

极净之境？

全氟化合物（PFCs）雪地污染调查

重点摘要

1.1 寻找线索

户外品牌与供货商擅长以遗世独立的高山湖泊、与户外探险家们喜爱攀登的远方雪山来大作广告¹。但是，在制造那些标榜防风防雨的户外用品过程中所使用的化学物质，却在这些遥远山林中留下不可磨灭的足迹。

为了搜集这些化学物质在这些原始环境中的足迹与所造成的污染，绿色和平组成了八支探险队，远征考察散布于三大洲的偏远山区，采集十个地点中的白雪和淡水样本，加以分析一种人造有毒有害化学物质- 全氟化合物(per and poly-fluorinated chemicals, PFCs)的污染范围与环境浓度。

许多科学研究已表示对 PFCs 广泛存在于环境中的问题仍没有解决方案²。绿色和平希望透过这次独特且全球性的探险之旅，提升户外品牌、活动爱好者以及广大群众对于 PFCs 污染的关注与重视。

¹ **W. L. Gore & Associates GmbH (2014).** GORE FABRICS RESPONSIBILITY Update <http://www.gore-tex.com/remote/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1289388191609&ssbinary=true>

² See box 3, Footprints in the snow



2015 年 5 月至 6 月，绿色和平组成了八支探险队，远征考察散布于三大洲的偏远山区，采集十个地点中的白雪和淡水样本。

全氟化学物（PFCs）具有独特的化学性质，常被运用在工业生产过程与消费性产品上。更因为其稳定性以及在防水和防油等方面的能力，广泛用于户外服饰产品的防水防污涂层。

然而，PFCs 也是一类持久性的环境危害物质，且具有环境持久性³；一旦被释放到环境中便难以分解，能够存留在环境中达数十年之久，甚至飘移到鲜有人类活动的偏远地区。在这次探查中，PFCs 被发现存在于僻静的高山湖泊中。同时，PFCs 也会累积生物体内，例如，在北极熊的肝脏与人类的血液中已发现 PFCs 的存在⁴。有些 PFCs 甚至会刺激肿瘤生长，影响荷尔蒙系统。之前绿色和平也有研究显示，中国纺织工厂⁵的废水、中国食用的鱼类体内⁶以及欧洲 11 个国家的鳗鱼体内都含有 PFCs⁷。其他研究也包括曾在饮用水中发现 PFCs 的踪迹^{8,9}。在绿色和

³ OECD (2013). Synthesis Paper On Per- and Polyfluorinated Chemicals (PFCs), http://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/PFC_FINAL-Web.pdf

⁴ OECD (2013), op.cit.

⁵ Greenpeace (2011). Investigation of hazardous chemical discharges from two textile-manufacturing facilities in China http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2011/07/Textilemanufacture_China.pdf

⁶ Greenpeace (2010). Swimming in Chemicals, Perfluorinated chemicals, alkylphenols and metals in fish from the upper, middle and lower sections of the Yangtze River, China, 25 August, 2010

⁷ Santillo, D., Allsopp, M., Walters, A., Johnston, P. & Perivier, H. (2006) The presence of PFOS and other perfluorinated chemicals in eels (*Anguilla anguilla*) from 11 European countries. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 07/2006, September 2006 <http://www.greenpeace.to/greenpeace/?p=789>

⁸ Wilhelm et al (2012). Occurrence of perfluorinated compounds (PFCs) in drinking water of North Rhine-Westphalia, Germany and new approach to assess drinking water contamination by shorter-chained C4-C7 PFCs, Int J Hyg Environ Health. 2010 Jun; 213(3):224-32

⁹ OECD (2013), op.cit.

平 2012 年与 2013 年的研究报告中指出^{10,11,12}，PFCs 常见于户外品牌的衣物和鞋子中，而且挥发性 PFCs(volatile PFCs)会从这些产品里挥发到空气中。

在这次新研究中，绿色和平发现这些化学物质竟然残留在地球最偏远与原始的地方。八支探险队所采集的白雪样本中全部发现 PFCs 的足迹；PFCs 不仅存在于去年或者今年的新鲜降雪中，就连高山湖泊的水里也含有存在数年之久的 PFCs。而在这次分析所发现的 PFCs 中，大部分的样本都含有短链 PFCs¹³，因为多数的户外用品品牌认为短链 PFCs 的危害性低于长链 PFCs¹⁴。

偏远地区的 PFCs

多年来科学家们不断研究 PFCs 散播到偏远地区的长途迁徙过程。尤其是毒理研究较多的 PFCs，像是全氟辛酸(PFOA)或全氟辛烷磺酸(PFOS)就常被发现存在于雪与水中。研究指出了三种 PFCs 在环境中可能的传递途径¹⁵。某些 PFCs 能够与悬浮颗粒结合，经由大气传递，再夹带于雨水与落雪中¹⁶。挥发性的 PFCs 如氟调聚物醇 (FTOHs) 和磺酸盐都能够透过大气长途迁徙。这些被称为前驱物质，在迁徙过程中会受到大气氧化作用，因而转变成可累积的全氟烷酸化合物，透过下雨或下雪留在高山湖泊中。最后，PFCs 透过洋流迁徙到世界各地，包括北极与南极。

户外用品产业并非 PFCs 的唯一来源，但却是展现 PFCs 用途与环境污染关联性的显著案例。PFCs 这类的化学物质会在产品制造、运送、储存与使用的过程中被释放出来；也因为并非所

¹⁰ **Greenpeace e.V. (2012).** Chemistry for any weather, Greenpeace tests outdoor clothes for perfluorinated toxins, October 2012;
<http://www.greenpeace.org/romania/Global/romania/detox/Chemistry%20for%20any%20weather.pdf>

¹¹ **Greenpeace e.V. (2013).** Chemistry for any weather, Part II, Executive Summary, December 2013;
http://m.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2013/toxics/ExecSummary_Greenpeace%20Outdoor%20Report%202013_1.pdf

¹² **Greenpeace e.V. (2014).** A red card for sportswear brands, Greenpeace tests shoes in the prerun of World Champion Ship, May 2014,
<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/toxics/2014/Detox-Football-Report.pdf>

¹³ “Long-chain perfluorinated compounds” refers to Perfluorocarboxylic acids (PFAC) with carbon chain lengths C8 and higher, including perfluorooctanoic acid (PFOA); Perfluoroalkyl sulfonates (PFAS) with carbon chain lengths C6 and higher, including perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) from: <http://www.oecd.org/ehs/pfc>

this definition implies:

short chain Perfluorocarboxylic acids are compounds with chain length C7 (PFHpA) and shorter

short chain Perfluorosulfonic acids are compounds with chain length C5 (PFPeS) and shorter

¹⁴ https://www.patagonia.com/pdf/en_US/pfoa_and_flourochemicals.pdf

¹⁵ See for example: **Cai M, Yang H, Xie U, Zhao Z, Wang F, Lu Z, Sturm R, Ebinghaus R (2012).** Per- and polyfluoroalkyl substances in snow, lake, surface runoff water and coastal seawater in Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica J. Hazard. Mater. 209–210: 335–342.

Also see chapter 2.1 PFCs – global travellers

¹⁶ **Gawor A, Shunthirasingham C, Hayward SJ, Lei YD, Gouin T, Mmereki BT, Masamba W, Ruepert, Castillo LE, Shoeib M, Lee SC & Harner T, Wania F (2014).** Neutral polyfluoroalkyl substances in the global Atmosphere. Environ. Sci.: Processes Impacts, 2014, 16, 404

有的 PFCs 都能被污水处理厂¹⁷去除掉，所以从工厂废水到家用洗衣机都有它们的足迹¹⁸。某些 PFCs 能够在生产过程就直接逸出，少量一点的 PFCs 甚至直接在完成品上释放。当含有 PFCs 的产品被丢弃掩埋时，会释放出 PFCs 转存在地下水或其它地表水中¹⁹。

PFCs 是人造有害化学物质，在环境中不会自然生成，而且许多 PFCs 在环境中降解缓慢，因而被发现存在于世上最偏远区域的雪、水和土壤之中。此外，一些 PFCs 可能会影响生育能力，增进癌细胞发展^{20,21}，或诱导突变的发生²²。过去六十年来，这些物质被任意地广泛使用在许多消费性和工业产品，其中最令人忧虑的就是具有毒性的长链(或者又称 C8)的 PFCs，比如全氟辛酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS)。虽然目前许多国家已经制定法规禁止使用这两种化学物质，但科学家仍预测这些物质在环境中的浓度，即使在 2030 年之后仍将持续攀升²³。另一方面，正因为 PFCs 具有环境持久性，加上尚未间断的排放，导致环境中的存在浓度持续增高；另外，有些因较易降解而被视为替代性物质的 PFCs，则在非人为作用的情况下，继续在环境中累积。

自 2011 年起，绿色和平发起去毒运动，不断呼吁服装产业在 2020 年之前淘汰生产链上的所有危险化学品。现在，户外用品产业更须赶快拟定具体计划，采取行动以大幅减少使用 PFCs，达到最终淘汰使用的目的。许多科学家也支持淘汰 PFCs，更有超过两百名来自三十八个国家的科学家们已签署「马德里声明」，²⁴呼吁所有的消费性产品都应淘汰使用 PFCs，并非一定要使用 PFCs，因为更好的替代性物质早已存在。

1.2 远征考察

绿色和平组成探险队远征三大洲一些最美丽且未受污染的地方，唤起大家关注一个存在已久，却鲜为人知，甚至悬而未决的问题。在 2015 年 5 月和 6 月，八支探险队成员穿着不含 PFCs 的衣物，前往分布于三大洲内的偏远山区，采集当地的雪与淡水样本，再送达实验室进行分析。

¹⁷ German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2009): op.cit.

¹⁸ German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2009): Do Without Per- And Polyfluorinated Chemicals And Prevent Their Discharge Into The Environment, p.11
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3818.pdf>

¹⁹ Busch J.(2009): Analysis of poly- and perfluorinated compounds (PFCs) in landfill effluent using HPLC-MS/MS, GKSS report, Helmholtz-Gesellschaft, Geesthacht 2009

²⁰ German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2009): op.cit The development of cell tumours has been observed in animal tests.

²¹ Madrid Statement (2015). <http://greensciencepolicy.org/madrid-statement/>

The Madrid Statement is based on: M. Scheringer , X. Trier, I. Cousins, P. de Voogt, T. Fletcher e, Z. Wang , T. Webster: Helsingør Statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs), Chemosphere, Volume 114, November 2014, Pages 337–339, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565351400678X>

²² Liu C, Chang VW, Gin KY, Nguyen VT (2014): Genotoxicity of perfluorinated chemicals (PFCs) to the green mussel (*Perna viridis*), Sci Total Environ. 2014 Jul 15;487:117-22

²³ Li L, Liu J, Hao X, Wang J, Hu J (2015). Forthcoming increase of total PFAS emissions in China, Poster at Fluoros 2015 International Symposium on Fluorinated Organics in the Environment, Colorado 2015

²⁴ Madrid Statement (2015). Op.cit.

采样地点确定为位置偏远但仍可抵达的地方。作为雪样本的关键条件为必须是最近沉降的雪(去年冬天或今年)，而另一个条件则是那些雪自落下后，不得被当地可能含有 PFCs 的来源所污染，像是来自居住区、滑雪活动、健行步道、牛群、工业或交通等地的 PFCs 污染源。

湖水(淡水)采样地点则是选择最不可能受到上述所提之当地 PFCs 来源的影响地方。

表格内容为八支探险队采集雪和水样本的十个地点与相关信息。

国家	地点	考察日期	雪采样点的海拔高度	雪采样点的GPS 定位	雪中的PFC 证据	水采样点的海拔高度	水采样点的GPS 定位	水中的PFC 证据
中国	哈巴雪山，香格里拉县	2015.05.26-27	5053m	27°19'38.16" 100°6'24.00"	有	5053m	27°20'57.19" 100°04'117.38"	无法分析 ²⁵
俄罗斯	阿尔泰共和国，西伯利亚	2015.06.08	1778m	49°92'4450" 85°88'4698"	有	1778m	49°92'4450" 85°88'4698"	有
意大利	Pilato 湖, MontiSibillini, Umbria	2015.05.28	1943m	42°49'33" 13°15'56"	有	1943m	42°49'33" 13°15'56"	有
瑞士	Lakes of Macun, 瑞士国家公园	2015.06.19	2641m	46°43'717" 10°07'549"	有	2636m	46°43'729" 10°07'546"	有
斯洛伐克	ŽabiaBielovodská dolina, 高塔塔山	2015.05.26	1722m	49°11'73.2" 20°05'560"	有	1700m	49°11'73.2" 20°05'560"	有
瑞典	Kiruna, Övre Soppero	2015.06.02	511m	68°15'30.6" 22°01'55.9"	有	N/A	无样本	未采样 ²⁶
挪威	Skibotridalen, Troms fylke	2015.06.03	616m	69°11'54.5" 20°32'01.0"	有	N/A	无样本	未采样
芬兰	Kilpisjärvi, Enontekiö	2015.06.04	742m	69°04'17.8" 20°41'28.5"	有	N/A	无样本	未采样
智利	百内国家公园，巴塔哥尼亚	2015.06.10	900m	-50°94'2886" - 72°95'0042"	有	900m	-50°94'2882" - 72°95'0424"	有
土耳其	Rize-Çamlıhemşin and Erzurum Moryayla-Yedigöller, Kaçkar 群山	2015.06.13	3100-3120m	40°45'27" 40°50'29"	有，但无现场空白样品	2980m	40°45'60" 40°50'40"	有，但无现场空白样品

1.3 重要发现

2015 年 5 月至 6 月期间，绿色和平八支探险队远赴十个国家。他们探查的结果显示，PFCs 这类的化学物质普遍存在全球各地的偏远地区。PFCs 并不会在自然环境中生成，所以并不应该在这些偏远旷野中被发现。然而，就因 PFCs 能透过大气环游世界，以气体的形式或与空气悬浮微粒结合，再经由下雨或下雪，累积在环境中。

²⁵ PFC concentrations in the reference sample (field blank) were higher than in the sample

²⁶ No remote lake in that area

值得注意的是，所有的雪样本都发现 PFCs 的存在。浓度最高的样本取自于斯洛伐克的高塔特拉山、意大利亚平宁山脉附近的锡比利尼山，以及阿尔卑斯山（瑞士国家公园的 Lakes of Macun）。

雪样本中测得最高浓度的物质为长链的 PFNA (C9-PFC)，最高检测浓度达 0.755ng/l，以及 PFHpA (C7-PFC)，在雪中测得明显浓度达 0.31 ng/l。

本次检测的雪样本中所测得的 PFCs 为 PFHpA 浓度介于 0.034 - 0.319 ng/l 之间，PFNA 浓度最高达 0.755ng/l，与其他在西藏高山所测得 PFHpA 浓度介于 0.241 – 0.982 ng/l 之间²⁷，与南极 PFNA 浓度介于 0.024 – 1.14 ng/l 之间²⁸的雪样本研究所分析结果类似。

分析欧洲偏远地区雪样本的相似结果则显示，瑞典雪样本²⁹中测得之 PFNA 浓度为 0.0021ng/l，PFNA 为 0.0269ng/l，PFOA 则为 0.0665ng/l；而阿尔卑斯山脉雪样本³⁰测得 PFNA 浓度最高可达 0.31ng/l，PFOA 则为 0.63ng/l。

这次研究中，取自斯洛伐克(0.107 与 0.34 8ng/l)、瑞士(0.087 ng/l)和意大利(0.209 ng/l)的样本中都发现 PFOA 的存在；而取自意大利的样本(0.024 ng/l)则发现 PFOS 的存在。

采自于超过海拔 5000 米的中国哈巴雪山上的雪样本，检测到最低的 PFCs 浓度，却也验出磺酸盐 8: 2FTS，而这个物质是之前研究从未发现过的。

在采样的十个地点中，我们大部分发现短链 PFCs 的存在。包括在斯堪的那维亚半岛的 Treriksroset (挪威、芬兰、瑞典)所采集的雪样本检测出短链 PFCs - 氟磺酸 PFBS(C4)。而绿色和平在阿尔卑斯山、意大利亚平宁山脉与高塔塔山所采集的样本中发现，短链 PFCs 主要为 PFHxA，最高检测出的浓度分别为 0.087ng/l，0.120ng/l 和 0.161ng/l。

八支探险队中有七队也采集了高山湖泊的淡水样本。这些样本皆含有累积多年的 PFCs，因此浓度比雪样本都来得高。其中，最偏远湖泊水样本中的短链 PFCs 浓度高于长链 PFCs；巴塔哥尼亚、俄罗斯和瑞士的水样本则分别检测出短链 C4，C5 和 C6 化合物，浓度最高可达 1.1ng/l。

本次研究所测得的 PFCs 浓度均在过去研究所测得的 PFCs 浓度范围中，过去研究样本包含来自美国³¹与奥地利阿尔卑斯山³²之湖水。不过，这些研究测得之 PFCs 浓度高于绿色和平这次研究，原因推测于绿色和平这次前往人烟罕至且较难抵达之偏远地区采样所致。

²⁷ Wang et.al (2014). op.cit.

²⁸ Cai et. Al (2012). op.cit.

²⁹ Codling G, Halsall C, Ahrens L, Del Vento S, Wiberg K, Bergknut M, Laudon H &Ebinghaus R (2014). The fate of per- and polyfluoroalkyl substances within a melting snowpack of a boreal forest. Environmental Pollution 191: 190–198

³⁰ Kirchgeorg T, Dreyer A, Gabrieli J, Kehrwald N, Sigl M, Schwikowski M, Boutron C, Gambaro A, Barbante C, Ebinghaus R (2013): Temporal variations of perfluoroalkyl substances and polybrominated diphenyl ethers in alpine snow, Environmental Pollution 178 (2013) 367-374

³¹ Furdul VI, Stock NI, Ellis D, Butt CM, Whittle DM, Crazier PW, Reiner EJ, Muir DCG, Mabury SA (2007): Spatial Distribution of Perfluoroalkyl Contaminants in Lake Trout from the Great Lakes. Environ.Schi.Technol. 41 (5) 1554-1559

³² Clara M, Weiss S, Sanz-Escribano D, Scharf, Scheffknecht C (2009): Perfluorinated alkylated substances in the aquatic environment: An Austrian case study, Water Research 43: 4760-4768

1.4 「户外用品」——成长中的产业

秀丽山川、广阔森林、新降初雪和清澈河流的正面形象，是户外用品制造商最常用来营销他们的产品可适用于各种气候与环境的手法。随着消费者对大自然与户外活动的兴趣增温，也带动户外活动服装产业的快速发展，估计其 2012 年的全球产值就高达 250 亿美元。³³

虽然 PFCs 广泛用于许多工业生产过程与消费性产品上，但其中一个主要的用途就是增加纺织品的防护功能，普遍用于户外用品产业³⁴。大量使用 PFCs 的户外用品产业也意识到使用这种化学物质所产生的污染会影响品牌形象。厂商宣称已经着手改善此问题，不再使用部份有害物质，例如长链 PFCs(八个碳以上)，包括 PFOA 和 PFOS，并以短链的 C4 至 C6 PFCs 取代。然而，这些替代性化学物质仍可能持续或加剧 PFCs 的污染问题，因为如果要达到跟长链 PFCs 一样的防护功能，必须使用更大量的短链 PFCs。此外，许多短链 PFCs 更不稳定且容易挥发，反而更能迅速散布到全球各地的水和空气中。现在户外用品产业所采取的有限作为完全无法保护这些深受其顾客喜爱的自然环境。到目前为止，户外用品产业不仅对绿色和平去毒运动多次提出的警告置之不理，更忽略淘汰所有 PFCs 作为防水膜和涂料之必要性。

绿色和平时尚去毒运动主要关注全球纺织产业使用有毒有害化学物质的问题。承诺去毒的时尚品牌将在 2020 年之前，从生产链及产品淘汰有毒有害化学物质，目前已经有超过 30 个国际时尚品牌、运动品牌和折扣店，如 Zara 和 adidas 已承诺去毒。这些品牌产量占全球纺织品产量的 15%。

一些规模较小的户外品牌，如 Paramo, Pyua, Rotauf, Fjällräven 和 R'ADYS 已经推出不含 PFC 且具有防水功能的服装。相较之下，著名的户外运动品牌如 The North Face、Columbia、Patagonia、Salewa 和 Mammut 却尚未负起应负的责任。他们几乎所有的防水服饰都使用大量的 PFC，而 Jack Wolfskin 和 Vaude 也仅有小部分产品不含 PFCs。

1.5 减少户外用品产业的化学足迹

如这份报告结果所示，挥发性 PFCs 的不断地在全球迁徙，甚至残留在寒冷且偏远的山区。而在迁徙的过程中，有些物质转变成更有害且具环境持久性的 PFCs，带给环境更严重的污染。PFCs 一旦释出，便难以控管。户外品牌在广告中使用极净美丽的自然风情，用以推销他们的「永续」商品；但同时，这些品牌却也同时传播有毒有害化学物质，将 PFCs 散播到地球上最远的角落，污染了原本应该纯净的自然环境。

无论是户外用品品牌或是相关政府部门，都应该确保倍受争议的长链 PFCs 不应由易挥发或短链 PFCs 所取代。不含 PFCs 的替代性物质已经存在，实在没有必要冒着可能扩大环境中 PFCs 污染的风险而使用短链 PFCs 取代长链 PFCs，。

³³ **VF Corporation (2013)**. Presentation, 17x17, Powerful Brands/Powerful Platforms, June 11, 2013 New York City page 33 (NPD Global sports market estimate), <http://vf17x17.com/pdf/2013%20VFC%20Investor%20Day-Presentation.pdf>

³⁴ **Danish Ministry of Environment (2013)**, Survey of PFOS, PFOA and other perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, part of the LOUS-review, 29-04-2013, Environmental Project No. No. 1475, 2013; p.58 <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2013/apr/survey-of-pfos-pfoa-and-other-perfluoroalkyl-and-polyfluoroalkyl-substances-part-of-the-lous-review/> - main page <http://eng.mst.dk/topics/chemicals/assessment-of-chemicals/lous-surveys-and-strategies/>

户外用品品牌必须做出可信且可靠的去毒承诺，停止使用有毒有害化学物质，拟定合理的时间表，以及在短期内制订在生产过程中淘汰 PFCs 的具体措施。这也是一个给予化学产业的重要讯息，要求他们更积极研发无毒的替代物质。

为求公信力，淘汰 PFCs 的相关信息必须透明化，在全球在线平台公布其制造商排放的废水所含有毒有害化学物质的数据³⁵，透过信息公开，显示使用量减少状况。目前，已经有其他公司陆续公开相关数据，因此户外用品品牌理应立即要求其供货商公布相关信息，还给大众，包含当地居民，了解对于化学物质排放的知情权。

相关政府部门也必须采取行动。鉴于许多 PFCs 具有危害性，包括作为长链 PFCs 替代物质的短链 PFCs 可能转变成持久性污染等等，由此可见，仅是规范部分 PFCs，像是 PFOA 和 PFOS 是不够的。绿色和平呼吁政治决策者应该以预警性原则为基础³⁶，全面限制各种 PFCs。

要品牌与相关政府部门做出改变，公众的压力是至关重要的一一从自然爱好者、户外和野外运动爱好者，如登山客、滑雪者和徒步旅行者，还有城市的居民和家庭——任何在乎大自然的未来和自身健康的人。如果现在不采取行动，抑制 PFCs 在全球扩散，将会导致更严重且无法预知的污染发生，未来可能需要耗费数十年或更久的时间来处理这些污染物。户外用品产业和相关政府部门需要听到你的声音，请督促他们采取行动，淘汰使用所有 PFCs。

³⁵ **IPE – Chinese Institute for Environmental Affairs**; which is the only credible global chemical discharge disclosure platform

³⁶ Precautionary Principle: This means taking preventive action before waiting for conclusive scientific proof regarding cause and effect between the substance (or activity) and the damage. It is based on the assumption that some hazardous substances cannot be rendered harmless by the receiving environment (i.e. there are no 'environmentally acceptable'/'safe' use or discharge levels) and that prevention of potentially serious or irreversible damage is required, even in the absence of full scientific certainty. The process of applying the Precautionary Principle must involve an examination of the full range of alternatives, including, where necessary, substitution through the development of sustainable alternatives where they do not already exist.