الأمم المتحدة

SC

UNEP/POPS/POPRC.2/10

Distr.: General
7 August 2006

Arabic
Original: English

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة
لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة
الاجتماع الثاني
جنيف ٦ - ١٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦
البند ٥ (د) من جدول الأعمال المؤقت*

النظر في مواجيز بيانات المخاطر:
الليندين

موجز بيانات المخاطر: الليندين

مذكرة الأمانة

١- اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها الأول المقرر: لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة- ١/٦ بشأن الليندين(١). وقررت اللجنة في الفقرة ٢ من المقرر أن تنشئ فريقا عاملا مخصصا لمواصلة استعراض مقترح بإدراج الليندين في المرفق ألف من الاتفاقية (UNEP/POPS/PORC.1/8 وUNEP/POPS/PORC.1/INF/8) وأن تضع مشروع موجز بيانات مخاطر وفقا للمرفق هاء.

٢- وترد قائمة بأعضاء الفريق العامل المخصص بشأن الليندين والمراقبين فيه في المرفق الرابع للوثيقة UNEP/POPS/PORC.1/10.

---

* UNEP/POPS/POPRC.2/1.

(١) UNEP/POPS/PORC.1/10، المرفق الأول

140906 K0652378

لدواعي الإقتصاد في النفقات يوجد عدد محدود من هذه الوثيقة ويرجى من المندوبين التفضل بإصطحاب نسخهم إلى الإجتماعات وعدم طلب نسخ إضافية.

٣- واعتمدت اللجنة في اجتماعها الأول خطة عمل معيارية بشأن إعداد موجز بيانات المخاطر.[٢]

٤- ويرد موجز لعملية إعداد مشاريع مواجيز بيانات المخاطر في الوثيقة UNEP/POPS/PORC.2/INF/14.

٥- قام الفريق العامل المخصص بشأن الليندين، وفقا للمقرر: لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة- ١/٦ وخطة العمل المعيارية التي اعتمدتها اللجنة، بإعداد مشروع موجز بيانات المخاطر الوارد في مرفق هذه المذكرة. و لم يتم تحرير مشروع موجز بيانات المخاطر بصفة رسمية.

الإجراء الذي يمكن أن تتخذه اللجنة

٦- قد ترغب اللجنة في أن:

(أ) تعتمد، مع أي تعديلات، مشروع موجز بيانات المخاطر الوارد في مرفق هذه المذكرة؛

(ب) تقرر، وفقا للفقرة ٧ من المادة ٨ من الاتفاقية واستنادا إلى موجز بيانات المخاطر، ما إن كان من المحتمل أن تسفر المادة الكيميائية نتيجة لانتقالها بعيد المدى عن آثار ضارة هامة على صحة البشر و/أو البيئة، مما قد يبرر اتخاذ إجراء عالمي وأن يتم الأخذ بالمقترح؛

(ج) توافق، تبعا للمقرر المتخذ بموجب (ب) آنفا:

'١' على دعوة جميع الأطراف والمراقبين إلى تقديم معلومات وفقا للمرفق هاء للاتفاقية، وعلى إنشاء فريق عامل مخصص لوضع مشروع تقييم لإدارة المخاطر وأن توافق على خطة عمل لاستكمال المشروع؛

'٢' أو، إتاحة مشروع موجز بيانات المخاطر لجميع الأطراف والمراقبين، وتنحيته جانبا.

(٢) المرجع السابق، الفقرة ٤٢ والمرفق الثاني.

مرفق

اللينديين

موجز بيانات مخاطر

مشروع أعده الفريق العامل المخصص بشأن اللينديين
في إطار لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة لاتفاقية استكهولم

يستند هذا المشروع لموجز بيانات المخاطر إلى المشروع الذي أعده
المعهد الوطني للإيكولوجيا، وزارة البيئة والموارد الطبيعية
(INE-SEMARNAT)
المكسيك

تموز/يوليه ٢٠٠٦

المحتويات

موجز تنفيذي ٥

١- مقدمة ٦

١-١ الهوية الكيميائية ٦

١-٢ استنتاجات لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بشأن معلومات المرفق دال ٧

١-٣ مصادر البيانات ٨

١-٤ حالة المادة الكيميائية في إطار الاتفاقيات الدولية ٩

٢- ملخص للمعلومات الوثيقة الصلة بموجز بيانات المخاطر ١٠

٢-١ المصادر ١٠

(أ) الإنتاج والتجارة والمخزونات ١٠

(ب) الاستخدامات ١٢

(ج) الإطلاقات في البيئة ١٢

٢-٢ المصير البيئي ١٣

٢-٢-١ الثبات ١٣

٢-٢-٢ التراكم الأحيائي ١٣

٢-٢-٣ إمكانية الانتقال البيئي بعيد المدى ١٤

(أ) التحول إلى ايزومرات ١٥

(ب) بيانات الرصد البيئي ١٦

٢-٣ التعرض ١٨

٢-٤ تقييم المخاطر بشأن دواعي الانشغال ١٩

٣- تجميع للمعلومات ٢٣

٤- بيان ختامي ٢٤

شكر وعرفان ٢٤

المراجع ٢٥

موجز تنفيذي

اقترحت المكسيك إضافة سداسي كلورو حلقي الهكسان جاما (الليندين) إلى المرفق ألف لاتفاقية استكهولم. وقامت لجنة الاستعراض بتقييم معلومات المرفق دال المقدمة من المكسيك في اجتماعها الأول، وخلصت إلى أن "الليندين يفي بمعايير الفحص المحددة في المرفق دال."

تشمل المبادرات الدولية بشأن الليندين البروتوكول المعني بالملوثات العضوية الثابتة لاتفاقية تلوث الهواء بعيد المدى العابر للحدود؛ واتفاقية روتردام؛ ولجنة أوسبار بشأن حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي؛ واستراتيجية البحيرات الكبرى الثنائية للمواد السمية المبرمة فيما بين الولايات المتحدة وكندا، وخطة العمل الإقليمية لأمريكا الشمالية بشأن الليندين وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان الأخرى في إطار لجنة التعاون البيئي بين كندا والولايات المتحدة والمكسيك.

وفي مقابل كل طن يتم إنتاجه من الليندين، يتم الحصول أيضا على نحو ٦-١٠ أطنان من الايزومرات الأخرى. وقد تناقص إنتاج الليندين بسرعة في السنوات الأخيرة ويبدو أن رومانيا والهند فقط هما اللبلدان المنتجان له في الوقت الراهن. وكان الليندين يستخدم كمبيد آفات واسع النطاق لمعالجة البذور والتربة، وفي الاستخدامات في الأوراق النباتية، وفي معالجة الأشجار والأخشاب، ومكافحة الطفيليات الخارجية في التطبيقات البيطرية والبشرية على حد سواء.

ويمكن لليندين، حالما يطلق في البيئة، أن يتجزأ في جميع الوسائط البيئية. ولا يعتبر التحلل المائي والتحلل الضوئي من مسارات التحلل الهامة وتبلغ فترة التنصيف المبلغة في الهواء والماء والتربة: ٢،٣ يوم، و٣-٣٠٠ يوم، وما يصل إلى ٢ إلى ٣ سنوات، على التوالي. كما قدر نصف عمر في الهواء يبلغ ٩٦ يوما.

ويمكن لليندين أن يتراكم أحيائيا بسهولة في السلسلة الغذائية بسبب إمكانية ذوبانه المرتفعة في الدهون ويمكن أن يتركز أحيائيا بسرعة في الكائنات العضوية الدقيقة، واللافقاريات، والأسماك، والطيور، والثدييات. وتتراوح معاملات التركيز الأحيائي في الكائنات العضوية المائية في الظروف المختبرية من زهاء ١٠ حتى ٦٠٠٠؛ وتتراوح معاملات التركيز الأحيائي في الظروف الحقلية من١٠ حتى ٢٦٠٠. ورغم أن الليندين قد يتركز أحيائيا بسرعة، فإن التحول الأحيائي والتطهر والإزالة تحدث أيضا بسرعة نسبية ما أن يتم القضاء على التعرض.

وقد أبلغت دراسات كثيرة عن مخلفات ليندين في كافة أنحاء أمريكا الشمالية، والقطب الشمالي، وجنوبي آسيا، وغربي المحيط الهادئ، والقطب الجنوبي. وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما فيها الليندين، من أكثر الملوثات الكلورية العضوية وفرة وثباتا في القطب الشمالي حيث لم يجر استخدامها، مما يشير إلى دليل على انتقالها بعيد المدى.

وقد برزت فرضية بأن ايزومير سداسي كلورو حلقي الهكسان جاما إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان ألفا في الهواء تفسير محتمل لارتفاع نسب سداسي كلورو حلقي الهكسان ألفا/سداسي كلورو حلقي الهكسان جاما، من المتوقع في القطب الشمالي. بيد أنه لم يبرز أي دليل عملي حاسم على حدوث ايزومير في الهواء حتى الحين. ورغم أن هناك دليلا أيضا على أن ايزومير الليندين يمكن أن يحدث من خلال التحلل الأحيائي، فإنه يبدو أيضا أن هذه العملية قد تقوم بدور هام في التحلل العام لجاما سداسي كلورو حلقي الهكسان.

ويمكن العثور على الليندين في جميع المكونات والمستويات البيئية في الهواء والماء والتربة والرسوبيات والكائنات العضوية المائية والبرية، وقد تم قياس الأغذية في كافة أنحاء العالم. ولذلك فإن البشر معرضون لليندين حسبما تظهره المستويات المكتشفة في دم البشر والأنسجة الدهنية البشرية ولبن الأم البشري في دراسات مختلفة في بلدان متنوعة. وتعرض الأطفال والنساء الحوامل لليندين مدعاة للانشغال على وجه الخصوص.

وقد أبلغ عن آثار سمية كبدية وسمية مناعية وتكاثرية ونمائية لليندين في حيوانات المختبرات. وقد قامت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية بتصنيف الليندين في الفئة " وجود شاهد دلالي على إمكانية التسبب في السرطان، ولكنه ليس كاف لتقييم إمكانية إحداث السرطان في البشر". والليندين سمي بدرجة كبيرة للكائنات العضوية المائية وبدرجة معتدلة للطيور والثدييات في أعقاب تعرض حاد. وتبين الآثار المزمنة في الطيور والثدييات التي قاستها الدراسات التكاثرية وجود آثار معاكسة على مستويات منخفضة من قبيل الانخفاض في إنتاج البيض، وفي مؤشرات النمو والبقاء على قيد الحياة في الطيور، ونقص الزيادة في وزن الجسم في الثدييات، مع بعض الآثار الدالة على حدوث اختلال في وظائف الغدد الصماء.

وينبغي أن تكون هذه النتائج والدليل على انتقال الليندين البعيد المدى، علاوة على كون الليندين موضع مبادرات عمل محلية وعالمية في الوقت الراهن، تشمل أيضا ما يتم من خلال التحليل الشامل والإجراءات الانتقائية، كافية لتسويغ اتخاذ إجراء عالمي بموجب اتفاقية استكهولم.

١ - مقدمة

١-١ الهوية الكيميائية

اقترحت المكسيك في ٢٩ حزيران/يونيه ٢٠٠٥ إضافة سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما (الليندين) إلى المرفق ألف لاتفاقية استكهولم. وقدم الاقتراح بيانات عن ايزومير جاما ولكنه ذكر أيضا أنه "ينبغي النظر أيضا في ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان الأخرى في هذا الاقتراح".[٣]

الليندين: سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما

المعادلة الكيميائية: $C_6H_6Cl_6$

الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: 9-89-58

الوزن الجزيئي: ٢٩٠،٨٣

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما

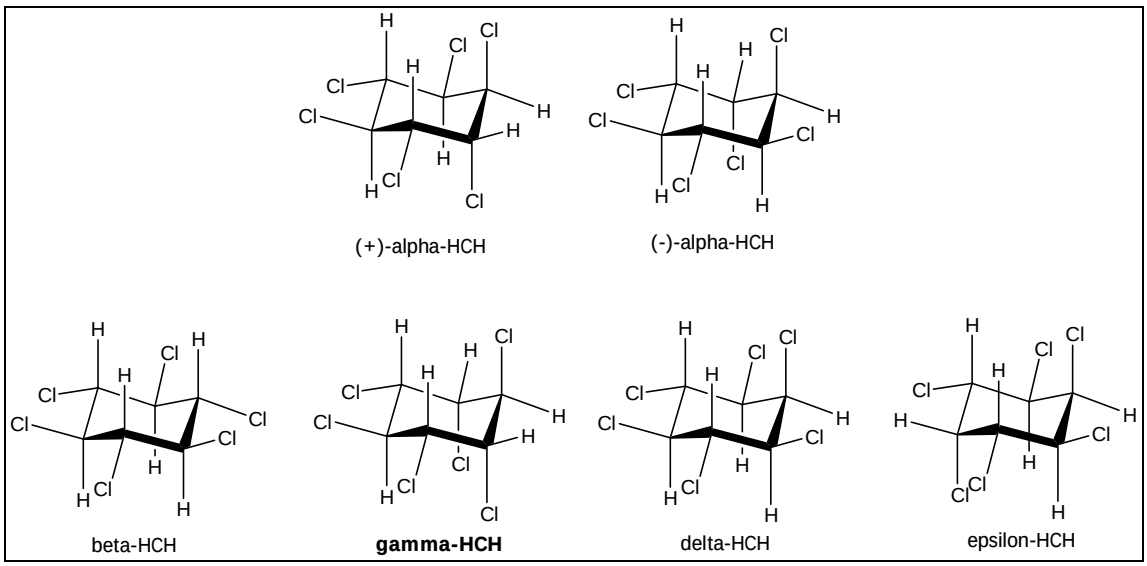
الحالة الفيزيائية	متبلر جامد
نقطة الانصهار	١١٢،٥ °مئوية
نقطة الغليان عند ٧٦٠ مم زئبق	٣٢٣،٤ °مئوية
ضغط البخار عند ٢٠ °مئوية	٤،٢ × ١٠-٥ مم زئبق
ثابت قانون هنري عند ٢٥ °مئوية	$3.5x10^{-6}$ atm m^3/mol

ASTDR، ٢٠٠٥

(٣) UNEP/POPS/PORC.1/8 وUNEP/POPS/POPRC.1/INF.8.

والليندين هو الاسم الشائع لايزومرات غانا ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٦- سداسي كلورو حلقي الهكسان. وسداسي كلورو حلقي الهكسان يعتبر من الناحية التقنية مزيجا ايزوميريا يحتوي بالدرجة الأولى على خمسة أشكال تختلف فقط بواسطة توجه ذرة الكلور (وضع محوري أو استوائي) حول طوق حلقي الهكسان. وتوجد الايزومرات الرئيسية الخمسة في المزيج بالنسب التالية: سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا (٣٥%- ٧٠%) في شكلين متطابقين ((+) سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا و(-) سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا)، سداسي كلورو حلقي الهكسان - بيتا (٣%- ١٤%)، سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما (١١%- ١٨%)، سداسي كلورو حلقي الهكسان - دلتا (٦%- ١٠%) سداسي كلورو حلقي الهكسان - إبسيلون (٣%- ٥%). وايزومير جاما هو الايزومير الوحيد الذي يظهر خواصا مبيدة للآفات قوية.

هيكل سداسي كلورو حلقي الهكسان ألفا وبيتا وجاما ودلتا وإبسيلون



مأخوذة من Modified from Buser et al، ١٩٩٥.

كما يشيع استخدام المصطلح "بنزن سداسي الكلوريد" بشأن سداسي كلورو حلقي الهكسان، ولكن هذه التسمية تعتبر غير صحيحة وفقا لقواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية. ورغما عن ذلك فإن المصطلح الذي يستخدم، ولذلك فإن بنزن سداسي الكلوريد - جاما تسمى أيضا ليندين. وفي وثيقة مشروع موجز بيانات المخاطر الحالية، يشير الليندين إلى ٩٩% سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما نقية على الأقل، ولا يستخدم المصطلح بنزن سداسي الكلوريد.

١-٢ استنتاجات لجنة الاستعراض بشأن معلومات المرفق دال

قامت اللجنة بتقييم معلومات المرفق دال في اجتماعها الأول المعقود في جنيف في الفترة من ٧ إلى ١١ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٥، وقررت أنه "تم الوفاء بمعايير الفحص بشأن الليندين" وخلصت إلى أن "الليندين يفي بمعايير الفحص المحددة في المرفق دال". ووافقت اللجنة على أنه يمكن إدراج ايزومرات ألفا وبيتا في المناقشات، على الرغم من أن أي قرار بإدراج المادة الكيميائية في الاتفاقية ينطبق فقط على الليندين، ايزومير جاما.[٤]

(٤) UNEP/POPS/PORX.1/10.

١ - ٣ مصادر المعلومات

مصادر المعلومات المقدمة من الطرف المتقدم بالاقتراح، المكسيك، هي:

1. ATSDR Toxicological Profile Information Sheet 2001
2. AMAP. 1998. Persistent Organic Pollutants. Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP), 183-373. Oslo, Norway.
3. DeVoto, E., L. 1998. *Arch. Environ. Health* 53:147-55.
4. Extoxnet.1996. USDA/Extension Service/National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program.
5. Gregor, 1989. Environ. Sci. technol. 23: 561-565.
6. IARC Monographs, http://monographs.iarc.fr
7. Mössner, S., 1994. Fres. J. Anal Chem. 349: 708-16.
8. Raum, E, A. 1998. *J. Epdiem. Commun. Health* 52 (suppl 1): 50S-5S.
9. U.S Environmental Protection Agency. IRIS.
10. Walker, K., 1999. Environ. Sci. Technol. 33:4373-4378.
11. Wania,F., 1999. Environ. Toxicol. Chem. 18: 1400-1407.
12. WHO. 1991. Environmental Health Criteria 124 Lindane
13. Willett, K., 1998. Environ. Sci. Technol. 32: 2197-207.
14. Yi, F. L., Sci. and Technol. Vol 30, No 12, 1996.

ومصادر البيانات التي استخدمتها اللجنة هي

1. UNEP/POPS/POPRC.1/8
2. Nagabe, et al., *Environmental Science and Technology.* 27: 1930–1933. 1993.
3. Harner, T. et al., *Environmental Science and Technology.* 33: 1157–1164. 1999.
4. Harner, T. et al., *Geophysical Research Letters.* 27: 1155–1158. 2000.
5. *Environmental Health Criteria No. 124*: *Lindane*. International Programme on Chemical Safety.
6. UNEP, ILO, WHO. Geneva. 1991. (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc124.htm).
7. Brock et al., *Alterra Report* 89, Netherlands. 2000.
8. *Guidance document on risk assessment for birds and mammals under Council Directive*
9. *91/414/EEC*. European Union. SANCO/4145/2000 – final, Brussels. 2002.
10. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Norway. 2002.
11. Gregor, D., et al., *Environmental Science and Technology.* 23: 561–565, 1989.
12. Brubaker, W. W., and Hites, R.A. 1998. *Environmental Science and Technology* 32: 766–769.

وقد استجابت الأطراف والمراقبون التالون للطلب المقدم بشأن المعلومات المحددة في المرفق هاء للاتفاقية: جمهورية مقدونيا اليوغوسلافية السابقة، الرابطة الدولية لسداسي كلورو حلقي الهكسان ومبيدات الآفات، وجمهورية أرمينيا، وهايتي، والصندوق العالمي للطبيعة، والهيئة الدولية لحياة المحاصيل، والشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة، والمغرب، وجمهورية موريشيوس، والجماعة الأوروبية، والبرازيل، وجمهورية ليتوانيا، وكندا، والولايات المتحدة الأمريكية، وأستراليا، واليابان، والمكسيك، ولبنان، وبولندا. ويرد موجز أكثر تفصيلا للعرائض المقدمة كوثيقة منفصلة PORC/LINDANE/INF.1 بعنوان "*موجز للبيانات المقدمة من الأطراف والمراقبين بشأن المعلومات المحددة في المرفق هاء للاتفاقية*."

ويمكن الحصول مجانا على تقارير تقييم الليندين التالية على شبكة الإنترنت:

- Assessment of Lindane and other Hexachlorocyclohexane Isomers. USEPA. February 2006 http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/2006/February/Day-08/p1103.htm

- Toxicological Profile for Hexachlorocyclohexane, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, updated in 2005. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp43.html

- USEPA Reregistration Eligibility Decision (RED) for Lindane. 2002. See RED and supporting health and eco assessments included in the docket. http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/lindane_red.pdf

- The North American Regional Action Plan (NARAP) on Lindane and Other Hexachlorocyclohexane (HCH) Isomers. Draft for Public Comment. October 2005. North American Commission for Environmental Cooperation http://www.cec.org/files/PDF/POLLUTANTS/Lindane-NARAP-Public-Comment_en.pdf

- Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution, Joint WHO/convention task force on the health aspects of air pollution. WHO/Europe. 2003. Chapter 3: Chapter 3/Hexachlorocyclohexanes http://www.euro.who.int/Document/e78963.pdf

- Technical Review Report on Lindane. Reports on Substances Scheduled for Re-assessments Under the UNECE POPs Protocol. Prepared by Austria in 2004 (available: http://www.unece.org/env/popsxg/docs/2004/Dossier_Lindane.pdf)

- IPCS International Programme on Chemical Safety. Health and Safety Guide No. 54 LINDANE (Gamma-HCH) HEALTH AND SAFETY GUIDE. United Nations Environment Programme. International Labour Organisation. World Health Organization. Geneva, 1991. http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg054.htm

١ - ٤ حالة المادة الكيميائية بموجب الاتفاقات الدولية

الليندين مسجل بوصفه "مادة يُعتزم تقييد استخدامها" في المرفق الثاني **للبروتوكول المعني بالملوثات العضوية لاتفاقية تلوث الهواء بعيد المدى العابر للحدود.** وذلك يعني أن المنتجات التي يكون فيها ٩٩% على الأقل من ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان في شكل جاما (أي ليندين، الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ٥٨-٨٩-٩) تقتصر على الاستعمالات التالية: ١- معالجة البذور؛ ٢- تطبيقات التربة التي يتلوها مباشرة إدماج في طبقة سطح التربة العلوي؛ ٣- المعالجة الإصلاحية والصناعية الحرفية للخشب المنشور وألواح الخشب وجذوع الشجر؛ ٤- الصحة العامة ومبيدات الآفات الموضعية البيطرية؛ ٥- التطبيقات غير الجوية لشتلات الأشجار، والاستخدامات الخاصة برقع الحدائق الصغيرة، والاستخدامات الداخلية والخارجية لمخزونات المشاتل ونباتات الزينة؛ ٦- التطبيقات الصناعية والمنزلية الداخلية. وسيتم إعادة تقييم جميع الاستخدامات المقيدة لليندين بموجب البروتوكول بما لا يتجاوز سنتين بعد تاريخ دخول البروتوكول حيز النفاذ. وقد دخل البروتوكول حيز النفاذ في ٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠٣.[٥]

والليندين مسجل، هو ومزيج ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان أيضا، في المرفق الثالث لاتفاقية روتردام بشأن تطبيق إجراء الموافقة المسبقة عن علم على مواد كيميائية ومبيدات آفات معينة خطرة متداولة في التجارة الدولية باعتبارها "مواد كيميائية تخضع لإجراء الموافقة المسبقة عن علم". وقد دخلت اتفاقية روتردام حيز النفاذ في ٢٤ شباط/فبراير ٢٠٠٤.[٦]

وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما في ذلك الليندين وايزومرات جاما، مدرجة في قائمة المواد الكيميائية المرشحة لإجراءات ذات أولوية (محدثة في عام ٢٠٠٥) في إطار **لجنة أوسبار لحماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي.** وتحدد "استراتيجية المادة الخطرة"، بموجب هذه المبادرة، هدف منع تلوث المنطقة البحرية بواسطة الاستمرار في تقليل التصريفات والانبعاثات من المواد الخطرة والخسائر المترتبة عليها، مستهدفة في نهاية الأمر إنجاز تركيزات في البيئة

(٥) اتفاقية تلوث الهواء بعيد المدى العابر للحدود. http://www.unece.org/env/lrtap

(٦) اتفاقية روتردام http://www.pic.int

البحرية تقترب من القيم الأساسية للمواد التي تحدث بشكل طبيعي وتكون أقرب ما يكون من الصفر بالنسبة للمواد التخليقية التي من صنع الإنسان. وقد دخلت اتفاقية أوسبار حيز النفاذ في ٢٥ آذار/مارس ١٩٩٨.(٧)

وسداسي كلورو حلقي الهكسان (بما في ذلك الليندين) مسجل باعتباره مادة من المستوى الثاني في استراتيجية البحيرات الكبرى الثنائية للمواد السمية المبرمة بين الولايات المتحدة وكندا، وهو ما يعني أن أيا من البلدين يكون له ما يبرر الإشارة إلى ثباتها في البيئة، وقدرتها على التراكم الأحيائي والسمية.(٨)

ويجري وضع خطة عمل إقليمية لأمريكا الشمالية بشأن الليندين وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان الأخرى في إطار مشروع الإدارة السليمة للمواد الكيميائية وهو مبادرة مستمرة لتقليل مخاطر المواد السمية على صحة البشر والبيئة في أمريكا الشمالية. وهذا البرنامج جزء من برنامج الملوثات والصحة التابع **للجنة التعاون البيئي** بين البلدان الثلاثة الأعضاء في اتفاق التجارة الحرة في أمريكا الشمالية: كندا والولايات المتحدة والمكسيك (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥).

والليندين مسجل أيضا تحت ال**توجيه الإطاري الأوروبي المعني بالمياه.** وهذا التوجيه جز من تشريعات المياه الخاصة بالجماعة الأوروبية. ويشترط التوجيه أن تقوم جميع هيئات المياه الداخلية والساحلية بالتوصل على الأقل إلى "حالة طيبة" قبل عام ٢٠١٥. والليندين واحد من مواد المخاطر ذات الأولوية المسجلة التي سيتم تحديد معايير جودتها وضوابط انبعاثها على مستوى الاتحاد الأوروبي لإنهاء جميع الانبعاثات خلال ٢٠ سنة.(٩)

٢ - ملخص المعلومات الوثيقة الصلة بموجز بيانات المخاطر

٢ - ١ المصادر

(أ) الإنتاج والتجارة والمخزونات

ينطوي تصنيع سداسي كلورو حلقي الهكسان- التقني على الكلورة الضوئية للبنزين التي تسفر عن مزيج من الايزومرات الرئيسية الخمسة. ويخضع هذا المزيج من الايزومرات للتبلر والتركيز الكسريين لإنتاج ليندين نقي بنسبة ٩٩%، بناتج يتراوح بين ١٠ إلى ١٥ بالمائة فقط. ولذلك يكون إنتاج الليندين غير كفء بالنسبة لكل طن يتم الحصول عليه من الليندين (ايزومير جاما)، كما يتم الحصول على زهاء ٦-١٠ أطنان من الايزومرات الأخرى (IHPA، ٢٠٠٦). ووفقا *للاتحاد الدولي لسداسي كلورو حلقي الهكسان ومبيدات الآفات* (IHPA) (التقرير والمرفقات)، كان هناك تباين في طرائق إنتاج سداسي كلورو حلقي الهكسان والليندين، علاوة على تدمير ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان أو إعادة استخدامها. بيد أنه تم التخلي عن معظم طرائق تجهيز أو إعادة استخدام نفايات ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان بمر السنين، وفيما بعد تم دفن معظم منتجات النفايات على مدار خمسين سنة الأخيرة (IHPA، ٢٠٠٦). وتزعم صناعة الليندين أن تكنولوجيا الإنتاج الحديثة تصنع ايزومرات النفايات إلى سداسي كلورو البنزين وحمض كلور الماء، مما يقلل من التلوث البيئي من تلك المنتجات الثانوية أو يقضي عليه (Crop Life، ٢٠٠٦).

(٧) اتفاقية أوسبار لحماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي. http://www.ospar.org/

(٨) Great Lakes Binational Toxics Strategy http://www.epa.gov/glnpo/gls/index.html

(٩) European Union Water Framework Directive http://ec.eruopa.eu/environment/water/water-framework/index.en.html

حدث الإنتاج التاريخي لسداسي كلورو حلقي الهكسان التقني والليندين في الكثير من البلدان الأوروبية ومن بينها الجمهورية التشيكية وأسبانيا وفرنسا وألمانيا والمملكة المتحدة وإيطاليا ورومانيا وبلغاريا وبولندا وتركيا، وتم بالدرجة الأولى من عام ١٩٥٠ أو ما قبله وتوقف في الفترة من ١٩٧٠ حتى التسعينيات. وتبعا لبحث قام به الاتحاد الدولي لسداسي كلورو حلقي الهكسان ومبيدات الآفات، تم إنتاج سداسي كلورو حلقي الهكسان التقني والليندين أيضا في بلدان أخرى من بينها ألبانيا والأرجنتين والنمسا وأذربيجان والبرازيل والصين وغانا وهنغاريا والهند واليابان وروسيا وسلوفاكيا والولايات المتحدة الأمريكية. ومن الصعب الحصول على معلومات دقيقة حيث أن الكثير من البلدان لا تحتفظ بسجلات للإنتاج التاريخي لمبيدات الآفات وبيعها واستخدامها، كما أن الصناعة تعتبر ذلك من المعلومات المتصلة بحق الملكية (IHPA، ٢٠٠٦).

ويقدر بأن الاستخدام العالمي من الليندين في الفترة من ١٩٥٠ إلى ٢٠٠٠ لأغراض الزراعة والثروة الحيوانية والحراجة وصحة البشر وغير ذلك من الأغراض وصل إلى ٦٠٠٠٠٠ طن. ويبين الجدول التالي الاستخدامات الزراعية لليندين في بلدان مختلفة في الفترة من ١٩٥٠ إلى ٢٠٠٠ (IHPA، ٢٠٠٦).

القارة	الاستخدام (بالأطنان)
أوروبا	٢٨٧١٦٠
آسيا	٧٣٢٠٠
أمريكا	٦٣٥٧٠
أفريقيا	٢٨٥٤٠
أوقيانوسيا	١٠٣٢
المجموع	**٤٣٥٥٠٠**

ويبدو أن إنتاج الليندين تناقص في السنة الأخيرة بسرعة مخلفا وراءه عددا قليلا فحسب من البلدان المنتجة. فرومانيا والهند، وربما روسيا، هي فقط البلدان التي لا تزال تنتج الليندين في العالم في الوقت الراهن (IHPA، ٢٠٠٦ ووكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٦، ولجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥ المرفق ألف). وتبين مصادر أخرى أن روسيا (Li et al، ٢٠٠٤) والصين (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٦) توقفتا عن إنتاج الليندين.

كان الإنتاج العالمي من الليندين في الفترة بين ١٩٩٠ و١٩٩٥ يبلغ زهاء ٣٢٢٢ طنا في العام. وفي أوروبا، كانت أعلى ١٠ بلدان في أعلى استخدام لليندين بين ١٩٥٠ و٢٠٠٠، ممثلة ٩٦% من مجموع الاستخدام في أوروبا، هي: تشيكوسلوفاكيا وألمانيا وإيطاليا وفرنسا وهنغاريا وأسبانيا وروسيا وأوكرانيا ويوغوسلافيا واليونان (IHPA، ٢٠٠٦).

وفي عام ١٩٩٨، وجدت القائمة الحصرية لمنظمة الأغذية والزراعة بشأن مبيدات الآفات البالية والمهجورة و/أو المحظورة ما مجموعه ٢٧٨٥ طنا من سداسي كلورو حلقي الهكسان من الدرجة التقنية و٤٥ طنا من مواد غير محددة من سداسي كلورو حلقي الهكسان مبعثرة في موقع للدفن في أفريقيا والشرق الأدنى (Walker et al، ١٩٩٩).

(ب) الاستخدامات

كان اللينداين يستخدم كمبيد آفات واسع النطاق، يعمل بالتلامس، في الأغراض الزراعية وغير النباتية الزراعية على حد سواء. وكان اللينداين يستخدم من أجل معالجة البذور والتربة، والتطبيقات في الأوراق، ومعالجة الأشجار والأخشاب، ومكافحة الطفيليات الخارجية في التطبيقات البيطرية والبشرية على حد سواء (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩١).

ونتيجة لخواصه السمية، والتي يشتبه في تسببها في السرطان، والثابتة، والتراكمية الأحيائية، والتي يشتبه في تسببها في اختلال وظائف الغدد الصماء، أصبح اللينداين موضع تمحيص من قبل البلدان الأعضاء في الجماعة الأوروبية. وقد تسمح تلك الدول الأعضاء بالمعالجة الإصلاحية والصناعية الحرفية للأخشاب وبالتطبيقات الصناعية والمنزلية الداخلية حتى أول أيلول/سبتمبر ٢٠٠٦؛ وباستخدام سداسي كلورو حلقي الهكسان التقني كمادة وسيطة في التصنيع الكيميائي والمنتجات الكيميائية على أن يكون ٩٩% على الأقل من محتوى الايزومرات في شكل جاما (لينداين) من أجل الاستخدام الموضعي في الصحة العامة والأمور البيطرية فحسب، حتى ٣١ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٧ (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، ٢٠٠٤). والاستخدام الزراعي الوحيد المسجل للينداين في الوقت الراهن في الولايات المتحدة يتعلق بمعالجة البذور ومكافحة القمل والجرب في البشر (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥). وكان الاستخدام الرئيسي للينداين في كندا يتم على الكانولا والذرة، ولكن الاستخدام الوحيد للينداين المسموح به في الوقت الراهن يتعلق بأغراض الصحة العامة، مثل مكافحة القمل والجرب (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥).

ويمكن الاطلاع على معلومات عن الاستخدامات الراهنة حسبما أبلغت عنه البلدان في الوثيقة POPRC/LINANE/INF.1.

(ج) الإطلاقات في البيئة

إذا ما اعتبرنا أن كل طن ينتج من اللينداين يولد زهاء ٦-١٠ أطنان من ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان الأخرى، فقد تولدت كمية كبيرة جدا من المتخلفات أثناء تصنيع هذا المبيد للآفات. وعلى مر العقود، كان يتم التخلص من نفايات الايزومرات بصفة عامة في مدافن مفتوحة مثل الحقول وغيرها من مواقع التخلص بالقرب من مرافق تصنيع سداسي كلورو حلقي الهكسان. وبعد التخلص منها، يحدث التحلل والتطاير والجريان السطحي لنفايات الايزومرات (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٦).

ولو كانت تقديرات الاستخدام العالمي للينداين البالغة ٦٠٠٠٠٠ طن فيما بين عامي ١٩٥٠ و٢٠٠٠ دقيقة، فإن الكمية الإجمالية للمخلفات المحتملة (إذا ما افترض بأنه يتم الحصول على قيمة وسطى تبلغ ٨ أطنان من نفايات الايزومرات من كل طن ينتج من اللينداين) تصل إلى ٤٠٨ مليون طن من متخلفات سداسي كلورو حلقي الهكسان فيما يحتمل التي يمكن أن تكون موجودة على الصعيد العالمي وهو ما يمكن أن يعطي فكرة عن مدى مشكلة التلوث البيئي (IHPA، ٢٠٠٦).

ويمكن أن يحدث إطلاق اللينداين في الهواء أثناء الاستخدام الزراعي أو التطبيق الهوائي لهذا المبيد للآفات، وكذلك أثناء تصنيعه أو التخلص منه. كما يمكن إطلاق اللينداين في الهواء أثناء التطاير بعد التطبيق (Shen et al، ٢٠٠٤). ولا تعتبر الخسارة بالبخر من الماء إلى الهواء ذات شأن بسبب قدرة اللينداين المرتفعة نسبيا على الذوبان في الماء (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

٢-٢ المصير البيئي

٢-٢-١ الثبات

تم تقدير فترة التنصيف للليندين في الهواء يبغ ٢،٣ يوم استنادا إلى ثابت سرعة تفاعل طور البخار مع جذور الهيدروكسيل في الهواء؛ وقدر نصف عمر في التروبوسفير يبلغ ٧ أيام بسبب تفاعل طور الغاز مع جذور الهيدروكسيل؛ وقدر نصف عمر يبلغ ١٣ يوما للتفاعل الجوي مع متخلفات OH في المداريات (Mackay، ١٩٩٧). ويقدر بوراكير وهايتس (Burbaker and Hites) (١٩٩٨) عمر الليندين في الهواء يبلغ ٩٦ يوما. ولليندين نصف عمر يبلغ ٣-٣٠ يوما في الأنهار، و٣٠ إلى ٣٠٠ يوم في البحيرات. وتبلغ دراسات أخرى عن فترة التنصيف للتحلل المائي محسوبة أو تجريبية يتراوح بين ٩٢ ساعة و٣٠٩٠ ساعة تبعا للدراسة؛ كما أبلغ عن ثبات يبلغ زهاء ٢ إلى ٣ سنوات في التربة (Mackay et al، ١٩٩٧).

وما أن يُطلق الليندين في البيئة فإنه يستطيع أن يتجزأ في جميع الأوساط البيئية ولكن ثبت عمليا أن التبخر هو أهم عملية في توزيع الليندين في البيئة. وقد أوضحت دراسات عديدة ركزت على خصائص الليندين الخاصة بالامتزاز- اللفظ أن حركية الليندين منخفضة جدا في التربة ذات المحتوى المرتفع من المواد العضوية، ولكنها أعلى في التربة التي تفتقر إلى المادة العضوية. وقد تم تحري انتشار الليندين أيضا بما أظهر أنه يتأثر بقوة بالمحتوى المائي للتربة وبدرجة الحرارة. ويذكر البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية أنه عندما يحدث تحلل بيئي لليندين في الظروف الحقلية، فإن نصف عمره يتباين من أيام قليلة إلى ثلاث سنوات تبعا لعوامل كثيرة من بينها المناخ ونوع التربة ودرجة الحرارة والرطوبة (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩١).

ولا يعتبر التحلل المائي عملية تحلل هامة بالنسبة لليندين في البيئات المائية تحت ظروف الأس الهيدروجيني المحايدة. والليندين مستقر إزاء التحلل المائي عند ٥ و٧ أس هيدروجيني مع نصف عمر يبلغ ٧٣٢ يوما ونصف عمر يبلغ من ٤٣ إلى ١٨٢ يوما عند ٩ أس هيدروجيني. كما أبلغ عن تقديرات وحسابات مختلفة لقيم نصف عمر الليندين هي: ١،١ سنة عند ٨ أس هيدروجيني و٢٠ °مئوية في مياه البحر؛ و٤٢ سنة عند ٧،٦ أس هيدروجيني و٥ °مئوية في بحيرة هورون و١١٠ سنة في المحيط القطبي الشمالي عند ٨ أس هيدروجين ودرجة حرارة تبلغ صفرا مئويا (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٦).

والليندين مستقر إزاء الضوء. وحيث أن الليندين لا يحتوي على صباغات تمتص الضوء، فليس من المتوقع أن يحدث تحلل ضوئي في الهواء أو الماء أو التربة. وحتى عندما يحدث تحليل ضوئي غير مباشر بعنصر مثير للحساسية للضوء، فلا يوجد دليل واضح على حدوث تحلل ضوئي لليندين. ويتحلل الليندين ببطء شديد بواسطة نشاط جرثومي بنصف عمر محسوب في التربة يبلغ ٩٨٠ يوما في الظروف الهوائية المختبرية. ويحدث التحلل بشكل أسرع في الظروف غير الهوائية منه في وجود الأكسوجين. وتتمثل المنتجات المحتملة للتحلل في خماسي كلور هكسان الحلقي و١،٢،٤- ثلاثي كلور البنزين و١، ٢، ٣- ثلاثي كلور البنزين (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٦).

٢-٢-٢ التراكم الأحيائي

تتراوح معاملات التركيز الأحيائي في الكائنات العضوية المائية في الظروف المختبرية من زهاء ١٠ إلى ٦٠٠٠؛ وتتراوح معاملات التركيز الأحيائي في الظروف الميدانية من ١٠ إلى ٢٦٠٠ (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩١). وتبلغ دراسات

أخرى عن معاملات تركيز أحيائي (لوغاريتم معامل التركيز الأحيائي) تتراوح من ٢،٢٦ في الإربيان إلى ٣،٨٥ في التروت القزحي في مراحل الحياة الأولى على أساس دهني و٤،٣ في عوالق حدائق الحيوانات ومعامل تراكم أحيائي (لوغاريتم معامل التراكم الأحيائي) تصل إلى ٤،١ في التروت القزحي (Mackay et al.، ١٩٩٧).

ويستطيع اللينديين أن يتراكم أحيائيا بسهولة في السلسلة الغذائية بسبب إمكانية ذوبانه المرتفعة في الدهون ويمكن أن يتركز أحيائيا بسرعة في الكائنات العضوية الدقيقة واللافقاريات والأسماك والطيور والثدييات. وتتباين معاملات التركيز الأحيائي في الأنواع المائية بدرجة كبيرة حيث تكشف البيانات التجريبية عن معاملات تركيز أحيائي تبلغ ٣-٣٦ (Berny، ٢٠٠٢)؛ و٤٣-٤٢٢٠ على أساس الوزن الرطب ومعامل تركيز أحيائي وسيط يبلغ ١١٠٠٠ على أساس دهني (Geyer et al.، ١٩٩٧)؛ وكذلك ١٢٠٠-٢١٠٠ (Oliver et al.، ١٩٨٥).

ويمكن حساب متوسط لوغاريتم معامل تركيز أحيائي يبلغ ٢،٢٨ في أنواع اللافقاريات ومتوسط لوغاريتم معامل تركيز أحيائي يبلغ ٢،٨٧ في أنواع الفقاريات من دراسات مختلفة (Donkin et al., 1997, Renberg et al., 1985, Thybaud at al., 1988, Yamamoto et al., 1983, Butte et al., 1991, Carlberg et al., 1986, Kanazawa et al, 1981, Kosian et al, 1981, La Rocca et al., 1991, Oliver et al., 1985, Vigano et al, 1992) ويمكن بنفس الطريقة حساب متوسط لوغاريتم معامل تراكم أحيائي يبلغ ٢،٩٤ في أنواع اللافقاريات ومتوسط لوغاريتم معامل تراكم أحيائي يبلغ ٣،٨ في أنواع الفقاريات من دراسات أخرى (Oliver et al., 1988, Chevreuil et al., 1991, Hartley et al., 1983, Caquet et al., 1992)ز كما أبلغ عن معاملات تركيز أحيائي تبلغ ٧٨٠ في أنسجة شرائح السمك و٢٥٠٠ في أنسجة أحشاء السمك و١٤٠٠ في أنسجة السمكة بأكملها (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٢).

وفي تجربة أجراها جاير وآخرون (Geyer et al.) (١٩٩٧)، تبين أن معاملات التركيز الأحيائي تعتمد على نوع السمك ومحتواها الدهني؛ وبالإضافة إلى ذلك، فإن مختلف أنماط الامتصاص والتأيض ومصادر التلوث، بل والظروف التجريبية، يمكن أن تفسر إذا ما أخذت مجتمعة التباين الهام الملاحظ في قيم معامل التركيز الأحيائي. كما أن معظم البيانات تشير إلى أنه بالرغم من أن اللينديين قد يتركز أحيائيا بسرعة، فإن التحول الأحيائي والتطهر والإزالة تكون سريعة نسبيا حالما يتم القضاء على التعرض. (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩١).

٢-٢-٣ الانتقال البيئي البعيد المدى المحتمل

أبلغت دراسات كثيرة عن متخلفات من سداسي كلورو حلقي الهكسان، لا سيما ايزومرات ألفا وجاما، في كافة أنحاء أمريكا الشمالية والقطب الشمالي وجنوبي آسيا وغرب المحيط الهادئ والقطب الجنوبي. وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما في ذلك اللينديين، أكثر ملوثات مبيدات الآفات العضوية الكلورية توافرا وثباتا في القطب الشمالي، ووجودها في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، حيث لم يستخدم سداسي كلورو حلقي الهكسان التقني واللينديين، دليل على انتقالها بعيد المدى. وايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما في ذلك اللينديين، عرضة إلى "التقطير العالمي" التي تساند فيها المناخات الحارة في خطوط العرض الأدنى عملية التبخر في الجو حيث يمكن حمل المواد الكيميائية إلى خطوط عرض أعلى. وعند خطوط العرض المتوسطة، يتباين الترسب والتبخر تبعا للموسم. فعند خطوط العرض المرتفعة، تعمل درجات الحرارة الباردة على مساندة الترسيب (Walker et al.، ١٩٩٩).

ساهم استخدام الليندين في بلدان مثل كندا، حيث بلغ الاستخدام ~ ٥٠٠ طن في عام ٢٠٠، وبلدان أوروبية معينة مثل فرنسا، على وجود مستويات من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في الهواء القطبي الشمالي. وقد اكتشفت تركيزات من الليندين في أليرت في القطب الشمالي وتباينت من ١٠-١١ جزء من الغرام/م^3 في عام ١٩٩٣ لتتناقص إلى ٦،٤ جزء من الغرام/م^3 في عام ١٩٩٧ (CACAR، ٢٠٠٣).

وفي دراسة أكملها شين وآخرون (Shen et al.) في عام ٢٠٠٤، كان ٤٠ من محطات جمع عينات الهواء السلبي موجودة على طوال القطاعات العرضية النازلة من المحيط القطبي الشمالي الكندي إلى السواحل الشرقية لكندا والولايات المتحدة، وعلى طوال حدود كندا والولايات المتحدة وفي جنوبي المكسيك وأمريكا الوسطى لمدة سنة واحدة. وقد فسر مستويات سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا المرتفعة (تركيزات هواء ضخمة بمعايير العينات بين ١،٥ و١٧٠ جزء من الغرام/م^3) في شرقي كندا بواسطة التفريغ الغازي لألفا سداسي كلورو حلقي الهكسان من مياه القطب الشمالي الباردة المتدفقة جنوبا والآخذة في الدفء مطلقة ألفا- سداسي كلورو حلقي الهكسان مرة ثانية إلى الجو. ووجدت تركيزات عالية من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما (تركيزات هواء ضخمة بمعايير العينات بين ٥ و٤٠٠ جزء من الغرام/م^3) في المروج الكندية، وشمال بحيرة أونتاريو، وجنوبي كويبك، والولايات الأطلسية الوسطى، وجنوبي المكسيك، بما يعكس حدوث استخدام إقليمي لليندين (Shen et al.، ٢٠٠٤). وتم قياس انتقال الليندين فوق المحيط الهادئ في موقع لأخذ العينات في يوكون وتراوح بين ٤-١٨ جزء من الغرام/م^3 (Bailey et al.، ٢٠٠٠). وتم قياس ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما فيها الليندين، في موقع جبلي في جزيرة تينيريف في الفترة من حزيران/يونيه ١٩٩٩ إلى تموز/يوليه ٢٠٠٠. وتراوحت التركيزات الهوائية لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في ذلك الموقع بين ١٨ و٣١ (المتوسط ٢٦) جزء من الغرام/م^3 (Van Drooge et al.، ٢٠٠٢).

والليندين شائع جدا في البيئة البحرية وفي التربات وتم التدليل عمليا على قدرته على الانتقال طويل المدى في الجو (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣) من أجل الاتحاد الأوروبي بشكل خاص بواسطة برنامج الرصد والتقييم الأوروبي. وتحدث تركيزات عالية من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في الهواء في فرنسا والبرتغال وأسبانيا وهولندا وبلجيكا. ويمكن تفسير ذلك بواسطة كثافة انبعاثات الليندين المرتفعة في تلك البلدان. كما وجدت تركيزات هوائية مرتفعة نسبيا في ألمانيا وإيطاليا وسويسرا ولوكسمبورغ رغما عن كثافة انبعاثات الليندين الأقل في تلك البلدان. وربما تعزى تلك التركيزات الهوائية المرتفعة إلى الانتقال الجوي من البلدان الأوروبية ذات الانبعاثات المرتفعة الكثافة (Shatalov and Malanichev, 2000; Shatalov et al., 2000).

(أ) التحول إلى ايزومرات

برزت فرضية أن ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا يمكن أن تحدث في الهواء كتفسير محتمل لنسب سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا/سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما التي وجدت مرتفعة في الثمانينيات إلى ما يصل إلى ١٨ في حين كان من المتوقع أن تصل تلك النسبة إلى زهاء ٥ وفقا للجزء الموجود في مزيج سداسي كلورو حلقي الهكسان التقني من هذين الايزومرين (Oehme et al 1984a, Oehme et al, 1984b, Pacyna et al, 1988). بيد أنه لم يتم التوصل إلى دليل تجريبي حاسم حتى الحين على أن الايزوميرة تحدث في الهواء.

وعلى نفس الشاكلة، لاحظ ولكر وآخرون (walker et al.) (١٩٩٩) أنه إذا ما حدث التحول الكيميائي الضوئي لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في الهواء، فينبغي للمرء أن يرى تركيزات ذات شأن من سداسي كلورو حلقي

الهكسان - ألفا في نصف الكرة الأرضية الجنوبي. بيد أن القياسات الحديثة العهد وجدت أن مستويات سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا تنخفض بمر الزمن في نصف الكرة الأرضية الجنوبي علاوة على المحيط القطبي الشمالي، وهو ما لا يتسق مع نظرية الايزوميرة والاستخدام المتواصل للليندين. وكانت نسبة سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا /سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما التي جمعت عيناتها في الهواء في نصف الكرة الأرضية الجنوبي خلال الثمانينيات-التسعينيات تبلغ بصفة عامة ١ إلى ٢،٣ (Ballschmiter et al., 1991, Bidleman et al., 1993, Iwata et al., 1993, Kallenborn et al., 1998, Lakaschus et al., 2002; Schreitmüller et al., 1995) وكانت تبلغ ٠،٨١ في معظم الدراسات الحديثة العهد في القطب الجنوبي (Dichut et al.، ٢٠٠٥).

واقترحت دراسات أخرى أن معدلات تبادل الغاز التفاضلية بين الهواء والماء يمكن أن تسفر عن تجزؤ لايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان وتراكم تفضيلي لسداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا في الهواء أثناء الانتقال بعيد المدى عبر المحيط. ويمكن أن يعزى إلى ذلك حصة ما من نسب سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا/سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما المرتفعة أثناء فصل الشتاء، ولكن ليس النسب المرتفعة جدا منها التي وجدت في الصيف في الدراسة الأبكر (Pacyna et al.، ١٩٨٨ و Oehme et al.، ١٩٩١). وخلص ولكر وآخرون (١٩٩٩) إلى أنه حتى عندما تبين التجارب أن الايزوميرة الضوئية ممكنة، فإن الدليل على أن هذه العملية تساهم بشكل جوهري في نسبة ألفا/جاما المرتفعة الملاحظة في القطب الشمالي دليل غير مباشر ويخضع للعديد من التفسيرات.

كما أبلغت دراسات عديدة عن ايزوميرة بالتحلل الضوئي لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا. بيد أن هذه الدراسات دللت عمليا على ايزوميرة في وسائط مكثفة ولكن ليس هناك دليل على أن الايزوميرة تحدث في الطور الغازي تحت ظروف الجو المحيط. ويبين الدليل المختبري أن سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما يمكن أن تتحول إلى ايزومرات أخرى في التربة أو رسوبيات من خلال التحلل الأحيائي، ولكن رغم أن الايزوميرة الأحيائية لليندين يمكن أن تحدث، فإنه يبدو أن هذه العملية قد تقوم بدور غير هام في التحلل الشامل لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما (Walker et al.، ١٩٩٩ و Shen et al. ، ٢٠٠٤).

(ب) بيانات الرصد البيئي

أبلغت بولندا عن تركيزات من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في رسوبيات نهرية تتراوح بين ٢،٤ إلى ٩،٤ ميكروغرام/كغم. وتشير النتائج المأخوذة من البرنامج الوطني لمراقبة المتخلفات البيطرية في بولندا إلى أن الغذاء الحيواني الأصل يحتوي على مستويات من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما دون مستوى عمل ١٠٠٠ ميكروغرام/كغم (معلومات المرفق هاء المقدمة من بولندا، ٢٠٠٦).

وقامت وزارة البيئة في اليابان برصد الليندين في الماء ووجدت تركيزا من الليندين يبلغ ٣٢ إلى ٣٧٠ جزء من الغرام/لتر في ٦٠ عينة ماء تم مسحها عبر البلاد في عام ٢٠٠٣. كما تم مسح ما مجموعه ١٨٦ عينة من الرسوبيات في عام ٢٠٠٣ واكتشف الليندين في جميع العينات، بتركيز من الليندين يتراوح بين مقادير ضئيلة (١،٤) إلى ٤٠٠٠ جزء من الغرام/غرام جاف، بمتوسط هندسي يبلغ ٤٥ جزء من الغرام/غرام جاف. ويبين مسح حديث العهد أجري في عام ٢٠٠٣ على المحاريات والأسماك والطيور أن الليندين اكتشف في جميع الأنواع بتركيزات تتراوح من ٥،٢ إلى ١٣٠ جزء من الغرام/غرام رطب في المحاريات و١٣٠ جزء من الغرام/غرام في الأسماك، و١٨٠٠ إلى ٥٩٠٠ جزء من الغرام/غرام في الطيور. واكتشف الليندين في جميع العينات البالغ عددها ٣٥ عينة مأخوذة من ٣٥ موقعا في اليابان من الجو المحيط في

الموسم الحار في عام ٢٠٠٣ بتركيز من الليندين يتراوح بين ٨،٨ إلى ٢٢٠٠ جزء من الغرام/غرام^3. ويبين المسح الذي أجري على نفس المواقع باستثناء موقع واحد في الموسم البارد في عام ٢٠٠٣ تركيزا من ٣،١ إلى ٣٣٠ جزء من الغرام/غرام^3 (معلومات المرفق هاء المقدمة من اليابان، ٢٠٠٦).

وأبلغت أستراليا أن أيا من عينات اللحوم والمحاصيل التي رصدت في البلاد بشأن المتخلفات لم تكن تحتوي على مستويات يمكن اكتشافها من الليندين (معلومات المرفق هاء المقدمة من أستراليا، ٢٠٠٦).

وأبلغت الولايات المتحدة بأن سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما كانت دون مستوى الاكتشاف في جميع العينات التي تم تحليلها من أجل التقرير الوطني الثالث بشأن التعرض البشري للمواد الكيميائية البيئية. واكتشف الليندين في أنسجة الأسماك من البحيرات والخزانات في دراسة وطنية عن أنسجة أسماك البحيرات أجرتها وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، بمستويات تتراوح من ٠،٦٢٥ إلى ٨،٥٦ جزء من المليار. ويجري رصد الليندين في الهواء والتهطال بواسطة الشبكة المتكاملة للترسب الجوي في منطقة البحيرات الكبرى بمتوسط تركيز كان يبلغ ١٥-٩٠ جزء من الغرام/غرام^3 في أوائل التسعينيات تناقص إلى ٥-٣٠ جزء من الغرام/غرام^3 منذ عام ٢٠٠٠. وكان متوسط تركيزات الليندين في التهطال (متوسط الحجم المرجح) في سبعة مواقع رئيسية خلال السنوات ١٩٩٧-٢٠٠٣ يبلغ ٦٩٠- ١٤٠٠ جزء من الغرام/لتر. وتبين البيانات التحليلية لآخر السنوات في برنامج رصد الأسماك في البحيرات الكبرى التابع لوكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة أن تركيز الليندين في شرائح أسماك الصيد (الشينوك وسلمون كوهو والتروت الفضي الرأس) يتراوح بين اكتشاف مقادير ضئيلة و٠،٠٠٥ جزء من المليون بين عامي ١٩٨٢ و٢٠٠٠. وقد قام البرنامج الوطني للحالة والاتجاهات التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والجو بقياس الليندين في أنسجة ذوات المصراعين على طول سواحل الولايات المتحدة والبحيرات الكبرى من عام ١٩٨٦ حتى وقتنا هذا. وعلى مدار تاريخ البرنامج، تم أخذ عينات مما مجموعه ٢٨٣ موقعا من كافة أنحاء المناطق المجاورة في الولايات المتحدة وألاسكا وهاواي وبورتوريكو مع أخذ ٤٩٩٠ تسجيلا لايزومير جاما. وكان متوسط التركيز المقاس لجاما ٠،٥٦ (النطاق ٠-٧١) نانوغرام/غرام وزن جاف. ويبين تقييم للاتجاهات باستخدام البيانات المجمعة من البلد بأكمله أنه حدث انخفاض له شأنه من الناحية الإحصائية في مستويات الليندين من ١٩٨٦ حتى ٢٠٠٣. (معلومات المرفق هاء المقدمة من الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

وفي كندا، اضطلعت هيئة البيئة في منطقة ألبرتا بمشروع في الفترة ١٩٩٩-٢٠٠٠ لتوصيف مبيدات الآفات التي عثر عليها في عدد من مواقع ألبرتا وتحديد مستوياتها النسبية ومواسمها. واكتشف الليندين في الهواء المحيط في ليثبريدج في جميع العينات بدءا من شهر أيار/مايو حتى آب/أغسطس. ووصلت مستويات الليندين إلى قمتها في ١٥ حزيران/يونيه بمستوى ١،١٥ جزء من الغرام/غرام^3 في حين أن المستوى الأدنى الذي كان يبلغ ٠،٢٣ جزء من الغرام/غرام^3 كان موجودا في الهواء المحيط في ٢٢ حزيران/يونيه ١٩٩٩. وحيث أن الليندين يستخدم في البذور المعالجة التي تغرس في نيسان/أبريل وأوائل أيار/مايو، فإن الليندين يطلق في الجو عندئذ بعد غرس البذور ومن ثم تكون أعلى المستويات في أيار/مايو يليها تناقص بطيء إلى منخفض و/أو مستويات لا يمكن اكتشافها في آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر (Kumar، ٢٠٠١).

كما أبلغت لتوانيا والمغرب وجمهورية أرمينيا وجمهورية مقدونيا اليوغوسلافية السابقة عن بيانات رصد، ويمكن الرجوع إلى هذه المعلومات في الوثيقة POPRC/LINDANE/INF.1.

٢-٣ التعرض

يمكن العثور على الليندين في جميع الحيوز والمستويات البيئية في الهواء والماء ورسوبيات التربة والكائنات العضوية المائية والبرية، وفي الأغذية التي تم قياسها في مختلف أنحاء العالم. ولذلك فإن البشر معرضون لليندين على نحو ما تدلل عليه المستويات التي يمكن اكتشافها في دم البشر والنسيج الدهني البشر ولبن الأم البشري (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

ومن المجالات التي تثير الانشغال بوجه خاص أن ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما فيها الليندين، تتراكم في المناخات الباردة في العالم. وتوجد تركيزات مرتفعة من سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما فيها الليندين، في بحر بوفورت والأرخبيل الكندي (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥). ويمكن لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما أن تدخل إلى السلسة الغذائية من خلال التعرض البيئي وأن تتراكم في الأنسجة الشحمية مكونة مسارا للتعرض الهام لحيوانات القطبين الشمالي والجنوبي، علاوة على البشر الذين يعتمدون في وجباتهم الغذائية الكفافية على هذه الحيوانات (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

ويمكن أن ينتج تعرض السكان العموميون لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما على وجه الخصوص عن تناول طعام من منتجات حيوانية الأصل مثل الألبان واللحوم، علاوة على المياه التي تحتوي على مبيد الآفات. وقد وجد أن الليندين أعلى عشر مرات في الأنسجة الدهنية في الماشية منه في العلف (ATSDR، ٢٠٠٥) مما يبين أن الحيوانات قد تتعرض للمركب من خلال الغذاء، بل ومن خلال علاج الطفيليات الخارجية. وقد اكتشف الليندين في لبن البقر في البلدان التي لا تزال تستخدم المادة الكيميائية كمبيد للآفات. وفي دراسة تم الاضطلاع بها في أوغندا، بأفريقيا، كان تركيز سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في لبن الأبقار ٠،٠٠٦- ٠،٠٣٦ مغم/كغم من دهن اللبن. وكانت المستويات الوسيطة من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما التي حللت في عينات من لبن الأبقار من منطقتين منفصلتين في الهند تبلغ ٠,٠٠٢ و٠،٠١٥ مغم/كغم. وكشفت دراسة رصدية على ١٩٢ عينة من لبن الأبقار في المكسيك عن ٠،٠٠٢- ٠،١٨٧ مغم/كغم من جاما/سداسي كلورو حلقي الهكسان (ATSDR، ٢٠٠٥).

وقد تم تحديد محتوى الليندين في أنسجة الجسم في السكان العموميين في عدد من البلدان. وكان المحتوى في الدم في هولندا في حدود < ٠،١-٠،٢ ميكوغرام/لتر. وفي أوائل الثمانينيات، كانت التركيزات الوسيطة من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في النسيج الدهني البشري في تشيكوسلوفاكيا ٠،٠٨٦ مغم/كغم وفي جمهورية ألمانيا الاتحادية ٠،٠٢٤- ٠،٠٦١ مغم/كغم وفي هولندا ٠،٠١-٠،٠٢ مغم/كغم، على أساس دهني. وقد لوحظ في دراسات إجمالي الوجبة الغذائية والسلة السوقية لتقدير المتحصل البشري اليومي من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما وجود اختلافات واضحة بمرور الزمن: فقد كان المتحصل في الفترة الواقعة حول عام ١٩٧٠ يصل إلى ٠،٠٥ ميكوغرام/كغم من وزن الجسم يوميا، في حين أنه تناقص بحلول عام ١٩٨٠ إلى ٠،٠٠٣ ميكوغرام/كغم من وزن الجسم يوميا أو أقل (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

ومن الأرجح أن يتعرض الأفراد الذين يعيشون في المناطق الريفية ويعتمدون على وجبة غذائية غير نباتية لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما على نحو ما تبينه دراسة أجريت في الهند حيث كان لدى النساء اللاتي يستهلكن اللحوم الحمراء والبيض والدجاج مستويات أعلى في الدم من مبيدات الآفات، بما فيها الليندين، من النساء النباتيات (ATSDR، ٢٠٠٥).

ومن بين المصادر الأخرى للتعرض المباشر تلك المرافق التي لا يزال يستخدم فيها الليندين، ومصانع مبيدات الآفات المهجورة، ومواقع النفايات الخطرة (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

وتعرض الأطفال لليندين من دواعي القلق على وجه الخصوص. فقد وجدت سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في الأنسجة الدهنية الأمومية البشرية، وفي دم الأمهات، ودم الحبل السري ولبن الأم. كما تبين أن الليندين يمر من خلال حاجز المشيمة. وكان متوسط تركيز الليندين في لبن الأم ٠،٠٨٤ مغم/لتر في دراسة أجريت في الهند. وتم الحصول على مستوى متوسط يبلغ ٦ جزء من المليار في لبن الأم في دراسة أجريت في ألبرتا بكندا (ATSDR، ٢٠٠٥). واكتشف الليندين في دراسة تبحث في مبيدات الآفات الكلورية العضوية في لبن الأم البشري جمعت من ١٢ منطقة في أستراليا في جميع العينات بمتوسط يبلغ ٠،٢٣ نانوغرام/غرام من الشحوم ونطاق ٠،٠٨- ٠،٤٧ نانوغرام/غرام شحم (معلومات المرفق هاء المقدمة من أستراليا، ٢٠٠٦).

كما وجدت مستويات من الليندين في لبن الأم البشري من بلدان مختلفة من بينها كندا وألمانيا وهولندا والمملكة المتحدة. وتراوحت مستويات الليندين بين <٠،٠٠١ و٠،١ مغم/كغم على أساس دهني (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

ويوجد مسار تعرض إضافي للأطفال في المناطق التي يطبق فيها الليندين مباشرة على الثروة الحيوانية المنتجة للألبان واللحوم لمكافحة الآفات. ويستهلك الأطفال، على أساس وزن الجسم، كمية أكبر من الألبان لكل وحدة من وزن الجسم مما يستهلكه البالغون، ومن ثم يتعرضون لتركيزات لها شأنها من بقايا الليندين من خلال شرب اللبن (وكالة التعاون البيئي، ٢٠٠٥). كما أن الاستخدامات الطبية لمنتجات مكافحة قمل الرأس والجرب تثير الانشغال عندما تطبق على الأطفال على الرغم من أنه لوحظت أكثر الآثار المعاكسة بعد سوء استخدامها. وقد يحدث تعرض آخر لكميات محتملة لها شأنها من الليندين من خلال الغبار المترلي في ظروف معينة، وهو ما يثير الانشغال أيضا بشأن الأطفال بوجه خاص ((ATSDR، ٢٠٠٥).

٢ - ٤ تقييم المخاطر بشأن دواعي الانشغال

الليندين أشد ايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان سمية ويؤثر على الجهاز العصبي والغدد الصماء. وفي البشر، قد تتراوح آثار التعرض الحاد لتركيزات مرتفعة من الليندين بين مضايقات جلدية خفيفة إلى الإحساس بالدوار، والصداع، والإسهال، والغثيان، والقيئ، بل والتشنجات والموت (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥). كما أبلغ عن آثار متعلقة بالجهاز التنفسي، والأوعية القلبية، وأمراض الدم، وأمراض الكبد، والغدد الصماء في البشر عقب استنشاق حاد أو مزمن لليندين. وأبلغ عن تغييرات في الدم، مثل نقص كريات الدم البيضاء، وتكاثر كريات الدم البيضاء، ونقص الكريات الحبيبية، وداء الكريات الحبيبية، وألفة الأيوزين، وتكاثر الكريات أحاديات النواة، ونقص صفيحات الدم في أعقاب تعرض بشري مهني مزمن لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في مرافق الإنتاج (ATSDR، ٢٠٠٥).

وبالإضافة إلى ذلك، اكتشفت سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في مصالة الدم، والخلايا الدهنية ومني الأفراد الذين يتعرضون لها مهنيا وبيئيا (ATSDR، ٢٠٠٥). وقد تزايدت مستويات هرمون المصالة المصفر بشكل له شأنه في الرجال الذين يتعرضون مهنيا لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما. كما زاد متوسط تركيز الهرمون المنبه الجريبي في المصل وتناقص هرمون الخصية في الأفراد المعرضين ولكن هذه الاتجاهات لم تكن هامة إحصائيا بالمقارنة مع أفراد ضبط المقارنة غير المعرضين (ATSDR، ٢٠٠٥).

وكانت أكثر الآثار المبلغ عنها شيوعا المرتبطة بالتعرض الفموي لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما هي الآثار العصبية. وجاءت معظم المعلومات من تقارير حالة عن تسمم حاد بسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما. وقد لوحظت نوبات مفاجئة وتشنجات في الأفراد الذين تعاطوا الليندين مصادفة أو عن غير قصد في حبيبات مكافحة الآفات، أو سوائل مكافحة الجرب أو طعام ملوث (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

وفي الهند، كانت مستويات سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما في الدم أعلى بشكل له شأنه في ١٣٥ مريضة بسرطان الثدي، تبلغ أعمارهن ٤١-٥٠ سنة، بالمقارنة مع مجموعة ضبط المقارنة غير المصابات بالمرض. بيد أنه لم يلاحظ في دراسات مماثلة في بلدان أخرى تعالق بين حدوث سرطان الثدي ومستويات سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما المرتفعة في الدم (ATSDR، ٢٠٠٥).

أظهرت الفئران التي عرضت لمستويات شتى من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما من خلال الاستنشاق لمدة ٤ ساعات آثارا عصبية متصلة بالتركيز عندما خضعت للملاحظة لمدة ٢٢ يوما بعد التعرض. ولوحظ سكون طفيف إلى معتدل بعد التعرض إلى ١٠١ ملليغم/م^3؛ وسكون طفيف إلى حاد بعد التعرض إلى ٣٧٨ مغم/م^3؛ وتململ واستثارة وتخلج عقب التعرض إلى ٦٤٢ و٢١٠٤ ملليغم/م^3، كما لوحظت تقلصات عقب التعرض لتركيزات أعلى تبلغ ٢١٠٤ ملليغم/م^3 (ATSDR، ٢٠٠٥).

واستُظهرت آثار سمية كبدية لليندين في الحيوانات المختبرية بواسطة العديد من الدراسات. واستظهرت زيادات في مستويات السيتوكروم-ب-٤٥٠ بعد استنشاق رذاذ الليندين بمقدار ٥ ملليغم/م^3 لمدة ٩٠ يوما وزيادات في نشاط سيتوكروم-ب-٤٥٠ السيتوبلازمي الفائق الأكسدة المثبط للموتاز، وبيروكسيد دهني في الفئران بعد تغذيتها بمقدار ١،٨ ملليغرام/كغم من وزن الجسم لمدة ١٥ و٣٠ يوما. وأظهرت الدراسات المزمنة باستخدام جرعة ٧-٨ ملليغرام/كغم من وزن الجسم من الليندين في الوجبة الغذائية تنخرا أو تحللا دهنيا في الفئران المعرضة لمدة ٣٨ إلى ٧٠ أسبوعا، وتضخما في النمو في فئران ويستار المعرضة لمدة ١٠٤ أسبوعا (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). وأظهرت الفئران المعرضة إلى ١٥ ملليغرام من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما/كغم/يوم لمدة ٥ أيام وإلى ٢،٥ ملليغرام من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما/كغم/يوم لمدة ٢١ يوما، زيادات لها شأنها في وزن الكبد المطلق، ونشاط ب-٤٥٠ وEROD بطريقة تتوقف على الجرعة والزمن (ATSDR، ٢٠٠٥).

وثمة بعض الشواهد متاحة عن الآثار المناعية السمية، مثل قمع المناعة واستجابات الأجسام المضادة المقموعة، التي يسببها الليندين للحيوانات المختبرية. وقد لوحظ قمع المناعة في الفئران التي عرضت إلى ٦،٢٥ و٢٥ ملليغرام/كغم من وزن الجسم لمدة ٥ أسابيع. وقد قمعت الاستجابة الأولية للأجسام المضادة في الفئران الأمهقية التي عرضت إلى ٩ ملليغرام/كغم من وزن الجسم يوميا في الوجبة الغذائية لمدة ١٢ أسبوعا ولوحظ قمع للاستجابة الثانوية للأجسام المضادة بعد ٣ أسابيع بنفس الجرعة (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

وسجلت آثار تكاثرية لليندين في الحيوانات المختبرية: فأظهرت إناث الفئران التي عرضت فمويا لمقدار ١٠ ملليغرام/كغم من وزن الجسم يوميا لمدة ١٥ أسبوعا خصائص مضادة لهرمون الإستروجين. وكان لدى إناث الفئران التي عرضت إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما بمقدار ٠،٨ ملليغرام/كغم من وزن الجسم لمدة ٣ أيام أسبوعيا لمدة ١٢ أسبوع معدل إباضة مخفض (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). وفي ذكور الفئران لوحظت انخفاضات في عدد أرومة النطفة في الخصية والحيوانات المنوية البربخية بعد جرعة فموية من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما تبلغ ٦ ملليغرام/كغم

من وزن الجسم لمدة ٥ أيام أو جرعة واحدة تبلغ ٣٠ ملليغرام/كغم من وزن الجسم. كما أبلغ عن تضخم في حجم الخصية وتحلل القنية المنوية واختلال في عملية تكون المني في ذكور الفئران التي غذيت على ٧٥ ملليغرام/كغم من وزن الجسم لمدة ٩٠ يوما (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).ولذلك فإن للينديين خصائص المركب المسبب لاختلال وظائف الغدد الصماء. وعمل التعرض للينديين خلال فترة الحمل بجرعة واحدة تبلغ ٣٠ ملليغرام/كغم من وزن الجسم في اليوم ١٥ من الحمل على تغيير مستحث في الشهوة الجنسية وتقليل تركيز هرمون التستوستيرون في ذكور الفئران الوليدة (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

كما أبلغ عن آثار للينديين على النمو. فقد لوحظ تناقص في وزن الجنين، وفي الوزن الصعتري الجنيني، وفي وزن المشيمة في الفئران التي عولجت بمقدار ٣٠ و٤٥ ملليغرام/كعم بواسطة إدخال أنبوب إلى المعدة في اليوم ١٢ من الحمل. كما لوحظت آثار اللينديين السامة للأجنة وقد تكون راجعة إلى إجهاد مؤكسد مستحث، وبيروكسيد دهني معزز، وتفسخات ضفيرة وحيدة من الحمض الريبي النووي منقوص الأكسوجين (DNA) في الجنين وأنسجة المشيمة (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). والفئران التي عرضت إلى ١،٧و ٣،٤ و٦،٨ ميكرومتر تقابل جرعات التعرض التي قد تواجه في الخضروات الملوثة (٨٠- ٢٥٠ ميكروغرام/كغم) أو مياه الشرب الملوثة (٠،٠٢ ميكروغرام/لتر) لمدة ١٢ أسبوعا، أظهرت معدل تأثير في النمو، وتناقص في عدد الحيوانات المنوية المتكونة، علاوة على تناقص مستويات هرمون الخصية أثناء الحمل أو الرضاعة أو الفطام (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). ولوحظت شواهد على زيادة إمكانية تعرض الحيوانات الصغيرة للخطر في دراسة عن تكاثر أجيال متعددة من الفئران ودراسة عن السمية العصبية النمائية للفئران (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٢).

تشير بيانات السمية الوراثية المتاحة إلى أن سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما لها شيء من الإمكانيات السمية الوراثية. وقد تبين أن سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما تزيد من الكلاستوجين الصبغي في خلايا مخ العظام في الفئران المعرضة إلى ١،٦ ميلليغرام للكيلوغرام الواحد من وزن الجسم يوميا بواسطة التغذية الأنبوبية لمدة ٧ أيام ((ATSDR، ٢٠٠٥). ورغما عن ذلك، فإن اللينديين ليس مصنفا كمادة سمية وراثية من قبل الاتحاد الأوروبي (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). وقد لوحظ التلف الذي يحدثه الحمض الريبي النووي منقوص الأكسوجين في مستنبتات خلايا الغشاء المخاطي للأنف والمعدة في الفئران، وخلايا الغشاء المخاطي للأنف في البشر المعرضين لسداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما وتوليف مستحث وغير مجدول للحمض الريبي في أنواع معينة من الخلايات، مثل الخلايا اللمفية الطرفية البشرية (ATSDR، ٢٠٠٥).

وقد صنفت الوكالة الدولية للأبحاث المعنية بالسرطان اللينديين على أنه مادة مسرطنة ممكنة للبشر؛ كما صنفت سداسي كلورو حلقي الهكسان التقني وسداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا على أنهما مسرطنتان ممكنتان للبشر (ATSDR، ٢٠٠٥). وقامت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة مؤخرا بإعادة تصنيف اللينديين في فئة " وجود شاهد دلالي على التسبب في السرطان، ولكنه ليس كاف لتقييم إمكانية التسبب في السرطان في البشر". وقد قامت الوكالة بتنصنيف الفئة التقنية من سداسي كلورو حلقي الهكسان وسداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا بأنهما مسرطنتان محتملتان للبشر في حين أن دلتا- سداسي كلورو حلقي الهكسان تعتبر مسرطنة ممكنة للبشر (ATSDR، ٢٠٠٥).

وقد اختبرت إمكانية تسبب اللينديين في حدوث السرطان بواسطة التعاطي الفموي في تجارب مختلفة. ولم تظهر بعض الدراسات أي زيادات لها شأنها في الغدد الصماء، أو الغدة الدرقية، أو الغدة النخامية، أو غدة الكظر، أو الكبد أو ورم

المبايض في الفئران التي غذيت على ١٠،٨-٣٣ ملليغرام/كغم/يوم في الوجبة الغذائية لمدة ٨٠ أسبوعا، أو ٠،٠٧-٣٢ ملليغرام من سداسي كلورو حلقي الهكسان - جاما/كغم/يوم في الوجبة الغذائية لمدة ١٠٤ أسبوع، ولكن حدت معدلات البقاء الضعيفة على قيد الحياة من أهمية تلك النتائج (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣). وفي حين أبلغت دراسات أخرى عن سرطانات غدية كبدية خلوية في الفئران المعرضة إلى ١٣،٦- ٢٧،٢ ملليغرام/كغم/يوم في الوجبة الغذائية لمدة ٨٠ أو ١٠٤ أسبوع وفي الفئران المعرضة إلى ٢٧،٢ ملليغرام/كغم/يوم في الوجبة الغذائية لمدة ٩٦ أسبوعا، إلا أنه تم الحصول على هذه النتائج في فئران إنفعالية لديها طفرات غالبة تسفر عن زيادة إمكانية احتمال حدوث تكون لبلازمات جديدة مخصوصة بالانفعال.

واللينداين سمي بدرجة مرتفعة للكائنات العضوية المائية وبدرجة معتدلة للطيور في أعقاب تعرض حاد. وتبين الآثار المزمنة في الطيور والثدييات المقاسة بواسطة دراسات التكاثر آثارا معاكسة عند مستويات منخفضة مثل التناقص في إنتاج البيض، ومؤشرات النمو والبقاء في الطيور، ونقص في الوزن المكتسب في الثدييات، مع بعض الآثار الإرشادية عن اختلال وظائف الغدد الصماء. وتشير بيانات السمية المائية الحادة للينداين أنه يعتبر سمي بدرجة مرتفعة جدا لكل من أسماك المياه العذبة (يتراوح التركيز المميت، ٥٠، من ١،٧ إلى ١٣١ جزءا من المليار) واللافقاريات المائية (يتراوح التركيز المميت، ٥٠، من ١٠ إلى ٥٢٠ جزءا من المليار). وتوضح بيانات السمية المائية المزمنة بالنسبة إلى الكائنات العضوية للمياه العذبة انخفاضا في نمو اليرقات في أسماك المياه العذبة عند تركيز تأثير ضار غير ملاحظ يبلغ ٢،٩ غرام/لتر وتناقص التكاثر في اللافقاريات المائية عند تركيز تأثير ضار غير ملاحظ يبلغ ٥٤ غرام/لتر (لجنة التعاون البيئي، ٢٠٠٥، ووكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

يحدث اللينداين من الناحية الإحصائية ستة آثار جنسية ذات شأن كنسبة مئوية (٧١% ذكور) في الضفادع عند مستوى ٠،١ جزء من المليار ونشاطا للاستروجين علاوة على تغيير في استجابة الحيوانات المنوية لهرمون البروجسترون، وقدرة مستحثة على تعديل تكون المح في البيض، ومستقبلات الإستروجين في الفحوص المختبرية (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦). ووجدت آثار تكاثرية وسكانية عند أدنى تأثير ضار ملاحظ يبلغ ١٣،٥ ميكروغرام/لتر من اللينداين في الفقاريات في دراسة لمدة ٣٥ يوما. ويسبب اللينداين عند ١٠٠ جزء من المليون و٢٥ جزء من المليون انخفاضا في القدرة على فقس البيض عند كل من الدجاج البياض والسماني الياباني على التوالي (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

نشرت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة في عام ٢٠٠٢ تقييما لمخاطر الوجبة الغذائية بالنسبة للشعوب الأصلية في القطب الشمالي بشأن اللينداين. ويستند هذا التقييم لمخاطر الوجبة الغذائية إلى عدد من افتراضات الخطر والتعرض، ويقدر المخاطر التي تحل بالمجتمعات المحلية في ألاسكا وغيرها في المنطقة الواقعة حول القطب الشمالي التي تعتمد على الأغذية الكفافية، مثل الرنة والفقمة والحوت. ويتراوح مجموع المتحصلات الغذائية للبالغين من ٠،٠٠٠٠٥٥ إلى ٠،٠٠٠٧١ ملليغرام/كغم/يوم. وكان مستوى الانشغال بالنسبة للآثار غير السرطانية يساوي ٠،٠٠١٦ ملليغرام/كغم/يوم. ولا تتجاوز المخاطر الغذائية بالنسبة للينداين مستوى الانشغال (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٢).

ورغم أن القرار المتعلق بإدراج اللينداين في اتفاقية استكهولم سيستند إلى ايزوميرجاما وحده، فإن لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة وافقت على أن من الممكن أن تشمل المناقشات ايزوميري ألفا وبيتا. ولذلك فقد أدرجت أدناه المعلومات

المأخوذة من تقييم المخاطر الذي أجرته وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ٢٠٠٢ بشأن ايزوميري ألفا وبيتا.

ونشرت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية في شباط/فبراير ٢٠٠٦ تقييما للمخاطر يناقش المخاطر الناجمة عن اللينديين وايزوميري ألفا وبيتا- سداسي كلورو حلقي الهكسان والمنتجات الفرعية لعمليات تصنيع اللينديين للحصول على تعليقات الجمهور عليه (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦). وقد قدر إجمالي المتحصلات الغذائية للبالغين والأطفال وتراوح بين ٠،٠٠٠٥٧ إلى ٠،٠٥١ ملليغرام/كغم/يوم بالنسبة إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا وبين ٠،٠٠٠٣٧ إلى ٠،٠١ ملليغرام/كغم/يوم بالنسبة إلى بيتا- سداسي كلورو حلقي الهكسان. وهذه المتحصلات الغذائية مقاربة لمستوى الانشغال المزمن لدى الوكالة. ويبلغ مستوى الانشغال بالنسبة للآثار غير السرطانية: الجرعة المرجعية للتعرض المزمن عن طريق الفم بشأن السرطان (cRFD) = ٠،٠٠٠٠٦ ملليغرام/كغم/يوم بالنسبة إلى بيتا- سداسي كلورو حلقي الهكسان و٠،٠٠١ ملليغرام/كغم/يوم بالنسبة إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا، استنادا إلى الجرعة التي خلصت الوكالة بأنها ستسفر عن آثار صحية معاكسة غير معقولة. ويحدث مستوى الانشغال بشأن السرطان عندما يتجاوز الحد الأعلى المقدر لمخاطر السرطان واحد في المليون. ويبين تقييم المخاطر الغذائية أن تقديرات المخاطر الغذائية المزمنة والسرطانية بالنسبة إلى سداسي كلورو حلقي الهكسان - ألفا وجاما أعلى من مستوى انشغال الوكالة بالنسبة لسكان القطب الشمالي استنادا إلى تقديرات المتحصلات الغذائية العليا.

٣- تجميع للمعلومات

ظهر أن اللينديين له سمية عصبية وكبدية ومناعية وله آثار تكاثرية في الحيوانات المختبرية. وتوضح بيانات التسمم الحاد البشري أن اللينديين يمكن أن يسبب آثارا عصبية حادة، وتشير البيانات المزمنة إلى احتمال وجود آثار متعلقة بالدم. وقد قامت الوكالة الدولية للأبحاث المعنية بالسرطان بتصنيف اللينديين كمادة مسرطنة ممكنة للبشر (ATSDR، ٢٠٠٥). وصنفت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية اللينديين في فئة " وجود شاهد دلالي على التسبب في السرطان، ولكنه ليس كاف لتقييم إمكانية التسبب في السرطان في البشر".

والتعرض البشري للينديين، ولا سيما الحوامل والأطفال، مدعاة للانشغال الذي يزيد منه الوجود المستمر لايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان، بما في ذلك اللينديين، في الأنسجة البشرية ولبن الأم. وينبغي أن يكون التعرض المباشر من استخدام المنتجات الصيدلانية لعلاج الجرب والقمل مدعاة للانشغال. ومن المحتمل أن يثير التعرض من المصادر الغذائية انشغالا بالنسبة للوجبات الغذائية ذات المحتوى الدهني الحيواني المرتفع والوجبات الغذائية الكفافية لجماعات إثنية معينة (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦، ووكالة التعاون البيئي، ٢٠٠٥). وينبغي أن يثير التعرض المهني في المرافق التصنيعية انشغالا، لأن إنتاج اللينديين ينطوي على تعرض العامل لايزومرات سداسي كلورو حلقي الهكسان أخرى أيضا، وعلى سبيل المثال يعتبر ايزومير ألفا مادة مسرطنة محتملة للبشر (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٦).

واللينديين شائع جدا في البيئة البحرية والتربة، مع وجود تركيزات أعلى في كثير من الأحيان في المناطق الأبرد جوا. وقد تم التدليل على قدرة اللينديين على الانتقال بعيد المدى بالنسبة للمنطقة الأوروبية (منظمة الصحة العالمية/أوروبا، ٢٠٠٣).

ورغم أنه يبدو أن الإنتاج الراهن لليندين آخذ في التناقص حيث لم يعد باقيا سوى عدد قليل فقط من البلدان المنتجة، فإن عملية الإنتاج القاصرة المستخدمة في تصنيع هذا المبيد الحشري على مدار السنين كانت بمثابة مشكلة تلوث على الصعيد العالمي تركت من خلفها، وربما لا تزال تترك من خلفها، تراثا هائلا من منتجات النفايات الملوثة (IHPA، ٢٠٠٦).

وقد يشير تقييم البيانات التجريبية المختبرية لليندين إلى وجود إمكانية أقل للتراكم الأحيائي والتضخيم الأحيائي مما هو متوقع بالنسبة لمبيدات الآفات الكلورية العضوية الأخرى. وفي الحقيقة، ينبغي اعتبار اليندين حالة أوسع نطاقا من حيث قدرته على التراكم الأحيائي. ومن حسن الحظ أن هناك كمية كبيرة من البيانات الرصدية للكائنات الحية تسمح بتقييم حقيقي لموجز بيانات مخاطر اليندين بالمقارنة مع مبيدات الآفات الكلورية العضوية الأخرى. والمعلومات التي توفرها هذه الكمية الهائلة من البيانات الميدانية الحقيقية حاسمة: تركيزات اليندين في عينات الكائنات الحية المجموعة من أماكن بعيدة عن مناطق استخدامه مماثلة لتلك الملاحظة بشأن مبيدات الآفات الكلورية العضوية الأخرى، مما يؤكد الانشغال بشأن ثباته وتراكمه الأحيائي وانتقاله بعيد المدى.

وحيث أن سمية اليندين مماثلة أيضا لتلك الملاحظة بشأن مبيدات الآفات الكلورية العضوية الأخرى، بل وقد تكون أعلى منها، فينبغي اعتبار أن الانشغال بشأن خواص الملوثات العضوية الثابتة لليندين مساو لذلك الملاحظ بشأن مواد كيميائية أخرى مدرجة بالفعل في اتفاقية استكهولم. وعلى سبيل المثال، وجد ويزبورد وآخرون (Weisbrod et al) (٢٠٠٢) أن مستويات اليندين في الحيتان الطيارة مساوية أو أقل بشكل طفيف فحسب من تلك الموجودة بشأن الألدرين أو الإندرين أو سباعي الكلور أو الميريكس. كما وجد سورمو وآخرون (Sormo et al) (٢٠٠٣) وكنعان وآخرون (٢٠٠٤) مستويات مماثلة لمجموع سداسي كلورو حلقي الهكسان منها بالنسبة لمجموع الكلوردين في الفقمة الرمادية وقضاعة البحر.

٤ - بيان ختامي

كان اليندين موضع تقارير تقييم مخاطر عديدة قامت بها وكالات مختلفة، وللوائح تنظيمية قطرية متباينة، ولمبادرات دولية تبين انشغالا عاما متزايدا بشأن هذا المركب الكلوري العضوي وتبين أنه تم الاضطلاع بالفعل بإجراءات عالمية.

والمعلومات المقدمة في الوثيقة الحالية، علاوة على المعلومات الواردة في العديد من تقارير تقييم المخاطر المنشورة عن اليندين تبين أن اليندين ثابت ومتراكم أحيائيا وسمي ويوجد في عينات بيئية من كافة أنحاء العالم وكذلك في دم البشر ولبن الأم البشري والأنسجة الدهنية البشرية في مختلف السكان الذين تمت دراستهم، ويؤثر بخاصة على مجتمعات القطب الشمالي التي تعتمد على الأغذية الكفافية. وتبين هذه النتائج أن من المحتمل أن يسفر اليندين نتيجة لانتقاله البيئي بعيد المدى عن آثار معاكسة ذات شأن على صحة البشر وعلى البيئة بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي.

شكر وعرفان

نشعر بالامتنان لكل من Jon Arnot and Don Mackay (Trent University), Frank Wania (University of Toronto), Janice Jensen (USEPA), John Vijgen (IHPA) لما قدموه لنا من اتصالات ومعلومات مفيدة لدعم إعداد هذه الوثيقة. ونشعر بالامتنان على وجه الخصوص لتيري بيدلمان، الباحث العلمي الأقدم في مركز التجارب البحثية الجوية في وكالة البيئة الكندية الذي قدم لنا الوثيقة المعروضة بوصفها POPRC/LINDANE/INF.2 والمعنونة "*Isomerization of Lindane*".

المراجع

ATSDR, 2005. Toxicological Profile for Hexachlorocyclohexanes, U.S. Department of Health & Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, August, 2005. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp43.html

Australia, 2006. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. January 2006.

Bailey, R., Barrie, L., Halsall, C., Fellin, P., Muir, D. 2000. Atmospheric organochlorine pesticides in the western Canadian Arctic: Evidence of transpacific transport. J. Geophys. Res. 105, 11805-11811.

Ballschmiter, K., Wittlinger, R. 1991. Interhemispheric exchange of HCH, hexachlorobenzene, polychlorobiphenyls and 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane in the lower troposphere. Environ. Sci. Technol. 25, 1103-1111.

Berny, Ph.; Lachaux, O.; Buronfosse, T.; Mazallon, M.; Gillet, C. Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*), as Indicators of Freshwater Contamination with Lindane. *Environmental Research, Section A*, 2002. (90) 142-151.

Bidleman, T., Walla, M., Roura, R., Carr, E., Schmidt, S. 1993. Organochlorine pesticides in the atmosphere of the Southern Ocean and Antarctica, January - March, 1990. Marine Pollut. Bull. 26, 258-262.
Buser, H.F.; Müller M. Isomer and Enantioselective Degradation of Hexachlorocyclohexane Isomers in Sewage Sludge under Anaerobic Conditions. *Environmental Science and Technology*. 1995. 29: 664-672.

Butte, W., K. Fox, and G-P. Zauke,1991. Kinetics of Bioaccumulation and Clearance of Isomeric Hexachlorocyclohexanes. Sci.Total Environ. 109/110:377-382

CACAR, 2003. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II. Sources, occurrence, trends and pathways in the physical environment. Northern Contaminants Program. Indian and Northern Affairs Canada.

Caquet, T., E. Thybaud, S. Le Bras, O. Jonot, and F. Ramade.1992. Fate and Biological Effects of Lindane and Deltamethrin in Freshwater Mesocosms. Aquat.Toxicol. 23(3/4):261-278

Carlberg, G.E. et al,1986. Influence of Aquatic Humus on the Bioavailability of Chlorinated Micropollutants in Atlantic Salmon. Arch.Environ.Contam.Toxicol. 15:543-548

CEC, 2005. Commission for Environmental Cooperation.The North American Regional Action Plan (NARAP) on Lindane and Other Hexachlorocyclohexane (HCH) Isomers. Draft for public comment dated 5 October 2005. http://www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=english&ID=1821

Chevreuil, M., and P. Testard1991 Monitoring of Organochlorine Pollution (PCB, Pesticides) by a Filter Feeder Lamellibranch (Dreissena polymorpha Pallas) C.R.Acad.Sci.Ser.II 312(5):473-477

Crop Life, 2006. Information submitted by CropLife International on behalf of Chemtura. Annex E information. Stockholm Convention.

Dickhut, R.M., Cincinelli, A., Cochran, M., Ducklow, H.W. 2005. Atmospheric concentrations and air-water flux of organochlorine pesticides along the western Antarctic Peninsula. Environ. Sci. Technol. 39, 465-470.
Donkin, P., J. Widdows, S.V. Evans, F.J. Staff, and T. Yan1997 Effect of Neurotoxic Pesticides on the Feeding Rate of Marine Mussels (Mytilus edulis). Pestic.Sci. 49(2):196-209

Geyer, H.J.; Scheunert, I.; Brüggemann, R.; Langer, D.; Korte, F.; Kettrup, A.; Mansour, M.; Steinberg, C.; Nyholm, N.; Muir, D. Half-lives and Bioconcentration of lindane (gamma-HCH) in different fish species and relationship with their lipid content. *Chemosphere*, 1997. Vol. 35 (1/2), 343-351.

Hartley, D. M. and J.B. Johnston1983 Use of the Freshwater Clam Corbicula manilensis as a Monitor for Organochlorine Pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 31:33-40

IHPA., 2006. The Legacy of Lindane HCH Isomer Production. A global Overview of residue Management, Formulation and Disposal. International HCH & Pesticides Association www.ihpa.info

Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N., Tatsukawa, R. 1993. Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate. Environ. Sci. Technol. 27, 1080-1098.

Japan, 2006. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2006.

Kallenborn, R., Oehme, M., Wynn-Williams, D., Schlabach, M., Harris, J. 1998. Ambient air levels and atmospheric long-range transport of persistent organochlorines to Signey Island, Antarctica. Sci. Total Environ. 220, 167-180.

Kanazawa, J. 1981 Measurement of the Bioconcentration Factors of Pesticides by Freshwater Fish and Their Correlation with Physicochemical Properties or Acute Toxicities. Pestic.Sci. 12(4):417-424

Kannan K., Kajiwara N., Watanabe M., Nakata H., Thomas N.J., Stephenson, M.,Jessup D.A., Tanabe, S., Profiles of polychlorinated biphenyl congeners, organochlorine pesticides, and butyltins in Southern sea otters and their prey. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 23, No. 1, pp. 49–56, 2004

Kosian, P., A. Lemke, K. Studders, and G. Veith, 1981. The Precision of the ASTM Bioconcentration Test.EPA 600/3-81-022, U.S.EPA, Duluth, MN:20 p

Kumar, Y. 2001. Pesticides in Ambient Air in Alberta. ISBN 0-7785-1889-4. Report prepared for the Air Research Users Group, Alberta Environment, Edmonton, Alberta.

La Rocca, C., A. Di Domenico, and L. Vittozzi, 1991. Chemiobiokinetic Study in Freshwater Fish Exposed to Lindane: Uptake and Excretion Phase Rate Constants and Bioconcentration Factors. Int.J.Environ.Health Res. 1(2):103-116

Lakaschus, S., Weber, K., Wania, F., Bruhn, R., Schrems, O. 2002. The air-sea equilibrium and time trend of HCHs in the Atlantic Ocean between the Arctic and Antarctica. Environ. Sci. Technol. 36, 138-145.

Li Y. F., Zhulidov A. V., Robarts R. D., Korotova L. G. Hexachlorocyclohexane Use in the Former Soviet Union Arch. Environ. Contam. Toxicol. 48, 10–15 (2004)

Li, Y.F. et.al. The Transport of beta-hexachlorocyclohexane to the western Arctic Ocean: a contrast to alpha-HCH. *The Science of the Total Environment*, 2002. 291(1-3), 229-246.

Mackay Donald, Wan Ying Shiu and Kuo-CHing Ma. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties of Environmental Fate for Organic Chemicals. CRC Press, 1997.

Oehme, M., Manø, S. 1984a. The long-range transport of organic pollutants to the Arctic. Fres. Z. Anal. Chem. 319, 141-146.

Oehme, M., Ottar, B. 1984b. The long range transport of polychlorinated hydrocarbons to the Arctic. Geophys. Res. Lett. 11, 1133-1136.

Oliver, B.G., and A.J. Niimi, 1985. Bioconcentration Factors of Some Halogenated Organics for Rainbow Trout: Limitations in Their Use for Prediction of Environmental Residues. Environ.Sci.Technol. 19(9):842-849

Oliver, B.G. and A.J. Niimi1988. Trophodynamic Analysis of Polychlorinated Biphenyl Congeners and Other Chlorinated Hydrocarbons in the Lake Ontario Ecosystem. Environ. Sci Technol. 22:388-397

Pacyna, J., Oehme, M. 1988. Long-range transport of some organic compounds to the Norwegian Arctic. Atmos. Environ. 22, 243-257.

Poland, 2006. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2006

Renberg, L., M. Tarkpea, and E. Linden,1985. The Use of the Bivalve Mytilus edulis as a Test Organism for Bioconcentration Studies, Ecotoxicol.Environ.Saf. 9:171-178

Schreitmüller, J., Ballschmiter, K. 1995. Air-water equilibrium of HCHs and chloromethoxybenzenes in the North and South Atlantic. Environ. Sci. Technol. 30, 852-858.

Shatalov, V., Malanichev, A., Berg, T., Larsen, R. 2000. Investigation and assessment of POP transboundary transport and accumulation in different media. Part 1. EMEP report 4/2000, Meteorological Synthesizing Centre - East, Moscow.

Shatalov, V., Malanichev, A.. Investigation and assessment of POP transboundary transport and accumulation in different media. Part 2. EMEP report 4/2000, Meteorological Synthesizing Centre - East, Moscow.

Shen, L.; Wania, F.; Lei, Y.D.; Teixeira, C.; Muir, D. C.; Bidleman, T. Hexachlorocyclohexanes in the North American Atmosphere. *Environmental Science & Technology*. 2004. 38, 965-975.

Sørmo. E., Skaare,J., Jüssi I., Jüssi M., Jenssen, B.M.. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in Baltic and Atlantic gray seal (*Halichoerus grypus*) pups. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 22, No. 11, pp. 2789–2799, 2003

Thybaud, E., and S. Le Bras1988 Absorption and Elimination of Lindane by Asellus aquaticus (Crustacea, Isopoda) Bull.Environ.Contam.Toxicol. 40(5):731-735

[U]NECE, 2004. Technical Review Report on Lindane. Reports on Substances Scheduled for Re-assessments Under the UNECE POPs Protocol. Prepared by Austria in 2004 http://www.unece.org/env/popsxg/docs/2004/Dossier_Lindane.pdf

United States of America, 2006. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. January 2006.

USEPA, 2002. Revised EFED RED Chapter for Lindane, prepared by the Environmental Fate and Effects Division, Office of Pesticide Programs for the Lindane Reregistration Eligibility Decision (RED) for Lindane. U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/lindane/efed_ra_revised.pdf

USEPA, 2006: Assessment of Lindane and Other Hexachlorocyclohexane Isomers. U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/2006/February/Day-08/p1103.htm

Van Drooge, B.L., Grimalt, J.O., Garcia, C.J.T., Cuevas, E. 2002. Semivolatile organochlorine compounds in the free troposphere of the North Eastern Atlantic. Environ. Sci. Technol. 36, 1155-1161.

Vigano, L., S. Galassi, and M. Gatto, 1992. Factors Affecting the Bioconcentration of Hexachlorocyclohexanes in Early Life Stages of Oncorhynchus mykiss Environ.Toxicol.Chem. 11(4):535-540

Walker, K.; Vallero D.A.; Lewis R.G.. Factors influencing the distribution of lindane and other hexachlorohexanes. *Environmental Science & Technology*, 1999. 33:4373-4378.

Weisbrod A.V., Shea D., Moore, M.J., Stegeman J.J., Bioaccumulation patterns of polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides in Northwest Atlantic pilot whales. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 19, No. 3, pp. 667–677, 2000

WHO, 1991. IPCS International Programme on Chemical Safety. Health and Safety Guide No. 54 LINDANE (Gamma-HCH) HEALTH AND SAFETY GUIDE. United Nations Environment Programme. International Labour Organisation. World Health Organization. Geneva, 1991. http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg054.htm

WHO/Europe, 2003. Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution, Joint WHO/convention task force on the health aspects of air pollution. WHO/Europe. 2003. Chapter 3: Chapter 3/Hexachlorocyclohexanes http://www.euro.who.int/Document/e78963.pdf

Yamamoto, Y., M. Kiyonaga and T. Watanabe 1983 Comparitive Bioaccumulation and Elimination of HCH Isomers in Short-necked Clam (Venerupis japonica) and Guppy (Poecilia reticulata). Bull.Env.Contam.Toxicol. 31:352-359