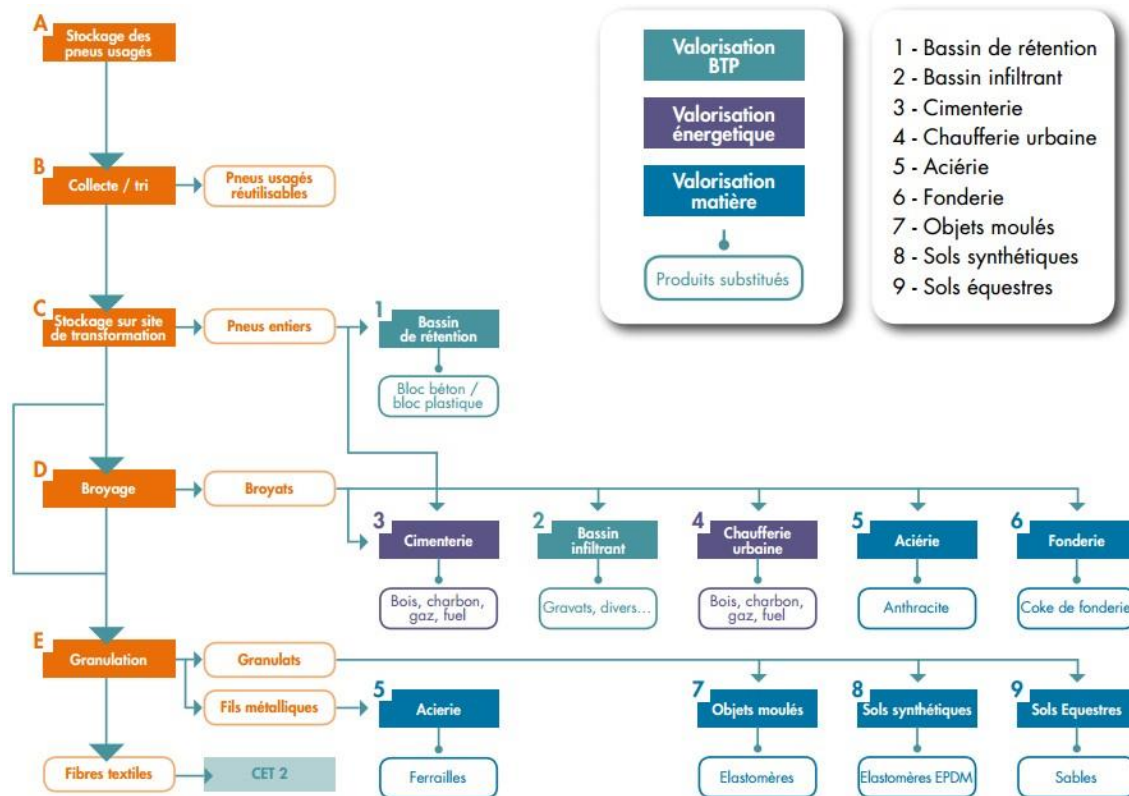


Figure 1 : Les différentes voies de recyclage des pneumatiques (Source : Plaquette ACV – Aliapur)

En dehors du réemploi, qui reste la première option à privilégier, deux autres voies de valorisation existent :

- Valorisation énergétique (représentant 35 à 45% de la filière de traitement des pneus en France, en 2017)
- Valorisation matière, notamment sous forme de granulats (représentant 40 à 50% de la filière de traitements des pneus en France, en 2017).

Les granulats de pneumatiques recyclés peuvent être utilisés pour différents usages tels que les sols synthétiques (incluant notamment les gazons synthétiques ...), les objets moulés, les sols absorbants de chocs (aires de jeux, les pistes d'athlétisme), les sols équestres, les enrobés routiers....

En France métropolitaine, en 2017, environ 420 000 tonnes de pneus usagés ont été collectés par les deux organismes collecteurs présents sur le territoire. Dans les DOM, environ 17 000 tonnes de pneus ont été collectés. La valorisation matière, sous forme de granulats, diffère selon l'organisme collecteur. En France métropolitaine, en 2016, environ 90 000 tonnes de pneus usagés sont recyclées en granulats.

Une analyse de différentes études disponibles a permis de mettre en évidence la présence en 2017, de 2500 à 3000 terrains synthétiques en France (ECHA, Ministère des Sports) avec une

moyenne de 180 terrains de football installés par an. Ce nombre représente moins de 10% de la totalité des grands terrains de football, les 90% autres étant en gazon naturel.

Les gazons artificiels et les aires de jeux présentent un profil de composition similaire, pour ce qui concerne les couches d'amortissement. Les gazons synthétiques et les aires de jeux peuvent être constitués de granulats de caoutchouc de trois types : SBR (Styrene-Butadiene Rubber⁸), EPDM (Ethylène-Propylène-Diène Monomère) ou TPE (élastomère thermoplastique) (Figure 2). Les granulats de pneumatiques recyclés entrent dans la composition des granulats SBR.

Les différents constituants habituellement retrouvés dans les revêtements et terrains synthétiques considérés sont schématisés ainsi :

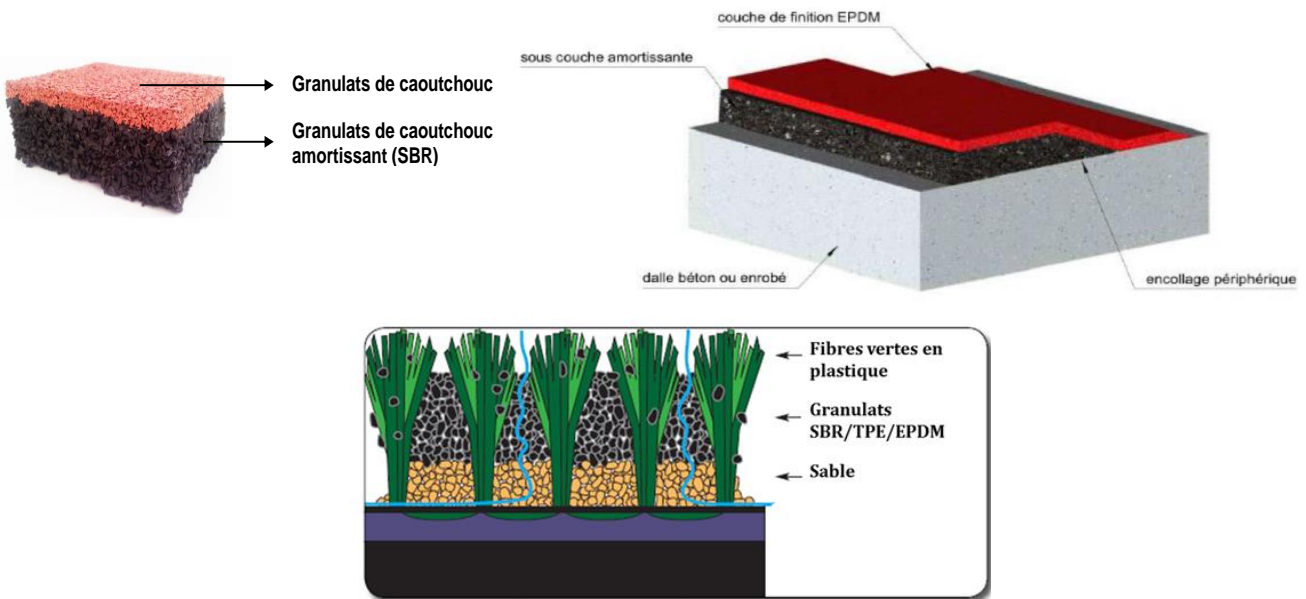


Figure 2 : Typologie d'usage des granulats de caoutchouc composant les aires de jeux et les gazons synthétiques (Judille, 2015)

Les gazons synthétiques sont généralement composés :

- De filaments d'herbe en polyéthylène ou polypropylène coloré, attachés au tapis par du polypropylène encapsulé par du latex,
- De sable qui apporte du poids et qui permet au tapis d'herbe de rester en place,
- De granulats de pneumatiques en SBR, des granulats en EPDM ou en TPE, pour améliorer l'amorti et l'élasticité.

Une sous couche de granulats de pneus liés peut être ajoutée sous le tapis d'herbe synthétique (*shockpad*).

Les granulats de pneus usagés peuvent également être utilisés comme constituants des aires de jeux pour enfants en couche d'amortissement. Ils sont broyés, mélangés à une résine colorée et coulés dans un moule. Ces sols permettent une importante absorption des chocs.

Les pistes d'athlétisme sont quant à elles souvent composées de granulats d'EPDM colorés (sans granulats de pneus) et liés par des résines polyuréthanes. Les granulats de pneus usagés sont donc préférentiellement utilisés comme sous-couches de ces pistes d'athlétisme du fait de leurs caractéristiques physiques irrégulières.

⁸ Copolymère de styrène-butadiène.

L'entretien de ces terrains et revêtements (notamment les aires de jeux) nécessite l'emploi éventuel de produits biocides, notamment pour éviter l'apparition de mousse (préconisations du programme qualité FIFA 2015) ou une éventuelle contamination microbiologique. S'agissant des aires de jeux, l'emploi de produits phytosanitaires est interdit dans les espaces publics. Les industriels du secteur auditionnés évoquent un entretien à l'eau.

3.3. Présentation comparative des coûts et des bénéfices liés à l'installation de gazons synthétiques et de gazons naturels

Cette section a pour objectif de présenter une synthèse de l'analyse descriptive et comparative des coûts pour l'acquéreur liés à l'installation d'un gazon synthétique *versus* un gazon naturel, pour un terrain de football. Ces éléments sont développés dans un rapport complémentaire *ad hoc*.

3.3.1. Coûts comparés d'un gazon synthétique et d'un gazon naturel

Après une analyse de la littérature disponible sur les coûts des gazons synthétiques et naturels en France, en Europe et au niveau international, les conclusions suivantes sont mises en avant :

- L'installation d'un gazon synthétique demande un investissement financier bien supérieur à celui d'un terrain en gazon naturel.
- Un gazon synthétique reste moins cher à entretenir qu'un gazon naturel. En effet, la fourchette de coût de maintenance pour un gazon synthétique est plus restreinte que celle d'un gazon naturel. Néanmoins l'ordre de grandeur des coûts de maintenance est similaire.
- Un gazon synthétique possède une durée de vie limitée. En effet, celui-ci doit être remplacé environ tous les 10 ans, ce qui génère de nouveaux coûts, appelés coûts de fin de vie. Ils correspondent notamment au frais d'enlèvement, de recyclage et de dépose en décharge du gazon (coûts généralement supportés par l'acquéreur).

3.3.2. Bénéfices comparés d'un gazon synthétique et d'un gazon naturel

Le tableau suivant présente une synthèse des avantages présentés par les gazons synthétiques et naturels. Ce tableau recense les bénéfices du point de vue des utilisateurs des gazons synthétiques et naturels ainsi que des acquéreurs. Les bénéfices listés ci-dessous sont de nature qualitative.

Tableau 1 : Bénéfices comparés d'un gazon synthétique et d'un gazon naturel

Bénéfices des gazons synthétiques	Bénéfices des gazons naturels
Taux d'occupation plus élevé : 1 terrain synthétique pour 5 terrains naturels (IRDS, 2011). Plus d'heures d'utilisation : 30h par semaine contre 6h par semaine pour un gazon naturel (IRDS, 2008)	Dureté du terrain : meilleur absorption des chocs, donc moins de douleurs aux pieds ressenties par les sportifs (Yasamin Alipour Ataabadi <i>et al.</i> , 2017)
Davantage résistant aux changements de température : moins d'annulation ou de report	Joueurs professionnels préféreraient le gazon naturel (cf. rapport)

Bénéfices des gazons synthétiques	Bénéfices des gazons naturels
d'entraînements, besoin réduit de louer un autre terrain lorsque les conditions climatiques sont défavorables	
Source de nouveaux revenus : organisation d'évènements autre que sportif comme des concerts, des feux d'artifices...	Température du terrain reste constante en toute saison (cf. rapport)
Permet de faire des économies d'eau : Jusqu'à 4 000 000 L / an pour un terrain (Aigueperse M. 2017)	Bénéfices engendrés par la biodiversité et les services écosystémiques : propriétés de « puits de carbone » (Toronto Public Health, 2015)
Facilité d'installation : peut s'installer sur n'importe quelle surface en intérieur comme en extérieur (Aigueperse M. 2017)	Flexibilité dans les changements d'accélération (Yasamin Alipour Ataabadi <i>et al.</i> , 2017)

3.4. Dynamiques sociopolitiques. Etat des lieux des débats sur les revêtements synthétiques

Les débats relatifs aux revêtements artificiels ont émergé en Amérique et Europe du Nord au milieu des années 2000, mobilisant une grande diversité d'acteurs publics et privés. Alimentées par des « expériences sensibles », les préoccupations sociales qui se sont manifestées s'avèrent très composites. Elles renvoient à des considérants sanitaires (risques de maladies et contamination chimique, blessures et contamination bactériologique, gêne due aux odeurs), environnementaux (contamination des sols, perte de verdure), sportifs (performance, rebond, vitesse...), liés à la texture, à la composition et à la place des revêtements artificiels. Le monde amateur et professionnel du football est plus particulièrement impliqué, les revêtements des terrains de sport (intérieur et extérieur) étant au cœur des inquiétudes. Le risque de développement de cancers chez les footballeurs pratiquant leur sport sur les terrains artificiels est soulevé par des entraîneurs et des parents, sur la base de constats empiriques. Les questions économiques, quoique beaucoup plus discrètes, ne sont pas absentes des débats. Elles renvoient à la concurrence à laquelle peuvent se livrer les producteurs de terrains synthétiques et producteurs de terrains naturels (avec des arguments présentés dans l'analyse comparative ci-dessus) sur le marché des équipements sportifs et récréatifs.

Largement polarisés sur les terrains sportifs et l'exposition des enfants, les débats en France se sont développés plus tardivement dans l'espace public qu'à l'échelle internationale. Leur trajectoire peut être schématiquement découpée en plusieurs étapes. La première, avant 2012, révèle des discussions principalement tenues « en espaces confinés » et à l'échelle nationale, notamment à l'initiative d'une association environnementale. Elles incluaient pouvoirs publics, acteurs économiques et l'association Robin des Bois. L'association soulève la question de l'existence éventuelle de risques sanitaires – notamment pour les enfants, et de risques environnementaux associés aux terrains sportifs artificiels. Dans un deuxième temps, à partir de 2012 et d'une première alerte dans la Drôme, les controverses se sont davantage « publicisées » et localisées, impliquant de nouveaux acteurs. Des parents et des collectivités territoriales se sont notamment enquis de l'exposition des enfants à des substances chimiques et des risques sanitaires potentiels liés à la composition des terrains sportifs. Ils demandent notamment la mise en place d'études scientifiques poussées. Cette extension des controverses est appuyée par une médiatisation renouvelée du sujet des terrains sportifs synthétiques. Le risque de cancer est largement évoqué *via* ces supports. Enfin, des préoccupations relatives à la santé au travail ont émergé récemment. Remontée ponctuellement du terrain, la question des expositions professionnelles a été abordée par l'association Robin des Bois et figure parmi les préoccupations de la Direction générale du travail.

Toutes ces inquiétudes ne sont pas partagées par les fabricants et installateurs de terrains synthétiques, signalant le danger de « psychose » collective, de la désinformation et l'importance

du manque à gagner en cas de suspension de pose. En effet, plusieurs collectivités locales ont gelé provisoirement les marchés publics relatifs à la mise en place de terrains artificiels.

Plus globalement, les débats sur les revêtements synthétiques posent la question de l'identification et de la mesure d'éventuelles externalités négatives associées au développement de l'économie circulaire en général et du recyclage en particulier. Le développement de l'usage des granulats de pneus ayant longtemps été considéré sous un angle « vertueux » uniquement.

3.5. Composition des granulats de pneumatiques usagés

Les granulats de pneus usagés utilisés dans les terrains synthétiques ont été analysés par différents organismes afin de déterminer leur composition (RIVM, 2017; Celeiro, 2018 ; Menichini, 2011). Plusieurs grandes études ont notamment mis en évidence la présence de différentes familles de substances telles que :

- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- Les benzothiazoles,
- Les phtalates,
- Les métaux (tels que le plomb, le zinc, le cuivre, le cadmium, le nickel etc...),
- Les phénols,
- Les BTX (benzène-toluène-xylène),
- Les polychlorobiphényles (PCB), les dioxines (PCDD et PCDF),
- Des composés organiques volatils ou d'autres composés organiques semi-volatils,
- Des substances spécifiques, telles que la 1,3-diphénylguanidine, l'aniline, le formaldéhyde, la N-1,3-diméthylbutyl-N'-phényl-p-phénylènediamine...

Peu d'études concernant la composition des aires de jeux pour enfants contenant des granulats de pneumatiques usagés en tant que sous-couches sont disponibles dans la littérature scientifique. Les colorants, résines, agents lissants, agents anti-UV, isocyanates sont autant de familles de substances pour lesquelles très peu d'études ont été réalisées afin de déterminer leur présence et leur teneur dans les matériaux utilisés pour les terrains synthétiques.

3.6. Risques pour la santé humaine

Depuis une dizaine d'années, plus d'une cinquantaine d'études a été publiée sur les risques encourus par les joueurs ou les enfants fréquentant des terrains de sport synthétiques. La majorité d'entre elles porte sur les risques associés à l'exposition aux granulats sous forme libre donc directement en contact avec les joueurs. Peu d'études se sont intéressées à l'utilisation de granulats pour la fabrication des aires de jeux et peu d'informations sont disponibles sur l'exposition à ces granulats notamment en cas de dégradation de la couche de surface. Les publications proviennent d'équipes de recherche ou d'agences sanitaires (rapports de 2017 de l'Institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM), de l'ECHA ou du *Washington State Department of Health*).

3.6.1. Synthèse des rapports les plus récents

En 2017, le RIVM a publié les résultats d'une étude réalisée à l'échelle du pays, sur 100 terrains de sport synthétiques, visant à caractériser la migration de substances depuis les granulats de pneus issus de ces terrains vers un simulant de sueur et dans un système reproduisant le système gastro-intestinal. Des essais d'émission ont également été réalisés à une température de 60°C,

température pouvant être rapidement atteinte sur des terrains synthétiques exposés en plein soleil et majorant ainsi les émissions de substances depuis les granulats. A partir des données recueillies, le RIVM a caractérisé l'exposition et estimé les risques associés à ces substances notamment les risques de leucémies et de lymphomes, pour plusieurs catégories de joueurs : enfants de 4 à 11 ans, gardiens de football à partir de 7 ans, sportifs de 11 à 18 ans, sportifs adultes jusqu'à 35 ans. Les risques pour une exposition « vie entière » ont également été calculés en cumulant les scénarii d'exposition précédents avec une exposition jusqu'à l'âge de 50 ans. Les résultats des essais de migration montrent que les substances leucémogènes, connues chez l'Homme, comme le benzène, le styrène, le 1,3-butadiène ou le 2-mercaptobenzothiazole, sont peu ou très faiblement émises par les granulats de pneus. Le risque est donc considéré comme négligeable par le RIVM. Concernant les HAP, le RIVM a calculé le risque cancérigène prenant en compte toutes les voies d'exposition : l'ingestion est la voie d'exposition prépondérante, suivie par l'inhalation de poussières. Les risques additionnels de cancers liés à l'exposition aux HAP émis par les granulats de pneus sont considérés négligeables. Enfin, aucun risque n'a été mis en évidence pour l'exposition aux phtalates, y compris dans les deux échantillons les plus concentrés contenant de l'EPDM. Le RIVM conclut pourtant que l'étude en cours de l'US EPA (cf. chapitre 3.8) apporterait des éléments nouveaux à prendre en compte, l'installation de terrains synthétiques ayant démarré avant 2001 aux Etats-Unis.

Toujours en 2017, l'ECHA a publié les résultats d'une évaluation des risques potentiels pour la santé liés aux granulats de caoutchouc recyclé, utilisés en tant que matériau de remplissage dans les pelouses synthétiques des terrains de sport. Ce rapport a été rédigé sur la base de contributions scientifiques apportées par 10 Etats membres de l'Union européenne et par l'industrie, portant sur plus de 100 terrains de sport synthétiques. Plusieurs scénarii d'exposition ont été définis, prenant en compte les sportifs (enfants et adultes) ainsi que les professionnels impliqués dans la pose et l'entretien des terrains, exposés par voies cutanée, orale et respiratoire. L'expertise de l'ECHA indique que les concentrations en HAP dans les granulats de pneus sont inférieures aux valeurs limites fixées par les restrictions REACH pour les mélanges concernant la présence de substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques. L'ECHA a conclu que le risque cancérigène pour les joueurs et les travailleurs est négligeable. Les expositions aux métaux, aux phtalates, au benzothiazole et à la méthylisobutylcétone (MIBK) sont également inférieures aux valeurs sanitaires de référence retenues par l'ECHA pour évaluer les risques. Par contre, l'ECHA signale que les composés organiques volatils (COV) émis par les granulats de caoutchouc à partir de terrains synthétiques en milieu clos peuvent provoquer des irritations oculaires et respiratoires, et également cutanées par dépôt de ces COV sensibilisants sur la peau. Ainsi, selon l'ECHA, l'exposition aux granulats de pneus est très peu préoccupante et ne remet pas en question la pratique du sport sur terrains synthétiques. Toutefois, l'ECHA a considéré que, compte tenu des incertitudes non levées par les données existantes, il doit être recommandé :

- de modifier la restriction applicable aux granulats de pneus dans le cadre du règlement REACH, afin de garantir de faibles teneurs en HAP ; en effet les valeurs limites génériques applicables aux mélanges sont considérés comme non suffisamment protectrices,
- de communiquer et de rendre facilement accessible les informations relatives aux mesures effectuées sur les terrains synthétiques, à destination des institutions, des associations sportives et des consommateurs,
- aux « granulateurs »⁹ d'élaborer des lignes directrices afin de tester leur matériau,
- aux gestionnaires de terrains synthétiques en milieu clos d'assurer une ventilation adéquate,
- aux sportifs et usagers des terrains synthétiques d'appliquer des mesures d'hygiène simples : se laver les mains après chaque match ou avant de manger, nettoyer rapidement

⁹ Fabricants de granulats

toute plaie ouverte, retirer tout élément de leur équipement sportif avant de pénétrer dans un local non sportif, notamment leur logement.

Ce rapport de l'ECHA pose question sur un certain nombre d'éléments, parmi lesquels la représentativité des données collectées auprès des Etats membres de l'Union européenne, l'exhaustivité de la recherche des substances contenues ou émises par les granulats et les hypothèses retenues pour l'évaluation des risques. Ces questions constituent des facteurs d'incertitudes dans les résultats et conclusions de l'étude. L'ensemble de ces incertitudes pourrait être levé à la publication des résultats de l'étude en cours de l'US EPA (cf. chapitre 3.8).

3.6.2. Risque cancérigène et travaux épidémiologiques

L'une des préoccupations majeures porte sur le risque cancérigène éventuel pour les sportifs, les enfants ou les travailleurs exposés aux granulats de pneus utilisés pour la fabrication d'aires de jeux ou de terrains sportifs.

Une alerte dans ce domaine a été lancée par Amy Griffin, une entraîneuse nord-américaine d'équipes universitaires de football. Elle a constaté une augmentation du nombre de cas de leucémies et lymphomes chez des joueurs, notamment chez les gardiens de but, évoluant sur des terrains de football synthétique à l'université. Depuis 2013, Amy Griffin tient une liste du nombre de joueurs universitaires atteints par ces pathologies, à partir de personnes directement rencontrées ou de personnes qui l'ont contactée, ceux-ci pouvant avoir été atteints par la maladie avant 2013. Cette liste l'a conduite à alerter les pouvoirs publics sur un potentiel rôle joué par les granulats de pneumatiques dans la survenue de ces maladies.

Une analyse de ces données a été réalisée par le *Washington State Department of Health* en 2017, dans l'objectif d'expertiser si l'étude réalisée par Amy Griffin justifiait la mise en place d'actions spécifiques de santé publique. Dans ce cadre, 53 personnes identifiées par Amy Griffin et vivant dans l'Etat de Washington (ou leurs proches parents) ont été contactées et ont reçu un questionnaire. Ces questionnaires portaient en particulier sur le type de terrain fréquenté, les sports pratiqués, le niveau et la durée de pratique du football, ainsi que les facteurs de risque associés aux leucémies et lymphomes (tabagisme, antécédents familiaux, infections par le virus d'Epstein-Barr, exposition à des rayonnements). Parmi ces 53 personnes, 35 questionnaires ont été renseignés. A partir de ces données, seules 27 personnes ont pu être réellement définies comme un « cas », c'est-à-dire une personne dont l'âge au moment du diagnostic de cancer était compris entre 6 et 24 ans, dont le diagnostic a été posé entre 2002 et 2015, vivant à Washington et jouant ou ayant joué au football au moins 5 mois. Parmi ces 27 cas, 28 cancers de tout type ont été caractérisés dont 6 leucémies, 6 lymphomes non-Hodgkiniens et 5 lymphomes Hodgkiniens. En parallèle, le nombre de cas de cancers attendus a été calculé à partir des données du registre de cancers de l'Etat de Washington, parmi la population des joueurs répondant aux mêmes critères de définition d'un cas (âge, dates de diagnostic du cancer et durée minimale de pratique du football). L'expertise du *Washington State Department of Health* a montré que le nombre total de cancers listés par Amy Griffin était inférieur à celui attendu à partir du registre, entre 2002 et 2015 : 28 vs 1 384 cancers de tout type ; 6 vs 131 leucémies ; 5 vs 147 lymphomes Hodgkiniens ; 6 vs 89 lymphomes non-Hodgkiniens respectivement. L'analyse du *Washington State Department of Health* souligne le fait que les leucémies et les lymphomes sont les cancers les plus fréquemment diagnostiqués chez les enfants et les jeunes adultes aux Etats-Unis, confirmant les données du registre. Par ailleurs, l'expertise du *Washington State Department of Health* conclut à l'absence d'une influence géographique du lieu de résidence des joueurs, ou du type de terrain de sport fréquenté. Le *Washington State Department of Health* considère donc que les joueurs peuvent continuer à s'exercer sur tout type de terrain de sport, recommandation renforcée par les conclusions déjà existantes n'indiquant pas de risque sanitaire significatif posé par la fréquentation de terrains de sports synthétiques. Il indique toutefois qu'une veille sera assurée sur le sujet.

Bleyer et Keegan en 2018 ont mené une approche épidémiologique pour la Californie, en analysant les données d'incidence de lymphomes entre 2000 et 2013 chez des adolescents et jeunes adultes de 14 à 30 ans. Les auteurs ont comparé l'incidence de ces cancers au niveau de

chaque comté de Californie, prenant en compte la race, l'origine ethnique et le niveau socio-économique de chaque individu, à partir des données de registre national de cancer du National Cancer Institute. Ces données ont été comparées aux nombres de terrains de sports synthétiques présents dans chaque comté, en calculant la densité de présence de ces terrains en fonction de la population de chaque comté. Les auteurs ont cherché à corréliser les données d'incidence de lymphomes avec les densités de présence des terrains de sports synthétiques au niveau de chaque comté, mais également avec les caractéristiques démographiques des individus ayant développé ces cancers. Les résultats de ces analyses statistiques n'ont pas mis en évidence d'association entre le nombre de terrains synthétiques et une augmentation de l'incidence des lymphomes chez cette population, entre 2000 et 2013. La corrélation a également été analysée entre les deux comtés de Californie comptant le plus grand nombre de terrains de sports synthétiques, avec les données d'incidence de lymphomes obtenues de 1975 à 2013. L'incidence annuelle de ces lymphomes est restée constante pendant cette période, malgré l'installation progressive de terrains synthétiques dans ces comtés.

Le RIVM (2017) a également consulté les données du registre des cancers des Pays-Bas, entre 2006 et 2015. Le registre indique qu'une leucémie ou un lymphome a été diagnostiquée chez 2 300 enfants de moins de 18 ans pendant cette période (correspondant à 40% des cas de cancers chez l'enfant). D'après ces données, la première cause de cancer chez les enfants de moins de 15 ans était la leucémie lymphoïde aiguë ; pour les enfants de plus de 15 ans, les lymphomes. Le RIVM a calculé une incidence standardisée sur le sexe et l'âge (entre 10 et 29 ans, tranche d'âge similaire à celle retenue par Amy Griffin), pour la période 1989-2015. Les résultats montrent que l'incidence annuelle des leucémies et des lymphomes a légèrement et progressivement augmenté, passant de 6,4 à 8,8 cas pour 100 000 entre 1989 et 2015. Une analyse de cette tendance a été comparée à la période d'installation des terrains synthétiques aux Pays-Bas, démarrée en 2001 et atteignant 30% des terrains de football en 2015. Cette analyse n'a pas mis en évidence de changement dans l'incidence des leucémies et lymphomes à compter de 2001 jusqu'en 2015. De plus, le RIVM considère que cette analyse est suffisamment sensible pour détecter l'émergence de nouveaux cas de leucémies ou lymphomes, considérant la faible incidence de ces cancers dans la population donnée.

Les données rapportées dans les études ou publications ci-dessus ne mettent pas en évidence d'excès de risque cancérigène (s'agissant des lymphomes et leucémies), associés à la mise en place ou la fréquentation de terrains de sport synthétiques.

3.6.3. Risque cutané (par contact et par émission)

Le RIVM (2017) a procédé à des essais de migration en mettant en œuvre un liquide simulant de la sueur à 37°C afin de caractériser les substances relarguées par 7 échantillons de granulats de pneus en conditions représentatives. Des essais préalables de caractérisation de composition sur ces 7 échantillons ont permis d'identifier les substances à rechercher. Pour les métaux lourds, considérés comme pertinents au regard de la composition des granulats de pneus, le plomb n'a pas été détecté et le cobalt et le cadmium ont été mesurés à des concentrations très faibles, inférieures à ce qui est requis par la Directive 2009/48/CE relative à la sécurité des jouets. Le faible potentiel de migration de ces métaux n'indique donc pas de risque majoré d'exposition par voie cutanée. Aucun phtalate parmi les 13 recherchés n'a été détecté dans le simulant de sueur. Finalement, seuls certains HAP ont été détectés et mesurés à des concentrations faibles : chrysène, naphthalène, fluoranthène, benzo[g,h,i]pérylène et pyrène (0,31 à 1,76 ng/g de granulats respectivement). Le potentiel de migration de ces HAP a été considéré comme représentatif de l'ensemble des HAP, les masses molaires du pyrène et du benzo[g,h,i]pérylène étant respectivement la plus faible et la plus élevée de l'ensemble des HAP recherchés. Le RIVM conclut donc que le potentiel de migration de substances chimiques par contact cutané à partir des granulats de pneus est très faible. En particulier pour ce qui concerne les HAP, la relation entre la migration vers la sueur et la teneur en HAP dans les granulats de pneus étant linéaire, le pourcentage de HAP finalement relargué correspond à 0,02% des HAP contenus dans les granulats.

Au-delà de l'exposition par contact direct, l'ECHA a considéré dans son rapport de 2017 une exposition cutanée après émission dans l'air, à partir des granulats, de COV se déposant sur la peau. Ainsi, le benzothiazole, la MIBK et d'autres COV allergisants ou irritants cutanés sont émis en concentrations élevées parmi les COV mesurés par l'ECHA, en particulier à partir des prélèvements de granulats effectués sur des terrains en espace clos. Ces émissions contribuent au risque de dermatites de contact chez les joueurs, ainsi qu'au risque d'irritation ou de sensibilisation par voie respiratoire. Cette conclusion est étayée par des résultats antérieurs repris de la littérature scientifique et cités par l'ECHA dans son rapport de 2017.

Enfin, des dermatoses professionnelles au caoutchouc sont décrites depuis les années 1970 et concernent des secteurs professionnels directement impliqués dans la fabrication des pneus ou en contact avec des articles en caoutchouc. La fiche toxicologique de l'INRS (2008) liste les principaux allergènes du caoutchouc retrouvés *de facto* dans les granulats de pneus et constituant ainsi une source supplémentaire d'exposition pour les travailleurs, les sportifs et les enfants.

3.6.4. Exposition aux particules / nanomatériaux

La silice amorphe et le noir de carbone sont utilisés comme agents de renforcement dans l'industrie du caoutchouc et des pneumatiques. Ils représentent une proportion significative de la composition d'un pneumatique et peuvent être incorporés sous forme de nanomatériaux. D'autres nanomatériaux sont susceptibles d'être utilisés pour leurs performances (augmentation de la durabilité, de la performance du pneumatique pouvant permettre un gain en consommation de carburant). Ces bénéfices sont à mettre au regard des incertitudes concernant leurs risques pour la santé et l'environnement. Si le noir de carbone présente un potentiel à s'agglomérer / s'agréger, le comportement des autres nanomatériaux est peu documenté (le secret industriel entoure la composition et l'identité exacte des constituants de pneumatiques).

Ainsi, l'OCDE considère qu'il subsiste des incertitudes sur les risques pour l'environnement, la santé et la sécurité et qu'il manque un cadre pour évaluer efficacement les risques des nanomatériaux utilisés dans la production de pneumatiques (OECD, 2014). Les nanomatériaux peuvent être libérés dans l'environnement à partir des particules de caoutchouc. La libération / lixiviation des nanomatériaux intégrés dans les pneumatiques dépend des propriétés du nanomatériau et du potentiel de dégradation du caoutchouc dans l'environnement. Au stade de la fabrication, des poussières contenant des nanomatériaux peuvent être émises lors du rechapage et du déchiquetage des pneumatiques, ce qui constitue une source d'exposition professionnelle pour les travailleurs de la filière.

S'agissant d'une exposition aux particules, notamment sous forme de nanomatériaux, l'exposition des professionnels impliqués dans la fabrication, la pose et l'entretien des terrains en granulats de pneus ainsi que des sportifs et enfants évoluant sur ces terrains mériterait donc d'être davantage étudiée.

3.6.5. Risque thermique

Le risque thermique doit également être considéré. En effet, les températures peuvent être beaucoup plus élevées sur les gazons synthétiques que sur les gazons naturels, en raison des granulats de pneus captant la chaleur (propriétés du matériau et couleur noire). Une étude australienne de 2015 a montré que les différences de température entre un terrain synthétique composé de granulats de pneus et une pelouse naturelle pouvaient varier de 12 à 22°C, selon la localisation du terrain (en ville ou en périphérie) (Petross *et al.*, 2015). Cette augmentation de température sur le terrain peut avoir des conséquences sur les sportifs notamment quant aux risques de déshydratation.

Par ailleurs, cet échauffement thermique pourrait favoriser les émissions dans l'air de substances chimiques. Une étude a cherché à évaluer l'effet de l'échauffement des granulats de pneus sur leur potentiel génotoxique. Dorsey *et al.* (2015) a étudié le potentiel mutagène de lixiviats de granulats de pneus sur *Salmonella typhimurium* à différentes températures (40°C à 100°C). Les

résultats positifs à 70°C et négatifs à 40°C tendent à suggérer que les granulats de pneus à forte température, peuvent émettre des substances mutagènes. Ce facteur a été considéré dans les récentes études du RIVM et de l'ECHA pour la détermination des émissions émanant de ces terrains.

3.6.6. Conclusions relatives aux risques pour la santé humaine

Les expertises susmentionnées sur les risques liés à l'exposition de sportifs et d'enfants utilisateurs des terrains synthétiques, ainsi que les expertises sur les risques liés à l'exposition de travailleurs impliqués dans la pose et l'entretien de ces terrains concluent majoritairement à un risque sanitaire négligeable.

Les caractérisations, effectuées en vue de l'évaluation de risques, des émissions d'une part, et des simulations de migration vers la peau d'autre part, indiquent de faibles concentrations en métaux lourds, plastifiants, additifs ou COV, inférieures aux valeurs toxicologiques de référence retenues par les auteurs des études examinées. C'est notamment au vu des faibles concentrations de substances cancérigènes émises ou relarguées par les granulats de pneus, que les études recensées considèrent le risque cancérigène comme faible ou négligeable, sachant que les HAP sont les substances cancérigènes les plus fréquemment évaluées dans les études analysées.

Par ailleurs, les études et analyses épidémiologiques identifiées dans la présente note ne mettent pas en évidence d'augmentation de l'incidence des cancers, en particulier des lymphomes et leucémies, en lien avec la mise en place et la fréquentation de terrains de sport synthétiques. Elles font état, dans leurs conclusions, de l'existence éventuelle de cofacteurs qui pourraient être à l'origine de leucémies ou de lymphomes observées chez des enfants ou des jeunes sportifs.

Au vu de ce qui précède, **l'Anses a identifié des sources d'incertitudes et des limites méthodologiques** dans les publications et rapports consultés, qui conduisent à considérer ce qui suit :

- Certaines substances susceptibles d'être émises par les granulats de pneus peuvent ne pas avoir été recherchées : en effet, les évaluations de risque examinées ont porté majoritairement sur les HAP, substances au caractère cancérigène avéré. Pour autant, la variété des substances entrant dans la composition des granulats de pneumatiques mériterait une analyse plus large et sans *a priori* des polluants contenus ou émis par ces granulats. Ce constat vaut notamment pour les fractions nanométriques des poussières susceptibles d'être émises par les granulats de pneus, considérant les charges en nanocarbone et en nanosilice utilisées dans la fabrication des pneus ;
- Les mesures de composition et d'émission réalisées sur un même terrain de sport synthétiques et le nombre de terrains ayant fait l'objet de ces mesures soulèvent des questions quant à leur représentativité. Cette limite ne permet pas de caractériser finement la variabilité de la composition des granulats de pneus, fortement dépendante de la nature et de l'ancienneté des pneus ayant été recyclés et qui pourrait varier d'un pays à l'autre. La variabilité des émissions provenant de ces terrains synthétiques est également faiblement prise en compte, ceci appelle une consolidation de données pour étendre la base de validation des conclusions formulées. Les résultats de l'étude nord-américaine, de l'étude conjointe californienne ainsi que de l'étude européenne pilotée par l'ETRMA permettraient d'accéder à des données plus nombreuses et de mieux caractériser la variabilité d'un terrain à un autre (cf. chapitre 3.8). De telles informations consolideraient les hypothèses à prendre en compte dans une évaluation des risques majorante (fondée sur un scénario « pire cas ») ;
- L'évaluation de l'exposition sur terrains synthétiques en espace clos est peu ou mal renseignée, notamment par manque de données sur la qualité de l'air de ces terrains

sportifs en espace clos. Une meilleure caractérisation de l'exposition selon les différentes voies (aérienne et cutanée) aux matériaux de ces terrains s'avère nécessaire ;

- Comparativement aux terrains de sports synthétiques, peu d'études se sont intéressées aux expositions et aux risques liés à la fréquentation d'aires de jeux synthétiques. Ces aires de jeux font intervenir des produits chimiques spécifiques de leur conception et mise en œuvre (colles, colorants, liants, agents lissants) venant compléter les expositions aux substances émises par les seuls granulats de pneus. Les résultats de l'étude nord-américaine (cf. chapitre 3.8) seraient utiles pour évaluer les risques liés à ces aires de jeux.

3.7. Risques pour l'environnement

3.7.1. Exposition et lixiviation

L'utilisation de granulats de pneumatiques recyclés dans la production de sols et de revêtements synthétiques soulève des questions quant à leur impact potentiel sur l'environnement, en raison des substances chimiques qui composent les pneus et qui peuvent être relarguées dans l'environnement. Les études scientifiques disponibles mettent en évidence le fait que le principal risque environnemental serait lié au relargage par lixiviation au contact de l'eau, de substances potentiellement toxiques.

Les matériaux composant les terrains synthétiques peuvent entrer en contact avec l'eau du fait des conditions climatiques et de l'entretien des terrains. Ainsi, a été mis en évidence à partir d'études de laboratoire le fait qu'un grand nombre de substances chimiques peuvent être relarguées à partir de granulats de pneumatiques recyclés. Les voies de transfert potentielles de ces substances sont multiples : déversement dans les eaux usées par le système de drainage, diffusion vers le sol, l'eau et les sédiments du milieu environnant par des phénomènes de ruissellement ou par un drainage manquant ou mal dimensionné.

Cette question est d'ailleurs pour partie présente dans la normalisation (cf. § 3.1), puisque la norme NF P90-112 a introduit des seuils de lixiviation pour les matériaux des terrains en gazon synthétique, même si ces seuils ne sont définis que pour six métaux lourds.

De plus, les risques estimés, à partir de données d'analyses ponctuelles de lixiviation, pourraient être sous-estimés du fait du relargage de substances chimiques tout du long de la durée de vie fonctionnelle des granulats de pneumatiques recyclés. Ce relargage a été mis en évidence à des concentrations qui s'échelonnent de faibles, pour certaines familles des substances chimiques comme les HAP, à très élevées pour un métal comme le zinc. Toutefois, ces substances chimiques peuvent se concentrer dans les environnements récepteurs des lixiviats, où cette accumulation pourrait conduire au dépassement du seuil entraînant des effets néfastes pour les organismes.

Les principaux groupes de substances identifiées dans les études de lixiviation recensées dans la littérature, conduites surtout à partir des granulats des pneus usagés, sont les HAP, les phtalates (dibutylphtalate (DBP), diéthylphtalate (DEP), diisobutylphtalate (DIBP), et diéthylhexylphtalate (DEHP)), les métaux (principalement le zinc (Zn)), les phénols (4-tert-octylphénol (4-t-OP), 4-nonylphénol (4-NP)), les amines, les BTX (benzène, toluène, xylène) et les benzothiazoles.

Dans des conditions réelles d'utilisation, la détermination du relargage des substances chimiques par lixiviation à partir de granulats de pneumatiques recyclés s'avère complexe. Ceci est d'autant plus vrai en considérant le devenir et le transport de ces substances dans les différents compartiments environnementaux. Par exemple, les conditions spécifiques d'installation de chaque terrain, ainsi que les disparités environnementales et climatiques liées à leurs localisations sont des paramètres exerçant une influence importante sur l'évolution à long terme des cinétiques de relargage des substances chimiques. Les phénomènes de lixiviation des substances

disponibles à la surface des granulats de pneumatiques recyclés tendent à diminuer au fil du temps. Toutefois, le processus de vieillissement (qui peut être influencé par des facteurs environnementaux) augmente la dégradation des granulats de caoutchouc en surface, exposant ainsi les couches inférieures des revêtements. Ceci peut conduire à un maintien (voire une augmentation cyclique) des quantités de substances chimiques relarguées au fil du temps.

En ce qui concerne l'exposition des organismes aquatiques et/ou terrestres, les études conviennent que l'exposition est plus susceptible de se produire localement, à savoir dans l'environnement proche des terrains synthétiques. Néanmoins, une exposition à plus grande échelle est possible, en raison de la dispersion des granulats de pneumatiques recyclés lorsqu'ils sont utilisés sous forme libre : par exemple consécutivement à des conditions météorologiques défavorables (fortes précipitations, vent, etc.) ou par la dissémination de ces billes dans les chaussures et vêtements des utilisateurs des terrains en gazon synthétique. En effet, le rapport d'Eunomia (consultant pour la FIFA) de mars 2017 donne les estimations suivantes : sur un terrain il y aurait entre 1 et 4 % de granulats « perdus » et remplacés chaque année, ce qui correspond, pour 3 000 terrains en France, à plusieurs milliers de tonnes par an (sur les 3 283 terrains certifiés FIFA dans le monde, cette perte a été estimée entre 4 400 et 16 500 tonnes par an)¹⁰.

3.7.2. Ecotoxicité

Dans les études de lixiviation analysées, il a été constaté que des concentrations d'un certain nombre des substances chimiques peuvent être supérieures aux normes de qualité environnementale ou à la PNEC eau douce (concentration sans effet dans l'eau douce), ce qui peut conduire à des effets néfastes pour les organismes vivant dans les réceptacles environnementaux de ces lixiviats. La principale substance chimique libérée par les granulats de pneumatiques recyclés est le zinc, avec des concentrations mesurées généralement supérieures à la PNEC eau douce (20,6 µg/L). Pour cette substance, la norme NF P90-112 relative aux sols sportifs impose par ailleurs une lixiviation inférieure au seuil de 0.5 mg/L pour les terrains en gazon synthétique (éluat 48h sans extraction d'eau). Une majorité des valeurs retrouvées dans la littérature est supérieure à ce seuil (pouvant atteindre plusieurs mg/L). Cette exposition à des concentrations assez importantes de zinc pourrait potentiellement entraîner des effets indésirables pour les différents organismes exposés.

Par ailleurs, certaines des substances chimiques relarguées depuis les granulats de pneumatiques recyclés font partie des substances très préoccupantes (perturbateurs endocriniens comme les DBP, DEHP, DEP, 4-t-OP, 4-NP). De telles substances peuvent avoir des effets néfastes même après une exposition à de faibles concentrations. Il convient donc de se questionner quant au risque éventuel posé par des expositions multiples des organismes aquatiques et/ou terrestres aux substances présentes dans les lixiviats et en particulier aux perturbateurs endocriniens.

Comme indiqué plus haut, l'Agence note également que des nanomatériaux sont utilisés lors de la fabrication des pneumatiques et des fibres composant les terrains de sport synthétiques (OCDE 2014). Ces nanomatériaux peuvent potentiellement être relargués dans l'environnement mais les données scientifiques disponibles sont actuellement insuffisantes pour évaluer leurs risques pour l'environnement.

Au final, les études écotoxicologiques conduites avec des organismes aquatiques ou terrestres, en présence des lixiviats générés à partir des granulats des pneumatiques recyclés, sont peu nombreuses. Certaines de ces études ont démontré des effets, principalement sur des organismes aquatiques (Gomes *et al.*, 2010 ; Kruger *et al.*, 2013 ; Birkholz, Belton and Guidotti 2003). Cependant, les résultats de ces études ne fournissent pas de conclusions définitives sur les risques pour les organismes. En effet, ces études correspondent à des expositions à court terme utilisant de très fortes concentrations dans le but de refléter les conditions les plus défavorables.

¹⁰ FIFA. Environmental impact study on artificial football turf. March 2017. Disponible ici : https://football-technology.fifa.com/media/1230/artificial_turf_recycling.pdf.

Cependant, ces conditions d'exposition ne reflètent pas les conditions réelles d'utilisation et ne tiennent pas compte des phénomènes de dilution, d'interactions d'autres molécules vis-à-vis des récepteurs biologiques ou encore de l'adsorption de ces substances. Le RIVM a très récemment publié une étude exploratoire, comportant notamment des analyses de 10 terrains ainsi qu'une enquête auprès de collectivités territoriales, associant également la STOWA (une fondation hollandaise pour la recherche appliquée dans le domaine de l'eau) en vue d'une évaluation de l'impact de ces substances sur les organismes présents dans l'eau et les sédiments (RIVM, 2018).

3.7.3. Autres risques pour l'environnement

D'autres risques que celui lié au relargage de substances chimiques dans l'environnement (cf. chapitre 3.7.1) peuvent être identifiés. Les terrains synthétiques peuvent en effet générer des îlots de chaleur (créés par l'irradiation des granulats par les rayons solaires, cf. section 3.6.5) qui peuvent présenter des dangers pour l'environnement. De telles augmentations localisées de la température pourraient en effet limiter le développement de la végétation aux abords des terrains et perturber les écosystèmes alentour. Cependant les données scientifiques disponibles sur ces questions sont actuellement insuffisantes pour conclure.

L'utilisation de granulats de pneumatiques recyclés peut également conduire à la génération de microplastiques du fait des contraintes mécaniques appliquées sur les granulats, que ce soit par les utilisateurs ou lors de l'entretien de ces terrains. Ces phénomènes sont amplifiés par les conditions environnementales telles que l'humidité, la pluviométrie, les variations de température, le rayonnement solaire, etc. Ces particules de microplastiques peuvent donner lieu à des phénomènes de bioaccumulation et potentiellement affecter les organismes aquatiques et/ou terrestres de multiples façons, par exemple en limitant leurs capacités locomotrices et/ou respiratoires (Rist et al., 2018). De plus, la libération de substances chimiques à partir de ces microplastiques peut survenir après ingestion ou inhalation. Cette libération peut alors se faire de façon continue ou périodique en fonction des conditions physico-chimiques internes des organismes, en particulier sous l'effet des fluides gastriques.

Enfin, l'entretien de terrains synthétiques avec / sans remplissage de granulats de pneumatiques recyclés pourrait constituer une source supplémentaire de pollution localisée. En effet, certains guides de maintenance de gazons synthétiques recommandent d'appliquer, dans des conditions spécifiques, des pesticides, détergents ou autres produits de nettoyage de surface. De par leurs natures et leurs fonctions, certains de ces produits peuvent présenter un risque pour les écosystèmes environnants.

3.7.4. Conclusions préliminaires du volet environnemental

Les données d'exposition disponibles indiquent l'existence de risques potentiels pour l'environnement associés à l'usage de granulats de pneumatiques recyclés dans les terrains synthétiques, principalement liés au relargage de métaux (dont le zinc) mais également de substances chimiques organiques telles que certains phtalates ou phénols ayant des propriétés de perturbation endocrinienne. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, ces données sont insuffisantes pour caractériser les risques éventuels pour l'environnement et les organismes vivants.

Concernant le potentiel risque d'îlot de chaleur constitué par les terrains synthétiques, un approfondissement des connaissances s'avère nécessaire afin de mieux caractériser les conséquences sur l'environnement.

3.8. Projets en cours

L'Anses suit avec attention différents travaux conduits au niveau international. L'issue de ces projets pourra avoir un impact sur la conduite de travaux ultérieurs.

Agence européenne des produits chimiques (ECHA) et Institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM)

Au niveau européen, la Commission européenne a demandé à l'ECHA de procéder à une évaluation préliminaire des risques pour la santé humaine. En février 2017 et compte tenu des données disponibles, le rapport de l'ECHA a conclu à un faible niveau de préoccupation en la matière. En particulier, les concentrations de HAP relevées dans les granulats de pneumatiques recyclés dans les différentes études analysées par l'ECHA sont notablement inférieures aux limites établies à l'entrée 28 de l'Annexe XVII du règlement REACH. Toutefois, en raison des nombreuses incertitudes relevées, l'ECHA a considéré que la réglementation européenne actuelle ne suffisait pas à garantir un faible niveau de préoccupation sur la santé humaine.

Les autorités néerlandaises considèrent également nécessaire de fixer un seuil de concentration pour la famille des HAP pouvant provenir des huiles de dilution et du noir de carbone. Un dossier de restriction rédigé par le RIVM a été soumis à l'ECHA le 20 juillet 2018 d'après le registre d'intention¹¹.

Association européenne des producteurs de pneumatiques et de caoutchouc (ETRMA)

L'industrie européenne a lancé en 2016 une vaste étude dans une initiative conjointe des fabricants de pneumatiques, des sociétés de gestion des pneus usagés, des recycleurs, des installateurs de gazon artificiel. Ce programme de recherche européen vise à lever les doutes quant à l'innocuité de ces matériaux pour la santé humaine¹². Le protocole de cette étude, qui comporte plusieurs volets (composition, exposition), a été présenté à l'ECHA. Les premiers résultats sont attendus pour la fin de l'année.

Agence nord-américaine de protection de l'environnement (US-EPA)

En 2009, l'US EPA avait publié un rapport sur la sécurité des granulats de pneus suite à des mesures dans deux gazons synthétiques et une aire de jeux pour enfants. Les résultats indiquaient que les niveaux de préoccupation étaient faibles quant aux risques sanitaires potentiels induits par l'exposition aux substances chimiques toxiques présentes dans ces granulats. Le *Public Employees for Environmental Responsibility (PEER)* avait considéré que ces risques étaient sous-estimés et que l'évaluation du risque était peu fiable, en raison notamment du nombre limité de sites de mesure.

L'US-EPA est donc revenue sur ses conclusions en 2013 précisant que compte tenu du périmètre limité de son étude et de la grande diversité des matériaux constituant les granulats de pneus, il n'était pas possible de conclure quant aux risques sanitaires liés à ces matériaux sans examen de données supplémentaires, notamment pour les enfants et les sportifs.

Une étude prospective de grande ampleur a ainsi été lancée début 2016 par l'US EPA, le *Center for Disease Control and Prevention / Agency for Toxic Substances and Disease Registry (CDC/ATSDR)* et le *Consumer Product Safety Commission (CPSC)*. Ce projet appelé *Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds (FRAP)* vise à documenter de façon précise l'exposition aux terrains de sports synthétiques (US EPA, CDC/ATSDR) et aux aires de jeux (CPSC).

Le rapport, après évaluation par des pairs (*peer-review*)¹³, devrait être soumis à consultation publique. Une version finale serait publiée d'ici la fin d'année 2018.

¹¹ <https://echa.europa.eu/fr/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e181d5746d>.

¹² http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20161017_etrma_crumb-rubber_vf-2.pdf.

¹³ <https://www.epa.gov/chemical-research/federal-research-recycled-tire-crumb-used-playing-fields>.

Bureau de l'évaluation des risques pour la santé environnementale (OEHHA)

L'OEHHA a également initié en 2015 une étude de grande ampleur dans l'Etat de Californie, sur la même thématique et supervisée par un groupe d'experts issus de la communauté scientifique¹⁴. La troisième réunion de ce groupe d'experts s'est tenue le 25 mai 2018. Les résultats sont attendus pour mi-2019.

4. SYNTHÈSE, CONSTATS ET CONCLUSION

4.1. Synthèse et constats

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail a été saisie le 21 février 2018 sur les éventuels risques liés à l'emploi de matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés. Cette demande d'appui scientifique et technique est issue de six ministères, illustrant la diversité des questions associées au réemploi de ces matériaux pour la santé de l'Homme et de son environnement. Dans le délai imparti, l'Agence s'est attachée à effectuer une analyse contextualisée des données publiées et des travaux en cours, identifier les besoins de connaissance pour orienter les priorités d'action et de recherche conformément à la demande d'appui formulée par les commanditaires de la saisine. **L'analyse réalisée ne constitue donc pas une évaluation des risques sanitaires et ne porte donc pas de conclusions de l'agence sur l'existence ou l'absence de risques.** Au-delà, elle s'est attachée à ouvrir des pistes de réflexion, pour l'identification des questions prioritaires d'évaluation des risques pour la santé et pour l'environnement liés aux granulats de pneus.

Ainsi, suite aux auditions menées, à l'analyse des données disponibles et à la publication prochaine d'études sur le sujet, l'Agence formule – domaine par domaine - les constats suivants :

- *Pour ce qui concerne la réglementation et les normes encadrant la composition chimique des granulats de pneumatiques en vue de leur recyclage, notamment lorsqu'ils sont utilisés comme matériau de remplissage dans les terrains de sport artificiels ou les terrains de jeux*

Les textes existants sont principalement tournés vers les performances sportives et les qualités d'amortissement (notamment pour les aires de jeux), sans exigences relatives à la composition chimique et aux risques sanitaires ou environnementaux liés aux matériaux (à l'exception des seuils de lixiviation de métaux lourds dans la norme NF P90-112).

- *Pour ce qui concerne l'analyse de la filière et des conditions d'emploi des granulats de pneumatiques usagés et des débats associés*

Les données montrent que les granulats de pneus représentent, en volume, plus d'un quart de la valorisation des pneumatiques recyclés. Lorsqu'ils sont utilisés dans des terrains synthétiques, ces granulats sont présents dans la surface accessible au contact direct cutané pour ce qui concerne les gazons synthétiques, et plutôt en cas de dégradation de la couche de surface dans le cas des autres terrains synthétiques. Pour ce qui concerne les aires de jeux, les granulats peuvent être utilisés en couche d'amortissement, mais également figurer dans les mélanges de matériaux moulés.

Des éléments de comparaison, plutôt d'ordre qualitatif, quant aux coûts et bénéfices propres aux gazons synthétiques et naturels sont également présentés.

¹⁴ <https://oehha.ca.gov/risk-assessment/synthetic-turf-studies>.

Par ailleurs, l'analyse sociopolitique met en lumière la pérennité et le dynamisme des débats sur ce sujet, démarrant en Amérique du Nord et en Europe du Nord, centrés en premier lieu sur les terrains sportifs et les aspects sanitaires. Ils ont depuis gagné la France, tout en s'élargissant progressivement au champ des préoccupations environnementales et de santé au travail. Plus globalement, les débats sur les revêtements synthétiques posent également la question de l'identification des externalités négatives (parmi lesquelles les risques pour l'Homme et l'environnement) à intégrer dans le développement de l'économie circulaire.

➤ *Pour ce qui concerne la composition des granulats de pneumatiques usagés*

Les études disponibles ont mis en évidence la présence d'une grande diversité de substances chimiques présentes dans les granulats (cf. chapitre 3.5). S'agissant des aires de jeux, ces substances sont associées à d'autres composés (colorants, résines, agents lissants, anti-UV...) mais les études existantes sur ce sujet sont moins nombreuses.

- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) représentent une famille de substances chimiques préoccupantes du fait de leur potentiel cancérigène. Les actions réglementaires en cours (procédure en cours d'instruction de restreindre la teneur en huit HAP dans les granulats, dans le cadre du règlement REACH) sont à soutenir en vue d'assurer la maîtrise des risques pour la santé. Le contenu du dossier de restriction qui sera soumis conjointement par les Pays-Bas et l'ECHA n'est pas encore connu (périmètre, seuil de concentration proposé) mais devrait couvrir les risques pour les sportifs, les enfants (avec risque d'ingestion), les installateurs et les professionnels chargés de la maintenance.
- Il existe un manque de connaissance des constituants chimiques des granulats de pneumatiques usagés lié au secret de fabrication des industriels du secteur et à la diversité de l'origine de fabrication des pneumatiques usagés. L'analyse de la littérature montre plusieurs classes de substances chimiques dont la présence peut s'expliquer par leurs propriétés (agents de vulcanisation, de charge, antioxydants...). Néanmoins la présence de ces substances peut varier selon l'origine du pneumatique, même si l'industrie indique un profil de composition proche parmi les manufacturiers européens. Les incertitudes semblent plus grandes pour les pneumatiques importés, notamment en provenance d'Asie. Le volume des pneumatiques importés dans l'Union européenne pour la granulation reste par ailleurs incertain.
- Les agents de charge (ou de renforcement) constituent une part importante de la composition du pneumatique. Il s'agit essentiellement du noir de carbone ou de la silice. Ces substances, sous forme particulaire (voir nanoparticulaire), suscitent une préoccupation quant à leurs propriétés de danger. La France prévoit ainsi d'évaluer le noir de carbone en 2019 dans le cadre du règlement REACH, afin de clarifier ses propriétés de danger. La caractérisation des émissions de ces (nano)particules est peu documentée.
- Des phtalates sont également retrouvés dans les analyses réalisées sur les granulats, alors que les producteurs de pneumatiques indiquent ne pas en utiliser dans leurs procédés de fabrication. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer leur présence : matériel utilisé pour la granulation, pneus usés chargés en polluants sur la route, contamination externe des terrains synthétiques par l'environnement. Les recherches en cours sur la composition et l'émission incluent cette famille de substances, du fait de leurs propriétés toxicologiques.
- Certains producteurs de terrains synthétiques proposent des granulats encapsulés. Si l'objectif recherché est de limiter l'émission des polluants, il apparaîtrait alors nécessaire de s'assurer que cette encapsulation est durable et ne génère pas une pollution supplémentaire en (micro)plastiques ou en substances autres se surajoutant à celles qui sont présentes dans les granulats.

- *Pour ce qui concerne les autres substances chimiques utilisées lors de la production, la pose et l'entretien de ces revêtements et des terrains synthétiques*
- Les granulats de pneumatiques recyclés constituent la partie amortissante des revêtements et terrains synthétiques (absorption des chocs et remplissage). Les utilisateurs et les professionnels chargés de la pose et de l'entretien peuvent être exposés à des substances issues des autres composantes de ces terrains : fibres, revêtements des aires de jeux comportant des agents colorants, liants, lissants, etc. Les études d'exposition en cours (citées au chapitre 3.8 ci-dessus) permettraient d'identifier les niveaux de concentration atmosphériques des différents polluants d'intérêt, avec la difficulté d'en déterminer l'origine (granulats de pneumatiques, autres sources ?), notamment pour les aires de jeux.
- L'installation des revêtements et terrains synthétiques fait appel à différents produits chimiques pouvant présenter des risques pour la santé des professionnels. Les auditions ciblées réalisées par l'Agence suggèrent que les mesures d'hygiène et de sécurité préconisées par les fournisseurs ne sont pas systématiquement appliquées lors de la pose et surtout de l'entretien.

- *Pour ce qui concerne les expositions et risques potentiels présentés par ces matériaux*
- Les évaluations des risques liés à l'exposition à des terrains de sport synthétiques en granulats de pneus concluent majoritairement à un risque négligeable pour la santé. Concernant le risque cancérigène, certains rapports citent en particulier d'autres facteurs (comme le tabac, la susceptibilité génétique) pouvant être responsables de la survenue de leucémies et de lymphomes chez le sujet jeune. Cependant des incertitudes et des limites méthodologiques subsistent dans les publications et rapports consultés.
- Les mesures d'exposition sont limitées dans les études disponibles. De ce fait les données ne permettent pas de caractériser finement la variabilité de la composition des granulats de pneus et la variabilité des émissions provenant de ces terrains synthétiques. Les résultats des études menées au niveau international devraient permettre d'accéder à des données plus nombreuses qui sont nécessaires pour caractériser la variabilité des granulats de pneus et de leurs émissions d'un terrain à un autre.
- Il existe peu de données relatives à la qualité de l'air intérieur des terrains ou aires de jeux installés en espace clos.
- L'installation de revêtements et terrains synthétiques par certains acteurs est réalisée sur un socle possédant la capacité de retenir certains métaux lourds par sorption / co-précipitation.
- Les effets de type îlots de chaleur liés à la présence de terrains synthétiques en milieu urbain au cours de périodes de fortes chaleurs apparaissent peu étudiés. Cet échauffement thermique, lié aux composantes physico-chimiques des granulats de pneus, pourrait présenter un risque environnemental concernant le développement de la végétation et le fonctionnement des écosystèmes. Les données scientifiques actuelles portent sur la mesure des températures et l'objectivation de l'échauffement thermique sur ces terrains synthétiques. Par contre, elles ne permettent pas de caractériser les conséquences environnementales. Par ailleurs, ces îlots de chaleur peuvent avoir un impact sur la santé humaine, pour les sportifs évoluant sur ces terrains, avec des risques de déshydratation ou de brûlures cutanées.
- Concernant les aires de jeux, très peu d'informations sont disponibles permettant d'évaluer les risques pour la santé et l'environnement. Ainsi, en plus des substances trouvées dans les granulats, d'autres substances chimiques interviennent dans la composition des revêtements de ces aires de jeux. Ces substances sont également susceptibles d'être relarguées dans l'environnement.

4.2. Conclusion

En matière de risques pour la santé humaine, l'analyse des données de la littérature présentée dans cette note conduit l'Anses à constater que les expertises sur les risques liés à l'exposition de sportifs et d'enfants utilisateurs des terrains synthétiques, ainsi que de travailleurs impliqués dans la pose et l'entretien de ces terrains concluent majoritairement à un risque sanitaire négligeable.

Les principales substances analysées et étudiées incluent des métaux lourds, des plastifiants, des additifs ou des COV. Les concentrations mesurées dans différents milieux (sueur, liquide gastrique, salive etc.) sont inférieures aux valeurs toxicologiques de référence retenues par les auteurs des études examinées. C'est notamment au vu des faibles concentrations de substances cancérigènes émises ou relarguées par les granulats de pneus, que les études recensées considèrent le risque cancérigène comme faible ou négligeable, sachant que les HAP sont les substances cancérigènes les plus fréquemment évaluées dans les études analysées.

Par ailleurs, les études et analyses épidémiologiques identifiées dans cette note ne mettent pas en évidence d'excès de risque de cancers, en particulier des lymphomes et des leucémies, en lien avec la mise en place ou la fréquentation de terrains de sport synthétiques.

En matière environnementale, les données de caractérisation des granulats et d'exposition disponibles indiquent l'existence de risques potentiels pour l'environnement. Ces risques sont principalement liés au relargage de métaux (dont le zinc) mais également de substances chimiques organiques telles que certains phtalates ou phénols ayant des propriétés de perturbation endocrinienne. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, ces données sont insuffisantes pour caractériser les risques éventuels pour l'environnement et les organismes vivants.

Compte tenu des incertitudes et limites méthodologiques (en santé humaine cf. §3.6.6) et du manque d'information (en environnement cf. §3.7.4) relevés lors de l'analyse des données et travaux recensés à partir des différentes sources d'information consultées (cf. synthèse et constats au §4.1), l'Anses recommande :

1/ L'enclenchement d'actions visant à préciser certains volets spécifiques pour effectuer une évaluation des risques pour la santé humaine :

- Acquérir en priorité davantage de données de composition, d'émission et d'exposition aux différents constituants des matériaux des aires de jeux ; et à cette occasion évaluer la représentativité des données sur les granulats, compte tenu de la très grande variabilité de la composition des pneus entrant dans les filières de recyclage ;
- Procéder à une analyse plus large des polluants contenus et émis par ces granulats, en particulier pour la fraction nanométrique des poussières susceptibles d'être émises (en considérant les charges en nanocarbone et nanosilice), notamment dans la perspective de préciser les expositions professionnelles ;
- Approfondir les connaissances concernant les niveaux d'exposition dans l'air intérieur des bâtiments dans lesquels sont installés des terrains synthétiques intégrant des granulats de pneus ;

2/ De soutenir la proposition de restreindre la teneur en HAP dans les granulats, en cours d'instruction dans le cadre du règlement REACH ;

3/ De proposer des éléments méthodologiques en vue de la conduite d'une évaluation des risques environnementaux, à réaliser localement avant toute mise en place de ce type de revêtement.

Les priorités de recherche et d'action découlant des constats et recommandations seront discutées avec les ministères signataires de la demande d'appui, avec la consultation des différentes parties prenantes. Elles pourront par ailleurs être réévaluées à la lumière des résultats des travaux menés en Europe et aux Etats-Unis.

Plus globalement, ce travail d'analyse des données (études, rapports) sur les risques associés aux revêtements synthétiques intégrant des granulats de pneus recyclés, en cohérence avec l'enjeu d'une économie plus sobre en ressources, pose la question de l'identification des externalités négatives (parmi lesquelles les risques pour l'Homme et l'environnement) à intégrer dans le développement de l'économie circulaire, ce que l'Agence s'attachera, pour sa part, à inclure dans sa réflexion sur ses travaux d'expertise à venir.

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Pneumatique, recyclage, HAP, terrain synthétique, aire de jeux.

BIBLIOGRAPHIE

Aigueperse M. 2017. Identification des risques environnementaux liés à l'utilisation de granulats de pneumatiques recyclés dans les gazons artificiels et dans les revêtements d'aire de jeux. (*rapport de stage Master 2 – Toxicologie de l'Environnement*) Université d'Angers.

Birkholz, D. A., K. L. Belton and T. L. Guidotti. 2003. Toxicological evaluation for the hazard assessment of tire crumb for use in public playgrounds. *J Air Waste Manag Assoc* 53 (7):903-7.

Bleyer et Keegan. 2018. Incidence of malignant lymphoma in adolescents and young adults in the 58 counties of California with varying synthetic turf field density. *Cancer Epidemio* 53:129-136.

Celeiro M, Dagnac T, Llompарт M. 2018. Determination of priority and other hazardous substances in football fields of synthetic turf by gas chromatography-mass spectrometry: A health and environmental concern. *Chemosphere*. 195:201-211.

Dorsey MJ; Anderson E, Ardo O, Chou M, Farrow E, Glassman EL, Manley M, Meisner H, Meyers C, Morley N, Rominger J, Sena M, Stiefbold MR, Stites B, Tash M, Weber E, Count PE. 2015. Mutagenic potential of artificial athletic field crumb rubber at increased temperatures. *Ohio J Sci* 115(2):32-39.

European Chemicals Agency (ECHA). 2017. Annex XV Report. An evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields. Version number: 1.01.

Fédération Internationale de Football Association (FIFA). 2015. FIFA Quality Programme for Football Turf. October 2015.

Gomes, J., H. Mota, J. Bordado, M. Cadete, G. Sarmiento, A. Ribeiro, M. Baiao, J. Fernandes, V. Pampulim, M. Custodio, and I. Veloso. 2010. "Toxicological assessment of coated versus uncoated rubber granulates obtained from used tires for use in sport facilities." *J Air Waste Manag Assoc* 60 (6):741-6.

Institut national de recherche et de sécurité au travail (INRS). 2008. Dermatoses professionnelles au caoutchouc. Historique jusqu'en 1992. Documents pour le médecin du travail (DMT) n° 80.

Institut régional de développement du sport. 2008. "Les terrains de grands jeux à Paris et en Petite Couronne."

Institut régional de développement du sport. 2011. Bilan environnemental comparatif des terrains synthétiques de football et des terrains en gazon naturel.

Judille, L. 2015. Aires de jeux pour enfants et gazons synthétiques issus de pneumatiques recyclés : synthèse des données et identification de situations à risque. (*thèse d'exercice de pharmacie*) Université de Rennes 1.

Kruger, O., U. Kalbe, E. Richter, P. Egeler, J. Rombke, and W. Berger. 2013. "New approach to the ecotoxicological risk assessment of artificial outdoor sporting grounds." *Environ Pollut* 175:69-74. doi: 10.1016/j.envpol.2012.12.024.

- 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. 2011. Artificial-turf playing fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment. *Science of the Total Environment*. 409:4950–4957.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2014. Nanotechnology and Tyres: Greening Industry and Transport. COM/ENV/DSTI(2013)1/FINAL. 30-Jul-2014.
- Petrass L, Twomey D, Harvey J, Otago L, LeRossignol P. 2015. Comparison of surface temperatures of different synthetic turf systems and natural grass: Have advances in synthetic turf technology made a difference? *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. 229(1);10-16
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 2017. Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate. Ministry of Health, Welfare and Sport. RIVM Report 2017-0016.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 2018. Verkenning milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden. RIVM Briefrapport 2018-0072 (Rapport en néerlandais).
- Rist, S. et Hartmann N. B. 2018. Aquatic Ecotoxicity of Microplastics and Nanoplastics: Lessons Learned from Engineered Nanomaterials. In *Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants?*, edited by Martin Wagner and Scott Lambert, 25-49. Cham: Springer International Publishing.
- Toronto Public Health. 2015. Health impact assessment of the use of artificial turf in Toronto. City of Toronto.
- Washington State Department of Health. 2017. Investigation of Reported Cancer among Soccer Players in Washington State. Revised April 2017. DOH Pub 210-091.
- Yasamin Alipour Ataabadi, Heidar Sadeghi, Mohammad Hosein Alizadeh. 2017. The Effects of Artificial Turf on the Performance of Soccer Players and Evaluating the Risk Factors Compared to Natural Grass. *Journal of Neurological Research and Therapy* 2 (2):1-16.