

Les fourmis dans un monde de plastique

Mis à jour le 24 mars 2015

Alain Lenoir, Professeur émérite à l'IRBI (Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte), Université de Tours

Attention : ce texte n'est pas une publication scientifique, c'est une réflexion personnelle ouverte à la discussion

Je travaille depuis 45 ans sur le comportement social des fourmis et en particulier sur la manière dont elles se reconnaissent. Dans ce cadre j'ai analysé les molécules portées sur la cuticule (la peau des insectes) grâce auxquelles elles peuvent identifier des congénères, leur reine, des ennemis ou une proie. Avec des collègues, nous avons découvert que sur la cuticule des fourmis se retrouvent des substances qui n'ont rien de naturel comme des phtalates [1] qui ont des effets sur la fécondité des reines et provoquent des réactions de stress chez les ouvrières [2]. Petit-à-petit je me suis intéressé à ces produits dont j'ignorais même l'existence. Et ce que j'ai découvert m'a de plus en plus inquiété.

Résumé

Nous sommes envahis par les plastiques qui se décomposent en éléments de plus en plus petits pour former des microplastiques qui s'accumulent partout et ne se dégradent que très lentement. Tous les écosystèmes sont perturbés. Les plastiques sont aussi associés à des molécules de synthèse, appelées plastifiants en particulier les phtalates qui sont des perturbateurs endocriniens dont les effets sur le développement (embryon, enfance) sont maintenant bien connus. **Notre planète s'empoisonne... Danger !!**

5 millions de tonnes de plastique ont été produits dans le monde en 1950, 245 en 2008, 288 en 2012 dont plus de la moitié se retrouve sous forme de déchets sur les continents et dans les océans (10 millions de tonnes chaque année, 80 millions probables en 2025). Selon Stéphane Foucart analysant une publication de Science « le plastique envahit inexorablement les mers », particulièrement la Méditerranée [3-6]. Le plastique est un polymère produit à partir de pétrole brut, considéré comme chimiquement inerte et il est classé comme déchet simple, donc traité comme tel dans les décharges. Le plastique n'est pas biodégradable, aucun microbe n'est équipé des enzymes nécessaires, il va persister des centaines d'années [7] et non « Le plastique n'est pas neutre » ([8] p. 332) . Mais il se casse en morceaux de plus en plus petits puis en microparticules ou microfibrilles simplement par le froid et la chaleur, par effet mécanique et par les UVB. Depuis 2004 on parle de microplastiques pour les particules inférieures à 5 mm [9]. De nouvelles pollutions inquiétantes apparaissent avec les microfibrilles issues des vêtements en polyester et acryliques que l'on inhale et qui se retrouvent dans les

poumons et partout dans l'atmosphère, même dans le miel [10]. Les microfibres proviennent aussi des lavages des tissus synthétiques sous l'effet des détergents [11]. Il faut savoir aussi qu'actuellement on ajoute aux produits de toilette (dentifrices entre autres), de beauté, de nettoyage des microbilles de plastique qui se retrouvent dans l'eau. Va-t-on voir un nouveau scandale comme celui de l'amiante ? Rappelons que les méfaits des fibres d'amiante étaient connus depuis la fin du 19^{ème} siècle et qu'il a fallu attendre 1997 pour l'interdire en France. Les chercheurs ont analysé le sable de 18 plages sur 6 continents et toutes étaient polluées par des fibres de plastique, et d'autant plus qu'elles étaient proches de zones plus urbanisées [12, 13]. Une seule lessive de vêtements synthétiques libère jusqu'à 2 000 microfibres [13] (voir figures 6 et 7). Il existe de véritables mers de rebus de plastique dans les océans [14], et aussi dans l'Antarctique [15]. Une grande étude internationale a révélé qu'il y a 269 000 tonnes de plastique sur les mers avec plus de 5 000 milliards de fragments de toutes tailles, même si ces chiffres sont discutés [4, 16, 17]. On trouve aussi des « nurdles » ou boulettes de résine de plastique de moins de 5mm, le produit de base qui sert à fabriquer le plastique et qui est « perdu ». Les américains appellent ces boules des « *mermaids's tears* », larmes de sirène (voir [18]). Dans l'estuaire de Plymouth, chaque poignée de sable contient environ 20% de plastique [9]. L'industrie essaie de mettre au point des plastiques qui se « réparent tout seuls » sous l'effet des UV avec des ions métalliques. Que deviendra ce polymère encore plus long ? [19]. Même les plastiques « biodégradables » comme certains polyéthylènes, faits par exemple avec de l'amidon, se fragmentent en petits morceaux de plastique qui ne se dégradent que très peu [20].

Une véritable extinction de biodiversité se prépare dans les océans avec tous ces déchets de plastique [21], partie prenante d'une extinction beaucoup plus large qualifiée de 6^{ème} extinction de masse [22]. Plus de 250 espèces marines sont asphyxiées ou mangent les petits morceaux de plastique (>5mm), ce qui les amène à mourir de faim: des poissons, toutes les tortues marines, des oiseaux. Les poissons prédateurs de plancton mangent des morceaux de plastique de l'ordre du millimètre, la taille du zooplancton, ce qui est très préoccupant [4]. On peut voir un extrait d'un film de Chris Jordan tourné sur l'île de Midway au milieu du Pacifique (<http://www.midwayfilm.com/>) où les albatros meurent étouffés par des morceaux de plastique. En 2012 un cachalot s'est échoué près d'Almeria, étouffé par le plastique des serres de cette région. Il n'en reste plus que 1000 dans la Méditerranée [23]. Dans n'importe quelle île déserte du Pacifique on trouve du plastique et « si l'océan meurt, nous mourrons » selon Paul Watson [24]. Toutes les observations récentes montrent une accumulation de déchets de plastique dans l'eau, par exemple dans le Danube qui arrive en mer Noire où les poissons s'asphyxient en se trompant de proie, ils capturent des morceaux de plastique [25]. Un article récent de Science confirme la contamination générale des milieux marins par les microplastiques [26].



Image extraite du film Midway.



Image du journal L'Actu du 19 juillet 2013

Les microplastiques (<5 mm) aussi se retrouvent dans de très nombreux animaux qu'ils peuvent blesser (références dans [27], voir aussi [28] : on les retrouve en mer du Nord en quantité avec du carbone noir provenant des fumées de combustion incomplète). Les particules de plastique de 3 à 10 microns (nano-plastiques) s'accumulent dans le tube digestif des moules puis dans l'hémolymphe où on les retrouve pendant 48 jours [29]. On en retrouve dans les fèces des arénicoles (vers marins) [9]. Une étude récente de chercheurs hollandais vient de montrer que les nano-plastiques (de polystyrène) perturbent la photosynthèse d'une algue, la croissance et la reproduction de la daphnie [30, 31]. Le plastique peut être toxique par lui-même (sur 55 plastiques différents la plupart peuvent être considérés comme dangereux [27] ou par les autres produits qui le composent comme les plastifiants (par exemple phtalates ou absorber d'autres polluants (par ex bisphénol A, PCB - des pyralènes isolants dans les transformateurs électriques - mais toujours présent partout dans l'eau-, pesticides dont DDT et dioxines [32], ou un retardateur de flamme PBDE qui s'accumule dans les grillons [33]. Les oiseaux de mer qui ont mangé du plastique ont 3 fois plus de bisphénol A dans leurs tissus [32]. Dans les sédiments sous les amas de débris de plastique on trouve les PCB et pesticides jusqu'à 100 fois plus concentrés, et 1 million de fois plus dans l'eau [32]. Un travail récent dans la baie de San Diego a montré que lorsque les particules de plastique se désagrègent, leur surface augmente et les polluants comme le PCB ou les PAHs adhèrent en quantité plus importante et donc potentiellement plus toxiques dans la chaîne alimentaire [34]. Les arénicoles concentrent à travers leur tube digestif jusqu'à 4 000% des polluants du PVC comme le nonylphénol, le phénanthrène, le triclosan et le PBDE [35]. Même les lacs des Préalpes italiennes comme le lac de Garde [36] ou le Léman [37, 38] sont contaminés par les microparticules de plastique, ce qui n'est pas surprenant (voir le bilan pour la Suisse [39]); on les retrouve dans les microorganismes comme on le voit sur la photo

de Science et Vie de décembre 2013 [36, 40]. Al Gore, l'ancien candidat à la présidence des USA, déclare au Monde que « L'atmosphère est un égout à ciel ouvert », ce qui permet la dissémination des polluants partout [41].

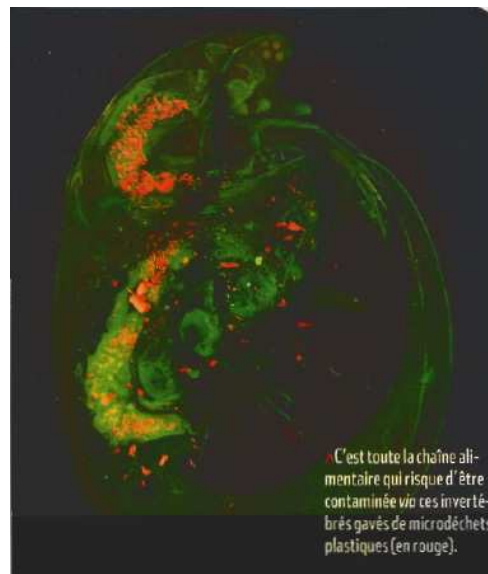


Figure 6.
Fibres textiles



Figure 7. Pelote de
fibres synthétiques



Figure 8.
Granulés de plastique



Figure 9.
Mousses de polymères

Images extraites de Faure (ARPEA 2013)

Dans les années 1930 on a inventé les phtalates, plastifiants qui permettent de rendre le plastique plus souple, par exemple dans les PVC où ils peuvent représenter jusqu'à 40% et même jusqu'à 85%. Hélas ces substances ne sont pas fortement liées chimiquement au plastique et sont progressivement libérées. Dès les années 70 on trouve des phtalates et des PCB dans le sang humain [42]. Les phtalates se sont révélés être de véritables poisons à long terme. Ils agissent comme perturbateurs endocriniens (EDCs Endocrine Disrupting Chemicals, terme proposé par Théo Colborn dans les années 1990), c'est-à-dire des facilitateurs ou antagonistes des hormones comme les androgènes, les œstrogènes, l'hormone thyroïdienne entre autres. «*Les dégâts sanitaires des perturbateurs endocriniens (bisphénol A, phtalates, etc.) ne sont pas documentés par une seule étude mais par des centaines, dont la plupart passent, hélas, parfaitement inaperçues* » «*Explosion des cancers hormonaux dépendants depuis trente ans et baisse générale de la fertilité humaine* » (éditorial, Le Monde, samedi 22 septembre 2012 - voir aussi par exemple [43, 44]). On les trouve partout, dans l'air, le sol, l'eau, les aliments. Dans les eaux d'égouts de la région parisienne on peut trouver jusqu'à 1200µg/l de DEHP [45]. Il faut 6 mois pour que la quantité de phtalates dans l'air d'une voiture neuve chinoise revienne à un taux normal. Durant le premier mois on trouve

près de 2 µg de phtalates (DBP et DEHP) par m³ d'air, ce qui est considérable [46]. Pour les voitures vendues en Europe on estime l'exposition dans les voitures à 2,5 µg/kg/j [47]. Les phtalates sont toujours présents parfois à forte dose dans le corps humain [48]. L'OMS vient de publier un rapport très alarmant sur les effets des perturbateurs endocriniens [49]. Les effets des perturbateurs endocriniens sont imprévisibles : sur le poisson zèbre le bisphénol A est féminisant mais le triclocarban (antiseptique des savons) inhibe les effets du bisphénol A [50]. Le plus souvent les effets des perturbateurs endocriniens ne sont pas additifs mais multiplicatifs : les produits à très faible dose ont peu ou pas d'effet, mais simultanément leurs effets sont considérablement amplifiés. C'est ce qu'on appelle l'effet « cocktail » ou encore « Les nouvelles mathématiques des mélanges : 0+0+0 =60 » selon Marie-Monique Robin dans son livre « *Notre poison quotidien* » [8]. Cet effet a été décrit dès 1996 par un chercheur américain qui étudiait in vitro les effets de pesticides sur les récepteurs aux estrogènes et qui a eu à ce titre droit à une publication dans la célèbre revue Science [51]. Ce qui a été publié avait peut-être des faiblesses, et cela a soulevé tellement de contestations qu'il a été obligé de se rétracter un an plus tard dans la même revue Science (le 25 juillet 1997). Et pourtant, tous les travaux ultérieurs ont confirmé l'effet cocktail dans de nombreux cas (voir [8]), et par exemple plus récemment pour les pesticides sur les bourdons [52, 53] et les abeilles [54, 55], sur le poisson rouge (bisphénol A et nonylphénol) [56] ou sur les cellules nerveuses humaines avec des fongicides [57, 58]. Rémy Chauvin, chercheur passionné d'insectes comme les fourmis et les abeilles se posait dans son livre de mémoires en 1990 déjà la question à propos des pesticides : « *Ces produits, en principe ne sont pas toxiques pour l'homme car étudiés isolement, leur toxicité aiguë est très faible... Mais qu'en est-il de l'administration répétée de doses faibles de plusieurs produits à la fois ou successivement ?* » [59] (p. 237).

En 1988, une convention internationale a été signée par 134 nations pour lutter contre les plastiques en mer, mais jamais rien n'a été tenté. Pourtant un bilan et les propositions de chercheurs existent [60]. Pour toutes ces raisons, de plus en plus de chercheurs pensent qu'il faudrait classer le plastique dans les produits dangereux [61]. Ne pas oublier l'exemple des CFC (chlorofluorocarbures) des frigos, destructeurs de la couche d'ozone, bannis par le protocole de Montréal (1989) puis définitivement par celui de Stockholm (2004), et en 7 ans toute la production a été arrêtée. Actuellement plus de 30% des enfants ont un taux de mercure dans cheveux supérieur à la dose tolérable. Une diminution du taux de mercure est attendue dans les prochaines décennies avec des effets sur le QI attendus [62]. De 2005 à 2010, le recyclage des plastiques US et UK s'est accru seulement de 4% et 9% respectivement. Si la production continue de progresser on peut prévoir 33 milliards de tonnes en 2050. L'Union Européenne commence à se mobiliser contre les déchets plastiques [63] avec une pression timide sur les états pour qu'ils limitent l'usage des sacs en plastique [64] et un objectif d'interdire le plastique dans les décharges en 2020 [65]. On fait des essais afin de récupérer le plastique avec des chaluts pour nettoyer les mers [66], ou bien un système de barrière expérimental [67]. Un bilan des effets des microplastiques en milieu marin s'est tenu en Italie en 2013 avec des propositions concrètes à l'UE [68] et pourtant les déchets plastiques continuent de s'accumuler dans les fonds marins [69]. Il semble que l'on ait découvert en 2013 des bactéries susceptibles de dégrader les hydrocarbures... et donc le plastique [70]. Je crois que c'est de l'intox pour faire croire que la nature va réparer les choses. Les choses

évoluent quand même : la Californie, souvent en pointe dans ces domaines, va interdire à partir de 2015 les sacs en plastique dans les commerces ; à Paris les sacs en plastique à usage unique seront interdits sur les marchés dès la fin 2014 et peut-être partout en France en 2016 [71]. Pourtant, on peut encore magnifier le plastique : « Le plastique c'est fantastique » [72]. Par ailleurs des « bioplastiques » commencent à être bien au point, formés à partir de cellulose [73].

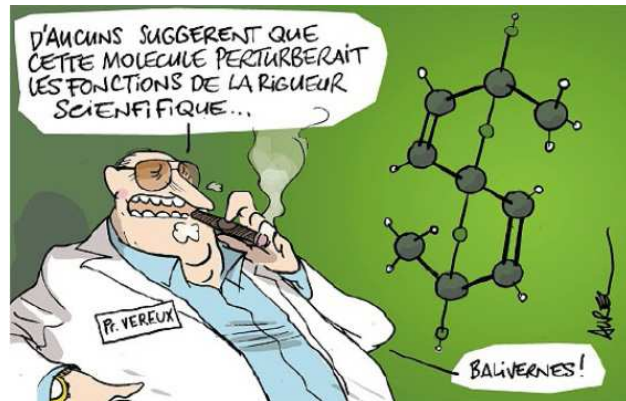
Que faire ?

Nous vivons dans un monde de plastique [74]. Il faut déclarer la guerre aux plastiques, obtenir des autorités qu'ils soient placés dans les toxiques, refuser le tout emballage, revenir à des récipients et ustensiles de matériaux traditionnels (verre, céramique, inox), moins faire de « mulching » (couvrir le sol de films plastique pour accélérer la croissance des plantes) qui diminue la diversité des oiseaux et des papillons [75]. Laver moins souvent les vêtements en tissu synthétique (ça c'est nouveau). Tout n'est pas perdu, c'est ainsi que sous l'influence des consommateurs, Tupperware a retiré le polycarbonate (donc le bisphénol A) de ses produits [76]. Le bisphénol A est interdit en France depuis janvier 2015, il l'est déjà dans les biberons depuis 2010 et dans les jouets pour moins de 3 ans depuis le 1^{er} janvier 2013 (même si cela semble difficile à appliquer !). Mais pour les phtalates, c'est loin d'être gagné. Problème : le BPA est souvent remplacé par du bisphénol S (où les trois carbones liant les deux phénols sont remplacés par du SO₂) dont on connaît peu de choses et qui est probablement aussi toxique que le BPA [77]. Les quantités de six phtalates sont réglementées par l'UE dans les articles de puériculture ou les jouets pour enfants de moins de 3 ans depuis 2005. Il en est de même pour les cosmétiques. Pour tous les plastiques, on envisage seulement d'interdire les plus courants comme le DEHP (di(2-éthylhexyl) phtalate), mais il sont progressivement remplacés par d'autres de poids moléculaire plus lourd ou des plastifiants alternatifs dont on ne connaît bien sûr pas la nocivité. La revue 60 millions de consommateurs a testé des sex toys qui il y a quelque temps étaient bourrés de phtalates, et *«Nos analyses n'ont pas mis en évidence la présence dans les sex toys de phtalates jugés préoccupants pour la santé. Vraisemblablement, les fabricants les ont remplacés par des plastifiants alternatifs.»*. Hélas l'innocuité de ces nouveaux produits est à démontrer [78, 79]. L'industrie argumente en disant que les phtalates se dégradent vite et sont métabolisés dans l'organisme, ce qui est vrai. Pourtant, il est possible que les métabolites soient dans certains cas plus dangereux que le phtalate lui-même. Les fourmis aussi métabolisent les phtalates [80]. Malgré cela le niveau de contamination des fourmis (et des humains) reste stable, cela est dû aux quantités énormes de phtalates avec lesquelles nous sommes en contact tous les jours, y compris de manière sournoise provenant de l'atmosphère.

Perturbateurs endocriniens : ce n'est pas gagné !

La protection des consommateurs contre les perturbateurs endocriniens (PEs) est loin d'être acquise. Alors que la Commission Européenne s'apprête à statuer sur les mesures à prendre, une controverse violente vient de naître. L'été dernier (2013), 18 toxicologues ont critiqué les mesures en discussion à Bruxelles sur les « soi-disant perturbateurs endocriniens » basées sur

des « précautions scientifiquement infondées », contestant en particulier les effets à doses très faibles. Le principal auteur, professeur à l'université de Constance (Allemagne) dit qu'on ne peut pas extrapoler des résultats obtenus chez l'animal à l'homme. Bien évidemment ce n'est pas un hasard et ces scientifiques sont presque tous dépendants des industriels qui les financent. Heureusement le texte a



soulevé de très nombreuses réactions parfois indignées d'autres scientifiques. Toutes les données récentes montrent en effet que les PE ne suivent pas les lois de la toxicologie classique, ils peuvent être inoffensifs à des doses élevées mais nocifs à doses infinitésimales. En plus, ces substances sont testées isolément alors que l'on sait maintenant qu'elles peuvent avoir des effets nocifs si elles sont présentes simultanément, ce qui est toujours le cas. On parle d'effet cocktail comme indiqué plus haut (Voir [81, 82]).

En France, le bisphénol A sera interdit dans les conditionnements alimentaires en 2015, mais lors de la conférence environnementale de septembre 2013 le président Hollande n'a même pas parlé des PE (regretté par Corinne Lepage sur France Inter)... Quand on sait que « L'atmosphère est un égout à ciel ouvert » selon l'expression d'Al Gore et qu'on y retrouve en particulier de très nombreux PE comme les phtalates, et que rien n'est envisagé pour y remédier, c'est un peu désespérant. Par ailleurs la commission européenne traîne à définir les perturbateurs endocriniens sous la pression des lobbys des chimistes [83].

Et les fourmis ?

Merci aux fourmis de nous signaler que notre planète est de plus en plus polluée, même en pleine forêt amazonienne elles portent des phtalates [1]. Les fourmis, et les insectes en général, sont moins sensibles que nous à cette pollution, n'ayant pas le même système hormonal. Pourtant, des travaux préliminaires montrent que les reines de fourmis exposées à des doses régulières de phtalates pondent moins et que les ouvrières ont des réactions de stress [2]. La nature peut s'adapter, c'est ainsi que des morues résistantes aux PCB sont apparues dans l'embouchure de l'Hudson sur la côte est des USA [84]. Comme il y a peu de chances que l'espèce humaine mute aussi vite, on peut être très pessimiste sur l'avenir de l'humanité qui sera stérile dans un siècle ou deux si on continue ... L'espérance de vie augmente mais les années de vie en bonne santé diminuent [85]. Le réchauffement climatique sera sans doute encore plus important que prévu [86] et il annonce des problèmes dramatiques pour la planète [87], mais plus grave encore : l'homme va-t-il être confronté à de graves problèmes liés aux perturbateurs endocriniens comme le redoute l'OMS [49] ou même disparaître comme le prédit Weisman dans *Homo disparitus* ? [7]. Alors il faut que les gouvernements motivent les entreprises à chercher des formules moins polluantes et encourager la recherche sur les effets des plastiques.

Références

1. Lenoir, A., V. Cuvillier-Hot, S. Devers, J.-P. Christidès, and F. Montigny. Ant cuticles: a trap for atmospheric phthalate contaminants. *Science of The Total Environment*, 2012. 441: p. 209-12.
2. Cuvillier-Hot, V., K. Salin, S. Devers, A. Tasiemski, P. Schaffner, R. Boulay, S. Billiard, and A. Lenoir. Impact of ecological doses of the most widespread phthalate on a terrestrial species, the ant *Lasius niger*. *Environmental Research*, 2014. 131(0): p. 104-110.
3. Jambeck, J.R., R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, and K.L. Law. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 2015. 347(6223): p. 768-771.
4. Foucart, S. Le plastique envahit inexorablement les mers. *Le Monde*, 2015. 14 février, (8): p. 8.
5. European Commission DG Env. Plastic waste dominates seafloor litter in Mediterranean and Black Sea surveys. *Science for Environment Policy*, 2015. 402(5 February): p. 1.
6. Cordonnier, M.-N. Le devenir des déchets plastiques en mer. *Pour la Science*, 2015. Février, (448): p. 5.
7. Weisman, A. *Homo disparitus*. 2007: J'ai Lu. 398.
8. Robin, M.-M. *Notre poison quotidien*. 2011: La Découverte - Arte Editions. 480.
9. Thompson, R.C., Y. Olsen, R.P. Mitchell, A. Davis, S.J. Rowland, A.W.G. John, D. McGonigle, and A.E. Russell. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 2004. 304(5672): p. 838.
10. N'Sondé, V. Des microplastiques jusque dans le miel. 60 millions de consommateurs, 2014. octobre, (497): p. 28-29.
11. Pauly, J.L., S.J. Stegmeier, H.A. Allaart, R.T. Cheney, P.J. Zhang, A.G. Mayer, and R.J. Streck. Inhaled cellulosic and plastic fibers found in human lung tissue. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 1998. 7(5): p. 419-428.
12. European Commission, D.E. (2013). Microplastics from washing machine wastewater are polluting beaches. *New Alert Issue* 272.
13. Browne, M.A., P. Crump, S.J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, and R. Thompson. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 2011. 45(21): p. 9175-9179.
14. Kempf, H. La Méditerranée polluée par les rejets de plastique. *Le Monde*, 2011. 7 janvier: p. 4.
15. Foucart, S. Les eaux de l'Antarctique sont infestées de millions de fragments de plastique. *Le Monde*, 2011. 21 septembre: p. 7.
16. Le Hir, P. 269 000 tonnes de plastiques sur les mers. *Le Monde*, 2014. 12 décembre, (5): p. 5.
17. Eriksen, M., L.C.M. Lebreton, H.S. Carson, M. Thiel, C.J. Moore, J.C. Borerro, F. Galgani, P.G. Ryan, and J. Reisser. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 2014. 9(12): p. e111913.
18. Nicolino, F. Un empoisonnement universel. Comment les produits chimiques ont envahi la planète. 2014: LLL Les liens qui libèrent. 445.
19. Anonyme. Un plastique capable de s'autoréparer grâce aux UV. *Le Monde*, 2011. 23 avril.
20. Cressey, D. Puzzle persists for "biodegradable" plastics. *Nature online*, 2011.
21. Foucart, S. Les océans seraient à la veille d'une crise biologique inédite depuis 50 millions d'années. *Le Monde*, 2011. 24 juin: p. 11.

22. Barnosky, A.D., N. Matzke, S. Tomiya, G.O.U. Wogan, B. Swartz, T.B. Quental, C. Marshall, J.L. McGuire, E.L. Lindsey, K.C. Maguire, et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 2011. 471(7336): p. 51-57.
23. AFP. Espagne : un cachalot tué par le plastique des serres d'Andalousie Leprogress.fr, 2013. 7 mars.
24. Foucart, S. and M. Valo. Paul Watson : "Si l'océan meurt, nous mourons. Voilà le message". *Le Monde*, 2013. 14 novembre: p. 5.
25. European Commission, D.E. Plastic debris in the Danube outnumbers fish larvae. *Science for Environment Policy*, 2014(18 June): p. 1.
26. Law, K.L. and R.C. Thompson. Microplastics in the seas. *Science*, 2014. 345(6193): p. 144-145.
27. Lithner, D., A. Larsson, and G. Dave. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*, 2011. 409(18): p. 3309-3324.
28. European Commission DG Env (2013). Microplastic particles in North Sea could harm marine organisms and enter human food chain. *Science for Environment Policy*.
29. Browne, M.A., A. Dissanayake, T.S. Galloway, D.M. Lowe, and R.C. Thompson. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science & Technology*, 2008. 42(13): p. 5026-5031.
30. Senet, S. Les microplastiques affectent aussi les organismes d'eau douce. *Journal de l'environnement*, 2014(21 octobre).
31. Besseling, E., B. Wang, M. Lüring, and A.A. Koelmans. Nanoplastic Affects Growth of *S. obliquus* and Reproduction of *D. magna*. *Environmental Science & Technology*, 2014. 48: p. 12336-12343.
32. Teuten, E.L., J.M. Saquing, D.R.U. Knappe, M.A. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S.J. Rowland, R.C. Thompson, T.S. Galloway, R. Yamashita, et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009. 364(1526): p. 2027-2045.
33. Gaylor, M.O., E. Harvey, and R.C. Hale. House crickets can accumulate polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) directly from polyurethane foam common in consumer products. *Chemosphere*, 2012. 86(5): p. 500-5.
34. European Commission DG Env. Plastics can concentrate toxic pollutants, endangering marine ecosystems. *Science for Environment Policy*, 2013. 326na6.
35. Browne, Mark A., Stewart J. Niven, Tamara S. Galloway, Steve J. Rowland, and Richard C. Thompson. Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology*, 2013. 23(23): p. 2388-2392.
36. Imhof, H.K., N.P. Ivleva, J. Schmid, R. Niessner, and C. Laforsch. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current biology* 2013. 23(19): p. R867-R868.
37. Faure, F., M. Corbaz, H. Baecher, and L.F. De Alencastro. Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean sea. *Archives of Science*, 2013. 65: p. 157-164.
38. Faure, F., V. Gagnaux, H. Baecher, V. Neuhaus, and L.F. de Alencastro. Microplastiques sur les plages et la surface du Léman. Résultats préliminaires. *ARPEA*, 2013. 257: p. 15-18.
39. Office fédéral de l'environnement, O. (2014). Premier recensement des microplastiques dans les eaux suisses.

40. Leroy-Terquem, E. Les lacs des Alpes sont contaminés par le plastique. *Science et Vie*, 2013. Décembre: p. 30.
41. Lesnes, C. Al Gore : "L'atmosphère est un égout à ciel ouvert". *Le Monde*, 2013. 12 septembre: p. 6.
42. Verguèse, D. Des matières plastiques dans le sang humain. *Le Monde*, 1972. 23 février.
43. Vincent, C. Les animaux perturbés par la chimie. *Le Monde*, 2011. 14 mai: p. 20.
44. Duval, G. and B. Simonot. Les perturbateurs endocriniens : un enjeu sanitaire pour le XXIème siècle. *Air Pur*, 2010(79).
45. Bergé, A., J. Gasperi, V. Rocher, L. Gras, A. Coursimault, and R. Moilleron. Phthalates and alkylphenols in industrial and domestic effluents: Case of Paris conurbation (France). *Science of The Total Environment*, 2014. 488–489(0): p. 26-35.
46. Wang, W.X., Y.L. Zhang, S.L. Wang, C.B.Q. Fan, and H. Xu. Distributions of phthalic esters carried by total suspended particulates in Nanjing, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2012. 184(11): p. 6789-98.
47. RES Réseau Environnement Santé. Les phtalates : sources d'exposition et imprégnation humaine. Données scientifiques 2011. 2012 [cited Avril 2012; Available from: http://reseau-environnement-sante.fr/wp-content/uploads/2012/04/Phtalates_Sources_Impregnation_A4_15p.pdf.
48. Koch, H.M. and A.M. Calafat. Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 2009. 364(1526): p. 2063-2078.
49. Bergman, A., J.J. Heindel, S. Jobling, K.A. Kidd, and R.T. Zoeller (2013). State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012. 289.
50. Cordonnier, M.-N. Imprévisibles polluants hormonaux. *Pour la Science*, 2011. Décembre, (410): p. 7.
51. Arnold, S.F., D.M. Klotz, B.M. Collins, P.M. Vonier, L.J. Guillette, and J.A. McLachlan. Synergistic Activation of Estrogen Receptor with Combinations of Environmental Chemicals. *Science*, 1996. 272(5267): p. 1489-1492.
52. Gill, R.J., O. Ramos-Rodriguez, and N.E. Raine. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 2012. 491(7422): p. 105-108.
53. Osborne, J.L. Ecology: Bumblebees and pesticides. *Nature*, 2012. 491(7422): p. 43-45.
54. Foucart, S. Le déclin massif des abeilles en voie d'élucidation. *Le Monde*, 2011. 9 juillet.
55. Vidau, C., M. Diogon, J. Aufauvre, R. Fontbonne, B. Viguès, J.-L. Brunet, C. Texier, D.G. Biron, N. Blot, H. El Alaoui, et al. Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. *PLoS ONE*, 2011. 6(6): p. e21550.
56. Jordan, J., A. Zare, L.J. Jackson, H.R. Habibi, and A.M. Weljie. Environmental Contaminant Mixtures at Ambient Concentrations Invoke a Metabolic Stress Response in Goldfish Not Predicted from Exposure to Individual Compounds Alone. *Journal of Proteome Research*, 2011. 11(2): p. 1133-1143.
57. Allix, G. L'inquiétant effet cocktail des pesticides sur nos cellules. *Le Monde*, 2012. 8 août.
58. Coleman, M.D., J.D. O'Neil, E.K. Woehrling, O.B.A. Ndunge, E.J. Hill, A. Menache, and C.J. Reiss. A Preliminary Investigation into the Impact of a Pesticide Combination on Human Neuronal and Glial Cell Lines In Vitro. *PLoS One*, 2012. 7(8): p. e42768.

59. Chauvin, R. Une étrange passion. Une vie pour les insectes. 1990: Le Pré aux Clercs. 269.
60. Koelmans, A.A., T. Gouin, R. Thompson, N. Wallace, and C. Arthur. Plastics in the marine environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2014. 33(1): p. 5-10.
61. Rochman, C.M., M.A. Browne, B.S. Halpern, B.T. Hentschel, E. Hoh, H.K. Karapanagioti, L.M. Rios-Mendoza, H. Takada, S. Teh, and R.C. Thompson. Policy: Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 2013. 494(7436): p. 169-171.
62. Bellanger, M., C. Pichery, D. Aerts, M. Berglund, A. Castano, M. Cejchanova, P. Crettaz, F. Davidson, M. Esteban, M. Fischer, et al. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environmental Health*, 2013. 12(1): p. 3.
63. Anonyme. Bruxelles et les industriels européens se mobilisent contre les déchets en plastique. *Le Monde*, 2011: p. 7.
64. Stroobants, J.-P. L'Europe demande timidement aux Etats de limiter l'usage des sacs en plastique. *Le Monde*, 2013. 6 novembre.
65. Van Kote, G. Le plastique en voie d'interdiction dans les décharges européennes. *Le Monde*, 2013. 1-2 décembre: p. 5.
66. Valo, M. Pêcher le plastique au chalut pour nettoyer les mers. *Le Monde*, 2011. 20-21 novembre: p. 7.
67. Schuetze, C. L'océan, nettoyé à la volonté. *Le Monde*, 2014. 23 septembre: p. 2.
68. European Commission DG Env. Plastic litter in the marine environment: key issues and possible solutions. *Science for Environment Policy*, 2014(356): p. 1 p.
69. *Le Monde.fr*. Les fonds marins également très pollués par les déchets humains, in *Le Monde.fr*. 2014.
70. Pihen, A. Un écosystème marin émerge du plastique. *Science & Vie*, 2014. Octobre, (1165): p. 67.
71. Lesnes, C. La Californie bannit les sacs en plastique de ses commerces. *Le Monde*, 2014. 3 octobre: p. 7.
72. De La Horie, M. Le plastique c'est fantastique. *Le Point*, 2014. 15 mai: p. 126.
73. European Commission, D.E. Can new biopesticide protect crops without harming honeybees? *Science for Environment Policy*, 2014. 393: p. 2.
74. vom Saal, F.S., S. Parmigiani, P.L. Palanza, L.G. Everett, and R. Ragaini. The plastic world: Sources, amounts, ecological impacts and effects on development, reproduction, brain and behavior in aquatic and terrestrial animals and humans. *Environmental Research*, 2008. 108(2): p. 127-130.
75. European Commission DG Env. Plastic mulching reduces farmland bird numbers and diversity. *Science for Environment Policy*, 2013. 345: p. 10 october.
76. Benkimoun, P. Tupperware retire le perturbateur hormonal de ses produits. *Le Monde*, 2012. 10 mai.
77. Glausiusz, J. The plastics puzzle. *Nature*, 2014. 508: p. 306-308.
78. Genthialon, A.-C. Ils sont sains les jouets coquins. *Libération*, 2013. 11 février.
79. N'Sondé, V. Les sex toys présentent-ils des risques pour la santé ? 60 millions de consommateurs, 2013. Février, (479): p. 28-29.
80. Lenoir, A., A. Touchard, S. Devers, J.-P. Christides, R. Boulay, and V. Cuvillier-Hot. Ant cuticular response to phthalate pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 2014. 21: p. 13446-13451.
81. Cressey, D. Journal editors trade blows over toxicology. *Nature News*, 2013.
82. Benkimoun, P. and S. Foucart. Scandale européen sur les perturbateurs endocriniens. *Le Monde*, 2013. 5 octobre: p. 5.
83. Foucart, S. Stockholm vs Bruxelles. *Le Monde*, 2014. 25-26 mai: p. 18.

84. Wirgin, I., N.K. Roy, M. Loftus, R.C. Chambers, D.G. Franks, and M.E. Hahn. Mechanistic Basis of Resistance to PCBs in Atlantic Tomcod from the Hudson River. *Science*, 2011. 331(6022): p. 1322-1325.
85. Hahn, C. Espérance de vie : la quantité, pas la qualité. *Valeurs mutualistes*, 2012(279): p. 21-24.
86. Marcott, S.A., J.D. Shakun, P.U. Clark, and A.C. Mix. A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. *Science*, 2013. 339(6124): p. 1198-1201.
87. Foucart, S. and P. Le Hir. Un réchauffement sans précédent depuis 11 000 ans. *Le Monde*, 2013. 9 mars p. 8.