

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 26 août 2024

NOTE révisée¹ d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**relatif 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 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'appui scientifique et technique suivant : 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.

La note d'appui scientifique et technique (AST) du 29 août 2018 a été révisée pour intégrer les résultats obtenus par deux études financées par l'Anses ainsi que les évolutions réglementaires et les résultats d'études qui étaient encore en cours en 2018. Le rapport détaillé, en langue anglaise qui accompagnait la note d'AST de 2018 afin de le partager avec les agences et instituts ayant engagé des travaux sur cette même thématique au niveau national, communautaire et international, n'a pas été actualisé (Anses, 2018).

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE

Le recyclage de pneumatiques usagés sous forme de granulés 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

¹ Annule et remplace la version du 29 août 2018. Les modifications apportées sont présentées dans le tableau de l'annexe 1.

particulièrement prégnant lorsque ces granulés sont utilisés comme constituants des terrains de sport ou des aires de jeux pour enfants.

Les matériaux synthétiques contenant des granulés 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 aux granulés de pneus usagés 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 granulés libres dans l'environnement ainsi que la lixiviation de substances chimiques, qui se retrouvent dans les sols et eaux souterraines, à partir de ces granulés 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 des sols de manèges pour la pratique de l'équitation.

En 2018, 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, de Lyon 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 (AST) 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 portait sur l'exposition de la population générale (adultes et enfants) et de la population en milieu de travail aux matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés dans les terrains de sport synthétiques et usages similaires. 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 de ces matériaux synthétiques.

Les risques potentiels pour l'environnement, ainsi que pour la santé des animaux susceptibles d'être en contact avec ces matériaux étaient 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 est apparu 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'AST 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. 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 granulés de pneus.

2. ORGANISATION DES TRAVAUX

Les travaux ont été suivis par le comité d'experts spécialisés (CES) « Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation » (CES CONSO).

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.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

- Travaux de 2018

Les travaux ont été effectués en 2018 avec l'appui de 3 experts rapporteurs. Ils ont été présentés et discutés au CES CONSO tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 31 mai 2018 et le 20 septembre 2018.

En sus d'une analyse de publications académiques, de la mobilisation de littérature grise et de sources médiatiques, les travaux réalisés en 2018 se sont appuyés sur l'audition des organismes suivants :

- la direction jeunesse et sports et service parisien de santé environnementale de la ville de Paris, auditionnée le 6 avril 2018 ;
- l'association Robin des Bois, dont le représentant a été auditionné le 3 mai 2018 ;
- les représentants de la filière industrielle, comprenant des acteurs français de la fabrication, de la pose et du contrôle des terrains et revêtements concernés par ces travaux, auditionnés le 3 mai 2018 ;
- le syndicat européen de l'industrie du pneu et du caoutchouc (ETRMA²), contacté par téléphone le 25 mai 2018 ;
- le groupement d'intérêt économique (GIE) France Recyclage Pneumatiques, contacté par téléphone le 21 juin 2018.

Une étude de filières a été réalisée afin de décrire précisément les processus de pose d'aires de jeux pour enfants et d'identifier les professionnels les plus pertinents notamment les industriels responsables de la fabrication des matériaux entrant dans la composition des aires de jeux (granulés, autres polymères, liants, agents lissants) et des responsables de leur pose (Anses, 2018).

- Travaux de 2019-2023

La révision de la note d'AST de 2018 a été effectuée avec l'appui de 3 experts rapporteurs. Les travaux ont été présentés et discutés au CES CONSO tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 27 mai 2021 et le 19 octobre 2023.

Afin d'acquérir des données de composition, d'émissions et d'exposition aux différents constituants des matériaux des aires de jeux, l'Anses a financé deux études :

- une étude menée par l'institut des molécules et matériaux du Mans qui avait pour objectif la réalisation d'un programme de recherche intitulé « sols d'aires de jeux pour

² European Tyre & Rubber Manufacturers' Association

enfants à base de granulés de pneus : composition, émissions et migrations ». Plusieurs types d'analyses étaient prévues :

- une étude préliminaire pour déterminer la composition de chaque couche du revêtement de sol (sous-couche et couche superficielle), avec la recherche en priorité de certaines classes de substances chimiques : substances inorganiques, amines aromatiques, thiazoles et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- une étude de migration, en se focalisant sur les substances jugées prioritaires à l'issue des résultats obtenus lors de l'étude préliminaire ;
- une étude de vieillissement accélérée du matériau pour simuler la dégradation des matériaux au cours du temps ;
- une étude avec le centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) dont l'objectif était de caractériser les émissions de polluants volatils et semi-volatils de dalles de sol à base de granulés de pneumatiques recyclés, et potentiellement utilisés en milieu intérieur (par exemple, dans des crèches ou salles de sport).

La présente note d'AST a été révisée afin de prendre en compte les résultats obtenus dans le cadre de ces deux études. L'Anses a également procédé à une mise à jour des informations relatives à la réglementation REACH³ et des études citées dans la version précédente de l'AST. Aucune recherche bibliographique complémentaire n'a été effectuée.

Dans cette note, l'appellation « terrains synthétiques » englobe aussi bien les aires collectives de jeux pour enfants de moins de 14 ans que les aires de jeux ou de sport pour adultes.

3. ANALYSE

3.1. Réglementation et normes applicables

- *Cadre réglementaire relatif aux pneumatiques*

Dans l'Union européenne, les pneumatiques usagés sont interdits de mise en décharge depuis l'entrée en vigueur de la directive n°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 départements et régions d'outre-mer (DROM), quatre organismes collecteurs coexistent.

En France, le Code de l'environnement précise qu'il est interdit « *d'abandonner, de déposer dans le milieu naturel ou de brûler à l'air libre des pneumatiques* » (article R. 543-138) et que tout déchet de pneumatique collecté doit être traité en privilégiant, par ordre de priorité :

1. la préparation en vue de la réutilisation (rechapage),

³ Règlement n°1907/2006 du 18 décembre 2006

2. le recyclage,
3. les autres modes de valorisation, y compris la valorisation énergétique (article R543-140⁴).

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 2018⁵, la France a adopté en avril 2018 une feuille de route ad hoc (Ministère de la transition écologique et solidaire et Ministère de l'Economie et des Finances. 2018).

Depuis, le décret n°2023-152 du 2 mars 2023 relatif à la gestion des déchets et à la responsabilité élargie des producteurs de pneumatiques (REP) est venue compléter le cadre juridique français. Ce décret définit les règles de gestion relatives aux déchets de pneumatiques en matière de collecte et de traitement. Il définit notamment les conditions de mise en œuvre de la REP applicable aux producteurs de pneumatiques pour satisfaire leurs obligations dans ce domaine. Il prévoit également des dispositions adaptées pour la gestion des déchets de pneumatiques dans les collectivités territoriales d'Outre-mer afin de tenir compte de l'organisation actuelle de la filière dans ces territoires, tout en permettant aux éco-organismes de remplir leurs obligations de REP sur l'ensemble du territoire national. Il met en place une obligation de reprise sans frais et sans obligation d'achat de pneumatiques usagés par les distributeurs de pneus, et prévoit les mesures relatives à l'encadrement de ce dispositif. Enfin, ce décret prévoit le principe d'une prise en charge des déchets de pneus utilisés pour l'ensilage par les éco-organismes et les systèmes individuels agréés pour laquelle les modalités opérationnelles seront précisées dans le futur cahier des charges de la filière.

Concernant la production des pneumatiques ou de parties de pneumatiques ainsi que la mise sur le marché de pneumatiques et de chape de rechapage, l'entrée 50 de l'annexe XVII du règlement REACH limite, depuis le 1^{er} janvier 2010, la teneur en HAP des huiles de dilution utilisées pour leur fabrication ou entrant dans leur composition. Ainsi, le paragraphe 1 de l'article 50 stipule que 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 benzo[a]pyrène ou plus de 10 mg/kg (0,001 % en poids) de la somme de tous les HAP énumérés⁶.

- *Cadre réglementaire relatif aux granulés de pneus*

En février 2017 et compte tenu des données disponibles, l'Agence européenne des produits chimiques (European Chemicals Agency, désignée ci-après par ECHA) avait conclu à un faible niveau de préoccupation pour la santé humaine en lien avec la présence de HAP dans les granulés de pneumatiques. En effet, les concentrations de HAP relevées dans les granulés de pneumatiques recyclés dans les différentes études analysées par l'ECHA étaient chacune

⁴ Modifié par le décret n°2015-1003 du 18 août 2015 - art. 4

⁵ 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.

⁶ Les restrictions en lien avec les HAP de l'annexe XVII de REACH considèrent les 8 composés suivants : le benzo[a]pyrène (BaP), le benzo[e]pyrène (BeP), le benzo[a]anthracène (BaA), le chrysène (CHR), le benzo[b]fluoranthène (BbFA), le benzo[j]fluoranthène (BjFA), le benzo[k]fluoranthène (BkFA), le dibenzo[a,h]anthracène (DBAhA)

d'elles notablement inférieures aux limites établies à l'entrée 28 de l'Annexe XVII du règlement REACH⁷.

Les autorités néerlandaises ont considéré nécessaire de fixer un seuil de concentration pour la famille des HAP pouvant provenir des huiles de dilution et du noir de carbone *via* une proposition de restriction (RIVM, 2018a). Sur la base des avis fournis par les deux comités de l'ECHA (RAC et SEAC⁸) (ECHA, 2019a et b), la Commission européenne a considéré qu'il existait un risque inacceptable pour la santé humaine du fait de la mise sur le marché ou de l'utilisation de granulés ou de paillis contenant des HAP en tant que matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou en vrac sur des aires de jeux ou dans des applications sportives. Pour parer au risque identifié pour la santé humaine, la Commission européenne a modifié l'annexe XVII du règlement REACH *via* l'adoption du règlement (UE) n°2021/1199⁹. Ainsi, le paragraphe 9 de l'article 50 dispose qu'à compter du 10 août 2022, les granulés ou paillis ne peuvent être utilisés comme matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou, dans leurs formes en vrac, sur les aires de jeux ou pour des applications sportives, dès lors qu'ils contiennent plus de 20 mg/kg (0,002% en poids) de la somme des 8 HAP¹⁰ considérés. Il est important de noter que cette restriction s'applique uniquement aux granulés non liés utilisés comme matériaux de remplissage des terrains synthétiques (considérés comme des mélanges¹¹) et non aux dalles en caoutchouc¹² utilisées en extérieur ou intérieur comme revêtements de sport amortissants. Ces derniers contiennent des granulés compactés ou liés par des résines et sont à considérer comme des articles.

Le 25 septembre 2023, la Commission européenne a adopté des mesures visant à réduire les émissions intentionnelles de microplastiques provenant du plus grand nombre de produits possible dans l'environnement¹³. Ces mesures vont interdire la mise sur le marché¹⁴ (et non l'utilisation) de microplastiques en tant que tels, ainsi que celle des produits auxquels des microplastiques ont été délibérément ajoutés et qui les libèrent lors de leur utilisation, si leur taille est comprise entre 0,1 et 5 mm. De par leur taille, les matériaux de remplissage granulaire

⁷ [Liste des restrictions - ECHA \(europa.eu\)](#). Entry 28, consulté le 31/05/2023

⁸ RAC ou CER : comité d'évaluation des risques ; SEAC ou CASE : comité d'analyse socio-économique

⁹ Règlement (UE) 2021/1199 de la Commission du 20 juillet 2021 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les granulés ou paillis utilisés comme matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou, dans leurs formes en vrac, sur les aires de jeux ou pour des applications sportives (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

¹⁰ 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], dibenzo[a,h]anthracène (DBAhA).

¹¹ Ces usages sont couverts par les paragraphes 9 à 13 de l'entrée 50 de l'annexe XVII du règlement REACH, qui reprennent la limite de 20 mg/kg (0,002 % en poids pour la somme des 8 HAP ciblés) fixée dans la restriction pour les différents usages visés (matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou en vrac sur des aires de jeux ou dans des applications sportives).

¹² Matériau élastique obtenu soit par transformation du latex naturel ou soit après polymérisation de monomères (d'après Universalis.fr). Les caoutchoucs synthétiques et naturels font partie de la famille des élastomères (polymères présentant des propriétés élastiques, obtenus après polymérisation de monomères et d'agents de réticulation, et utilisés sur des plages de températures supérieures aux températures de transition vitreuse des polymères).

¹³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_4581, consulté le 02/11/2023

¹⁴ Règlement (UE) 2023/2055 de la Commission du 25 septembre 2023 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), en ce qui concerne les microparticules de polymère synthétique. Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R2055>, consulté le 02/11/2023

utilisés dans les surfaces sportives artificielles font partie des produits courants visés par cette restriction. Ainsi, la mise sur le marché¹⁵ de granulés libres de pneumatiques usagés (en vue de leur distribution et/ou de leur utilisation comme matériaux de remplissage dans des terrains synthétiques) sera donc interdite. De ce fait, il ne sera plus possible d'acheter ces matériaux à partir du 17 octobre 2031 en vue de les utiliser comme matériaux de remplissage dans les terrains synthétiques. Seuls les produits utilisés sur les sites industriels ou ne libérant pas de microplastiques lors de leur utilisation pourront déroger à l'interdiction de vente. Cependant, leurs fabricants devront fournir des instructions sur la manière d'utiliser et d'éliminer le produit afin d'éviter les émissions de microplastiques dans l'environnement. A noter que cette restriction sur les microplastiques s'applique uniquement aux granulés libres destinés au remplissage des terrains synthétiques (qui sont des mélanges) et non aux revêtements solides amortissants (ex : dalles vendues en plaques) (qui sont des articles), qu'ils soient fabriqués dans l'UE ou importés (cf. dérogation supra).

Les pneus usagés non recyclables (PUNR) contenant des huiles de dilution, les granulés de pneus liés (articles) sont couverts par le paragraphe 5 de l'entrée 50 de l'annexe XVII du règlement REACH. Celui-ci limite la teneur en HAP des huiles de dilution (cf. cadre réglementaire relatif aux pneumatiques).

- *Cadre normatif*

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

Pour ce qui concerne les terrains de grands jeux en gazon synthétique, la norme française NF P90-112 de mars 2023 en définit les conditions de réalisation. Les 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 NF 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 certification¹⁶ 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 de migration de substances chimiques dans les jouets (norme NF EN 71-3).

¹⁵ <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Definitions>, consulté le 02/11/2023 ;

Mise à disposition sur le marché : « toute fourniture d'un dispositif destiné à être distribué, consommé ou utilisé sur le marché de l'Union dans le cadre d'une activité commerciale, à titre onéreux ou gratuit » (article 2 du Règlement (UE) n°2017/745).

¹⁶ Le *GREENGUARD Synthetic Turf Certification Program* peut être cité à titre d'exemple (http://greenguard.org/en/CertificationPrograms/CertificationPrograms_SyntheticTurf.aspx), consulté le 29 août 2018.

En 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 des aires de jeux doivent satisfaire aux conditions d'hygiène et de propreté permettant d'éviter toute souillure ou contamination. La norme NF EN 1177+AC de janvier 2019 définit les méthodes d'essai pour la détermination de l'atténuation de l'impact (détermination de la hauteur de chute critique). La norme NF EN 1176-1 (octobre 2017) 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 le règlement REACH.

En ce qui concerne les sols d'installations multi-sports intérieures, les revêtements se doivent d'être conformes aux exigences de la norme NF EN 14904 de juin 2006. Celle-ci liste une série de spécifications en matière de glissance, d'absorption des chocs, de déformation verticale, de comportement vertical du ballon, de résistance à une charge roulante, de résistance à l'usure, d'émission de substances, etc.

En conclusion, il ressort de ce travail d'analyse de la réglementation et des normes applicables :

- des normes principalement tournées vers les performances sportives et les qualités d'amortissement (notamment pour les aires de jeux) ;
- des exigences relatives à la composition chimique ou aux risques sanitaires ou environnementaux des granulés de pneu non liés :
 - o la fixation de seuils de lixiviation de métaux lourds dans la norme NF P90-112 (mars 2023) ;
 - o la fixation d'une limite de concentration de 20 mg/kg pour la somme de 8 HAP dans les granulés ou pailis utilisés comme matériaux de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou, dans leurs formes en vrac, sur les aires de jeux ou pour des applications sportives ;
 - o l'interdiction de la mise sur le marché de granulés de pneumatiques usagés utilisés comme matériaux de remplissage dans des terrains synthétiques à partir du 17 octobre 2031.

3.2. Valorisation des pneumatiques usagés

- Recyclage et 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.

En France, en 2021 :

- environ 567 762 tonnes de pneumatiques toutes catégories confondues ont été mises sur le marché (soit une hausse de 3,2 % par rapport à 2018¹⁷) ;

¹⁷ 550 051 tonnes de pneumatiques toutes catégories confondues ont été mises sur le marché en 2018 (SINOE® - Thématique), consulté le 23/03/2024.

- 532 133 tonnes de pneumatiques toutes catégories confondues ont été collectées (soit une hausse de 7,5 % par rapport à 2018¹⁸) ;
- 572 370 tonnes de pneumatiques usagés toutes catégories confondues ont été traitées (soit une hausse de 8,5 % par rapport à 2018)¹⁹ (ADEME, 2022)

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

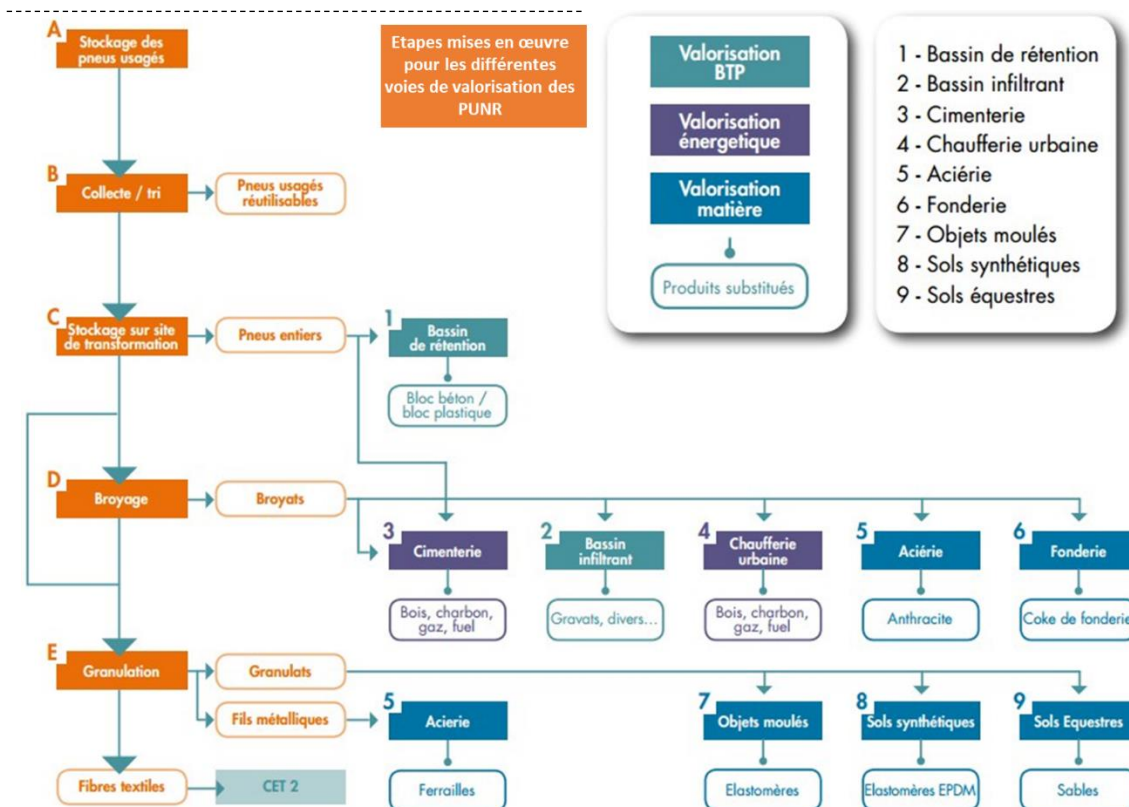


Figure 1 : Les différentes voies de recyclage des pneumatiques (Source : Plaquette ACV – Aliapur²⁰)

La filière du réemploi²¹ des pneumatiques déjà montés sur des véhicules²² est la première option à privilégier par les éco-organismes de la filière française de recyclage des pneumatiques. Les autres modes de valorisation des pneus usagés sont ensuite :

- la valorisation énergétique en cimenterie (46,2% environ),

¹⁸ 495 020 tonnes de pneumatiques toutes catégories confondues ont été collectées en 2018.

¹⁹ 527 313 tonnes de pneumatiques usagés toutes catégories confondues ont été traitées en 2018.

²⁰ <https://www.aliapur.fr/uploads/pdfs/analyse-du-cycle-de-vie-brochure.pdf>, consulté le 22 mai 2023

²¹ Réutilisation globale de pneumatiques usagés qui ont fait l'objet d'une opération de préparation en vue de la réutilisation pour un usage identique.

²² L'arrêté du 27 juin 2023 portant cahiers des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière REP des pneumatiques, prévoit des taux de collecte et de recyclage des déchets de pneumatiques respectivement de 96% et de 40% en 2024, puis de 98% et de 42% en 2028. Il prévoit en outre un objectif spécifique de recyclage en boucle fermée en 2028 (5%) pour inciter la filière à produire des pneumatiques neufs à partir de pneumatiques usagés. Il prévoit également des taux globaux de réutilisation (occasion et rechapage) des pneumatiques usagés respectivement de 17% en 2024, puis de 19% en 2028 et des taux spécifiques de rechapage pour les pneumatiques usagés des véhicules légers, de 4% en 2024, puis de 10% en 2028, et pour ceux des poids lourds de 50% pour 2028.

- la valorisation matière sous forme notamment de granulation (18,4%), de valorisation matière en cimenterie (13,9%) et la vente en occasion (réparation ou "rechapage") (15,3%) (ADEME, 2022).

Les granulés de pneumatiques recyclés peuvent être utilisés pour différents usages tels que les sols synthétiques (incluant notamment les gazons synthétiques, *etc.*), les objets moulés, les sols absorbeurs de chocs (aires de jeux, pistes d'athlétisme), les sols équestres, les enrobés routiers, *etc.* 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, 2017 ; Anses, 2018) 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.

En 2008, le principal syndicat des professionnels du pneumatique Aliapur avait commandité une évaluation du bilan environnemental de différentes voies de valorisation des pneus usagés non recyclables (PUNR). Ce travail avait pour objectif :

- d'évaluer de manière comparative l'intérêt environnemental des filières de valorisation des PUNR ;
- d'identifier les étapes du cycle de vie les plus impactantes afin de proposer des solutions d'amélioration et/ou des choix stratégiques.

Les principaux résultats étaient les suivants (Clauzade, 2012) :

- les filières de valorisation des PUNR étudiées entraînent des bénéfices environnementaux significatifs ;
- les filières de valorisation énergétiques sont environnementalement plus intéressantes que les filières de valorisation matière (recyclage) ;
- les impacts²³ des étapes de collecte et des procédés de « préparation » des PUNR (procédés A, B, C, D, E de la Figure 1) sont limités par rapport aux gains environnementaux.

Les experts de l'Anses ont noté que le cycle de vie considéré dans cette étude était partiel (cf. schéma de la figure 2). Cette analyse ne considère pas l'utilisation et la fin de vie des produits issus du recyclage des PUNR, comme par exemple les objets moulés (Figure 2). Le choix des frontières dans cette analyse du cycle de vie (ACV) n'est pas justifié scientifiquement.

Les auteurs de cette ACV ont décidé de ne pas prendre en compte les impacts toxiques (ou risques sanitaires) et écotoxiques. Ils argumentent leur choix par le fait qu'en 2012, les indicateurs d'évaluation de ces impacts étaient peu robustes scientifiquement et peu renseignés. Cet argumentaire était recevable à l'époque mais ne l'est plus aujourd'hui.

Pour identifier et limiter les « transferts de pollution » et afin d'être conforme au principe de « développement durable », il serait nécessaire de procéder à la réalisation d'une ACV complète de cette filière industrielle en respectant la norme ISO 14040.

²³ Tous types d'impact environnementaux sauf toxiques et écotoxiques, car non étudiés par les auteurs

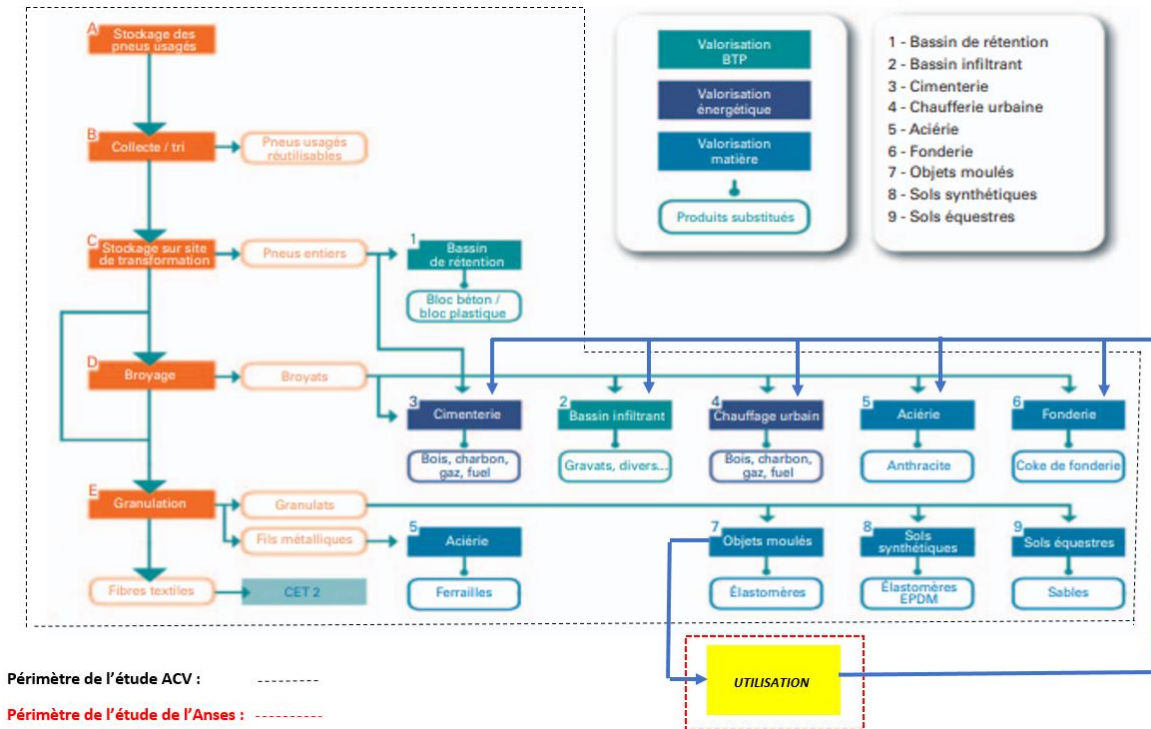


Figure 2 : Représentation des périmètres des expertises menées respectivement par Aliapur et l'Anses

- Valorisation des granulés de PUNR en terrains synthétiques

Les granulés de PUNR peuvent être utilisés dans la construction de terrains synthétiques présents aussi bien en intérieur qu'en extérieur. Ces granulés peuvent être :

- non liés entre eux pour former par exemple des gazons artificiels. Ils sont alors considérés réglementairement comme des mélanges ;
- liés entre eux pour former des dalles utilisées par exemple dans les aires de jeux pour enfants. Ils sont alors considérés réglementairement comme des articles (Figure 3).

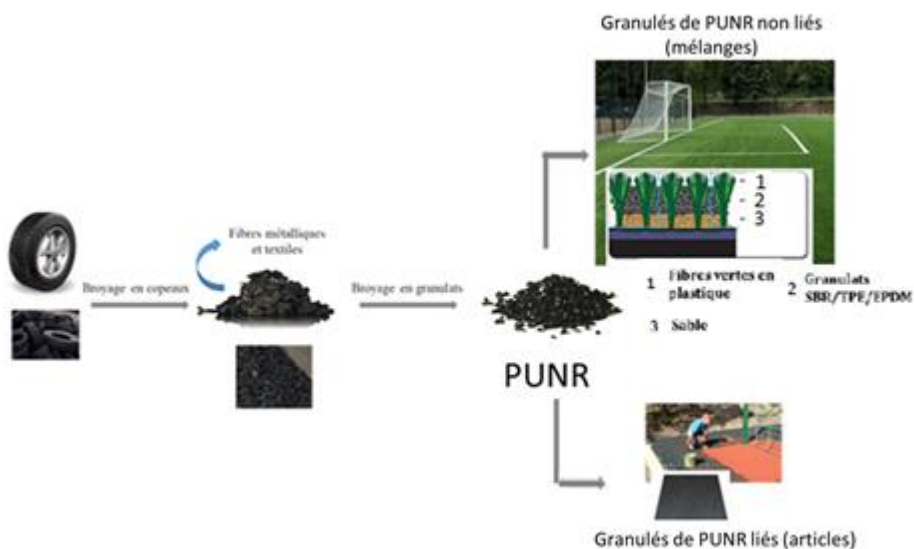


Figure 3 : Valorisation des PUNR dans la fabrication de terrains de sports synthétiques

Les granulés issus de PUNR peuvent être en :

- SBR (Styrene-Butadiene Rubber) : ce copolymère à base de styrène-butadiène constitue un matériau caoutchoutique ou élastomère, utilisé dans la composition des pneus, de revêtements de câbles, de flexibles et de profilés ;
- EPDM (Ethylène-Propylène-Diène Monomère) : il s'agit d'un élastomère, caoutchouc synthétique ;
- élastomères thermoplastiques (TPE) : il s'agit de copolymères ou de mélanges de polymères thermoplastiques et d'élastomères.

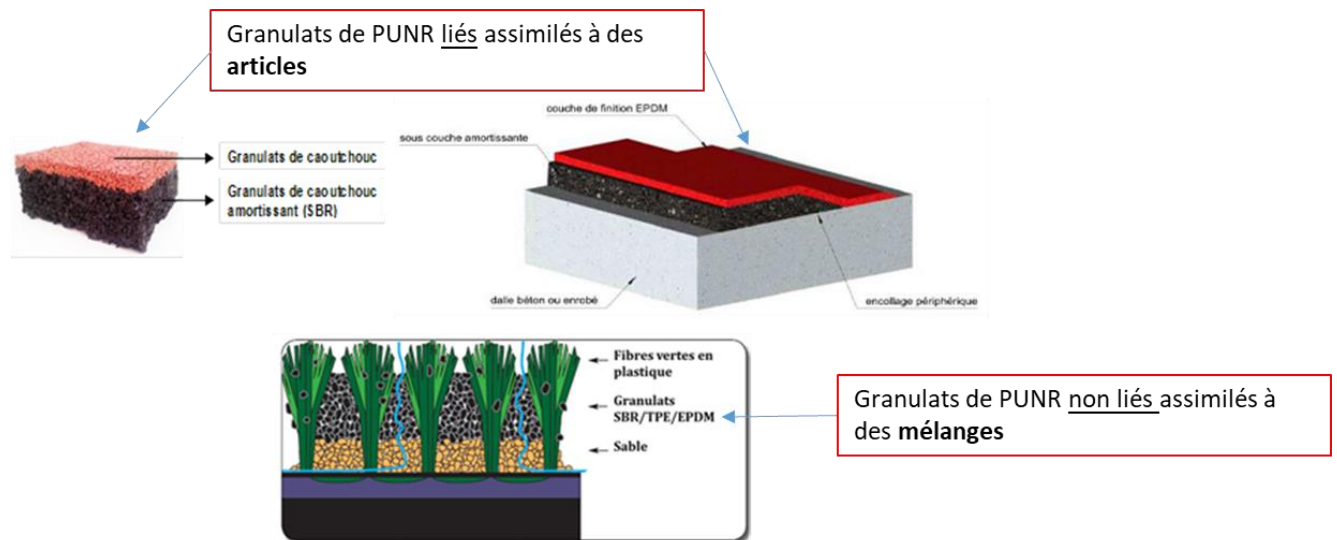


Figure 4 : Typologie d'usages des granulés de caoutchouc composant les aires de jeux et les gazons synthétiques (Judille, 2015)

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,
- sable qui apporte du poids et qui permet au tapis d'herbe de rester en place,
- granulés de pneumatiques non liés en SBR, en EPDM ou TPE.

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

Les granulés de pneus usagés peuvent également être utilisés comme constituants des aires de jeux pour enfants en sous-couches d'amortissement. Ces granulés sont principalement à base de SBR ou d'EPDM. Ces granulés sont broyés, mélangés à une résine colorée et coulés dans un moule en présence de liants et d'agents lissants. Ces sols permettent une importante absorption des chocs.

Les pistes d'athlétisme sont quant à elles composées de granulés d'EPDM ou de SBR colorés liés entre eux par des résines polyuréthanes. En cas de pose de revêtement multicouche, les granulés de pneus usagés sont préférentiellement utilisés comme sous-couches de ces pistes d'athlétisme du fait de leurs caractéristiques physiques irrégulières, et la couche de finition est principalement à base d'EPDM.

Lorsqu'ils sont utilisés dans des terrains synthétiques, ces granulés 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.

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.

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

Remarque : Ce paragraphe n'a pas fait l'objet d'une actualisation (données 2018).

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.

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. Néanmoins, les coûts de maintenance sont du même ordre de grandeur ;
- 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 : 30 h par semaine contre 6 h par semaine pour un gazon naturel (IRDS, 2008)	Dureté du terrain : meilleure absorption des chocs, donc moins de douleurs aux pieds ressenties par les sportifs (Ataabadi <i>et al.</i> , 2017)
Davantage résistant aux changements de température : moins d'annulation ou de report d'entraînements, besoin réduit de louer un autre terrain lorsque les conditions climatiques sont défavorables	Joueurs professionnels préféreraient le gazon naturel (Anses, 2018)
Source de nouveaux revenus : organisation d'évènements autres que sportifs comme des concerts, des feux d'artifices...	Température du terrain reste constante en toute saison (Anses, 2018)
Permet de faire des économies d'eau : jusqu'à 4 000 000 L/an pour un terrain (Aigueperse, 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, 2017)	Flexibilité dans les changements d'accélération (Ataabadi <i>et al.</i> , 2017)

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

Remarque : Ce paragraphe n'a pas fait l'objet d'une actualisation (données 2018).

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 considérations 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, etc.), 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 en 2017-2018. 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 granulés de pneus ayant longtemps été considéré sous un angle « vertueux » uniquement.

3.5. Recherche des substances jugées préoccupantes

La composition des PUNR utilisés dans les gazons synthétiques a été analysée par différents organismes (Celeiro *et al.*, 2018 ; RIVM, 2017; Menichini *et al.*, 2011) qui ont notamment mis en évidence la présence de différentes familles de substances préoccupantes 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-xylènes) ;
- les polychlorobiphényles (PCB), les dioxines et furanes (PCDD et PCDF) ;
- des composés organiques volatils (COV) ou semi-volatils (COSV) ;
- des substances spécifiques, telles que la 1,3-diphénylguanidine (DPG), l'aniline, le formaldéhyde, la N-1,3-diméthylbutyl-N'-phényl-p-phénylènediamine (6-PPD), *etc.*

La présence de HAP dans les granulés de PUNR s'explique par le fait que les pneus contiennent généralement des HAP provenant de l'huile de dilution et du noir de carbone utilisés dans la production de pneus ou de la dégradation d'autres matériaux (ECHA, 2019a et b). La teneur en HAP des pneus est en diminution depuis le 1^{er} janvier 2010 en raison des teneurs maximales imposées par l'entrée 50 de l'annexe XVII de REACH dans les huiles de dilution utilisées dans la fabrication des pneus.

Dans le cadre du projet *Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds* (FRAP) visant à documenter de façon précise l'exposition aux terrains de sport synthétiques, 21 métaux, 49 COSV et 31 COV ont été recherchés dans les granulés de pneus. Les résultats obtenus révèlent la présence de la plupart des analytes ciblés dans cette étude. Les concentrations moyennes variaient de moins de 1 mg/kg pour plusieurs métaux et COSV extractibles, à 15 000 mg/kg pour le zinc (US EPA et CDC/ATSDR, 2019).

Dans le cadre d'une vaste étude de l'association européenne des producteurs de pneumatiques et de caoutchouc (ETRMA) appelée l'étude ERASSTRI (*European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill*), des essais de composition ont été réalisés sur 86 échantillons de PUNR présents dans des gazons synthétiques de 14 pays européens. Des substances ou familles de substances²⁴ déjà listées dans la bibliographie et suggérées par les manufacturiers de pneumatiques ont été recherchées. Des HAP ont été identifiés à des concentrations inférieures à 10 mg/kg (somme de 8 HAP de REACH). Les substances avec les plus fortes concentrations étaient l'aluminium (moyenne 5383 mg/kg dans des échantillons de gazons synthétiques), le cobalt (168 mg/kg), le benzothiazole (48 mg/kg) et le 2-hydroxybenzothiazole (14 mg/kg) (Schneider *et al.*, 2020a).

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 leurs teneurs dans les matériaux utilisés pour les terrains synthétiques.

Peu d'études concernant la composition des aires de jeux pour enfants contenant des granulés de PUNR en tant que sous-couches sont disponibles dans la littérature scientifique. Ainsi, en 2018, l'Anses a recommandé d'acquérir davantage de données relatives aux constituants des sols des aires de jeux dans la perspective d'approfondir les connaissances sur les possibilités d'exposition aux substances chimiques présentes dans ces revêtements. Pour cela, l'Anses a signé une convention d'étude avec l'institut des molécules et matériaux du Mans en vue d'acquérir ces données.

Pour la phase préliminaire, le laboratoire a procédé à des prélèvements d'échantillons directement dans une cour d'école lors de la pose par une société d'un nouveau revêtement de sols à base de granulés de pneus. Quatre types de matières premières ont ainsi été prélevés : le lissant seul, la résine seule, des granulés de SBR seuls (provenant de PUNR) et des granulés d'EPDM seuls (non issus de PUNR) (Figure 5). Des couches de SBR et EPDM enrobées de résine ont également été récupérées sur le chantier de pose, après la préparation effectuée par les ouvriers, et séchées à l'air pendant 24 heures. Chaque échantillon a ensuite été stocké à l'abri de la lumière.

²⁴ HAP, aluminium, cadmium, cobalt, plomb, benzothiazole, 2-mercaptobenzothiazole, 2-hydroxybenzothiazole, aniline, 2-naphtylamine, benzidine, 4-aminobiphényle, 6-PPD, 1,3-diphénylguanidine (DPG), 4-tert-octylphénol, 4-tert-butylphénol, 2,4-di-tert-butylphénol, 2,6-di-tert-butyl-p-crésol (BHT), bisphénol A, phtalate de di-n-hexyle (DHP), phtalate de diméthyle (DMP), phtalate de di-n-octyle (DOP), phtalate de dibutyle (DBP), phtalate de diisononyle (DINP), phtalate de diéthyle (DEP), phtalate de diisobutyle (DIBP), phtalate de dis(2-éthylhexyle) (DEHP), phtalate de benzylbutyle (BBP)

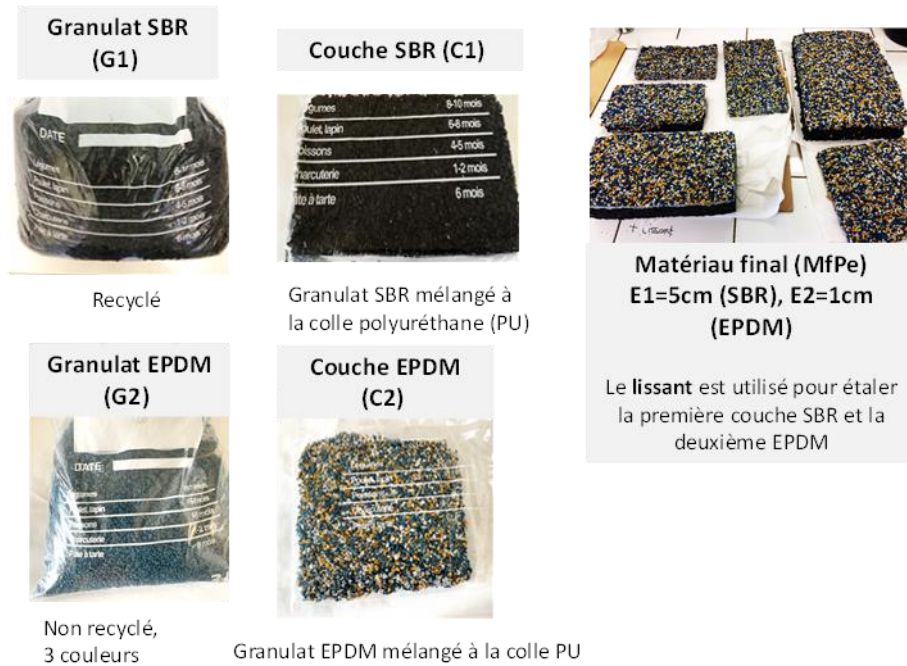


Figure 5 : Échantillons collectés sur le chantier

Différentes substances organiques et éléments chimiques ont été recherchés dans ces matériaux (Tableau 2, Tableau 3). Le choix de ces substances a été fait sur la base des substances identifiées dans la bibliographie, de la faisabilité de l'étude à mener (coûts, délais, etc.) et des échanges auprès du CES CONSO. La détermination des substances organiques ciblées a nécessité le développement de méthodes d'analyse spécifiques intégrant des séquences d'extraction (ultrasons ou extraction Soxhlet en utilisant des solvants de sélectivités différentes) et d'analyses par chromatographie liquide haute performance (HPLC) munie d'un détecteur par fluorescence et d'un détecteur UV.

Tableau 2 : Substances organiques recherchées

HAP (n = 16)*	Naphtalène, acénaphtylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo[a,h]anthracène, benzo[g,h,i]pérylène, indéno[1,2,3-cd]pyrène
Phtalates (n = 6)	Phtalate de diméthyle, phtalate de diéthyle, phtalate de di-n-butyle, phtalate de benzylbutyle, phtalate de bis(2-éthylhexyle), phtalate de di-n-octyle
Benzothiazoles (n = 3)	Benzothiazole, 2-hydroxybenzothiazole, 2-méthoxybenzothiazole
BTEX	Benzène, toluène, o-xylène et éthylbenzène
Autres substances	4-terbutylphénol, m-phényldiamine

*Liste des 16 HAP classés prioritaires par l'US EPA (Ineris, 2005).

Une recherche d'éléments chimiques a également été effectuée sur chaque échantillon par fluorescence X (Tableau 3). La limite de détection est comprise entre 1 et 10 ppm pour les matrices lourdes et entre 0,1 et 1 ppm pour des matrices légères (huile). Cette technique permet de détecter des métaux dans une gamme d'éléments qui s'étend du sodium à l'uranium. Les échantillons ont été analysés sans aucun traitement préalable à partir des matériaux sous forme de poudre ou multicouches.

Il est important de noter que les résultats obtenus sont issus d'un seul échantillon, à savoir le matériau final (Mf), puisque les différentes couches (C1 et C2) ou constituants (R, L, G1 et G2) sont des composants du matériau Mf.

Les analyses par fluorescence X ont ainsi confirmé la présence de certains éléments minéraux (Tableau 3) tels que le zinc, le soufre et le tellure qui entrent dans la composition d'agents de vulcanisation (oxyde de zinc, soufre, diéthylthiocarbamate de tellure). D'autres éléments constitutifs de charges utilisées dans la fabrication des pneus ont également été retrouvés (ex. silice). Il n'a toutefois pas été possible de relier les valeurs retrouvées par fluorescence X avec celles attendues dans la composition de pneumatiques²⁵.

Tableau 3 : Concentration (en ppm) des éléments présents, détectés par fluorescence X, dans les différents composants de l'échantillon Mf

Métal	Résine seule (R)	Lissant* seul (L)	Granulat SBR seul à base de PUNR (G1)	Couche SBR à base de PUNR (C1=G1+R)	Granulat EPDM seul (G2)	Couche EPDM (C2=G2+R)
Mg	ND	ND	ND	ND	2634	328
Al	ND	ND	1313	750	739	244
Si	145	154	11292	10308	26572	7470
P	ND	206	ND	ND	ND	ND
S	ND	45	30000	14408	651	375
Cl	923	98	504	358	ND	110
K	ND	ND	1264	528	ND	238
Ca	1115	659	79024	54156	306452	169 950
Ti	ND	ND	217	195	3196	4318
V	ND	ND	16	29	16	25
Cr	ND	ND	45	24	10	121
Mn	ND	ND	45	25	618	259
Fe	52	72	4060	1484	2658	8234
Co	8	ND	879	84	ND	ND
Ni	ND	ND	53	25	ND	2
Cu	ND	ND	348	155	1033	399
Zn	72	2	118472	75948	342	282
Hg	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	5	2	ND	ND
Br	64	ND	1663	305	ND	ND
Sr	ND	ND	78	88	174	118
Pb	ND	ND	90	45	ND	ND
Sn	145	142	0	ND	ND	13
Te	178	191	0	25	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Er	196	ND	ND	ND	ND	ND
Re	6	1	ND	ND	ND	ND

ND : non détecté. * Le lissant est utilisé pour étaler la première couche SBR et la deuxième EPDM

Ces travaux ont également permis de caractériser la présence de certaines substances organiques dans les matériaux analysés (Tableau 4) :

- dans les échantillons de granulés SBR seuls (G1), toutes les substances recherchées ont été détectées hormis le phtalate de diéthyle et la 2-méthoxybenzothiazole ;

²⁵ Le pneu cet inconnu - Les matériaux | Michelin Tout sur le pneu. <https://toutsurlepneu.michelin.com/le-pneu-cet-inconnu-les-materiaux>, consulté le 5 juin 2023.

- dans les échantillons d'EPDM (G2), seuls le pyrène, le phtalate de diméthyle et le phtalate de diéthyle ont été détectés.

Du fait de l'absence de méthodes harmonisées et de l'hétérogénéité des composants (origine, forme, composition, granulométrie des granulats de PUNR utilisés), les résultats analytiques sont fortement dépendants de la méthode utilisée. Ainsi, il serait nécessaire de disposer de méthodes d'analyse et d'échantillonnage standardisées pour obtenir des résultats fiables et comparables entre les différentes études.

Tableau 4 : Détection des substances organiques dans les différents composants du matériau Mf

	N° CAS	Granulat SBR seul à base de PUNR (G1)	Couche SBR à base de PUNR (C1=G1+R)	Granulat EPDM seul (G2)	Couche EPDM (C2=G2+R)	Mf (matériau final)
HAP						
Naphtalène	91-20-3	1	1	0	0	0
Acénaphthylène	208-96-8	1	0	0	0	0
Acénaphthène	83-32-9	1	0	0	0	0
Fluorène	86-73-7	1	1	0	0	0
Phénanthrène	85-01-8	1	1	0	0	1
Anthracène	120-12-7	1	0	0	0	0
Fluoranthène	206-44-0	1	1	0	0	0
Pyrène	129-00-0	1	1	1	1	1
Benzo[a]anthracène	56-55-3	1	1	0	0	1
Chrysène	218-01-9	1	1	0	0	1
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2	1	1	0	0	0
Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	1	1	0	0	1
Benzo[a]pyrène	50-32-8	1	1	0	0	1
Dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	1	1	0	0	0
Benzo[g,h,i]pérylène	191-24-2	1	1	0	0	1
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	1	0	0	0	0
Thiazoles						
Benzothiazole	95-16-9	1	1	0	1	1
2-hydroxybenzothiazole	934-34-9	1	1	0	0	1
2-méthoxybenzothiazole	63321-86-8	0	0	0	0	0
Phtalates						
Diméthyl phtalate	131 11 3	1	1	1	1	1
Diéthyle phtalate	84 66 2	0	0	1	1	1
Di-nbutyl phtalate	84 74 2	1	1	0	0	0
Benzyl butyl phtalate	85 68 7	1	0	0	0	0
Bis(2éthylhexyl) phtalate	117 81 7	1	1	0	0	1
Di-n-octyl phtalate	117 84 0	0	0	0	0	0
BTEX						
Benzène	71-43-2	0	0	0	0	0
Toluène	108-88-3	0	0	0	0	0
Ethylbenzène	100-41-4	0	0	0	0	0
o-Xylène	95-47-6	0	0	0	0	0
Autres substances						
4-tertbutyl Phénol	98-54-4	0	0	0	0	0
m-phényldiamine	108-45-2	0	0	0	0	0

1) : substance d'intérêt détectée ; (0) : substance d'intérêt non détectée.

Les essais de caractérisation, portant sur les matériaux employés lors de la pose d'un seul revêtement coulé au Mans, n'ont pas permis de procéder à une analyse quantitative des substances organiques détectées. De plus, il n'est pas possible de conclure qu'une substance non détectée n'était pas présente dans le matériau étudié.

Devant l'impossibilité de quantifier les substances organiques détectées, il n'a pas été jugé pertinent de procéder à des essais de migration avec des simulants de salive ou de sueur sur ces échantillons de revêtements de sols extérieurs comme cela était prévu initialement.

Des prélèvements en plus grand nombre et sur différents chantiers s'avèrent nécessaires pour pouvoir réaliser une évaluation fiable de risque sanitaire liée à une exposition orale ou cutanée des enfants aux substances présentes dans les aires de jeux. En effet, le choix des matériaux, ainsi que la méthode de pose, peuvent varier d'un chantier à l'autre et entraîner une exposition différente des enfants aux substances préoccupantes intégrées dans la composition de ces matériaux.

3.6. Emission de polluants volatils par des dalles de sol utilisées dans des environnements intérieurs et composées de granulés de pneumatiques recyclés

Dans le cadre du projet *Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds* (FRAP) visant à documenter l'exposition aux terrains de sport synthétiques, les concentrations des polluants volatils émis par des dalles de sol dans l'air ont été mesurées. Celles-ci étaient non mesurables pour la plupart des COV et COSV. A 60°C, des concentrations plus élevées ont été mesurées pour certaines substances organiques. La méthyl isobutyle cétone (MIBK) et le benzothiazole avaient les facteurs d'émission les plus élevés dans cette étude (US EPA et CDC/ATSDR, 2019). Bien que les substances chimiques soient présentes comme attendu dans la gomme de pneu, les auteurs ont estimé que l'exposition humaine peut être limitée du fait de la faible émission dans l'air ou la faible migration dans des simulants de fluides biologiques.

Dans le cadre d'une vaste étude de l'association ETRMA appelée l'étude ERASSTRI (*European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill*), des essais en chambre d'émission ont été réalisés sur 86 échantillons de PUNR présents dans des gazons synthétiques de 14 pays européens (Schneider *et al.*, 2020a). Des substances ou familles de substances²⁶ déjà listées dans la bibliographie et suggérées par les manufacturiers de pneumatiques ont été cherchées. Un screening des substances inconnues s'évaporant des pneus a également été réalisé. Les substances volatiles suivantes ont été mesurées à l'émission : benzothiazole, *tert*-butylamine, cyclohexanone, MIBK, 2-heptanone et hydrocarbures aliphatiques saturés de plus de 9 carbones.

L'Anses a passé une convention d'étude avec le CSTB pour la réalisation d'une étude permettant de caractériser les émissions de polluants volatils, dont les HAP, par des dalles de

²⁶ benzothiazole, 2-mercaptobenzothiazole, 2-hydroxybenzothiazole, aniline, cyclohexylamine, dicyclohexylamine, *tert*-butylamine, DPG, 4-méthyl-2-pentanone (MIBK), butanone (MEK), formaldéhyde, cyclohexanone, acétone, cyclohexane, 4-*tert*-octylphénol, 4-*tert*-butylphénol, 4-*n*-nonylphénol, 3-*tert*-butylphénol, 2,4-di-*tert*-butylphénol, BHT, BHA, bisphénol A, phénol, benzène, toluène, xylènes (1,2-; 1,3-; 1,4-xylène), styrène, DBP, DINP, DEP, DIBP, DEHP, BBP, somme de N-nitrosamines (N-nitroso-diméthylamine, -méthyléthylamine, -diéthylamine, -dipropylamine, -diisopropylamine, -dibutylamine, -pipéridine, -pyrrolidine, -morpholine)

sol utilisées en tant que dalles amortissantes. Trois dalles en PUNR ont été testées afin de représenter les 2 usages suivants :

- un usage récréatif : 2 dalles de forte épaisseur (55 et 70 mm) et colorées, plutôt utilisées en tant que dalles amortissantes pour les aires de jeu des enfants (Figure 6) ;
- un usage fitness/salle de sport : dalle moins épaisse (20 mm) et non colorées (noires).

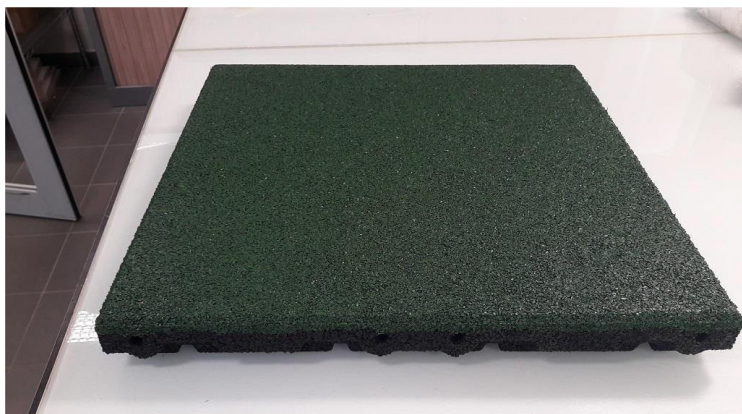


Figure 6 : Exemple de dalle amortissante à usage récréatif analysée (épaisseur 55 mm)

Deux types d'essais ont été réalisés lors de cette étude :

- des essais d'émissions « classiques » pour la caractérisation des émissions de COV et d'aldéhydes en chambres d'essai d'émission. Ces essais ont été réalisés selon les normes de référence pour la caractérisation des émissions de polluants volatils par les produits de construction (NF EN ISO 16000-11, NF EN ISO 16000-9, NF ISO 16000-3 et NF EN 16516). Ces normes précisent les conditions de préparation et de stockage des éprouvettes d'essai (NF EN ISO 16000-11), les conditions expérimentales dans les chambres d'essai d'émission (NF EN ISO 16000-9) et les conditions de prélèvement et d'analyse des COV (NF ISO 16000-6) et des composés carbonylés, dont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde (NF ISO 16000-3). Les composés recherchés étaient :
 - o les composés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR) de catégorie 1A & 1B (selon les arrêtés du 30 avril 2009 et du 28 mai 2009), à savoir : trichloréthylène, benzène, phtalate de dibutyle (DBP), phtalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP),
 - o les composés dont l'étiquetage réglementaire est obligatoire pour les produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis (selon l'arrêté du 19 avril 2011) : formaldéhyde, acétaldéhyde, toluène, tétrachloroéthylène, xylènes, 1,2,4-triméthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, éthylbenzène, 2-butoxyéthanol, styrène et composés organiques volatils totaux (COVT),
 - o les COV majoritaires à l'émission (quantifiés selon le facteur de réponse du toluène) ;
- des essais de caractérisation des émissions de COV et de HAP en micro-chambre d'essai (μ -CTE). Ces essais d'émissions ont été réalisés selon la norme NF EN ISO 16000-25. Les HAP ont été prélevés et analysés selon une méthode interne du CSTB par HPLC. Les composés recherchés étaient :
 - o les mêmes substances COV que pour les essais d'émission « classiques »,

- et les 16 HAP classés prioritaires par l'US EPA (Ineris, 2005) : naphthalène, acénaphthylène, acénaphène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, benzo[g,h,i]pérylène, dibenzo[a,h]anthracène, indéno[1,2,3-cd]pyrène.

La concentration en COVT a été calculée, selon la définition de la norme NF ISO 16000-6, comme étant la somme des COV identifiés et non identifiés éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane (inclus) et quantifiés avec le facteur de réponse du toluène (concentrations mesurées en toluène équivalent).

Les essais d'émission réalisés sur les dalles amortissantes à usage récréatif (55 et 70 mm d'épaisseur) ont mis en évidence des taux de COV globalement plus élevés que ceux observés pour la dalle destinée à une salle de fitness (20 mm d'épaisseur). Les principaux COV identifiés à l'émission de ces dalles de sol sont la MIBK, la cyclohexanone et le benzothiazole.

Des émissions relativement importantes de terpènes (notamment l' α -pinène) ont également été mesurées pour une dalle amortissante à usage récréatif et la dalle de fitness.

Les résultats d'émissions de polluants volatils répondent aux exigences²⁷ d'un classement A+ pour les dalles amortissantes d'épaisseur 55 mm et fitness (20 mm) et aux valeurs d'un classement A pour la dalle amortissante de 70 mm d'épaisseur du fait des émissions de formaldéhyde (Tableau 5).

²⁷ Exigences réglementaires d'étiquetage s'appliquant aux produits de construction.

Tableau 5 : Concentrations d'exposition à 28 jours ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et correspondance aux classes d'émission réglementaires associées (surface émissive : face supérieure, envers et bords masqués)

Composés	N° CAS	Seuil A+*	Dalle amortissante 20 mm	Dalle amortissante 55 mm	Dalle amortissante de fitness 70 mm
Formaldéhyde	50-00-0	10	2,5	2,3	11,4
Acétaldéhyde	75-07-0	200	1,9	6,7	6,2
Toluène	108-88-3	300	<0,3	8,7	12,1
Tétrachloroéthylène	127-18-4	250	<0,3	<0,3	<0,3
Xylènes	108-38-3	200	3,7	47,1	11,7
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	1000	2,8	2,3	3,7
1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	60	<0,3	<0,3	<0,3
Ethylbenzène	100-41-4	750	0,3	1,0	1,6
2-Butoxyéthanol	11-76-2	1000	<0,3	0,3	1,7
Styrène	100-42-5	250	2,1	21,3	5,1
COVT		1000	190,2	761,3	494,2
Classe d'émission correspondante			A+	A+	A

* selon l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils

Pour les 3 dalles de sol testées lors de la caractérisation des émissions des HAP en micro-chambre, les valeurs des mesures de HAP en phase particulaire sont négligeables. En revanche, la dalle amortissante de 55 mm d'épaisseur présente des émissions significatives de HAP en phase gazeuse, et notamment des émissions d'acénaphène, de fluoranthène et de chrysène, ainsi que des traces de naphtalène et de phénanthrène (Tableau 6).

Tableau 6 : Facteurs d'émissions spécifiques massiques (SER_M) des HAP mesurés en micro-chambre pour les dalles amortissantes de 55 mm d'épaisseur après 72 heures

Composé	N° CAS	Facteurs d'émissions spécifiques massiques (SER_M , en $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{h}$)
Naphtalène	91-20-3	1,1
Acénaphthylène	208-96-8	ND
Acénaphène	83-32-9	15,9
Fluorène	86-73-7	0,1
Phénanthrène	85-01-81	0,9
Anthracène	120-12-7	0,1
Fluoranthène	206-44-0	26,4
Pyrène	129-00-0	0,1
Benzo[a]anthracène	56-55-3	ND
Chrysène	218-01-9	12,3
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2	0
Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	ND
Benzo[a]pyrène	50-32-8	ND
Benzo[g,h,i]pérylène	191-24-2	ND
Dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	ND
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	ND

ND : non détecté

Les émissions de HAP des deux autres produits testés (dalle amortissante de 70 mm d'épaisseur et dalle de fitness de 20 mm d'épaisseur) sont nettement plus faibles avec des

traces d'émissions des mêmes composés : naphthalène, acénaphène, phénanthrène, fluoranthène et chrysène.

Ainsi, ces essais ont permis de mettre en évidence des émissions pouvant être significatives de 3 HAP en phase gazeuse (acénaphène, fluoranthène et chrysène), ainsi que de COV (principalement la MIBK, la cyclohexanone et le benzothiazole) et de terpènes (notamment l' α -pinène).

3.7. Risques pour la santé humaine

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 granulés sous forme libre donc directement en contact avec les joueurs. Peu d'études se sont intéressées à l'utilisation de granulés pour la fabrication des aires de jeux et peu d'informations sont disponibles sur l'exposition à ces granulés notamment en cas de dégradation de la couche de surface. Les publications proviennent d'équipes de recherche ou d'agences sanitaires (Institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM), ECHA ou *Washington State Department of Health*) et d'associations d'industriels (ETRMA).

3.7.1. Synthèse des rapports les plus récents

L'association européenne des producteurs de pneumatiques et de caoutchouc (**ETRMA**) 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 appelée l'étude ERASSTRI (*European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill*) (Schneider *et al.*, 2020a, b et c). Ce programme de recherche européen visait à lever les doutes sur la risque de ces matériaux pour la santé humaine (ETRMA, 2016).

Le protocole de cette étude comportait plusieurs volets :

1. essais de composition et émission sur 86 échantillons de PUNR présents sur des gazons synthétiques de 14 pays européens dont les résultats sont décrites dans les chapitres 3.5 et 3.6 (Schneider *et al.*, 2020a) ;
2. une étude de migration de ces substances issues des granulés de PUNR a été conduite à l'aide de simulants de fluides corporels artificiels (sueur, salive, suc gastrique). Certaines substances telles que des HAP, l'aluminium, le cobalt, des thiazoles (benzothiazole, mercaptobenzothiazole, 2-hydroxybenzothiazole), la *tert*-butylamine, la MIBK, la cyclohexanone, le 4-*tert*-octylphénol, le bisphénol A et des phtalates (DINP et DEHP) ont été retrouvées dans au moins un échantillon de simulant de sueur. Dans les simulants de salive et suc gastrique, seuls l'aluminium, le cobalt, la 4-*tert*-octylphénol et la MIBK ont été détectés. Les HAP n'ont pas été quantifiés (Schneider *et al.*, 2020b) ;
3. des mesures d'exposition par voies respiratoire et cutanée à des substances chimiques ont été effectuées dans le but de procéder à une évaluation des expositions puis à une évaluation de risques sanitaires :
 - a. pour l'exposition par voie respiratoire, des mesures dans l'air de 17 terrains de sport de 6 pays européens dont la France ont été réalisées. Il n'a pas été observé d'augmentation des concentrations de métaux (aluminium, cobalt), HAP ou autres substances semi-volatiles sur des échantillons d'air, mais la

concentration de certaines substances volatiles était légèrement augmentée dans quelques échantillons (MIBK : P95 = 18 $\mu\text{g.m}^{-3}$, benzothiazole : P95 = 7 $\mu\text{g.m}^{-3}$, *tert*-butylamine : P95 = 31 $\mu\text{g.m}^{-3}$, 2-heptanone : P95 = 0,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$, cyclohexanone : P95 = 1,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$, hydrocarbures aliphatiques saturés >C9 : P95 = 26 $\mu\text{g.m}^{-3}$) ;

- b. pour l'exposition par voie cutanée, les substances chimiques présentes sur la peau de 43 volontaires sportifs après avoir joué sur des gazons synthétiques ont été recherchées (lingettes). Seul l'aluminium a été détecté au-dessus de la limite de quantification (P95 : 0,84 mg/échantillon) (Schneider *et al.*, 2020b) ;
4. une évaluation des risques sanitaires pour 17 substances et familles de substances²⁸ selon une approche conservatrice en considérant différentes sous-populations spectatrices ou jouant exclusivement sur des gazons synthétiques²⁹. Les auteurs concluent « *qu'il n'y avait pas de risques sanitaires pertinents pour la santé humaine associés à l'utilisation de gazons synthétiques avec un matériau de remplissage dérivé de pneus recyclés* » (Schneider *et al.*, 2020c).

En 2017, l'Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement (**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 granulés 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 granulés. 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 « non présentes ou présentent en très faibles quantités ». 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 granulés 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'Agence américaine de la protection de l'environnement (US EPA) (cf. chapitre 3.8) apporterait des éléments nouveaux à prendre en compte, l'installation de terrains synthétiques à base de granulés de pneus recyclés ayant démarré avant 2001 aux Etats-Unis.

²⁸ HAP, aluminium ; cobalt, benzothiazole, 2-mercapto-benzothiazole, aniline, cyclohexylamine, *tert*-butylamine, 6-PPD, DPG, MIBK, cyclohexanone, formaldéhyde, 4-*tert*-octylphénol, 2-heptanone, BPA, hydrocarbures aliphatiques saturés >C9

²⁹ Spectateurs : jeunes enfants 1,5-4 ans ; populations jouant exclusivement sur gazons synthétiques : joueurs de 4-11 ans, 11-18 ans, 18-35 ans et 35-50 ans, et gardiens de but de 7-11 ans, 11- 18 ans, 18-35 ans et 35-50 ans.

Toujours en 2017, l'ECHA a publié les résultats d'une évaluation des risques potentiels pour la santé liée aux granulés de pneu recyclé, utilisés en tant que matériau de remplissage dans les pelouses synthétiques des terrains de sport (ECHA, 2017). 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 granulés de pneus sont inférieures aux valeurs limites fixées par les restrictions REACH pour les mélanges concernant la présence de substances CMR. 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 MIBK sont également inférieures aux valeurs sanitaires de référence retenues par l'ECHA pour évaluer les risques. En revanche, l'ECHA signalait que les COV émis par les granulés de pneu à partir de terrains synthétiques en milieu clos peuvent provoquer des irritations oculaires et respiratoires, et également cutanées par dépôt sur la peau. Ainsi, selon l'ECHA, l'exposition aux granulés de pneus était très peu préoccupante et ne remettait pas en question la pratique du sport sur terrains synthétiques. Toutefois, compte tenu des incertitudes non levées par les données existantes, l'ECHA recommandait :

- de modifier la restriction applicable aux granulés 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 étaient considérées comme non suffisamment protectrices. Le règlement (UE) n°2021/1199 a depuis modifié l'entrée 50 de l'annexe XVII du règlement REACH en abaissant la teneur maximale autorisée à 20 mg/kg (0,002% en poids) de la somme de tous les HAP énumérés¹¹ ;
- de communiquer et de rendre facilement accessibles les informations relatives aux mesures effectuées sur les terrains synthétiques, à destination des institutions, des associations sportives et des consommateurs ;
- aux « granulateurs »³⁰ 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 toute plaie ouverte lors de la pratique sportive sur le terrain synthétique, 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 granulés 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 3.9).

En mai 2021, l'ECHA a publié une étude de suivi sur des substances (autres que les HAP) dans les granulés et paillis de plastiques et de caoutchoucs utilisés comme remplissage sur

³⁰ Fabricants de granulés

les terrains synthétiques (ECHA, 2021). Plus de 300 produits chimiques, qui pourraient potentiellement être présents dans le matériau de remplissage, ont été identifiés. L'ECHA a établi des critères pour hiérarchiser ceux qui posaient potentiellement le plus de problèmes. L'ECHA a recommandé que des évaluations supplémentaires soient effectuées pour certains produits ou substances chimiques qui pourraient être nocifs pour les personnes ou l'environnement.

En janvier 2023, la Commission européenne a demandé à l'ECHA d'évaluer les risques sanitaires pour les enfants relatifs aux 8 HAP présents éventuellement dans les granulés non liés de PUNR et les paillis utilisés en vrac dans les terrains de jeux ainsi que dans d'autres applications domestiques telles que le jardinage et l'aménagement paysager. L'objectif était de déterminer si les teneurs limites de 20 mg/kg, 53 mg/kg et 387 mg/kg pour la somme des 8 HAP évoqués lors des discussions européennes sur la teneur limite en HAP dans les granulés de PUNR utilisés comme matériaux de remplissage dans les terrains synthétiques était « compatible avec un niveau élevé de protection de la santé humaine » pour les enfants. L'ECHA a élaboré des scénarii d'exposition spécifiques et évalué l'exposition et les risques pour les enfants. A l'issue de son évaluation, l'ECHA a conclu que la limite de 20 mg/kg pour la somme des 8 HAP, établie pour les granulés de PUNR et les paillis en vrac, pouvait être considérée comme protectrice pour les enfants pour une utilisation dans les aires de jeux (ECHA, 2023).

3.7.2. Risque cancérigène et travaux épidémiologiques

Remarque : Ce paragraphe n'a pas fait l'objet d'une actualisation (données 2018).

L'une des préoccupations majeures porte sur le risque cancérigène éventuel pour les sportifs, les enfants ou les travailleurs exposés aux granulés 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 l'ayant 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 granulés 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 (Washington State Department of Health, 2017). 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 ont renseigné le questionnaire. A partir de ces données, 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 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 (Bleyer et Keegan, 2018). Les auteurs ont comparé l'incidence de ces cancers au niveau de chaque comté de Californie, prenant en compte 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 sport 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 sport 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 sport 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 a également consulté les données du registre des cancers des Pays-Bas, entre 2006 et 2015 (RIVM, 2017). Le registre indique qu'une leucémie ou un lymphome ont été diagnostiqués 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 cancérogène (s'agissant des lymphomes et leucémies), associés à la mise en place ou la fréquentation de terrains de sport synthétiques.

3.7.3. Risque cutané (par contact et par émission)

Remarque : Ce paragraphe n'a pas fait l'objet d'une actualisation (données 2018).

Le RIVM 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 granulés de pneus en conditions représentatives (RIVM, 2017). 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 granulés de pneus, le plomb n'a pas été détecté et le cobalt et le cadmium ont été mesurés à des concentrations très faibles, inférieures aux limites requises 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 granulés 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 granulés 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 granulés de pneus étant linéaire, le pourcentage de HAP finalement relargué correspond à 0,02% des HAP contenus dans les granulés.

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 granulés, de COV se déposant sur la peau (ECHA, 2017). 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 granulés 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'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) liste les principaux allergènes du caoutchouc retrouvés *de facto* dans les granulés de pneus et constituant ainsi une source supplémentaire d'exposition pour les travailleurs, les sportifs et les enfants (INRS, 2008).

3.7.4. 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'Organisation de coopération et de développement économiques (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 (OCDE, 2014). Ces nanomatériaux peuvent potentiellement être relargués dans l'environnement à partir des particules de caoutchouc mais les données scientifiques disponibles sont actuellement insuffisantes pour évaluer leurs risques pour l'environnement. 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 déchetage 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 granulés de pneus ainsi que des sportifs et enfants évoluant sur ces terrains mériterait donc d'être davantage étudiée.

3.7.5. 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 granulés 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 granulés 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 synthétique 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 granulés de pneus sur leur potentiel génotoxique. Dorsey *et al.* ont étudié le potentiel mutagène de lixiviats de granulés de pneus sur *Salmonella typhimurium* à différentes températures (40°C à 100°C) (Dorsey *et al.*, 2015). Les résultats positifs à 70°C et négatifs à 40°C tendent à suggérer que les granulés 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.

3.7.6. Conclusions relatives aux risques pour la santé humaine

En 2018, l'Anses indiquait que les expertises analysées 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 concluaient 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, indiquaient de faibles concentrations en métaux lourds, plastifiants, additifs ou COV, inférieurs aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues par les auteurs des études examinées. C'est notamment au vu des faibles concentrations de substances cancérigènes émises ou relarguées par les granulés de pneus, que les études recensées (antérieurement à la restriction de l'ECHA) considéraient le risque cancérigène comme faible ou négligeable, sachant que les HAP sont les substances cancérigènes les plus fréquemment évaluées dans les études analysées.

Depuis la publication de ces travaux, un projet de restriction visant à limiter la teneur en huit HAP dans les granulés destinés à être utilisés comme matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique et dans les granulés ou paillis en vrac destinés à des aires de jeux ou à des applications sportives a été déposé par le RIVM au regard de leur cancérigénicité et de leur capacité à induire des effets génotoxiques.

Dans le cadre du processus réglementaire conduisant à un projet de restriction, les deux comités scientifiques de l'ECHA (CER et CASE)³¹ ont procédé à l'évaluation des données. Sur la base des avis rendus par ces deux comités, la Commission européenne a considéré qu'il existait un risque inacceptable pour la santé humaine du fait de la mise sur le marché ou de l'utilisation de granulés ou de paillis contenant 8 HAP en tant que matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou en vrac sur des aires de jeux ou dans des applications sportives sur la base du dossier de restriction (règlement (UE) n°2021/1199). Depuis cette restriction, aucune nouvelle étude n'a été identifiée ou publiée.

Par ailleurs, les études et analyses épidémiologiques identifiées jusqu'en 2018 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 granulés 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 granulés de pneumatiques mériterait une analyse plus large et sans *a priori* des polluants contenus ou émis par ces granulés. Ce constat vaut notamment pour les fractions nanométriques des poussières susceptibles d'être émises par les granulés de

³¹ Comité d'évaluation des risques (CER) et comité d'analyse socio-économique (CASE)

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 synthétique 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 granulés 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, appelant une consolidation de données pour étendre la base de validation des conclusions formulées ;
- 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 sport synthétiques, peu d'études se sont intéressées aux expositions et aux risques liés à la fréquentation d'aires de jeux synthétiques à base de PUNR. Ces aires de jeux font intervenir des produits chimiques spécifiques de leur conception et de leur mise en œuvre (colles, colorants, liants, agents lissants) venant compléter les expositions aux substances émises par les seuls granulés de pneus.

3.8. Risques pour l'environnement

3.8.1. Exposition et lixiviation

L'utilisation de PUNR 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 granulés 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. chapitre 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 granulés 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 granulés des pneus usagés, sont les HAP, les phtalates (DBP, DEP, DIBP, et DEHP), les métaux (principalement le zinc (Zn)), les phénols (4-tert-octylphénol ou 4-t-OP, 4-nonylphénol ou 4-NP), les amines, les BTX (benzène, toluène, xylènes), les benzothiazoles, la 6-PPD et un de ses produits de dégradation (Hikki et Yamamoto, 2022 ; Seiwert *et al.*, 2022 ; US Tire industry).

Dans des conditions réelles d'utilisation, la détermination du relargage des substances chimiques par lixiviation à partir de granulés 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 granulés 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 granulés 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 granulés 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 granulés « 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) (FIFA, 2017).

A noter que la Commission européenne a adopté des mesures visant à réduire les émissions intentionnelles de microplastiques dans l'environnement, dont les granulés de PUNR utilisés en tant que matériaux de remplissage pour les terrains synthétiques dont la taille est comprise entre 0,1 et 5 mm. Leur mise sur le marché sera interdite après une période de transition de huit ans, c'est-à-dire après 2031 (cf. chapitre 3.1).

3.8.2. 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 (Predicted No Effect Concentration = 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 granulés 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 48 h 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 granulés 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.

Plusieurs études ont été menées afin d'étudier l'impact environnemental de plusieurs constituants des pneus. C'est notamment le cas pour la 6-PPD³², substance très utilisée comme antioxydant dans les matériaux caoutchoucs³³ et dont le produit de dégradation (la 6-PPD quinone) présenterait des propriétés écotoxiques (Hiki *et al.*, 2021 ; Tian *et al.*, 2022). La 6-PPD n'est pas jugée persistante ou bioaccumulable³⁴. Toutefois, une proposition de classification harmonisée a été soumise en 2022 par l'Autriche pour différents critères dont Aquatic Acute 1 et Aquatic Chronic 1³⁵. Elle n'est pas répertoriée comme substance prioritaire dans le cadre de la directive cadre sur l'eau (DCE)³⁶ en raison de preuves insuffisantes.

En mai 2021, l'ECHA a publié une étude de suivi sur les substances (autres que les HAP) dans les granulés et paillis de plastiques et de caoutchoucs utilisés comme remplissage sur les terrains synthétiques (ECHA, 2021). Plus de 300 produits chimiques, qui pourraient potentiellement être trouvés dans le matériau de remplissage, ont été identifiés. L'ECHA a établi des critères pour hiérarchiser ceux qui posaient potentiellement le plus de problèmes. Elle a recommandé que des évaluations supplémentaires soient effectuées sur certains produits chimiques qui pourraient être nocifs pour les personnes ou l'environnement. Ces substances chimiques présentant un risque potentiel pour l'environnement sont le cadmium, le cobalt, le cuivre, le plomb, le zinc, la 4-tert-octylphénol, le 4,4'-isopropylidène diphénol (ou BPA), le DEHP, le BBP et le benzothiazole-2-thiol. L'ECHA a également recommandé que les risques des HAP pour l'environnement soient examinés dans toute évaluation future. En effet, plusieurs HAP identifiés ou quantifiés dans les granulés de pneus figurent dans la liste des substances extrêmement préoccupantes (SVHC) du fait de leurs propriétés PBT (persistante, bioaccumulable et toxique) ou vPvB (très persistantes, très bioaccumulables) (ex. phénanthrène, fluoranthène ou pyrène).

³² <https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.011.222>, consulté le 24/11/2023

³³ <https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/15367/3/1/4>, consulté le 24/11/2023

³⁴ <https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/15367/2/1>, consulté le 24/11/2023

³⁵ Acute Tox. 4, Skin Sens. 1A, Repr. 1B, Aquatic Acute 1, et Aquatic Chronic 1 ([Registry of CLH intentions until outcome - ECHA \(europa.eu\)](#), consulté le 30/01/2024

³⁶ [Publications Office \(europa.eu\)](#), consulté le 30/01/2024

Au final, les études écotoxicologiques conduites avec des organismes aquatiques ou terrestres, en présence des lixiviats générés à partir des granulés 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 et 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. 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 publié en 2018 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, 2018b).

3.8.3. Autres risques pour l'environnement

D'autres risques que celui lié au relargage de substances chimiques dans l'environnement (cf. chapitre 3.8.1) peuvent être identifiés. Les terrains synthétiques peuvent en effet générer des îlots de chaleur (créés par l'irradiation des granulés par les rayons solaires, cf. chapitre 3.7.5) 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 granulés de pneumatiques recyclés peut également conduire à la génération de microplastiques du fait des contraintes mécaniques appliquées sur les granulés, 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 granulés 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 biocides, 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.

3.8.4. Conclusions du volet environnemental

Les données d'exposition disponibles indiquaient l'existence de risques potentiels pour l'environnement associés à l'usage de granulés 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 ou la 6-PPD.

L'ECHA a identifié en 2021 des substances chimiques³⁷ présentant un risque potentiel pour l'environnement. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, ces données sont insuffisantes pour pouvoir caractériser les risques éventuels pour l'environnement et les organismes vivants.

A noter que la Commission européenne a adopté des mesures visant à réduire les émissions intentionnelles de microplastiques dans l'environnement, dont les granulés de PUNR utilisés en tant que matériaux de remplissage pour les terrains synthétiques. Leur mise sur le marché sera interdite à partir de 2031.

En plus des substances présentes dans les granulés liés de PUNR, d'autres substances chimiques pouvant intervenir dans la composition des revêtements solides (ex aires de jeux), sont également susceptibles d'être relarguées dans l'environnement (cf. chapitres 3.5 et 3.6).

Concernant le potentiel risque d'îlot de chaleur constitué par les terrains synthétiques (cf. chapitre 3.7.5), un approfondissement des connaissances s'avère nécessaire afin de mieux caractériser les conséquences sur l'environnement.

3.9. Projets en cours

L'Anses suit avec attention différents travaux conduits au niveau international.

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

En 2009, l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) avait publié un rapport sur la sécurité des granulés 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 granulés. 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 revenu sur ses conclusions en 2013 précisant que compte tenu du périmètre limité de son étude et de la grande diversité des matériaux constituant les granulés 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 ampleur³⁸ 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*

³⁷ cadmium, cobalt, cuivre, plomb, zinc, 4-tert-octylphénol, BPA, DEHP, BBP et benzothiazole-2-thiol

³⁸ <https://www.epa.gov/chemical-research/federal-research-recycled-tire-crumb-used-playing-fields>.

Playgrounds (FRAP) visait à documenter de façon précise l'exposition aux terrains de sports synthétiques (US EPA, CDC/ATSDR) et aux aires de jeux (FMG, 2019 pour le CPSC).

Des mesures de composition et d'émission ont été réalisées dont les résultats sont résumés dans les chapitres 3.5 et 3.6 (US EPA et CDC/ATSDR, 2019).

Fors Marsh Group (FMG) a été mandaté par le CPSC pour conduire une enquête auprès de 1896 parents d'enfants (≤ 5 ans) afin de recueillir des informations sur les expositions potentielles basées sur leurs comportements sur les terrains de jeux et autres aires de jeux en plein air (FMG, 2019). Cette enquête réalisée en 2019 a permis d'obtenir des informations sur :

- le temps passé par les enfants sur les aires de jeux : près de la moitié des parents passaient en moyenne entre 30 et 59 min sur l'aire de jeux, et plus d'un tiers entre 60 et 120 min,
- la fréquence à laquelle ils s'y rendaient : au moins une fois par semaine pour la moitié des parents,
- le nombre d'enfants qui jouaient sur différents types d'aires de jeux,
- les variations saisonnières dans la fréquence et la fréquentation des aires de jeux.

En raison de l'épidémie de COVID-19, l'ATSDR a reporté le lancement d'une étude de biosurveillance des gazons synthétiques. Ce travail fera l'objet d'une publication sous la forme d'un rapport qui s'intitulera FRAP Partie 2 « *Characterization of potential exposures for those who use turf fields containing tire crumb* ».

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 scientifique³⁹. Les résultats finaux de ces travaux sont attendus pour 2024.

4. SYNTHÈSE, CONSTATS ET RECOMMANDATIONS

4.1. Synthèse et constats

L'Anses 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. 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 des conclusions de l'Agence sur l'existence ou l'absence de risque. 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 granulés de pneus.

Une révision a été effectuée afin d'intégrer les résultats obtenus par deux études financées par l'Anses, les résultats d'études encore en cours en 2018, ainsi que des évolutions

³⁹ <https://oehha.ca.gov/risk-assessment/synthetic-turf-studies>.

réglementaires intervenues postérieurement à la publication. Pour autant, la révision n'a pas porté sur l'ensemble des parties de la note initiale.

Les granulés de PUNR peuvent être utilisés dans la construction de terrains synthétiques présents aussi bien en intérieur qu'en extérieur. Ces granulés peuvent être :

- non-liés entre eux pour former, par exemple, des gazons artificiels. Ils sont alors considérés réglementairement comme des mélanges ;
- liés entre eux pour former des dalles utilisées, par exemple, dans les aires de jeux pour enfants. Ils sont alors considérés réglementairement comme des articles.

Suite aux auditions menées, à l'analyse des données disponibles, dont les résultats des deux études commandées par l'Anses, l'Agence formule – domaine par domaine - les constats suivants :

- *Pour ce qui concerne la réglementation et les normes encadrant la composition chimique des granulés de pneumatiques en vue de leur recyclage*

Il ressort de ce travail d'analyse de la réglementation et des normes applicables :

- des normes principalement tournées vers les performances sportives et les qualités d'amortissement (notamment pour les aires de jeux) ;
 - la formulation d'exigences renforcées relatives à la composition chimique ou aux risques sanitaires ou environnementaux des granulés de pneu non liés depuis la première note de l'Anses :
 - la fixation de seuils de lixiviation de métaux lourds dans la norme NF P90-112 (mars 2023) ;
 - la fixation d'une limite de concentration de 20 mg/kg pour la somme de 8 HAP dans les granulés ou paillis utilisés comme matériaux de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou, dans leurs formes en vrac, sur les aires de jeux ou pour des applications sportives, limite applicable depuis le 10 août 2022 ;
 - l'interdiction de la mise sur le marché de granulés de pneumatiques usagés utilisés comme matériaux de remplissage dans des terrains synthétiques à partir du 17 octobre 2031.
- *Pour ce qui concerne l'analyse de la filière et des conditions d'emploi des granulés de pneumatiques usagés et des débats associés*

Les données montrent que les granulés de pneus représentent environ un cinquième de la valorisation des pneumatiques recyclés (ADEME, 2022). Lorsqu'ils sont utilisés dans des terrains synthétiques, ces granulés 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 granulés sont principalement utilisés en couche d'amortissement, mais figurent également 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.

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 l'analyse de cycle de vie.

➤ *Pour ce qui concerne la composition des granulés de pneumatiques usagés et les émissions associées*

Les principaux polluants présents dans les granulés de PUNR, identifiés dans la bibliographie et *via* les deux études financées par l'Anses (composition et émission), sont les suivants : des COV dont des thiazoles (benzothiazole, 2-mercaptobenzothiazole, *etc.*), des métaux (Zn, Al, Co, *etc.*), des HAP et des phtalates (cf. chapitres 3.5 et 3.6).

Les essais réalisés sur un échantillon limité de dalles amortissantes de sol contenant des granulés liés de PUNR (3 échantillons) ont quantifié l'émission de différents COV. Les principaux COV identifiés sont la méthyle isobutyle cétone (MIBK), la cyclohexanone et le benzothiazole. Des émissions relativement importantes de terpènes (notamment l' α -pinène) ont également été observées pour une dalle amortissante à usage récréatif et une dalle de fitness. Des mesures d'émissions de HAP ont enfin indiqué des facteurs d'émission spécifiques massiques significatifs, notamment pour l'acénaphène, le fluoranthène et le chrysène lors de l'analyse d'une dalle amortissante utilisée dans les aires de jeux pour enfants.

A noter que :

- les HAP sont jugés préoccupants du fait de leur potentiel cancérigène. Huit de ces HAP présents dans des matériaux de remplissage des terrains synthétiques font l'objet d'une restriction depuis 2021 dans le cadre de REACH,
- des phtalates sont également retrouvés dans les analyses réalisées sur les granulés, 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,
- les résultats d'émissions de polluants volatils répondent, selon l'épaisseur, aux exigences d'un classement A+ ou A⁴⁰ pour les matériaux de construction (Tableau 5).

Il existe un manque de connaissance des constituants chimiques des granulés 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 utilisations en tant qu'agents de vulcanisation, de charge, antioxydants, *etc.* 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

⁴⁰ Selon les exigences fixées par l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

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 particulière (voir nanoparticulaire), suscitent une préoccupation quant à leur danger. La France prévoit ainsi d'évaluer le noir de carbone dans le cadre du règlement REACH, afin de clarifier ses dangers⁴¹. La caractérisation des émissions de ces (nano)particules est peu documentée.

Certains producteurs de terrains synthétiques proposent des granulés 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 granulés.

- *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 granulés 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 3.9 ci-dessus) permettraient d'identifier les niveaux de concentration atmosphériques des différents polluants d'intérêt, avec la difficulté d'en déterminer l'origine (granulés 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 sur la santé humaine présentés par ces matériaux*

En 2018, 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 concluaient majoritairement à un risque négligeable pour la santé. Depuis la parution de la première version de cette note d'AST, l'étude industrielle de l'ETRMA a également conclu à une absence de risque sanitaire pour la santé humaine associé à l'utilisation de gazons synthétiques avec un matériau de remplissage dérivé de pneus recyclés (Schneider *et al.*, 2020a, b et c).

⁴¹ https://www.echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan/corap-table?p_p_id=disslists_WAR_disslistsportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&disslists_WAR_disslistsportlet_javax.portlet.action=searchDissLists, consulté le 02/11/2023

Cependant, sur la base de travaux de l'ECHA, une évaluation des risques associés à l'exposition d'un mélange de 8 HAP⁴² présents dans des matériaux de remplissage à la limite de concentration de l'entrée 28 de l'annexe XVII du règlement REACH (estimée à 387 mg/kg) a conclu que cette teneur en HAP était inacceptable et trop élevée pour assurer une protection adéquate de la santé humaine lors de la mise à disposition et de l'utilisation de ces granulés dans les pelouses en gazon synthétique. Bien que l'exposition aux HAP la plus importante du grand public ne provienne pas de granulés et de paillis, mais de sources alimentaires et de l'air inhalé, l'ECHA a recommandé une concentration limite de 20 mg/kg (0,002% en poids), visant uniquement à éviter des concentrations très élevées de HAP dans les matériaux pour ces usages. Sur ces bases, la Commission européenne a adopté une restriction complémentaire à l'entrée 28, selon les termes du règlement (UE) n°2021/1199⁴³ pour la teneur de ces 8 HAP. Ainsi, les granulés de pneus ou paillis ne peuvent plus être utilisés en tant que matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou en vrac sur des aires de jeux ou dans des applications sportives, dès lors qu'ils contiennent plus de 20 mg/kg de la somme des 8 HAP ciblés. Cette restriction est applicable depuis le 10 août 2022.

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. 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. Des résultats d'études en cours (ATSDR, OEHHA) sont encore attendus (cf. chapitre 3.9).

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 granulés de pneus et la variabilité des émissions provenant de ces terrains synthétiques. Les résultats des études menées au niveau international, non publiées à ce jour (cf. chapitre 3.9), devraient permettre d'accéder à des données plus nombreuses qui sont nécessaires pour caractériser la variabilité des granulés de pneus et de leurs émissions d'un terrain à un autre.

A noter que les dalles à usage intérieur sont soumises à la norme NF EN 14904. Celle-ci spécifie les exigences relatives aux sols d'installations multi-sports intérieures. Elle donne également l'évaluation de la conformité, ainsi que le marquage et l'étiquetage. En termes de substances dangereuses, elle exige de contrôler les émissions de formaldéhyde et la teneur en pentachlorophénol, si nécessaire. Toutefois, il existe peu de données relatives à la qualité de l'air intérieur des terrains ou aires de jeux installés en espace clos.

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 pourrait modifier les émissions de substances. Les données scientifiques actuelles

⁴² 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], dibenzo[a,h]anthracène (DBAhA).

⁴³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1199>

portent sur la mesure des températures et l'étude de l'échauffement thermique de ces terrains synthétiques.

Par ailleurs, ces îlots de chaleur peuvent aussi avoir un impact sur la santé humaine, pour les sportifs évoluant sur ces terrains, avec des risques de déshydratation ou de brûlures cutanées.

➤ *Pour ce qui concerne les risques environnementaux*

Tout comme les pneus usagés, les granulés de PUNR sont non biodégradables et sont donc potentiellement sources de pollution en raison des composés chimiques qu'ils contiennent. Les données de caractérisation des granulés 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 ou la 6-PPD. De plus, l'ECHA a identifié en 2021 des substances chimiques présentant un risque potentiel pour l'environnement (Cd, Co, Zn, Pb, 4-t-OP, BPA, DEHP, BBP, benzothiazole-2-thiol). Toutefois, en l'état actuel des connaissances, ces données sont insuffisantes pour caractériser les risques éventuels pour l'environnement et les organismes vivants (Baensch-Baltruschat, 2020).

De par leurs tailles, les granulés de PUNR sont également concernés par les mesures de restriction adoptées par la Commission européenne visant à limiter tout relargage dans l'environnement de microplastiques. De ce fait, leur usage comme matériaux de remplissage dans des terrains synthétiques va être interdit à partir du 17 octobre 2031.

En plus des substances présentes dans les granulés liés de PUNR, d'autres substances chimiques pouvant intervenir dans la composition des revêtements solides (ex aires de jeux), sont également susceptibles d'être relarguées dans l'environnement.

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.

4.2. Recommandations

Considérant :

- l'interdiction à partir du 1^{er} janvier 2031 de la mise sur le marché de granulés libres de PUNR utilisés jusqu'à présent comme matériaux de remplissage dans les surfaces de sport artificielles dans le but d'empêcher leur rejet dans l'environnement ;
- la possibilité qui subsiste d'installer des terrains synthétiques contenant des granulés libres de PUNR d'ici 2031 ;
- l'entretien régulier nécessaire pour un certain nombre de terrains synthétiques présents aujourd'hui en France ;
- la similarité en terme de composition entre les articles produits à partir de granulés de PUNR et les matériaux de remplissage utilisés dans les terrains de sport synthétiques,

l'Anses émet des recommandations à destination des pouvoirs publics et des industriels (classées par type de matériaux) en lien avec les usages actuels des granulés de PUNR.

- **Recommandations concernant l'ensemble des granulés à base de PUNR : granulés non liés (mélanges) et liés (articles)**
 - *A destination des pouvoirs publics*

L'Anses recommande de favoriser des études permettant de caractériser les expositions des professionnels et des consommateurs non seulement aux HAP mais aussi aux autres substances potentiellement dangereuses présentes dans ces matériaux.

- *A destination des industriels*

L'Anses recommande aux fabricants et distributeurs de terrains synthétiques :

- de préciser la teneur en PUNR dans les granulés utilisés pour une meilleure information des utilisateurs ;
- sans préjudice de la restriction applicable depuis août 2022, de limiter autant que possible la présence de certaines substances dangereuses (telles que les HAP) dans la composition des granulés de PUNR et d'éliminer toutes substances intentionnellement ajoutées présentant un caractère nocif pour l'environnement et la santé humaine (ex. les thiazoles, les phtalates, etc.) sans attendre les évolutions réglementaires.

- **Recommandations spécifiques aux granulés de PUNR non liés (ex gazons synthétiques) à destination des industriels**

Au regard de l'interdiction de la mise sur le marché des granulés libres de PUNR en 2031, l'Anses recommande de réaliser une étude des alternatives possibles pour les usages actuels, en évaluant leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement.

Considérant la présence de terrains contenant des granulats libres de PNUR, la possibilité d'installation de terrains synthétiques contenant des granulés libres de PUNR d'ici 2031 (date d'entrée en vigueur de la restriction sur les microplastiques) et le nombre restreint d'évaluations de risques pour la santé humaine et l'environnement, l'Anses souligne la nécessité de poursuivre les travaux sur les risques éventuels liés à l'emploi de matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés dans les terrains de sport synthétiques et usages similaires. Pour cela, l'Anses invite les industriels à fournir de nouvelles données de composition (à partir d'un échantillonnage représentatif), d'émissions et d'expositions aux différents constituants des matériaux de ces terrains (notamment ceux utilisés dans les espaces intérieurs) afin que des évaluations de risques robustes pour la santé humaine et l'environnement puissent être menées par des agences sanitaires.

L'Anses recommande aux fabricants et distributeurs de terrains synthétiques pour le sport et usages similaires de prendre, dès à présent, toutes les mesures nécessaires pour réduire autant que possible toute dispersion dans l'environnement de microplastiques, afin de minimiser l'impact environnemental lié à l'usage de ces matériaux.

L'Anses recommande également aux fabricants et distributeurs de ces granulés de PUNR de s'assurer du respect de l'obligation de notifier les substances SVHC présentes dans la base de données SCIP⁴⁴ lorsque leur concentration est supérieure à 0,1% (m/m).

⁴⁴ SCIP: Substances of Concern In articles as such or in complex objects – Products. Base de données dans laquelle tout fournisseur d'un article, mis sur le marché dans l'UE, doit déclarer la présence de substance extrêmement préoccupante (SVHC) figurant sur la Liste Candidate, à une concentration supérieure à 0,1 % (m/m). <https://echa.europa.eu/fr/scip>.

- **Recommandations spécifiques aux matériaux solides constitués de granulés issus du recyclage de PUNR (ex. dalles d'aires de jeux ou de sport)**
 - *A destination des pouvoirs publics*

L'Anses invite les pouvoirs publics à identifier les meilleures options de gestion de risques associés à la présence de granulés liés de PUNR dans des produits et articles solides. Ces matériaux peuvent en effet être fabriqués à partir des mêmes granulés de PUNR. Ces produits et articles sont donc susceptibles de relarguer des substances préoccupantes et contribuer ainsi à la pollution de l'air et des environnements intérieurs ou extérieurs. L'identification recommandée pourra nécessiter des travaux sur les conditions de relargage des substances préoccupantes.

L'Anses recommande également de favoriser l'obtention de méthodes standardisées d'échantillonnage et d'extraction ainsi que le développement de méthodes harmonisées de quantification des substances préoccupantes (HAP, phtalates, etc.) dans ces articles.

- *A destination des industriels*

Compte tenu des incertitudes et limites méthodologiques des rapports relatifs à la santé humaine (cf. chapitre 3.7.6) et du manque d'information en environnement (cf. chapitre 3.8.4) relevées lors de l'analyse des données et travaux recensés à partir des différentes sources d'information consultées et des constats, l'Anses recommande de :

- poursuivre la recherche des substances présentes dans les granulés liés de PUNR utilisés afin de préciser la composition des produits et articles commercialisés. Il serait nécessaire de rechercher particulièrement 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 ;
- effectuer des mesures pour déterminer la composition de l'air intérieur des bâtiments dans lesquels sont installés des terrains synthétiques solides intégrant des granulés liés de PUNR.

Pr Benoit Vallet

MOTS-CLES

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

BIBLIOGRAPHIE

- Publications

ADEME. 2022. In Extenso Innovation Croissance, Venice GRAF, Sarah PÉRENNÈS. ADEME, Thomas GRANDIN. Septembre 2021. Pneumatiques – Données 2020 – Rapport annuel – 57 p. Disponible sur https://librairie.ademe.fr/cadic/7664/pneumatiques-donnees2021_rapport2022.pdf

Aigueperse M. 2017. Identification des risques environnementaux liés à l'utilisation de granulés 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.

Anses. 2018. Scientific and technical report on the possible risks related to the use of materials derived from the recycling of used tyres in synthetic sports grounds and similar uses. 121 p. Disponible sur <https://www.anses.fr/en/system/files/CONSO2018SA0033RaEN.pdf>

Atabadi Y.A., Sadeghi H., Alizadeh M.H. 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.

Baensch-Baltruschat B., Kocher B., Stock F., Reifferscheid G. 2020. Tyre and road wear particles (TRWP) - A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment; *Science of The Total Environment* 733:137823

Birkholz D.A., Belton K.L., Guidotti T.L. 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 A. et Keegan T. 2018. Incidence of malignant lymphoma in adolescents and young adults in the 58 counties of California with varying synthetic turf field density. *Cancer Epidemiology* 53:129-136.

Celeiro M., Dagnac T., Llompart 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.

Clauzade C. 2012. Bilan environnemental des solutions de valorisation des pneus usagés non réutilisables (PUNR). *Techniques de l'ingénieur*. Réf G2043 V1.

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

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.

ECHA. 2019a. RAC/SEAC - Opinion on an Annex XV dossier proposing a restriction on Polycyclic-aromatic hydrocarbons (PAHs). Disponible sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/53688823-bf28-7db7-b9eb-9807773b2109>

ECHA. 2019b. RAC/SEAC - Annex to Background Document to the opinion on the Annex XV dossier proposing a restriction on Polycyclic-aromatic hydrocarbons (PAHs). Disponible sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/44aa1af7-a159-1715-5e69-451d97fbb03a>

ECHA, 2021. ANNEX XV INVESTIGATION REPORT. Investigation into whether substances in infill material cause risks to the environment and human health that are not adequately controlled – prioritisation and preliminary risk assessment. https://echa.europa.eu/documents/10162/17220/rest_sub_infill_material_investigation_report_en.pdf/77424e81-d78e-8abc-1404-f213d27c2b3f?t=1620801818319.

ECHA, 2023. INVESTIGATION REPORT. Investigation of concentration limit for eight PAHs in loose rubber granules and mulches used in children's playground and other domestic applications to conclude whether the limit values set in Entry 50 of REACH Annex XVII are protective for very young children. https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/rest_pahs_children_investigation_report_en.pdf/51536e8a-990d-3b12-011c-51105ee30889?t=1687313125114.

ETRMA. 2016. ETRMA on "Safety of recycled rubber infill material". Disponible sur https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2019/12/20161017_ETRMA_crumb-rubber_vF.pdf

FIFA. 2015. FIFA Quality Programme for Football Turf. October 2015.

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

FMG (Fors Marh Group). 2019. 2019 Survey of American Households: Child Interaction and Potential Exposure to Playground Surfacing Materials. Report for U.S. CPSC. 358p.

Disponible sur https://www.cpsc.gov/s3fs-public/Final-Report_Playground-Surfacing-Survey_with_Appendices_and_Cleared_Staff_Statement_Cover_Page.pdf?sqzSSGJkODbKEnHhYnkJrP8eDpKRWKBS

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.

Hiki K., Asahina K., Kato K., Yamagishi T., Omagari R, Iwasaki Y., Watanabe H., Yamamoto H. 2021. Acute Toxicity of a Tire Rubber-Derived Chemical, 6PPD Quinone, to Freshwater Fish and Crustacean Species. *Environmental Science & Technology Letters* 2021 8 (9), 779-784.

Hiki K., Yamamoto H. 2022. Concentration and leachability of N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine (6PPD) and its quinone transformation product (6PPD-Q) in road dust collected in Tokyo, Japan, *Environmental Pollution*, Volume 302, 2022, 119082

Ineris. 2005. Rapport d'étude n°66244-DESP-R02. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques. Données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines : Synthèse bibliographique relative aux paramètres Kd (sorption) et T1/2 (biodégradation). Rapport final

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

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

- IRDS (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., Kalbe U., Richter E., Egeler P., Rombke J., Berger W. 2013. New approach to the ecotoxicological risk assessment of artificial outdoor sporting grounds. *Environ Pollut* 175:69-74.
- Menichini E., Abate V., Attias L., De Luca S., di Domenico A., Fochi I., Forte G., Iacovella N., Iamiceli A Leiterer., 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.
- Ministère de la transition écologique et solidaire. Ministère de l'Economie et des Finances. 2018. Feuille de route pour l'économie circulaire. 50 mesures pour un économie 100% circulaire. Disponible sur <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Feuille-de-route-Economie-circulaire-50-mesures-pour-economie-100-circulaire.pdf>
- OCDE. 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
- RIVM. 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.
- RIVM. 2018a. Annex XV Restriction report. Proposal for a restriction. Substance name(s): eight polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in granules and mulches used as infill material in synthetic turf pitches and in loose form on playgrounds and in sport applications. 340 p. Disponible sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/8cd5b317-ba3d-93ab-82cc-6d47fc0646fc>
- RIVM. 2018b. Verkenning milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden. RIVM Brief rapport 2018-0072 (Rapport en néerlandais).
- Rist S., 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.
- Seiwert B., Nihemaiti M., Troussier M., Weyrauch S., Reemtsma T. 2022. Abiotic oxidative transformation of 6-PPD and 6-PPD quinone from tires and occurrence of their products in snow from urban roads and in municipal wastewater, *Water Research*, Volume 212, 2022, 118122
- Schneider et al. 2020a. Schneider K, de Hoogd M, Pelle Madsen M, Haxaire P, Bierwisch A, Kaiser E. 2020a. ERASSTRI - European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill – Part 1: Analysis of infill samples, *Science of The Total Environment*, Volume 718, 2020, 137174.
- Schneider et al. 2020b. Schneider K, de Hoogd M, Pelle Madsen M, Haxaire P, Bierwisch A, Kaiser E. 2020b. ERASSTRI - European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber

Infill – Part 2: Migration and monitoring studies. Science of The Total Environment, Volume 718, 2020, 137173.

Schneider et al. 2020c. Schneider K, de Hoogd M, Pelle Madsen M, Haxaire P, Bierwisch A, Kaiser E. 2020c. ERASSTRI - European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill – Part 3: Exposure and risk characterisation. Science of The Total Environment, Volume 718, 2020, 137721.

Tian Z., Gonzalez M., Rideout C.A., Zhao H. N., Hu X., Wetzel J., Mudrock E., James C. A., McIntyre J. K., Kolodziej E.P. 2022. 6PPD-Quinone: Revised Toxicity Assessment and Quantification with a Commercial Standard. Environmental Science & Technology Letters 2022 9 (2), 140-146.

Toronto Public Health. 2015. Health impact assessment of the use of artificial turf in Toronto. City of Toronto.

US EPA & CDC/ATSDR. (2019). Synthetic Turf Field Recycled Tire Crumb Rubber Research Under the Federal Research Action Plan Final Report: Part 1 - Tire Crumb Characterization (Volumes 1 and 2). (EPA/600/R-19/051). U.S. Environmental Protection Agency, Centers for Disease Control and Prevention/Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

US Tire industry. 2023. 6PPD and Tire Manufacturing. [6PPD and Tire Manufacturing | U.S. Tire Manufacturers Association \(ustires.org\)](#) et Supporting research into 6PPD et 6 PPD-Quinone. [USTMA-6PPD-0526_0.pdf \(ustires.org\)](#). Consultés le 26 juin 2023.

Washington State Department of Health. 2017. Investigation of Reported Cancer among Soccer Players in Washington State. Revised April 2017. DOH Pub 210-091.

- Normes

NF EN 1177+AC : Sols d'aires de jeux absorbant l'impact - Méthodes d'essai pour la détermination de l'atténuation de l'impact (AFNOR, 2019)

NF EN 1176-1 : Équipements et sols d'aires de jeux - Partie 1 : exigences de sécurité et méthodes d'essai générales (AFNOR, 2017)

NF EN 14904 - Sols sportifs - Sols multi-sports intérieurs – Spécification (AFNOR, 2006)

NF ISO 16000-3 : Air intérieur – Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif (AFNOR, 2011)

NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission (AFNOR, 2006)

NF EN ISO 16000-11 : Air intérieur – Partie 11 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Echantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essais (AFNOR, 2006)

NF EN ISO 16000-25 : Air intérieur – Partie 11 : Dosage de l'émission de composés organiques semi-volatils des produits de construction – Méthode de la micro-chambre (AFNOR, 2011)

NF EN 16516 : Produits de construction : Evaluation de l'émission de substances dangereuses – Détermination des émissions dans l'air intérieur (AFNOR, 2017)

NF P90-112 :2023. Sols sportifs - Terrains de grands jeux en gazon synthétique - Conditions de réalisation

NF EN 15330-1 : Sols sportifs - Surfaces en gazon synthétique et surfaces en textile aiguilleté principalement destinées à l'usage en extérieur - Partie 1 : spécifications relatives aux surfaces en gazon synthétique destinées à la pratique du football, du hockey ou du tennis, aux entraînements de rugby, ou à un usage multi-sports (AFNOR, 2013)

NF EN 71-3 : Sécurité des jouets - Partie 3 : migration de certains éléments (AFNOR, 2021)

- Législation et réglementation

Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils Code de l'environnement

Arrêté du 27 juin 2023 portant cahiers des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière à responsabilité élargie du producteur des pneumatiques

Décret n°2023-152 du 2 mars 2023 relatif à la gestion des déchets et à la responsabilité élargie des producteurs de pneumatiques (REP)

Directive n°1999/31/CE du 26/04/99 concernant la mise en décharge des déchets

Décret n°96-1136 du 18 décembre 1996 fixant les prescriptions de sécurité relatives aux aires collectives de jeux

Décret n°2015-1003 du 18 août 2015 relatif à la gestion des déchets de pneumatiques

Règlement n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) no 793/93 du Conseil et le règlement (CE) no 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission

Règlement (UE) 2017/745 du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2017 relatif aux dispositifs médicaux, modifiant la directive 2001/83/CE, le règlement (CE) n°178/2002 et le règlement (CE) n°1223/2009 et abrogeant les directives du Conseil 90/385/CEE et 93/42/CEE

Règlement (UE) n°2021/1199 de la Commission du 20 juillet 2021 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) no 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les granulés ou paillis utilisés comme matériau de remplissage dans les pelouses en gazon synthétique ou, dans leurs formes en vrac, sur les aires de jeux ou pour des applications sportives

Règlement (UE) 2023/2055 de la Commission du 25 septembre 2023 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), en ce qui concerne les microparticules de polymère synthétique. Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R2055>

CITATION SUGGEREE

Anses. (2023). Note révisée d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif 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 (saisine 2018-SA-0033). Maisons-Alfort : Anses, 53 p.

ANNEXE 1 : SIGLES ET ABREVIATIONS

μ-CTE	:	essais de caractérisation des émissions de COV et de HAP en micro-chambres d'essai (μ-CTE)
4-NP	:	4- nonylphénol
4-t-OP	:	4-tert-octylphénol
6-PPD	:	N-1,3-diméthylbutyl-N'-phényl-p-phénylènediamine
ACV	:	Analyse du cycle de vie
ADEME	:	Agence de la transition écologique
AFNOR	:	Association française de normalisation
AST	:	Appui scientifique et technique
ATSDR	:	Agence américaine du registre des substances toxiques et des maladies (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
BBP	:	phtalate de butyle benzylique
BPA	:	4,4'-isopropylidène diphénol
BTEX	:	Benzène, toluène, o-xylène et éthylbenzène
BTX	:	benzène-toluène-xylènes
CDC	:	Centre américains pour le contrôle et la prévention des maladies (Center for Disease Control and Prevention)
CEN	:	Comité européen de normalisation
CES	:	Comité d'experts spécialisé
CMR	:	cancérogène, mutagène, reprotoxique
COSV	:	composés organiques semi-volatils
COV	:	composés organiques volatils
COVT	:	composés organiques volatils totaux
CPSC	:	Consumer Product Safety Commission
CSTB	:	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DBP	:	phtalate de dibutyle
DEHP	:	phtalate de dis(2-éthylhexyle)
DEP	:	phtalate de diéthyle
DGS	:	Direction générale de la santé.
DIBP	:	phtalate de diisobutyle
DINP	:	phtalate de diisononyle
DROM	:	départements et régions d'outre-mer
ECHA	:	Agence européenne des produits chimiques (European Chemicals Agency)
EPDM	:	Ethylène-Propylène-Diène Monomère
ERASSTRI	:	European Risk Assessment Study on Synthetic Turf Rubber Infill
ETRMA	:	syndicat européen de l'industrie du pneu et du caoutchouc (European Tyre & Rubber Manufacturers' Association)
FIFA	:	fédération internationale de football
FRAP	:	Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds
GIE	:	Groupement d'intérêt économique
HAP	:	hydrocarbures aromatiques polycycliques
HPLC	:	chromatographie en phase liquide à haute performance (high performance liquid chromatography)
INRS	:	Institut National de Recherche et de Sécurité
MIBK	:	méthyl isobutyle cétone ou 4-méthyl-2-pentanone
OCDE	:	Organisation de coopération et de développement économiques
OEHHA	:	Office of Environmental Health Hazard Assessment (= bureau de l'évaluation des risques pour la santé environnementale)
P95	:	95 ^{ème} percentile
PCB	:	polychlorobiphényles
PCDD	:	Polychlorodibenzo-p-dioxine
PCDF	:	Polychlorodibenzofurane
PEER	:	Public Employees for Environmental Responsibility

PNEC	:	Predicted No Effect Concentration
PUNR	:	Pneus usagés non recyclables
RAC	:	Comité d'évaluation des risques de l'ECHA
REACH	:	Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques
RIVM	:	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (= Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement)
SBR	:	Styrene-Butadiene Rubber
SCIP	:	Substances of Concern In Products
SEAC	:	Comité d'analyse socio-économique de l'ECHA
SERM	:	Facteur d'émissions spécifiques massiques
STOWA	:	fondation hollandaise pour la recherche appliquée dans le domaine de l'eau
SVHC	:	Substance of very high concern (= substance extrêmement préoccupante)
TPE	:	élastomère thermoplastique
UE	:	Union européenne
US EPA	:	U.S. Environmental Protection Agency
UV	:	Ultra-violet
vPvB	:	very Persistent, very Bioaccumulative chemicals (= substances préoccupantes très persistantes et très bioaccumulables=
VTR	:	Valeur toxicologique de référence
Zn	:	Zinc

ANNEXE 2 : SUIVI DES MODIFICATIONS APPORTEES PAR LA VERSION REVISEE D'AOUT 2024

Numéro de page	Modifications effectuées
Introduction p1	Ajout d'un paragraphe sur la révision de la note
Chapitre 2	Ajout de précisions sur la conduite de l'expertise de 2018 et d'informations sur l'organisation des travaux en 2023
Chapitre 3.1	Réorganisation du chapitre pour séparer le cadre réglementaire relatif aux pneumatiques de celui relatif aux granulés de pneus et du cadre normatif Ajout des nouvelles réglementations en vigueur
Chapitre 3.2	Mise à jour des chiffres en lien avec le recyclage et la valorisation des pneumatiques recyclés, ajout d'une description et d'une analyse critique de l'ACV Ajout d'une description des granulés de PUNR et de leur composition
Chapitre 3.5	Ajout de nouvelles études (ECHA, 2019 ; US EPA et CDC/ATSDR, 2019) Ajout des résultats de la CRD
Chapitre 3.6	Ajout de nouvelles études (US EPA et CDC/ATSDR, 2019) Ajout des résultats de la CRD
Chapitre 3.7.1	Ajout de nouvelles études (Schneider et al., 2020a, b et c ; ECHA, 2021 et 2023)
Chapitre 3.4.6	Révision de la conclusion relative aux risques pour la santé humaine au regard des nouvelles données
Chapitre 3.8	Ajout de nouvelles études (Hiki et al., 2021 ; Tian et al., 2022 ; ECHA, 2021) et lien fait avec la restriction REACH microplastiques Révision de la conclusion du volet environnemental au regard des nouvelles données
Chapitre 3.9	Suppression des études finalisées (décrites dans les chapitres précédents)
Chapitre 4	Révision des conclusions et recommandations au regard des évolutions réglementaires et nouvelles connaissances