

Perturbateurs endocriniens : une bombe à retardement ?

TEMPS DE LECTURE : 19 MINUTES

—03 MAI 2022—JULIE CHAPON ET JEAN-BAPTISTE FINI



Au cours du XXe siècle, plus de 100 000 molécules ont été conçues par l'industrie chimique¹. Aujourd'hui, 40 000 à 60 000 produits chimiques industriels sont vendus dans le monde². Nombre d'entre eux contiennent des substances reconnues ou suspectées d'être des perturbateurs endocriniens. Omniprésents depuis quelques années dans les médias, les perturbateurs endocriniens le sont aussi dans notre quotidien : on peut les trouver dans notre alimentation, nos vêtements, nos meubles, ou encore simplement dans l'eau que l'on boit et l'air que l'on respire. Mais que sont-ils exactement, pourquoi sont-ils tant incriminés et existe-t-il des solutions pour y échapper ? Le chercheur et biologiste [Jean-Baptiste Fini](#), spécialiste des perturbateurs endocriniens, nous aide à y voir plus clair dans ce décryptage.

Qu'est-ce que les perturbateurs endocriniens ?

Selon la définition de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les perturbateurs endocriniens sont "des substances chimiques d'origine

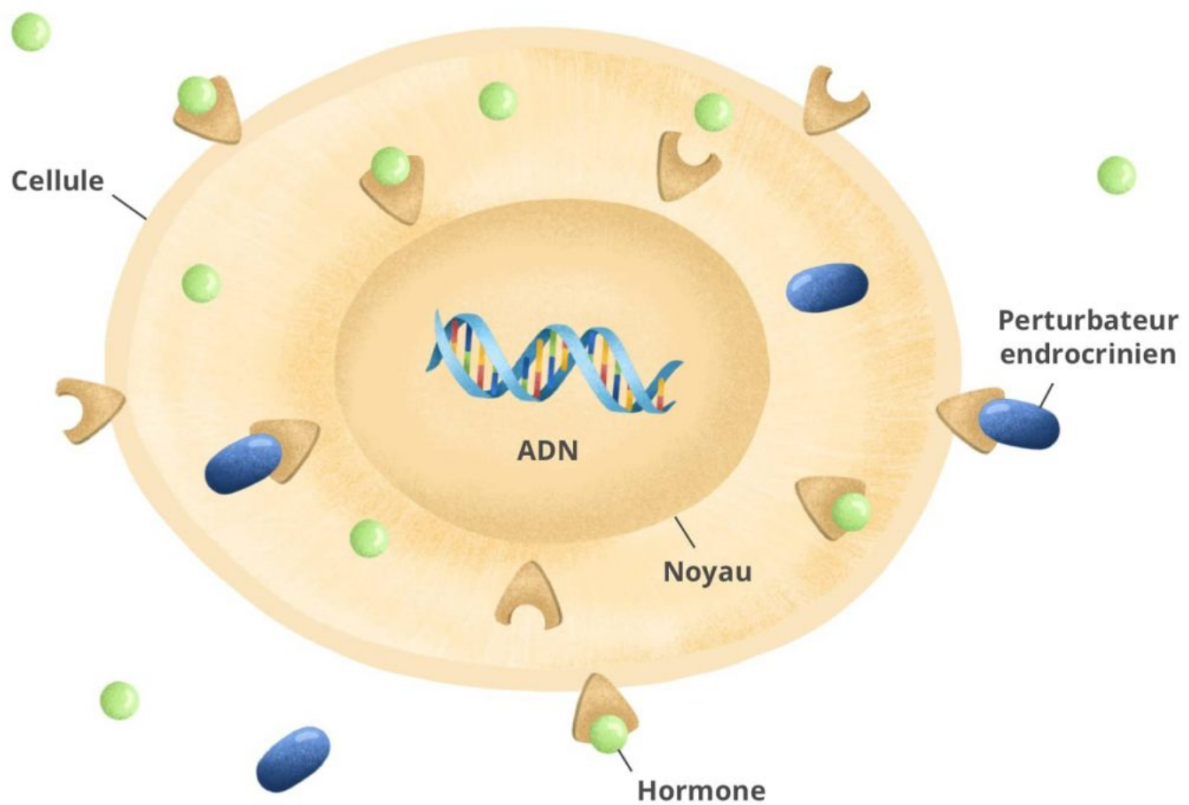
naturelle ou artificielle étrangères à l'organisme qui peuvent interférer avec le fonctionnement du système endocrinien (c'est-à-dire le système hormonal) et induire ainsi des effets délétères sur cet organisme ou sur ses descendants"³.

Pour comprendre comment agissent les perturbateurs endocriniens, il faut d'abord comprendre le fonctionnement des hormones. **Dans une situation normale, notre corps sécrète des hormones qui jouent le rôle de messagers chimiques** : elles vont permettre la communication de nos organes entre eux afin de provoquer des réactions diverses. Notre cerveau va quant à lui jouer le rôle de chef d'orchestre de la cinquantaine d'hormones que nous produisons.

Ces hormones vont permettre la mise en place des organes et contrôler des processus à long terme comme la croissance, la reproduction et le développement. Elles sont aussi des actrices clés de notre physiologie, et vont notamment permettre la régulation de notre appétit, de notre température, de notre sommeil ou encore de notre humeur.

Le problème des perturbateurs endocriniens est qu'ils vont interférer avec le fonctionnement des hormones naturelles et brouiller leur message. Ils vont ainsi pouvoir agir de trois façons :

- Ils peuvent modifier la production de nos hormones naturelles en interférant avec leurs mécanismes de synthèse, de transport, de dégradation ou d'élimination
- Ils peuvent mimer les actions de nos hormones naturelles en se substituant à elles, ce qui pose problème quand l'action de ces hormones n'est pas requise
- Ils peuvent bloquer l'action de ces hormones en se fixant à leur place sur les récepteurs avec lesquels elles interagissent



Via ces différentes interférences, les perturbateurs endocriniens ainsi vont affecter différentes fonctions essentielles de l'organisme comme le métabolisme, les fonctions reproductrices ou encore le fonctionnement du système nerveux, avec des conséquences que nous verrons un peu plus bas.

Où les trouve-t-on ?

Les sources d'exposition sont nombreuses car ces ennemis invisibles se cachent un peu partout dans notre environnement quotidien.



Alimentation & eau

- La présence de certains pesticides dans l'alimentation, en particulier dans les fruits et légumes, contribuent fortement à notre exposition aux perturbateurs endocriniens. Ainsi, parmi les 90 pesticides réévalués par l'Efsa depuis 2018, 10 ont été identifiés comme des perturbateurs endocriniens.
- Certains additifs alimentaires comme le BHA (E320) ou le BHT (E321) font partie des additifs suspectés de présenter des effets de perturbation endocrinienne⁴⁻⁷
- L'eau du robinet peut également contenir des perturbateurs endocriniens à cause de sa contamination en pesticides ou produits pharmaceutiques (contraceptifs notamment)



Emballages alimentaires & ustensiles de cuisine

- On peut retrouver des perturbateurs endocriniens dans certains emballages, en particulier le film plastique et les emballages plastiques. Or, des plastifiants (phtalates par exemple) peuvent migrer vers l'alimentation, en particulier lors du chauffage⁸
- La contamination peut aussi venir de certains emballages alimentaires en papier et en carton qui peuvent contenir des composés perfluorés (boîtes à pizzas ou sachets de popcorn micro-ondables par exemple). Ces emballages peuvent aussi générer des huiles minérales, provenant notamment des encres et adhésifs des emballages, qui peuvent présenter des effets de perturbation endocrinienne. Celles-ci peuvent migrer vers les aliments^{9,10}.

- Les ustensiles de cuisine avec revêtements anti-adhésifs peuvent contenir des substances, notamment des perfluorés (PFOA, PFOS), qui agiraient comme perturbateurs endocriniens.



Médicaments

- Certains médicaments pourraient présenter des effets endocriniens¹¹
- Chez la femme, les contraceptifs comme la pilule sont par définition des perturbateurs endocriniens dans la mesure où ils modifient le fonctionnement des hormones pour éviter l'ovulation
- Les médicaments ont pour objectif de soigner et le problème ne concerne pas tant le sujet de la santé où ils apportent davantage de bénéfices que de risques, mais plutôt l'impact environnemental (voir plus bas)



Produits ménagers & produits d'hygiène

- De nombreux produits ménagers contiennent des substances reconnues ou suspectées d'être des perturbateurs endocriniens, comme des conservateurs ou des agents de textures (triclosan, phtalates ou certains parabènes par exemple)
- De la même manière, on peut retrouver ces substances dans les produits de beauté et d'hygiène (déodorants, shampoings, maquillage, dentifrices, etc.).



Maison & ameublement

- De nombreux produits de maison et ameublement contribuent à la pollution de l'air intérieur, notamment parce qu'ils contiennent des retardateurs de flamme bromés – substances ayant pour objectif de limiter les risques d'incendie – dont certains ont été décrits comme perturbateurs endocriniens
- Les produits en tissus (rideaux, moquette, literie, etc.) contiennent ces retardateurs de flamme ou des substances anti-tâches (perfluorés) dont certaines sont des perturbateurs endocriniens potentiels
- Les meubles peuvent émettre de multiples substances volatiles problématiques, comme le formaldéhyde. Les meubles en bois aggloméré sont particulièrement concernés car ces substances se retrouvent essentiellement dans la colle qui sert à amalgamer le bois
- Les peintures peuvent également contenir des perturbateurs endocriniens potentiels, en particulier les peintures notées B et C qui sont celles qui émettent le plus de composés chimiques

En 2019, une étude de Santé Publique France a révélé que des perturbateurs **endocriniens avérés ou suspectés étaient présents dans l'organisme de tous les Français, avec des taux d'imprégnation plus élevés chez les enfants**. Chez l'ensemble des Français ont été retrouvés 6 grandes familles de perturbateurs : bisphénols, parabènes, phtalates éthers de glycol, retardateurs de flamme bromés, composés perfluorés. Selon Santé Publique France, les niveaux d'imprégnations mesurés sont comparables à

ceux d'autres études menées à l'étranger, notamment aux États-Unis et au Canada¹².

Bisphénol A : à quand une interdiction européenne ?

Le Bisphénol A (BPA) est une substance que l'on trouve dans de nombreux plastiques. Il a été interdit en France en 2010 dans les biberons et en 2015 dans les contenants alimentaires, à cause de ses effets de perturbation endocrinienne.

En 2019, l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) a classé le bisphénol A comme "substance extrêmement préoccupante" en raison de ses effets sur l'ovulation, l'apprentissage et la mémoire¹³. Pourtant, il reste autorisé dans d'autres pays européens : l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments) a revu à la baisse la DJA (dose journalière admissible) en décembre 2021 mais ne l'a pas interdit et la plupart des pays européens l'utilisent encore dans des produits à risque comme les biberons.

L'autre problème est que les molécules de substitution utilisées aujourd'hui – Bisphénol F et Bisphénol S – pourraient s'avérer tout aussi problématiques sur le Bisphénol A. Aujourd'hui, de nombreuses études suggèrent que leurs effets sont comparables à ceux du Bisphénol A¹⁴⁻¹⁶. Des démarches sont en cours auprès de l'ECHA (European Chemicals Agency) pour mieux encadrer l'utilisation de ces nouvelles substances.

Quels sont leurs effets ?

Les effets avérés ou suspectés des perturbateurs endocriniens sont nombreux, qu'il s'agisse de la santé ou de l'environnement.

Les effets sur la santé

Selon une étude de Santé Publique France de 2021, plus de cinquante effets sanitaires attribuables aux perturbateurs ont été identifiés¹⁷. Les principaux effets connus à ce jour des perturbateurs endocriniens sont les suivants :

1. Effets sur la reproduction

Les perturbateurs endocriniens affectent la fonction reproductive à plusieurs niveaux. Ils peuvent altérer le développement des fonctions reproductrices

des individus dès la naissance : une exposition précoce peut ainsi entraîner une prédisposition à développer des troubles de la puberté et/ou de la fertilité¹⁸.

Les perturbateurs endocriniens peuvent notamment impacter la reproduction des hommes et des femmes en empêchant la spermatogenèse (formation des spermatozoïdes) et l'ovogenèse (formation des ovocytes), avec pour conséquence une baisse de la fertilité^{19,20,23}.

L'exposition aux perturbateurs endocriniens pourrait également être impliquée dans l'apparition de malformations des testicules et des ovaires, le développement d'une endométriose ou encore du syndrome des ovaires polykystiques²¹⁻²⁵.

Enfin, la puberté précoce est également suspectée d'être favorisée par une exposition aux perturbateurs endocriniens. Les filles seraient 10 fois plus souvent atteintes que les garçons²⁶.

2. Obésité et diabète

L'exposition aux perturbateurs endocriniens contribuerait à l'augmentation de l'obésité et du diabète. En effet, l'alimentation trop riche et le manque d'activité ne semblent pas expliquer à elles seules l'épidémie d'obésité et de diabète observée dans les pays industrialisés.

En modifiant le fonctionnement de certaines hormones, les perturbateurs endocriniens perturberaient les mécanismes de régulation du métabolisme des glucides et des lipides, de l'appétit et de la satiété^{27,28}. En particulier, ces perturbateurs endocriniens agiraient lors du développement fœtal, dérégulant alors pour la vie la balance énergétique de l'individu, c'est-à-dire l'équilibre entre apports et dépenses énergétiques, et favorisant l'obésité²⁹⁻³².

L'exposition aux perturbateurs endocriniens, en entraînant des anomalies dans la régulation et la sécrétion d'insuline, peut conduire à une insulino-résistance, un élément clé à l'origine du diabète de type 2³³.

3. Troubles du développement

Les perturbateurs endocriniens seraient impliqués dans différents troubles du comportement chez l'enfant : hyperactivité, troubles relationnels, troubles émotionnels, symptômes d'anxiété, comportements plus agressifs³⁴⁻³⁶

Par ailleurs, en interférant avec le fonctionnement de l'hormone thyroïdienne, qui est cruciale pour le développement du cerveau, **les perturbateurs endocriniens joueraient un rôle dans la baisse du quotient intellectuel** et de nos capacités cognitives³⁷⁻⁴¹.

4. Cancers

Certains perturbateurs endocriniens pourraient **augmenter l'incidence de la survenue de cancers hormono-dépendants** : cancer du sein, des ovaires, de la prostate, des testicules, de la thyroïde. Une exposition *in utero* ou à un jeune âge pourrait favoriser ces cancers à l'âge adulte⁴²⁻⁴⁸.

Des périodes de plus grande vulnérabilité

Nous sommes plus vulnérables aux perturbateurs endocriniens à certaines périodes de notre vie durant lesquelles les tissus et organes sont en cours de développement, et où notre corps connaît de grands bouleversements hormonaux.

Les périodes les plus sensibles correspondent au développement du fœtus (mère et fœtus sont vulnérables), à la petite enfance et à la puberté. La période des 1 000 premiers jours de vie, de la conception jusqu'à 2 ans, est une période particulièrement cruciale qui influence la santé future de l'individu. Il faut donc être spécialement attentif à notre exposition à ces substances pendant ces périodes.

Les effets sur l'environnement

Au vu de leur présence massive dans notre quotidien, les perturbateurs endocriniens vont se répandre dans l'environnement et affecter l'ensemble des organismes vivants. Les pesticides vont ainsi contaminer les sols et les rivières, et nos produits ménagers vont se retrouver dans les stations d'épuration où les perturbateurs seront peu ou mal filtrés (car non listés parmi les produits à éliminer) avant que l'eau ne soit ensuite rejetée en milieu naturel.

Les perturbateurs endocriniens peuvent affecter l'ensemble des êtres vivants car tous les êtres vivants ont des hormones. Plus encore, les hormones sont exactement les mêmes chez tous vertébrés. Leurs fonctions peuvent varier mais leur structure est identique. Chez l'humain en développement, l'hormone thyroïdienne va permettre la maturation du cerveau, tandis que, chez l'adulte, elle va permettre de réguler notre humeur et notre chaleur corporelle. Son rôle est encore plus spectaculaire chez les amphibiens où elle va contrôler la métamorphose d'un têtard en grenouille. C'est pourquoi un médicament anti-thyroïdien qui se retrouverait dans une mare empêcherait alors la métamorphose du têtard en grenouille.

De nombreuses études ont mis en évidence différentes anomalies chez les animaux attribuables aux effets néfastes de certains perturbateurs endocriniens. Ces effets ont été observés chez des populations de poissons, de reptiles, invertébrés ou encore d'oiseaux. Les exemples des effets de polluants pouvant impacter la physiologie des êtres vivants sont trop nombreux pour que nous puissions tous les aborder ici. Nous décrivons donc deux exemples avec le pesticide DDT et le phtalate DEHP.

Le DDT est un insecticide persistant répandu massivement après la seconde guerre mondiale. Des effets toxiques importants ont été relevés sur les

populations aquatiques et terrestres dans les régions où il avait été épandu. Ainsi, différentes études ont mis en lumière un lien entre l'épandage de DDT et l'amincissement des coquilles des oiseaux, avec pour conséquence une éclosion trop précoce et donc une hausse de la mortalité⁴⁹⁻⁵². **Des problèmes de reproduction ont également été observés sur des alligators mâles dans un lac de Floride dans les années 1980, et ont entraîné un important déclin de cette population d'alligators.** Ce déclin a été attribué à la trop grande quantité de DDT épandu plusieurs dizaines d'années auparavant et ayant entraîné des anomalies des organes reproducteurs des alligators⁵³. Le DDT a depuis été interdit par de nombreux pays mais son utilisation à des fins sanitaires (pour lutter contre le paludisme) reste tolérée de façon exceptionnelle⁵⁴.



Le second exemple concerne le phtalate DEHP, un composé classé comme très préoccupant depuis 2017 par l'Union Européenne. Le DEHP (ou plutôt son produit de dégradation, le MEHP) est détectable chez quasiment tous les vertébrés terrestres ou marins^{55,56}. Les effets à des doses inférieures aux

normes peuvent engendrer des effets insoupçonnés. Chez la souris il a été montré qu'une exposition du fœtus à ces phtalates engendre ensuite un comportement sexuel altéré chez les mâles et rend également leur cerveau plus accessible aux polluants⁵⁷.

Il ne s'agit ici que de deux exemples mais bien d'autres effets environnementaux attribuables aux perturbateurs endocriniens ont été observés par les scientifiques.

Les perturbateurs endocriniens sont aujourd'hui peu réglementés

Il n'existe à ce jour pas de liste unique et officielle de perturbateurs endocriniens. En France, une liste de 900 substances d'intérêt et une stratégie de priorisation ont été publiées par l'ANSES en avril 2021 afin d'accélérer l'identification des perturbateurs endocriniens.

Il n'existe pas encore d'obligation de tester les produits (additifs alimentaires, cosmétiques, médicaments, jouets, emballages, etc.) pour leurs effets endocriniens avant mise sur le marché : ni le produit fini ni ses composants ne font l'objet d'une obligation d'évaluation sur ce sujet. Depuis 2018, au sein de l'Union Européenne, seuls les pesticides et les biocides doivent faire l'objet d'une évaluation du caractère endocrinien avant mise sur le marché. Les pesticides et biocides actuellement commercialisés doivent faire l'objet d'une évaluation de façon rétroactive – qui peut alors conduire à leur restriction voire à leur interdiction – mais ce processus va malheureusement prendre du temps. Pour les autres catégories de produits, un document guide est attendu pour 2022.

Dans le cadre du règlement européen REACH, qui date de 2007, les substances présentant des propriétés perturbateurs endocriniens peuvent être identifiées comme SVHC (substances extrêmement préoccupantes) mais cela ne conduit pas nécessairement à leur interdiction. Des dossiers sont soumis par les États Membres : tous les États Membres votent ensuite sur le devenir du produit en question. En 2021 par exemple, malgré les preuves d'un effet du résorcinol (ingrédient que l'on retrouve notamment dans les produits cosmétiques) sur la thyroïde, les États Membres n'ont pas voté son interdiction.

La réglementation des perturbateurs endocriniens est donc lacunaire à ce jour, et il est indispensable qu'elle évolue pour pouvoir protéger les consommateurs.

Des effets même à faible dose

Certains perturbateurs endocriniens mettent à mal la règle longtemps considérée comme infaillible en toxicologie selon laquelle “la dose qui fait le poison”. En effet, diverses études ont montré qu’ils seraient susceptibles d’agir à de très faibles doses.

Les études montrent même que de faibles doses peuvent engendrer des effets supérieurs à ceux produits par de fortes doses. On peut aller jusqu’à observer pour certaines substances un effet à faible dose et une absence d’effet à forte exposition^{58,59}.

Les travaux de Sarah Jenkins sur le Bisphénol A montrent par exemple que, sur des souris sur lesquelles une tumeur a été greffée, le BPA agit ensuite sur le volume des tumeurs. Les effets du BPA sur le développement de tumeurs sont observés chez les rongeurs à des doses très faibles, inférieures à la DJA (dose journalière admissible). Puis, c’est à des doses intermédiaires que l’on observe les effets les plus forts sur le volume des tumeurs, alors que les effets diminuent ensuite à des doses très fortes⁶⁰.

De la même manière, une étude sur les phtalates a montré un effet de ces substances sur le comportement des souris lorsqu’ils sont présents à faible dose, mais pas à forte dose⁶¹.

Le même effet a été observé pour les composés perfluorés – comme le PFOS – utilisés dans de nombreux produits de consommation courante comme imperméabilisants textiles, dans les revêtements antiadhésifs, ou dans certains emballages alimentaires. Une étude réalisée sur des têtards a montré que le PFOS perturbe le bon fonctionnement des hormones thyroïdiennes à des doses intermédiaires, mais pas à des doses faibles ou élevées³⁸.

Un « effet cocktail » inquiétant

Un autre problème important se pose concernant les perturbateurs endocriniens : **ils peuvent potentiellement devenir plus nocifs s'ils sont mélangés**. En d'autres termes, plusieurs substances en-dessous des seuils réglementaires (considérés comme protecteurs) pourraient donner naissance à un effet de perturbateur endocrinien. C'est ce qu'on appelle "l'effet cocktail"⁶²⁻⁶⁴. L'existence de cet effet remet en question l'évaluation du risque actuellement fondée sur une évaluation individuelle des molécules, et qui ne semble pas adaptée à la réalité de l'exposition aux mélanges.

Une étude internationale publiée en 2022 a montré que l'exposition à un mélange de produits chimiques (phtalates, phénols et perfluorés) a des effets de perturbation endocrinienne et que la surexposition pendant la grossesse a des effets sur le bon fonctionnement du cerveau des enfants en entraînant notamment un retard de langage⁶⁵.

Cet "effet cocktail" complique considérablement l'étude des perturbateurs endocriniens : pour étudier cet effet, il faudrait tester tous les mélanges possibles avec les milliers de substances chimiques susceptibles d'avoir des effets endocriniens.

Comment les éviter ?

Il est aujourd'hui difficile de les éviter car ils sont devenus omniprésents dans notre environnement, mais il est possible de limiter autant que possible notre exposition, en attendant qu'une réglementation appropriée voie le jour et interdise ces substances.



Emballages alimentaires & ustensiles de cuisine

- Eviter de consommer trop d'aliments ayant été en contact avec des emballages plastique
- Utiliser des matériaux inertes (verre, acier inoxydable, céramique) pour la préparation et le stockage des aliments
- Ne pas faire réchauffer ses aliments dans des contenants en plastique
- Favoriser l'achat de produits issus de l'agriculture biologique
- Réduire sa consommation d'aliments ultra-transformés pouvant contenir des additifs problématiques
- Eviter les ustensiles anti-adhésifs (poêles notamment) et jetez votre poêle anti-adhésive dès que le revêtement est abîmé
- Utiliser du sel iodé pour éviter les carences en iode, l'iode étant indispensable pour la synthèse des hormones thyroïdiennes



Entretien & hygiène

- Réduire l'utilisation de produits ménagers non nécessaires et privilégier des produits naturels comme le vinaigre blanc, le bicarbonate de soude et le savon de Marseille
- Éviter les produits cosmétiques avec des conservateurs tels que les parabènes
- Privilégier la cosmétique bio qui interdit l'utilisation de nombreuses substances problématiques
- Utiliser des couches bio ou lavables pour les bébés (le coton des couches peut contenir des résidus de pesticides problématiques)

- De la même manière, privilégier les protections hygiéniques (serviettes, tampons) à base de coton bio



Maison & ameublement

- Aérer tous les jours pendant 15 minutes votre intérieur et passer régulièrement l'aspirateur : la pollution intérieur est une source importante d'exposition aux perturbateurs endocriniens
- Éviter l'emploi d'aérosols (désodorisants, imperméabilisants, désinfectants), de bougies ou encens qui contribuent à la pollution de l'air
- Éviter la moquette et les revêtements de sol en polychlorure de vinyle
- Laver les textiles neufs (housses, coussins, tapis, rideaux...)
- avant de les utiliser) ou opter pour des textiles de seconde main
- Privilégier les meubles en matières naturelles non traitées, et éviter les meubles en PVC ou contre-plaqué qui contiennent des colles et plastifiants qui vont relarguer des composés volatiles dans l'intérieur.
- Opter pour des meubles de seconde main
- Préparer autant que possible la chambre d'un nouveau-né plusieurs semaines avant la naissance, en aérant bien tous les jours
- Eteindre son ordinateur et son téléphone portable la nuit (ou a minima mettre en veille ou mode avion), car les cartes mères électroniques contiennent des retardateurs de flamme qui relarguent des composés volatiles lors du fonctionnement



Vêtements

- Laver ses vêtements neufs avant de les porter
- Ne porter des vêtements techniques en fibres synthétiques que lors d'une séance de sport



Jouets pour enfants

- Laver les jouets neufs à l'eau et au savon avant de les donner à son enfant
- Privilégier les jouets pour enfants en bois massif et en tissu bio
- Limiter les jouets en plastique ou en bois traité, surtout s'ils sont portés à la bouche
- Opter pour des jouets de seconde main (avec fabrication récente)

Sources

CO-AUTEUR

Jean-Baptiste Fini

Professeur et biologiste spécialiste des perturbateurs endocriniens au sein du laboratoire Physiologie moléculaire et adaptation, au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.