

Distr.: General
28 August 2007

Arabic
Original: English

برنامج الأمم المتحدة للبيئة



لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة التابعة
لاتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة
الاجتماع الثالث

جنيف، ١٩ - ٢٣ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧
البند ٩ (د) من جدول الأعمال المؤقت*

النظر في مشروع موجز بيانات المخاطر: سداسي كلور
حلقي الهكسان ألفا

مشروع موجز بيانات المخاطر: سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا

مذكرة من الأمانة

١ - اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة، في اجتماعها الثاني، المقرر لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة - ٩/٢ بشأن سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا^(١) وفي الفقرة ٢ من المقرر المذكور، قرّرت اللجنة إنشاء فريق عامل مخصّص لمواصلة استعراض المقترح الخاص بإدراج سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا في المرفقات ألف أو باء أو جيم، أو فيها كلّها، من اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة (انظر الوثيقتين UNEP/POPS/POPRC.2/15 و UNEP/POPS/POPRC.2/INF/7)، ومشروع موجز لبيانات المخاطر وفقاً للمرفق هاء من الاتفاقية.

٢ - ترد أسماء أعضاء الفريق العامل المخصّص بشأن سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا، وكذلك المراقبين فيه، في المرفق الخامس من الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.2/17.

* UNEP/POPS/POPRC.3/1/Rev.1.

(1) انظر UNEP/POPS/POPRC.2/17، المرفق.

٣- كما اعتمدت اللجنة في اجتماعها الثاني،^(١) خطة عمل موحدة من أجل إعداد مشروع موجز لبيانات المخاطر.

٤- وفقاً للمقرر لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة - ٩/٢ الصادر عن اللجنة، وكذلك خطة العمل الموحدة التي اعتمدها اللجنة، أعد الفريق العامل المخصص بشأن سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا مشروع موجز بيانات المخاطر المعروض في مرفق هذه المذكرة. ولم يتم تحرير نص مشروع موجز بيانات المخاطر رسمياً. وترد معلومات مفصلة عن بيان المخاطر في الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.3/INF/27.

الإجراء الذي يمكن أن تتخذه اللجنة

٥- قد ترغب اللجنة في:

(أ) اعتماد مشروع موجز بيانات المخاطر المعروض في مرفق هذه المذكرة، مع إدخال ما تراه مناسباً من تعديلات عليه؛

(ب) اتخاذ قرار، وفقاً للفقرة ٧ من المادة ٨ من الاتفاقية، وعلى أساس موجز بيانات المخاطر، فيما إذا كان من المحتمل أن تؤدي هذه المادة الكيميائية، نتيجة لانتقالها البعيد المدى، إلى آثار ضارة خطيرة الشأن في الصحة البشرية أو في البيئة، أو كليهما، مما يسوغ اتخاذ إجراء بشأنها على الصعيد العالمي، ومباشرة تنفيذ المقترح؛

(ج) الاتفاق، بناءً على القرار المتخذ في إطار البند (ب) أعلاه من هذا المقرر، على ما يلي:

١' دعوة جميع الأطراف والمراقبين إلى تقديم معلومات بمقتضى المرفق واو من الاتفاقية، وإنشاء فريق عامل مخصص ليتولى إعداد مشروع مخطط لتقييم إدارة المخاطر، وكذلك الاتفاق على خطة عمل لاستكمال ذلك المشروع؛

٢' أو إتاحة موجز بيانات المخاطر لجميع الأطراف والمراقبين ثم وضعه جانباً.

(2) المرجع نفسه، الفقرة ٣٦ والمرفق الثاني ألف.

سُداسي كلور حَلَقِي الهكسان ألفا

مشروع موجز بيانات المخاطر

مشروع نص أعدّه الفريق العامل المخصّص
بشأن سُداسي كلور حَلَقِي الهكسان ألفا
التابع للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة،
المنبثقة عن اتفاقية استكهولم

آب/أغسطس ٢٠٠٧

جدول المحتويات

٥	موجز تنفيذي	٥
٧	مقدمة	٧
٧	١-١ الهويّة الكيميائية	٧
٩	٢-١ استنتاج لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة من معلومات المرفق دال	٩
٩	٣-١ مصادر البيانات	٩
١٠	٤-١ وضعية المادة الكيميائية بمقتضى الاتفاقيات الدولية	١٠
١١	٢-٢ ملخص معلومات وثيقة الصلة بموجز بيان المخاطر	١١
١١	١-٢ المصادر	١١
١١	١-١-٢ الإنتاج	١١
١١	٢-١-٢ التجارة والمخزونات	١١
١٢	٣-١-٢ أغراض الاستخدام	١٢
١٢	٤-١-٢ عمليات الإطلاق في البيئة	١٢
١٣	٢-٢ المصير البيئي	١٣
١٣	١-٢-٢ الثبات	١٣
١٥	٢-٢-٢ التراكم الأحيائي	١٥
١٨	٣-٢-٢ الانتقال البيئي البعيد المدى	١٨
١٩	٣-٢ التعرّض	١٩
٢٠	١-٣-٢ بيانات الرصد البيئي المستمدة من المناطق المحلية	٢٠
٢٢	٢-٣-٢ التعرض نتيجة للانتقال البيئي البعيد المدى	٢٢
٢٣	٣-٣-٢ الغذاء	٢٣
٢٤	٤-٣-٢ العبء الجسمي	٢٤
٢٥	٥-٣-٢ تعرض الأطفال	٢٥
٢٦	٤-٢ تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للقلق	٢٦
٢٩	٣-٢ توليف المعلومات	٢٩
٣٠	٤-٢ البيان الختامي	٣٠
٣٢	المراجع	٣٢

موجز تنفيذي

اقترحت المكسيك، بصفتها طرفاً في اتفاقية استكهولم، إدراج المواد ليندين وسُداسي كلور حَلقي الهكسان ألفا وبيتا أيضاً في المرفق ألف أو باء أو جيم من اتفاقية استكهولم. وبعد أن تمّ الاتفاق على موجز بيانات المخاطر الخاص بالمادة ليندين، إبّان الاجتماع الأخير الذي عقدته لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦، خلصت اللجنة إلى الاستنتاج بأن المادة سُداسي كلور حَلقي الهكسان (HCH)-ألفا مطابقة أيضاً لمعايير الفرز المبيّنة في المرفق دال من الاتفاقية، وأنه ينبغي القيام بوضع المقترح في صيغة أكثر تفصيلاً، وإعداد مشروع موجز لبيانات المخاطر.

ذلك أنه بعد اتّساع نطاق استعمال المادة سُداسي كلور حَلقي الهكسان التقنية طيلة أربعين عاماً تقريباً في العالم قاطبة، تمّت الاستعاضة عنها على نحو تدرّجي بالمادة ليندين (أي سُداسي كلور حَلقي الهكسان (HCH) -جاما). ولم يُبلّغ عن استعمال هذه المادة (HCH) بصيغتها التقنية على نحو ذي دلالة بعد العام ٢٠٠٠. غير أنه قد تحدث أيضاً إطلاقات في البيئة من إنتاج المادة ليندين، وكذلك من مواقع النفايات الخطرة، ومدافن النفايات والمواقع الملوّثة. وبسبب سمات الخطورة البيئية في مركّبات المادة (HCH) التقنية (بما في ذلك المادة (HCH)-ألفا باعتبارها الأيزومر (المصاوغ أو المتماكب الرئيسي)، وكذلك بسبب وفرتها الواسعة الانتشار، فهي تخضع الآن للوائح التنظيمية وتدابير الحظر الوطنية والدولية.

علماً بأن المادة (HCH)-ألفا قابلة للتعرّض للتحلّل اللاأحيائي والأحيائي معاً بمعدّلات ودرجات متفاوتة، تبعاً على سبيل المثال، للوسط البيئي والموقع والمناخ. ومن المتوقع أن تتحلّل المادة (HCH)-ألفا بسرعة في الأحوال المناخية المدارية، في حين أنها تتراكم في المناخات الباردة. كما إن المادة (HCH)-ألفا تكون ثابتة بدرجة معتدلة في التربة. واستناداً إلى القيم المستمدّة من المستجمعات المائية، أي أوساط المياه العذبة والمياه البحرية في منطقة القطب الشمالي وغيرها، يمكن الاستنتاج بأن المادة (HCH)-ألفا تظهر درجات ثبات عالية في الماء في المناطق الباردة.

كما أن الخواص الفيزيائية-الكيميائية التي تنطوي عليها المادة (HCH)-ألفا تتيح لها الانتشار من مصادرها إلى منطقة المحيط القطبي الشمالي بواسطة مجموعة من عوامل الانتقال البعيد المدى في الغلاف الجوي والتيارات المائية في المحيطات. وقد كُشف وجود المادة (HCH)-ألفا بنسب عالية المستوى في المحيط القطبي الشمالي، حيث أخذت تتجمّع في مخزونات كبيرة الحجم، كما أخذت تتسرّب إلى الأنواع الأحيائية البحرية وكذلك البرية.

لكن درجات التعرّض للتلوّث بالمادة (HCH)-ألفا في المناطق المحلية أخذت تتدنّى بعد إخضاع هذه المادة لتدابير الحظر والتقييد في جميع أنحاء العالم. غير أن المناطق الحديثة التعرّض لهذه المادة أو المناطق التي توجد فيها درجة عالية من التلوّث لا تزال تتبدّى فيها بمستويات مرتفعة. وينشأ داع إلى القلق بصفة خاصة أيضاً من التعرّض للتلوّث في جوانب مواقع النفايات الخطرة ومدافن النفايات، مما يتأتّى من مخلفات التخلّص من المادة (HCH)-ألفا من إنتاج المادة ليندين. ومن جرّاء ثبات المادة (HCH)-ألفا لصعوبة تحلّلها، ما زال يمكن كشف وجودها بانتظام على مستويات حلقية منخفضة في البيئة. وأبلغ أيضاً عن كشف وجودها على مستويات مرتفعة في منطقة القطب الشمالي (علماً بأن المستويات في المحيط القطبي الشمالي أعلى منها في المحيطات والبحيرات المعتدلة درجة الحرارة). ومع أن مستويات وجود المادة (HCH)-ألفا في الهواء انخفضت إلى أكثر من عشرين ضعفاً منذ الثمانينات وحتى الآن، فإنه لم يحدث سوى تغيير ضئيل في كمّونها في الضواري البحرية والبرية العليا، مثل عجول البحر (الفقمة) ذات الفراء والدّبة القطبية.

وبسبب وجود المادة (HCH)-ألفا في السلسلة الغذائية البرية والمائية، فإنها قد تتراكم وتتضخم أحيائياً في المجمعات الأحيائية النباتية والحيوانية والشبكات الغذائية في المنطقة القطبية الشمالية. ونسبة عوامل التضخم الأحيائي (بالمقارنة بين الضواري والفرائس) بخصوص كثير من الأنواع المفحوصة، أكبر من واحد. كما إن بعض الحيوانات، وبخاصة الطيور، بل الثدييات أيضاً، لديها الإمكانية على استقلاب (تأييض) المادة (HCH)-ألفا. وبما أن هذا يُعتبر عملية تحويل أحيائي بتمثال صوري انتقائي، فقد يحدث تراكم مميّز للمادة (HCH)-ألفا (+) أو (-) في الثدييات (تبعاً للأنواع الأحيائية).

والمادة (HCH)-ألفا هي أشد الأيزومرات إمكانيةً للتسميم العصبي، إلى جانب الأيزومر (HCH)-جاما. وقد صنّفتها الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) كمادة مُسرطنة يمكن أن تسبب السرطان في البشر (الفئة ٢ باء)، بالاستناد إلى أدلة إثبات لم تكن كافية عن سرطنتها بالنسبة إلى البشر، لكنها كانت كافية عن سرطنتها بالنسبة إلى الحيوانات. كذلك تسبب المادة (HCH)-ألفا فرط تنسج مرضي في الكبد وأوراماً كبدية في القوارض (المختبرية). ومن المعروف من خلال التجارب على الحيوانات أن هذه المادة تؤثر في الجهاز المناعي؛ وقد لوحظت آثار كابته للمناعة في البشر أيضاً، لدى أشخاص تعرّضوا للمادة (HCH) التقنية كذلك. وتبين الدراسات الوبائية ارتفاع معدل انتشار الإصابة بسرطان الثدي بعد التعرض للمادة (HCH)-ألفا، وكذلك الاضطرابات الهرمونية التي تؤدي إلى العقم والإجهاض. كما يفترض وجود ارتباط محتمل بين تأثير هذه المادة وتأخر نمو الجنين داخل الرحم وفقر الدم اللاتنسجي.

وبالاستناد إلى موجز بيانات الخطورة ومشاهد التعرض الافتراضية، يمكن الاستنتاج بأن المادة (HCH)-ألفا قد تنطوي على تأثير ضار للأحياء البرية والصحة البشرية في المناطق الملوثة بها. وقد أشارت التقديرات الصادرة عن وكالة حماية البيئة، التابعة للولايات المتحدة (EPA)، بناءً على معدلات الجرعات اليومية بالنسبة إلى سكان القطب الشمالي، إلى ارتفاع معدلات الإصابة بالسرطان لديهم، وإن كانت تلك التقديرات متحفظة جداً. ولا بدّ من النظر بعين الاعتبار أيضاً إلى أن الكبد هو العضو الجسمي المستهدف من جميع أيزومرات المادة (HCH)، مما يترك المجال لمخاطر احتمال تأثير مواد إضافية معها. علاوة على ذلك، فإن السكان الأصليين في منطقة القطب الشمالي، وكذلك الأحياء البرية، كليهما عرضة لطائفة واسعة من الملوثات العضوية الثابتة وغيرها من الملوثات أيضاً، مما يؤدي إلى احتمال ازدياد المؤثرات بفعل المواد الإضافية أو إلى إمكانية تآزر أضرار تلك المؤثرات والمواد، وهي احتمالات يصعب التنبؤ بها، ومع ذلك، فإن السلطات المسؤولة عن الصحة العامة في المنطقة القطبية الشمالية تعتقد بأن المنافع الاجتماعية والثقافية والاقتصادية ذات الأهمية، التي تنطوي عليها الأغذية التقليدية، ترجح كفتها على مخاطر ملوثات مثل المادة (HCH) في الوقت الحاضر، مما يقدم سبباً آخر إضافياً يوجب المبادرة بسرعة إلى فرض الرقابة على جميع أيزومرات المادة (HCH) وإزالتها من الأغذية التقليدية.

وهذه هي الأسباب التي تسوّغ اتخاذ إجراء عالمي النطاق بشأن المادة (HCH)-ألفا.

١ - مقدمة

في المقترح المقدم من المكسيك بإدراج المادة الليندين في المرفق ألف أو باء أو جيم من اتفاقية استكهولم، وكذلك فيما أعقب ذلك من المناقشات، خلص إلى "ضرورة النظر أيضاً إلى أيزومرات سداسي كلور حلقي الهكسان الأخرى" (UNEP/POPS/POPRC.2/10). ومن ثمّ قدّمت المكسيك، في السادس والعشرين من تموز/يوليه ٢٠٠٦، اقتراحاً بإدراج المادة سداسي كلور حلقي الهكسان (HCH)-ألفا في المرفقات ألف أو باء أو جيم من اتفاقية استكهولم (UNEP/POPS/POPRC.2/INF/7). وقد أعدت النمسا (بالنيابة عن ألمانيا) مشروع خطة العمل الأول بشأن المادة (HCH)-ألفا.

والمادة (HCH)-ألفا هي واحد من الأيزومرات المستقرّة الخمسة من المادة سداسي كلور حلقي الهكسان (HCH) التقنية، وهي مبيد آفات كلوري عضوي كان يُستخدم سابقاً في الزراعة. وأمّا أنماط مفعول أيزومرات (HCH) فتختلف كميّاً ونوعياً فيما يخصّ نشاطها الأحيائي (البيولوجي) في الجهاز العصبي المركزي باعتباره الجهاز المستهدف الرئيسي. كما إن المادة (HCH)-ألفا منشط بالدرجة الرئيسية للجهاز العصبي المركزي، ولكن التأثير النهائي الناجم عن الأيزومرات الخليطة يتوقّف على التركيب (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS)، ٢٠٠١). وبصفة عامة، يمكن القول بأن المواد من سداسي كلور حلقي الهكسان هي من بين أكثر مبيدات الآفات درساً فيما يخصّ مصيرها وآثارها في البيئة، نقلاً عن برايفيك وآخرين في عام ١٩٩٩ (Breivik et al.).

١-١ الهوية الكيميائية

الاسم الكيميائي: سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا (HCH-ألفا)

الاسم بحسب قائمة الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC): سداسي كلور حلقي الهكسان

(1a,2a,3b,4a,5b,6b)-Hexachlorocyclohexane

المترادفات الشائعة: سداسي كلور حلقي الهكسان-١،٢،٣،٤،٥،٦، أيزومر ألفا، 1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane,

alpha isomer, (1alpha,2alpha,3beta,4alpha,5beta,6beta)-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-1,2,3,4,5,6-

Hexachlorocyclohexane; alpha-benzene hexachloride, alpha-BHC, alpha-HCH, alpha-lindane; benzene-trans-

hexachloride, Hexachlorocyclohexane-Alpha (Chemfinder, 2007).

المادة (HCH)-ألفا هي جزيء لا انطباقي؛ وتُبيّن تماثلته الصوريّة في الشكل ١.

الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية (CAS):

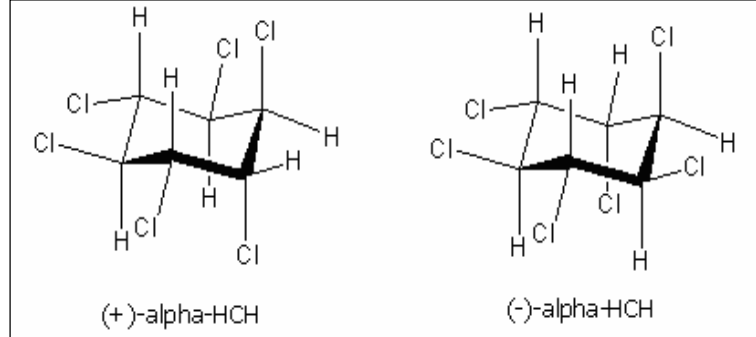
الرّزيم: 319-85-6, (+) alpha-HCH: 11991169-2, (-) alpha-HCH: 119911-70-5

المعادلة الكيميائية: $C_6H_6Cl_6$

الوزن الجزيئي: ٢٩٠,٨٣

الشكل ١: بنية جزئيات (HCH)-ألفا

معدّلة عن بوزر وآخرين (١٩٩٥) (Buser et al.)



وأما استقرار أيزومرات (HCH) وثباتها فيزيائياً إلى توجّه ذرات الكلور في الجزيء. ويُرجّح أن تتيح ذرات الكلور المحورية مواقع حافزة للتحلّل الخمائري (الأنزيمي). وتظهر المادة (HCH)-ألفا ٤ ذرات كلورية محورية التوجّه و ٢ من الذرات الاستوائية التوجّه. ومن ثم يُعتقد بأن هذا الجزيء أكثر عرضةً للتحلّل من الأيزومر-بيتا؛ نقلاً عن فيليبس وآخرين، في عام ٢٠٠٦ (Philips et al.).

١-١-١ الخواص الفيزيائية-الكيميائية

الخواص الفيزيائية-الكيميائية للمادة (HCH)-ألفا (انظر الجدول ١-١ للاطلاع على بعض الخواص المنتقاة) تتيح انتقال المادة البعيد المدى وحدوث "تكتّف بارد"، مما يؤدي إلى إثراء المادة في المناخات الباردة مقارنةً بالتركّزات التي توضع بالقرب من المصادر، بحسب نطاقات خطوط الارتفاع والعرض، مما ورد وصفه في دراسة وانيا وماكاي (عام ١٩٩٦) (Wania and Mackay). ويمكن أن تتطاير المادة (HCH)-ألفا بضغط بخارها وانخفاض معامل تجزؤ الأوكتان-الهواء من سطوح التربة. كما أن ثابت "قانون هنري" الخاص بعلاقة الغاز الذائب بالضغط منخفض نسبياً، ويتناقص بحسب درجة الحرارة.

الجدول ١-١- خواص فيزيائية كيميائية منتقاة

432 ₁	درجة الذوبان (كلفن)
561 ₁	درجة الغليان (كلفن)
0.33 ₂	الانحلال في الماء (جزء* م-٣ عند ٢٦° درجة مئوية)
0.25 ₂	ضغط البخار-وحدة باسكال (Pa) عند ٢٥° درجة مئوية)
0.74 ₂	ثابت قانون "هنري" (Pa م-٣ جزء-١)
3.9 ₂	(لوغاريتم مُعامل تجزؤ الأوكتان-الماء) "لوغ كوو" (٢٥° درجة مئوية)
7.5 ₂	(لوغاريتم مُعامل تجزؤ الأوكتان-الهواء) "لوغ كوا" (٢٥° درجة مئوية)
جسم صلب متبلور ₁	الحالة الفيزيائية

(١) الوكالة المعنية بسجل المواد السامة والأمراض (ATSDR) (٢٠٠٥).

(٢) تشياو وآخرون (٢٠٠٤) (Xiao et al.).

٢-١ استنتاج لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة من معلومات المرفق دال

قِيَّمت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة المقترح الذي قدّمته المكسيك بخصوص المادة سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا (HCH)-ألفا (الوثيقة UNDP/POPS/POPRC.2/INF/7)، بصيغته التي لخصته بها الأمانة في الوثيقة UNDP/POPS/POPRC.2/15)، وفقاً لمقتضيات المرفق دال من اتفاقية استكهولم، خلال اجتماعها الثاني في جنيف. وفي المقرر ٩/٢ الصادر عن اللجنة، توصلت اللجنة إلى الاستنتاج بأن المادة (HCH)-ألفا تفي بمعايير الفرز المحددة في المرفق دال. وقررت اللجنة أيضاً إنشاء فريق عامل مخصص لاستعراض المقترح على نحو إضافي، ثم إعداد مشروع موجز بيان مخاطر وفقاً للمرفق هاء من الاتفاقية.

٣-١ مصادر البيانات

يستند مشروع موجز بيانات المخاطر إلى مصادر البيانات التالية:

- المقترح الذي قدّمته المكسيك بشأن إدراج المادة سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا في قوائم مرفقات الاتفاقية، ألف أو باء أو جيم أو فيها جميعاً (الوثيقة UNDP/POPS/POPRC.2/INF/7)، عام ٢٠٠٦.
- المقرر ٩/٢ الصادر عن لجنة الاستعراض، عام ٢٠٠٦.
- المعلومات التي قدّمها أطراف ومراقبون وفقاً للمرفق هاء من الاتفاقية: معلومات محدّدة أو علمية أو كلاهما معاً: الجمهورية التشيكية، والشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة (IPEN)، واليابان وسويسرا والولايات المتحدة الأمريكية؛ ومعلومات عامة من: الجزائر، والاتحاد الدولي لحماية الحياة الزراعية (Croplife International)، ومملكة البحرين، وموريشيوس، والمكسيك، وقطر، وجمهورية ليتوانيا، وتركيا. وهذه المعلومات متاحة على الموقع الشبكي الخاص بالاتفاقية:
(<http://www.pops.int/documents/meetings/poprc/prepdocs/annexEsubmissions/submissions.htm>)
- تقييم المادة الليندين وغيرها من أيزومرات سداسي كلور حلقي الهكسان، وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (USEPA) عام ٢٠٠٦:
http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/factsheets/lindane_isomers_fs.htm
- البرنامج الدولي بشأن السلامة الكيميائية، المادتان سداسي كلور حلقي الهكسان ألف-وبيتا، معايير الصحة البيئية ١٢٣، منظمة الصحة العالمية، جنيف، عام ١٩٩٢:
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc123.htm>
- موجز بيانات سُمّية مركّبات سداسي كلور حلقي الهكسان، وزارة الصحة والخدمات البشرية في الولايات المتحدة، دائرة الصحة العامة، الوكالة المعنية بسجل المواد السامة والأمراض، عام ٢٠٠٥:
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp43.html>

- خطة العمل الإقليمية لأمريكا الشمالية (NARAP) بشأن مادة الليندين وغيرها من أيزومرات المادة (HCH)، عام ٢٠٠٦. مفاوضات التعاون البيئي لأمريكا الشمالية:
http://www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=english&ID=2053

١ - إضافةً إلى هذه المصادر المعلوماتية، أُجري بحث في منشورات قواعد بيانات عمومية. وقد استُعملت قواعد البيانات التالية المذكورة مواقعها الشبكية: قاعدة بيانات السموم الكيميائية (ECOTOXicology) (<http://www.epa.gov/ecotox/>)، (Ecotox)، مصرف بيانات المواد الخطرة (HSDB)، Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) و (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>)، وقاعدة بيانات المصير البيئي (<http://www.syrres.com/entrez/query.fcgi?DB=pubmed>)، و (<http://www.efdb.info.htm>)، وعموماً، تشمل المصطلحات البحثية الاسم الكيميائي أو الرقم الصادر عن دائرة المستخلصات الكيميائية (CAS)، أو مجموعة مؤلفة من المصطلحات الكيميائية، وذلك بسبب تعدد البنود المدخلة. وللسبب نفسه، نُظر أيضاً في مقالات محدّدة المواضيع وغيرها من المقالات الحديثة العهد. والتقارير المذكورة أعلاه تحتوي على إحالات مرجعية إفرادية لم تُذكر على التحديد في مشروع موجز بيانات المخاطر الحالي. وترد إحالات مرجعية إضافية في الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.3/INF/27.

١-٤ وضع المادة الكيميائية بمقتضى الاتفاقيات الدولية

المادة (HCH)-ألفا هي أحد مقومات المادة (HCH) التقنية، التي يخضع تنظيمها الرقابي لاثنين على الأقل من الاتفاقيات الدولية. أولهما هو بروتوكول آر هوس لعام ١٩٩٨ بشأن الملوثات العضوية الثابتة (POPs)، التابع لاتفاقية التلوّث الجوّي بعيد المدى عبر الحدود. والمادة (HCH) التقنية مدرجة في المرفق الثاني من البروتوكول، الذي قيّد استعمالها باعتبارها مادة وسيطة في الصناعة التحويلية الكيميائية فحسب.

والاتفاق الثاني هو اتفاقية روتردام لتطبيق إجراء الموافقة المسبقة (PIC) عن علم على مواد كيميائية ومبيدات آفات خطيرة معيّنة متداولة في التجارة الدولية. ومن ثم فإن المادة (HCH) (وهي خليط أيزومرات) خاضعة لإجراء الموافقة المسبقة، ومدرجة في المرفق الثالث من الاتفاقية.

وقد وقّعت كندا والمكسيك والولايات المتحدة على خطة العمل الإقليمية لأمريكا الشمالية بشأن مادة الليندين وغيرها من أيزومرات سداسي كلور حلقي الهكسان (NARAP)، في عام ٢٠٠٦. وهدف خطة العمل المذكورة هو الحد من المخاطر المرتبطة بتعرّض البشر والبيئة لأخطار التلوّث بهذه المواد.

وأما في الاتحاد الأوروبي، فإن إنتاج المادة (HCH) التقنية واستخدامها كوسيط في الصناعة التحويلية الكيميائية سوف يُلغى تدريجياً بحلول نهاية العام ٢٠٠٧ على أبعد تقدير (البند التنظيمي الصادر عن المفوضية الأوروبية (EC) رقم 850/2004). كما إن مركّبات (HCH) مدرجة أيضاً في عداد المواد ذات الأولوية (المقرّر رقم 2455/2001 الصادر عن المفوضية الأوروبية) المشمولة في التوجيه الإداري الإطارى بشأن المياه (رقم 2000/60/EC) الصادر عن المفوضية الأوروبية، المعتمد في الاتحاد الأوروبي.

كذلك فإن أيزومرات سداسي كلور حلقي الهكسان، بما في ذلك أيزومر ألفا، مدرجة في قائمة المواد الكيميائية التي تتطلب إجراءات على سبيل الأولوية، التابعة للجنة حماية البيئة البحرية لشمال شرقي المحيط الأطلسي (OSPAR). والهدف المتوخى هو منع تلوث المناطق البحرية من خلال مواصلة الحد من حالات تصريف المواد الخطرة وانبعائها وكذلك فقدانها من جراء تسربها عشوائياً.

٢ - ملخص معلومات وثيقة الصلة موجز بيان المخاطر

١-٢ المصادر

١-١-٢ الإنتاج

لا يجري إنتاج المادة (HCH)-ألفا بحد ذاتها قصداً ولا تُطرح في السوق؛ بل إنها تُنتج باعتبارها المقوم الرئيسي في تركيب المادة (HCH) التقنية، التي تُستخدم مبيداً للحشرات من المركبات العضوية الكلورية، أو مادة كيميائية بسيطة في الصناعة التحويلية لإنتاج المادة (HCH)-جاما (ليندين). وفي الوقت الحالي، لا يُبلغ عن بيانات بشأن إنتاج المادة (HCH) التقنية، في حين أن صنع الليندين لا يزال جارياً (الرابطة الدولية المعنية بمواد سداسي كلور حلقي الهكسان ومبيدات الآفات) (IHPA, 2006).

وُصِّعَت المادة (HCH) بعملية الكلورة الضوئية للبنزين، التي تؤدي إلى تشكُّل خمسة أيزومرات مستقرة من (HCH) في الأكثر. ويتباين إنتاج الأيزومرات المختلفة بحسب الاختلافات التقنية في عملية الإنتاج. ويشمل نطاق المركبات المبلغ عنها: (HCH)-ألفا (٥٥٪-٨٠٪)، و (HCH)-بيتا (٥٪-١٤٪)، و (HCH)-جاما (٨٪-١٥٪)، و (HCH)-ديلتا (٦٪-١٠٪)، و (HCH)-إبسيلون (١٪-٥٪) - (نقلاً عن برايفيك، وآخرين) (Breivik et al., 1999). ويمكن الحصول على مزيد من التفاصيل عن إنتاج مخلفات (HCH) وإعادة استخدامها، من الوثيقة UNDP/POPS/POPRC.2/17 بالإضافة Add.5 (موجز بيانات مخاطر الليندين)، ومن الرابطة الدولية (IHPA) (٢٠٠٦). وقد ذكرت البلدان التالية التي قدّمت معلومات وفقاً للمرفق هاء، أنه لا يجري حالياً إنتاج المادة (HCH)-ألفا ولا استخدامها: الجمهورية التشيكية وألمانيا وموريشيوس والمكسيك والنرويج وقطر وجمهورية ليتوانيا وتركيا وسويسرا والولايات المتحدة الأمريكية.

٢-١-٢ التجارة والمخزونات

طُرحت المادة (HCH) التقنية في الأسواق في الأربعينات بسرعة وعلى نطاق كبير، وذلك لما تتميز به من خواص مبيدة للحشرات عموماً. وقد ظهرت الفرص الواعدة في الأسواق العالمية من خلال البحث عن بديل رخيص الثمن للمادة دي.دي.بي. (ثنائي كلور وثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإتيان)، (الرابطة الدولية (IHPA, 2006)). ولكن من جرّاء تناقص فعالية الأيسومرات جاما (أكثر من) ألفا (أكثر من) بيتا في مكافحة الحشرات (Baumann et al., 1980)، استُعيض تدريجياً عن المادة (HCH) التقنية بمادة الليندين (أكثر من ٩٩٪ (HCH)-جاما). غير أن صنع الليندين أدى إلى تجمّع مقدار ضخم من مخلفات (HCH)، وكان لا بدّ من التخلص منها أو اللجوء إلى إدارة معالجتها. وقد قدّرت الرابطة الدولية (IHPA) في حساباتها وجود ما يتراوح بين ١,٩ و ٤,٨ مليون طن من مخلفات (HCH)، استناداً إلى إنتاج الليندين على الصعيد العالمي، وذلك بسبب عدم وجود بيانات دقيقة. وهذه التقديرات تتجاوز إلى حدّ بعيد القيم التي أبلغ عنها الباحث ووكر وزملاؤه (Walker et al.) (١٩٩٩)، فذكر في تقريره وجود مخزونات تبلغ ٢ ٧٨٥ مليون طن تقريباً من المادة (HCH) التقنية، و ٤٥ طناً من مواد غير محدّدة من مركّبات (HCH) في أفريقيا وفي الشرق الأدنى.

٢-١-٣ أغراض الاستخدام

أُطلق ما يُقدَّر بنحو ١٠ ملايين طن من المادة (HCH) التقنية في البيئة بين عامي ١٩٤٨ و١٩٩٧ (Li et al., ١٩٩٩). وقدّر الباحث برايفيك وزملاؤه (Breivik et al., ١٩٩٩) استخدام ٤٠٠ ٠٠٠ طن تقريباً من المادة (HCH) التقنية في أوروبا بين عامي ١٩٧٠ و١٩٩٦. وهذه البيانات تبيّن بوضوح وجود قدر كبير من الريبة في هذه التقديرات. ووفقاً لرأي الباحثين لي وماكدونالد (Li and Macdonald, ٢٠٠٥)، كان أغلب استخدام المادة (HCH) التقنية على النطاق العالمي يجري في ١٠ بلدان، تتصدّرها الصين، التي استهلكت قرابة نصف إجمالي الكمية العالمية المستخدمة. وكانت بقية البلدان (بحسب ترتيبها من حيث تناقص درجات الاستخدام): الاتحاد السوفياتي سابقاً والهند وفرنسا ومصر واليابان والولايات المتحدة وألمانيا الشرقية سابقاً وإسبانيا والمكسيك. وقد حُظر استخدام المادة (HCH) التقنية في معظم البلدان الغربية واليابان في السبعينات، لكنه استمر في كل من الصين وروسيا حتى عامي ١٩٨٣ و١٩٩٠. وفي عام ١٩٩٠، حظرت الهند أيضاً استخدام المادة (HCH) التقنية لأغراض الزراعة، لكنها استبقت استخدامها لأغراض الصحة العامة (نقلاً عن برنامج الرصد والتقييم القطبي (AMAP, 2004)). ثم أخذ استخدام المادة (HCH) التقنية ينخفض باطراد، ولم تعد تُستخدم حالياً بالفعل في العالم قاطبة. بيد أن هناك مؤشرات تدلّ على أنه لا يمكن استبعاد احتمال استخدام مخزونات موجودة، أو استخدامها بقدر محدود لأغراض الصحة العامة أو استخدامها على نحو غير قانوني (Zhudidov et al., 2000; Bakore et al., 2003p Qian et al., 2006).

٢-١-٤ عمليات الإطلاق في البيئة

هناك عدّة مسارات تتسرّب من خلالها المادة (HCH)-ألفا إلى البيئة. أما تاريخياً، فكانت هذه المادة تُطلق أثناء عملية الصناعة التحويلية لتكوين المادة (HCH) تقنياً، ثم استخدامها كمبيد آفات. علماً بأن المركّبين (HCH)-ألفا وبيتا يتماثلان في أنماط الانبعاث، ولكنهما يختلفان من حيث النطاق. وقد قدّر الباحثان لي وماكدونالد (٢٠٠٥) حجم استخدام المادة (HCH)-ألفا على النطاق العالمي (استناداً إلى بيانات عن المادة (HCH) التقنية) بنحو ٦ ملايين طن، تبعث منها ٤,٣ ملايين طن في الغلاف الجوي. وبعد فترة الأربعينات ازدادت انبعاثات المادة (HCH)-ألفا، وبلغت ذروتها في مطلع السبعينات. ثم بفضل الحظر الذي فرض على استخدام (HCH)-ألفا في أمريكا الشمالية وفي البلدان الأوروبية واليابان، أخذت الانبعاثات تتناقص، لكنها بلغت مجدداً ذروة أخرى في الثمانينات بسبب تواتر استخدامها في البلدان الآسيوية. ثم بعد فترة الثمانينات، انخفضت الأرقام بفضل فرض المزيد من تدابير الحظر والتقييد، مثلاً في الصين. غير أن انطلاقات المادة (HCH)-ألفا في البيئة ممكنة الحدوث أيضاً من خلال مواقع النفايات الخطرة (USEPA, 2006)، ومخزونات ومخلفات إنتاج مادة الليندين، والتي لا تخضع دائماً للمراقبة أو الصيانة السليمة (IHPA, 2006). كذلك فإن المواقع الملوثة (مثلاً من أثر معامل إنتاج سابقة) قد تسهم في زيادة وطأة تأثير (HCH)-ألفا على البيئة (Concha-Grana et al., 2006). كما أبلغت ألمانيا في تقرير منها (قدّمت معلومات بخصوص المرفق هاء، عام ٢٠٠٧) بأنه لا يزال هناك بضعة مصادر انبعاث محلية معزولة، أي مدفن نفايات ومدافن قمامة في جمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقاً (ألمانيا الشرقية) من مخلفات استخدام (HCH) التقنية في أغراض تطبيقية. ونتيجة لذلك، أخذت تُكشف تركّزات عالية الدرجة من (HCH)-ألفا في أسماك نهر إلبه بالقرب من موقع الإنتاج السابق، وذلك بعد فترات هطول الأمطار الغزيرة والفيضانات التي حدثت في العام ٢٠٠٣. ولكن ليس هناك تقديرات كمّية متاحة عن الانطلاقات من مواقع النفايات الخطرة ومدفن النفايات والقمامة.

٢-٢ المصير البيئي

١-٢-٢ الثبات

تُعتبر المادة سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا، (HCH)-ألفا، بصفة أساسية، قابلة للتحلل (الحسّف) في أوساط بيئية بفعل سلسلة من العمليات اللاأحيائية، كالتحلل الضوئي أو الانحلال المائي. واستناداً إلى تجارب مختبرية، نقلاً عن الباحث ناجابه وآخرين (Nagabe et al.) (عام ١٩٩٣)، تُبيّن أنصاف عمر المادة (HCH)-ألفا (الجرعة المهلكة للنصف (LD50)) بالانحلال المائي اعتماداً شديداً على درجة الحرارة. إذ بدرجة حرارة تبلغ ٢٠ درجة مئوية، بأُس هيدروجيني ٨ (pH)، كان نصف العمر (DT50) لهذا المركّب ٠,٨ سنة، في حين أنه تناقص عند درجات حرارة أدنى (٥ درجات مئوية، أُس هيدروجيني ٧,٨ (pH)). وبناءً على هذه المعدلات الخاصة بالتحلل، حسّب الباحث هارنر وزملاؤه (عام ١٩٩٩) (Harner et al.) نصف عمر (DT50) المادة (HCH)-ألفا في المحيط المتجمّد الشمالي، الذي بلغ ٦٣ سنة.

كما إن أيزومرات (HCH)، عموماً، لا تمتصّ الضوء عند (أكثر من) ٢٩٠ ن.م. ومن المتوقع أن يكون للتحلل الضوئي دوراً ضئيلاً في إزالة المادة (HCH)-ألفا. وقد أبلغ الباحث ديو وزملاؤه (عام ١٩٩١) (Deo et al.) عن حساب أنصاف عمر هذا المركّب في محلول مائي معرّض لضوء الشمس تراوحت بين ٤ و٦ أيام. ومع أن آلية هذا التحلل غير مؤكّدة، فقد تبين أن المادة (HCH)-ألفا- وكذلك (HCH)-جاما- تتجزأ بالتحلل الضوئي غير المباشر مع وجود عوامل حفّازة ضوئية قد تنقل طاقة الإثارة إلى المادة (HCH) (نقلاً عن الوكالة المعنية بالسجل (ATSDR)، عام ٢٠٠٦؛ والوكالة الأمريكية (USEPA)، عام ٢٠٠٦). وأما فيما يتعلق بالتحلل الضوئي على السطوح الصلبة، فقد أُبلغ عن حساب نصف عمر يساوي ٩١ ساعة على شريحة رقيقة (الوكالة المعنية بالسجل (ATSDR)، عام ٢٠٠٥). غير أن مدى أهمية هذه النتيجة تكون موضوع تساؤل عند النظر بعين الاعتبار إلى الحجج المذكورة أعلاه.

وتنتج عن قياس ثابت معدّل OH في الغلاف الجوي بمقدار 1.4×10^{-13} سم^٣/جزء-ثانية، حساب نصف عمر بلغ ١١٥ يوماً (باستخدام تركّز جذري هيدروكسيلي متوسط بمقدار 5×10^{-10} جزء/سم^٣، نقلاً عن (TGD)، (٢٠٠٣)). واستنتاجاً، يُلاحظ أن تحلل هذه المادة بطيء جداً، وبخاصة عند درجات حرارة منخفضة. كما يُعتبر أن للانحلال الضوئي في الوسط المائي والجوي دوراً غير ذي أهمية في تحلل المادة (HCH)-ألفا.

وقد تبين أن تحلل المادة (HCH)-ألفا الحيوي يجري في عمليات الزرع النقي (الوحيد الخلية)، والترب الطينية الرّخوة، ودراسات التربة (شبه) الميدانية، وفي الرّسوبات والمياه. وكان يُعتقد في البدء بأن تحلل المادة (HCH) الأحيائي في التربة يحدث في ظروف مشروطة بوجود عوامل هوائية. غير أن عدّة استقصاءات تبين أن المادة (HCH)-ألفا تتحلل بفعل العوامل الهوائية، وفي بعض الحالات من دون وجود عوامل هوائية. وأُبلغ أيضاً عن حدوث تفكّك في المادة في ظروف خافضة لنشوء الميثان والكبريتات (السلفات)؛ نقلاً عن فيليبس وزملائه (Phillips et al., 2005).

وأما مسار استقلاب المادة (HCH)-ألفا اللاهوائي فيؤدّي عبر عملية إزالة الكلورة إلى نشوء رباعي كلور حلقي الهكسان. وكذلك يتشكّل ثنائي كلور الفينيل وثلاثي كلورو الفينول، كلورو البنزين والبنزين أيضاً في ظروف مولّدة للميثان؛ والمادتان الأخيرتان تعتبران من النواتج النهائية المستقرة. وهذه المستقلبات يمكن أن تتمعدّن أيضاً هوائياً أو لا هوائياً؛ نقلاً عن باتشمان وزملائه (Bachmann et al., 2005)؛ وفيليبس وزملائه (Phillips et al., 2005). وفي عمليات الزرع النقي، وكذلك

في التربة المغمورة بالفيضان، تعتبر المادة (HCH) -جاما أسهل الأيزومرات إمكانيةً لإزالة كلورتها، تليها المادة (HCH) -ألفا في ظروف لا هوائية (MacRae et al., 1967) (Jagnow et al., 1977).

وفي الظروف الهوائية تؤدي عملية الكلورة بإزالة الهيدروجينية إلى تكوّن حُماسي كلور حلقي الهكسان في التربة الطينية الرخوة. وقد يحدث المزيد من التحوّل إلى رباعي كلور البنزين أو ثلاثي كلور البنزين لكي يُنتج ثنائي الكلور البنزين (Deo et al., 1994). وقد دُرِس بتوسّع التحلّل الهوائي للمادة (HCH) -جاما مع شينغوبيوم (*Shingobium sp*)، فنتج عن ذلك عدّة مستقبلات. وأشار إلى أن المادة (HCH) -ألفا تتبع المسار نفسه الذي تتبعه المادة (HCH) -جاما. كما تبيّن حدوث التمدن الكامل للمادة (HCH) -ألفا في دراسات مخبرية أُجريت في ظروف هوائية (Phillips et al., 2005).

وعموماً، يُلاحظ أن الأحوال المناخية، وكذلك تركيب التربة والمادة العضوية المحوّرة لامتصاص المادة والمحتوى المائي والأس الهيدروجيني والنمو البكتيري، كلّها عوامل تؤثر بشدّة في معدلات التحلّل (IPCS, 1992). كما أن محتوى الرطوبة في التربة يزيد من مقادير فقدّ المادة (HCH) -ألفا، مما يُعزى إلى ارتفاع درجة التطايرية أو التحلّل الميكروبي أو كليهما معاً (Chessells et al., 1988؛ و Phillips et al., 2005). ولكن لم يُبلّغ حتى الآن عن وجود بكتيريا قادرة على إحداث التحلّل لأيزومرات المادة (HCH) عند درجات حرارة قصوى (أقل من 5 درجات مئوية أو أكثر من 4 درجات مئوية) (Phillips et al., 2005).

لكن البيانات عن الدراسات المخبرية للتربة أو الاستقصاءات الحقلية محدودة. ويُفترض في مختلف الظروف الحقلية أن معدّل التحلّل يتدرّج في نطاق متزايد من ألفا (أكثر من) جاما (أكثر من) بيتا (Suzuki et al., 1975؛ Stewart and Chisholm, 1971؛ وانظر أيضاً القسم 1-1). وأبلغ الباحث سينغ وزملاؤه (Singh et al.) (عام 1991) عن ملاحظته أنصاف عمر بحوالي 55 يوماً في أراضٍ مختلفة مزروعة وغير مزروعة ذات تربة من الطفال الرملي، في الهند، في ظروف تحت مدارية. وهذه النتيجة متّسقة مع استنتاجات الباحث كاوشيك (Kaushik) (في عام 1989)، الذي أبلغ عن نصف عمر حتى أقصر من ذلك بخصوص المادة (HCH) التقنية في ظروف مشابهة. وكذلك لاحظ الباحث دويلمان وزملاؤه (Doelman et al.) (عام 1990) في دراسة شبه ميدانية على تربة ملوثة حدوث إزالة بنسبة تربو على 50٪، بعد 161 يوماً، مما عُزى بدرجة رئيسية إلى انحطاط سريع في غضون الأسابيع القليلة الأولى، في حين أبطأ التحلّل فيما بعد. وألح أيضاً الباحث سوزوكي وآخرون (Suzuki et al.) (عام 1975) إلى أن المخلفات المنخفضة المستوى (دون 1، 0 جزء في المليون) قد تقاوم تأثير مفعول العوامل الفيزيائية - الكيميائية. ومن ثم قد تظلّ التراكّزات المنخفضة الدرجة من المادة (HCH) -ألفا ثابتة في البيئة لفترة غير محدودة بسبب تآلف الإنزيمات (الحمائر) أو عوامل منظومة الانتقال المسؤولة عن تحلّل المادة (HCH) (Phillips et al., 2005). ولاحظ الباحثان ستوارب وشيزهولم (Stewart and Chisholm) (عام 1971) في دراسة ميدانية طويلة الأمد بعد استخدام المادة (HCH) التقنية، بقاء ما نسبته 40٪ من الأيزومر ألف بعد 15 سنة في تربة من الطفال الرملي في كندا. إضافة إلى ذلك، بيّن الباحث تشيسيلز وزملاؤه (Chessells et al.) (عام 1988) أنه بعد انقضاء 20 سنة على استخدام المادة (HCH) التقنية على قصب السكر في كوينزلاند، أستراليا، قلّ بدرجة جوهرية انتشار المادة (HCH) -ألفا بأعلى تراكّزاتها الأولية درجةً في الحقل، وأن ما كُشف من درجات وجودها بلغ ضعفي الدرجات المكشوفة من الأيزومر -جاما.

والعمليات اللاأحيائية المؤثرة في هذه المركبات غير انتقائية في التماثل الصوري، لكن تحللها الأحيائي قد يكون كذلك. وإذا ما قيست مخلفات (HCH)-ألفا غير الرزيمية في البيئة أو في أحيائها الحيوانية والنباتية، يُلاحظ وجود الإنزيمات. غير أن المخلفات الرزيمية لا تُستبعد فيها إمكانية التحلل الأحيائي (Suar et al., 2005). ولأغراض الرصد أيضاً، حُسبت كميّاً الأجزاء التماثلية الصور (أي الأجزاء (EFs) التي تُحسب بالمعادلة الخاصة بالأجزاء التماثلية الصور ونسبة التماثل (ER) وهي $EF = ER/(ER+1)$: (-)/(+) (HCH)-ألفا، Kallenborn et al., 2001) من أجل تعيين خصائص المخلفات. واستقصى الباحثان هيجنمان ولانه (Hegenman and Ianne) (عام ٢٠٠٢) توزّع التماثل الصوري للمركب (HCH)-ألفا في أوساط بيئة مختلفة مستخلصة من خلال ٦١٨ عملية قياس. وعموماً، بينت المقصورات اللاأحيائية الوسيطة معدّلاً متوسطاً للأجزاء التماثلية الصور يقارب من ٠,٥. أما في التربة، فقد لوحظ اتجاه غالب نحو التحلل في المركب (HCH)-ألفا ($EF > 0.5$)، وأما في الماء، فقد لوحظ اتجاه مضاد. وأبلغ الباحث كورت-كاراكوس وزملاؤه (Kurt-Karakus et al.) عام ٢٠٠٥ عن نسق متنوّع من الأجزاء التماثلية الصور للمركب (HCH)-ألفا يتراوح بين ٠,٤ و٠,٨٩ (وسطياً ٠,٥) في أنواع أساسية شاملة من التربة من مناطق مختلفة من العالم، شملت نسقاً أكبر مما تبدّت فيه الأجزاء التماثلية الصور في بيئة جويّة محيطية في أمريكا الشمالية (٠,٤٧-٠,٥٢)، مما ألمح إلى حدوث التحلل فيما بعد الترسيب. ولكن بما أن الأجزاء التماثلية الصور تتباين كثيراً بحسب الموقع المعين، فلا بدّ من توخّي الحذر عند استخدام بصمات التماثل الصوري في الجو كعلامة تدل على معاودة الانبعاثات من السطوح (أي من التربة).

واستناداً إلى قيمة معامل التجزؤ في التلوّث العضوي (K_{oc}) بين التربة والماء، ومما أكّده البيانات الميدانية أيضاً، يُتوقّع أن تطوي المادة (HCH)-ألفا على إمكانات نصّ منخفضة (مصرف بيانات المواد الخطرة (HSDB)، عام ٢٠٠٦؛ و(Singh et al., 1991). غير أن تلوّث المياه الجوفية قد يحدث في المناطق الشديدة التلوّث (Law et al., 2004). ويمكن الاطلاع على معلومات تفصيلية عن الأهمية الوثيقة التي تتسم بها العملية الأيزومرية (التماثل أو التماكب الصوري) في البيئة في موجز بيانات المخاطر الخاص بمادة الليندين (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.4).

والمادة (HCH)-ألفا يمكن أن تتحلل أحياناً في عينات مياه البحر/الرّسوبات (مصرف البيانات (HSDB)، عام ٢٠٠٦)، والمياه العذبة (Padma and Dickut, 2002). وقدّر الباحث هلم وآخرون (Helm et al.) (عام ٢٠٠٢) أنصاف عمر (HCH)-ألفا في بحيرة في أعالي القطب المتجمّد الشمالي بما يتراوح بين ٠,٦ إلى ١,٤ سنة. وأما في المنطقة الشرقية من المحيط القطبي المتجمّد الشمالي فقد لوحظ تحلل بالتماثل الصوري الانتقائي للمركبات (+) ألفا و(-) ألفا (HCH) مع أنصاف عمر تتراوح بين ٥,٩ و٢٣,١ سنة. وإذا ما وُضع في الاعتبار الانحطاط (التفكك) بالانحلال المائي، يُلاحظ أن أنصاف العمر الإجمالية تتراوح بين ٥,٤ و١٦,٩ سنة للأيزومرين (+) و(-) ألفا، على التوالي، (Harner et al., 1999). ومع أن المعرفة عن معدّلات التحلل الرّسائي هزيلة، ومن ثم فإن التقديرات غير يقينية تماماً، فقد افترض بأن نصف العمر للمادة (HCH)-ألفا في رّسوبات بحيرة في أعالي القطب المتجمّد الشمالي يبلغ سنتين تقريباً (Helm et al., 2002).

٢-٢-٢ التراكم الأحيائي

يبيّن معامل التجزؤ بين الأوكتانول والماء (لوغاريتم المعامل ($Kow = 3,8$) للمادة (HCH)-ألفا إمكانية تراكمها الأحيائي؛ نقلاً عن الوكالة المعنية بالسجل (ATSDR, 2005)، مع أنه دون القيمة ٥ المذكورة في الفقرة ١ (ج) '١' من المرفق دال من اتفاقية استكهولم. وقد أُبلغ عن طائفة واسعة من قيم مُعامل التركز الأحيائي (BCFs) في عدّة دراسات.

وبخصوص الطحالب الخضراء، تباينت قيم معامل التركيز الأحيائي من حوالي ٢٠٠ في كلوريل بيرينودوساسيلز (*Chlorella pyrenoidosacells*) إلى ٢٧٠٠ (على أساس الوزن الجاف) و١٣٠٠٠ على أساس شحمي، على التوالي في دوناليلا (*Dunaliella*). وتبين الدراسات عن اللاقريات تراوح قيم معامل التركيز الأحيائي بين ٦٠ (٨٠٠٠ على أساس شحمي) في الأرقاميا (*Artemia*) و٢٧٠٠ في أنواع الصّف كثير الشعيرات (*Polychaets*)، تبعاً للمحتوى الشحمي في الحيوانات؛ نقلاً عن البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS, 1992).

وكان معامل التركيز الأحيائي (بكامل الجسم) للمادة (HCH)-ألفا، وفقاً للمعيار التوجيهي للاختبارات (305E) السابق الصادر عن منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) في سمك الزرد، يساوي ١٠٠ في ظروف حالة الاستقرار بعوامل امتزاز ثابتة (k1) بقيمة ٥٠ وعوامل معدّل إزالة ثابتة (k2) بقيمة ٠,٠٤٥. وهذه القيم مشابهة لقيم المادة (HCH)-جاما (Butte et al., 1991) (BCF 850, k1 = 50.8, k2 = 0.055). وأبلغ الباحث أوليفر وزملاؤه (عام ١٩٨٥) (Oliver et al.) عن قيم معامل تركّز أحيائي (بكامل الجسم) تتراوح بين ١٠٠ و٢٨٠٠ في سمك التروته الفُزجِيّ.

وعموماً، تبين الدراسات المستمدّة من شبكات التغذية البحرية في محيط القطب المتجمّد الشمالي وجود عوامل تضخّم في شبكات التغذية (FWMFs)، تمثّل معدّلاً وسطيّاً من الزيادة في كل مستوى تغذوي في السلسلة الغذائية، أكبر من القيمة ١. وأما قيم معامل التضخّم الأحيائي (في المقارنة بين الضواري والفرائس) للمادة (HCH)-ألفا في العوالق الحيوانية المجهرية وسمك القدّ القطبي، فهي أكبر من القيمة ١، مما يدلّ على إمكانية التضخّم الأحيائي. وأما قيم معامل التضخّم الأحيائي للمادة (HCH)-ألفا، في طيور البحور، فكانت أقل من ١، باستثناء اليمامة البحرية والغلموت الأسود البحري الشمالي. وتبين من دراسة الفقمة المطوّقة معامل تضخّم أحيائي بقيمة ٢,٥ (Moisey et al., 2001). ويُشار إلى أن الأيزومر (HCH)-ألفا ينطوي على إمكانية للتضخّم الأحيائي في الشبكات الغذائية المائية، وقد تزداد تلك الإمكانية في المستويات التغذوية المنخفضة وكذلك العالية، وبخاصة في الثدييات البحرية (Hoekstra et al., 2003a; USEPA, 2006). ويؤكد أيضاً التقرير الذي أعده الباحث هويكسترا وزملاؤه (Hoekstra et al., 2003b) هذا الافتراض ببلوغ قيمة معامل التضخّم الأحيائي للأيزومر (HCH)-ألفا ٩,٨٥ في حوت البوهّد القطبي الشمالي.

وأبلغ الباحث فيسك وزملاؤه (Fisk et al.) (عام ٢٠٠١) عن تأثير العوامل الكيميائية والأحيائية على انتقال الملوثات العضوية الثابتة التي تحتوي على الأيزومر (HCH)-ألفا في الشبكات التغذوية. وعموماً، ينبغي أن تُرى أعلى قيم معامل التضخّم الأحيائي في الحيوانات الثابتة حرارة الدم (أي الحمار) (الطيور والثدييات) بالمقارنة بينها وبين الحيوانات المتبدّلة حرارة الدم (أي البارد) (الأسماك واللافقريات)، مما يُعزى إلى كونها تحتاج إلى مقدار من الطاقة أكبر. وضمن فئة الحيوانات الثابتة حرارة الدم، فإن قيم معامل التضخّم الأحيائي في طيور البحر هي الأعلى، مما يتسق مع كبر مقدار الطاقة الذي تتطلبه الطيور. لكن هذا لا ينطبق على المادة (HCH)-ألفا. إذ يبدو أن معظم الطيور البحرية قادرة على حثّ الصبغ الخلويّ (P450) ومنه مثلاً (CYP28)، وهما من الحمائر (الإنزيمات) اللازمة لاستقلاب (HCH)-ألفا؛ ومن ثم فإن التدرّج التراتبي النازل من الأعلى إلى الأدنى في القدرة على التحويل الأحيائي (تُبين عادة بالنسبة إلى المحيطات بالتزايد؛ الثدييات البحرية ثم طيور البحر ثم الأسماك ثم العوالق الحيوانية) هو تدرّج غير قابل للتطبيق بخصوص هذا المركّب. وأما

قيمة معامل التضخم الأحيائي للمركب (HCH)-ألفا في الحيوانات المتبدلة حرارة الدم فهي ١,٣ وهي مساوية لها في الحيوانات ثابتة حرارة الدم (Hop et al., 2002).

وبما أن المادة (HCH)-ألفا مركب لانطباق، فإن تحديد نسبة التماثل الصوري (ER) أو أجزاء التماثل الصوري (EF) مهم لفهم عمليتي الاستقلاب (التأيض) والتحول الأحيائي الخاصتين بالأنواع الأحيائية المحددة. ولم يلاحظ الباحث كونفيك وزملاؤه (عام ٢٠٠٦) (Konvick et al.) أي تحويل أحيائي بالانتقاء التماثلي في أسماك الترونة القزحية بخصوص المادة (HCH)-ألفا، في دراسة غذائية تبين أجزاء تماثل صوري متنسقة في الأسماك. وفي تجربة أجراها الباحث وونغ وزملاؤه (عام ٢٠٠٢) (Wong et al.)، كانت المادة (HCH)-ألفا رزيمية طوال مسار التجربة على أسماك الترونة القزحية، التي أطمعت غذاءً معالجاً. وهذه النتائج تتناقض مع تقارير عن التحويل الانتقائي التماثلي في أنواع أحيائية أخرى. وكان جزء التماثل الصوري في اللاقريات والعوالق الحيوانية والأسماك بمقدار ٠,٤٥ كحد أقصى. وأما عجول البحر المطوقة فقد أظهرت في الملاحظة جزء تماثل صوري بمقدار ٠,٥١ في حين تراوح في طيور البحر بين ٠,٦٥ (يمامة البحر) و٠,٩٧ في النوارس الرمادية المشوبة بالخضرة (Moisy et al., 2001). وهذا يشير إلى أن طيور البحر تسقلب تفضلياً الجزء التماثلي صورياً (-). ومن خلال ارتباط ذلك بمعامل تضخم أحيائي بأقل من ١ في طيور البحر، تبين أن الجزأين التماثلين صورياً من (HCH)-ألفا يُستقبلان في الطيور في حين يبدو أن يمامة البحر والغلموت الأسود لديهما قدرة استقلابية أدنى.

ويبين جزء التماثل الصوري ٠,٥١، إذا ما وُضع في الاعتبار مع معامل تضخم أحيائي ٢,٥ في الفقمة (عجول البحر)، أن الثدييات غير قادرة على التحويل الأحيائي للمادة (HCH)-ألفا بكميات كبرى (Moisey et al., 2001). ومع ذلك فإن الباحث فيبرغ وزملاؤه (Wiberg et al.) (٢٠٠٠) وجد مخلفات من المادة (HCH)-ألفا بنسب تماثل صوري غير رزيمية في عجول البحر وكذلك في الدببة القطبية. ووفقاً لرأي الباحث هويكسترا وزملائه (Hoekstra et al.) (2003b)، فإن تراكم الأجزاء المتماثلة (+) يحدث داخل حوت البوهيد القطبي الشمالي والدلفين الأبيض، ولكن المادة (HCH)-ألفا (-) تزداد ثراءً داخل جسم الفقمة الملتحية. كما أن الفقمة المطوقة تظهر تراكمًا ضئيلاً للأجزاء المتماثلة (+) (Hoekstra et al.)، ولكن مخلفات المادة (HCH)-ألفا تكون أحياناً رزيمية (Fisk et al., 2002). وهذا يدل على حدوث تحويل أحيائي وتراكم بتماثل صوري نوعي للمادة (HCH)-ألفا في السلسلة الغذائية. وحين قيام الباحث كورسوليني وزملاؤه (Corsolini et al.) (٢٠٠٦) باستقصاء الأجزاء التماثلية في القشريات وأسماك القُد وبيض طيور البطريق، وجد أيضاً حدوث تحويل أحيائي بتماثل صوري انتقائي للمادة (HCH)-ألفا (+) بزيادة ١٤٪ في المستوى التغذوي من الأدنى إلى الأعلى (أي من القشريات إلى طيور البطريق). وهناك اختلافات فيما بين الأنواع في سمات التماثل الصوري للمادة (HCH)-ألفا في الثدييات البحرية أيضاً. وعلى سبيل المثال، فإن قيمة معامل التضخم الأحيائي بالنسبة إلى صنف القلنوس صعوداً إلى حوت البوهيد أعلى (قراءة ١٠ لجزء من (HCH)-ألفا (+) بمقدار ١٦ و٤,٥ للمادة (HCH)-ألفا (-)) (Hoekstra et al., 2003b).

وأظهر الباحث موزي وزملاؤه (Moisey et al.) (٢٠٠١) قيمةً مختلفةً من معامل التضخم الأحيائي في يمامة البحر، تبعاً لاختلاف فريستها. وتلخيصاً، يمكن القول بأن التضخم الأحيائي يتأثر بالكثير من البرامترات، كالتلوث في الأحياء النباتية والحيوانية، وبالتالي الغذاء (الفريسة)، والمستوى التغذوي، والقدرة على تحويل المادة (HCH)-ألفا أحيائياً.

ولم يقتصر كشف وجود (HCH)-ألفا على الشبكة الغذائية في منطقة القطب الشمالي، بل كشف أيضاً في أعضاء عجول البحر ذات الفراء من ساحل المحيط الهادئ في اليابان، وفي أعضاء طائر الغاق المزوج العُرف من منطقة البحريات الكبرى (بنسبة تماثل صُوري للمادة (HCH)-ألفا تتراوح بين ١ في العضلات و١,٥٨ في الدهون). كما وُجدت نسب تماثل صوري عالية للمادة (HCH)-ألفا في دماء طائر الغاق (بأكثر من ٣,٦) (Iwata et al., 1998). واستخلص الباحث وبلت وزملاؤه (Willett et al.) من تركّزات المادة (HCH)-ألفا العالية الدرجة في دماغ الثدييات البحرية أن هذا المركّب يمكن أن يخرق حاجز الدم/الدماغ. ووجد أيضاً الباحث أولريش وزملاؤه (Ulrich et al.) (٢٠٠١) في دراسات على الفئران أن نسبة التماثل الصوري للمادة (HCH)-ألفا في الدماغ، التي تتراوح بين ٢,٨ و١٣,٥، لا يسببها استقلاب انتقائي التماثل الصوري، بل قد يكون السبب في ذلك هو الإمساك الانتقائي.

وكشف الباحث براونه وزملاؤه (Braune et al.) (١٩٩٩) مخلفات من (HCH)-ألفا في دهون آيل الرّثة. ويمكن أيضاً العثور على مخلفات (HCH)-ألفا في الكبد والنسيج الشحمي في الثعالب القطبية الشمالية. وتبيّن نسبة التماثل الصوري للمادة (HCH)-ألفا بمقدار ٢,٢ في الكبد، و١,١ في النسيج الشحمي، تراكمًا أحيائيًا فراغي النوعية أيضاً في الثدييات الأرضية على اليابسة (Klobes et al., 1997).

واستنتاجاً، يمكن القول بوجود مستويات عالية من هذا المركّب العضوي في الأحياء النباتية والحيوانية في المنطقة الشمالية بسبب القدرة على التراكم الأحيائي الكامنة في (HCH)-ألفا (كنتاج للتركّز الأحيائي والتضخّم الأحيائي) وكذلك عمليات الرسوب الفعّالة بصفة مخصوصة التي تميّزت بها هذه المادة تاريخياً، في مياه القطب المتجمّد الشمالي. والتراكم الفعّال إنما هو مفعول ناتج عن مجموعة الخواص الفيزيائية-الكيميائية في (HCH)-ألفا باقترانها بدرجة الحرارة المنخفضة في القطب الشمالي. وبعبارة أخرى، يمكن القول بأن المادة (HCH)-ألفا تتراكم بفعالية في النظام البيئي الأحيائي في منطقة القطب الشمالي بأسرها.

٢-٢-٣ الانتقال البيئي البعيد المدى

بيانات الرصد عن البيئة، بما في ذلك الأحياء النباتية والحيوانية، المستمدة من مناطق نائية، مثل منطقتي القطبين الشمالي والجنوبي، حيث لم تُستخدم المادة (HCH)-التقنية، تقدّم أدلة تثبت احتمالات انتقال (HCH)-ألفا البعيد المدى في البيئة. كما إن الخواص الفيزيائية-الكيميائية إذ تقترن بقابليتها للاستقرار تتيح المجال لانتقال (HCH)-ألفا البعيد المدى في الغلاف الجوي. لكن الانبعاثات الأولية من مناطق المصدر (في آسيا بالدرجة الرئيسية)، وكذلك التركّزات الجوية في القطب الشمالي، تتناقص تزامنياً، مما يُستدل منه على سرعة تبعثر المادة (HCH)-ألفا من مصادرها وانسيابها إلى مناطق نائية (Li and Bidleman, 2003). وقد أُبلغ عن تركّزات عالية الدرجة بصفة خاصة، بالمقارنة بتركّزاتها في مناطق المصدر، في المحيط المتجمّد الشمالي. ويُفترض أنه بعد انتقال المادة (HCH)-ألفا البعيد المدى في البيئة، أخذت تتراكم في المياه الباردة بسبب شرودها التناسي لانخفاض ثابتهما تبعاً لقانون هنري، حيث تجمّع مخزون كبير منها (Li and Macdonald, 2005). ومن ثم فإن مركّبات المادة (HCH) والمادة (HCH)-ألفا هي أغزر مبيدات الآفات الموجودة في الهواء والماء في منطقة القطب الشمالي (Walker, 1999).

ولفهم مسارات انسياب المادة (HCH)-ألفا ومصيرها في بيئة أعالي المحيط المتجمّد الشمالي، استحدث الباحث لي وزملاؤه (Li et al.) (٢٠٠٤) تطبيقية نموذجية لمحاكاة وحساب التوازن الكتلي (Mass Balance Box Model). وقد استنتجوا أن

بلوغ أعلى حمل بمقدار ٦٧٠ ٦ طناً في عام ١٩٨٢ حدث بصفة رئيسية بالتبادل الغازي والتيارات المحيطية، ثم تناقص منذ حينذاك بمعدل سنوي متوسط بمقدار ٢٧٠ طناً/في السنة تقريباً. وبعد العام ١٩٩٠، أصبحت التيارات المحيطية المدخلة الغالب من المادة (HCH)-ألفا الداخل إلى الغلاف الجوي في محيط القطب الشمالي. غير أن الجزء الداخل من (HCH)-ألفا إلى الغلاف الجوي في القطب الشمالي عبر الانتقال البعيد المدى من مناطق المصدر كان له دور غالب (وبخاصة في البداية). ثم بعد مطلع التسعينات كانت المادة (HCH)-ألفا الموجودة في هواء المنطقة القطبية الشمالية تأتي من الانتقال عبر الغلاف الجوي والتطير من المحيط القطبي الشمالي معاً. وقد أُشير إلى أن الزوال التام للمادة (HCH)-ألفا بالتحلل والتيارات المحيطية بصفة رئيسية سوف يتطلب عقدين آخرين. ويُذكر أن ما مجموعه ٢٧ ٧٠٠ طن من المادة (HCH)-ألفا قد انتقل في البيئة بين العامين ١٩٤٥ و ٢٠٠٠ بفعل الانتقال البعيد المدى إلى المحيط القطبي المتجمد الشمالي.

ووفقاً للحسابات النموذجية باستخدام أداة استقصاء ثبات الملوثات الشامل وانتقالها البعيد المدى، التي استحدثتها منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD Pov and LRTP Screening Tool)، يُلاحظ أن مركبات المادة (HCH)-ألفا خواص ثبات وانتقال بعيد المدى مماثلة بالمقارنة بالملوثات العضوية الثابتة (POPs) المستبانة من قبل، مثل المركبات ثنائية الفينيل المتعدد الكلور (PCBs) ومركبات مبيدات الآفات العضوية الكلورية (Wegmann et al., 2007). وتشمل خواص المدخلات النموذجية للمواد والمركبات الكيميائية معاملات تجزؤ أو تفرقة الهواء-الماء والاوكتانول-الماء، وكذلك أنصاف العمر في الهواء والماء والتربة، وثابت قانون هنري (بالاستناد إلى الأرقام الواردة في هذه الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.2/INF/7). وهذه الأداة التطبيقية النموذجية تنظر في جميع الأوساط البيئية من الناحية الكمية. لكن نتائج النموذج لا تبين مستويات مطلقة في البيئة، بل تساعد على المقارنة بين الملوثات العضوية الثابتة المحتملة والملوثات العضوية الثابتة المستبانة (الكيمائيات المرجعية: مركبات (PCB). مُتجانسهما ٢٨ و ١٠١ و ١٨٠، وسُداسي كلورو البنزين (HCB)، ورباعي كلوريد الكربون، و (HCH)-ألفا)، ووفقاً لأنماط ثباتها في البيئة واحتمالات انتقالها البعيد المدى. واستُقصيت حالات الرّيبة في تقدير الخواص الكيميائية بواسطة الوسيلة التطبيقية المسماة نموذج مونت كارلو لتحليل حالات الرّيبة (Monte Carlo uncertainty analysis).

٣-٢ التعرّض

ينتج التعرّض للتلوّث بالمادة (HCH)-ألفا من استخدام المركّب (HCH) التقني، ومن إنتاج وصنع المركّب (HCH) التقني ومادة الليندين. وبسبب ثباتها، فإن ارتفاع درجة جرعة التعرّض متوقع أيضاً في المناطق الملوّثة من جرّاء الإفراط في استخدامها، وإنتاجها السابق، ومواقع التخلص منها، ومناطق تخزينها. ومع أن استخدام المادة (HCH) التقنية قد توقّف عملياً في العالم قاطبة، فإن بيانات الرصد المستندة إلى نسبة الأيزومر-ألف-جاما لا تزال تدل على إمكانية حدوث إطلاقات من المادة (HCH) التقنية في مناطق معيّنة (Zhang et al., 2003؛ Qian et al., 2006؛ Zhulidov et al., 2000).

وفي الأكثر، ينتج تعرّض البشر للتلوّث بالمادة (HCH)-ألفا من جرّاء ابتلاع نباتات ملوّثة أو تناول أطعمة من لحوم حيوانات أو منتجات حيوانات ملوّثة. كذلك فإن تنشّق الهواء المحيط واستهلاك مياه الشرب هما من مصادر التعرّض الأخرى، وإن كان هذا التعرّض ضئيل القدر. وبحسب ما بيّنته دراسة فرنسية تجريبية رائدة، كشف وجود المادة (HCH)-ألفا في الهواء داخل الأمكنة وعلى أيدي أشخاص من عموم السكان في منقطة مدينة باريس في ما تتراوح نسبته

بين ٤٢٪ و ٣٥٪ من العينات. وكانت المستويات منخفضة وبلغت ١,٨ ن غ/م^٣ (أي بالنانوغرام في المتر المكعب) في الهواء، و ٨,٥ ن غ/اليد (Bouvier et al., 2006).

وتشير بيانات الرصد المستمّدة من طائفة واسعة من أنواع الأحياء، بما في ذلك البشر، إلى حدوث امتزاز بالغ الدلالة من البيئة، مما يبيّن بوضوح توافر المادة (HCH)-ألفا الأحيائي. وقد يتعرّض أيضاً المواليد أثناء التطوّر الجنيني والرضاعة الثديية.

٢-٣-١ بيانات الرصد البيئي المستمّدة من المناطق المحلية

يُلاحظ عموماً أن مستويات التلوّث البيئي في المناطق المحلية قد انخفضت بعد فرض ضوابط التقييد وتدابير الحظر على استعمال المادة (HCH)-ألفا التقنية (IPCS, 1992)؛ وانظر أيضاً الجدول ٢-١). غير أن بيانات الرصد تظهر توزّعها الواسع الانتشار في كل الأوساط البيئية، مثلاً في أنشطة الرصد في الجمهورية التشيكية (معلومات عن المرفق هاء مقدّمة من الجمهورية التشيكية، عام ٢٠٠٧)، أو في الأشنات من مختلف المواضع في سويسرا (القيم واردة في الجدول ٢)، أو في برنامج رصد منقذ حديثاً في اليابان. وقد كُشفت المادة (HCH)-ألفا في اليابان في جميع الأصناف السمكية، ما عدا ٧ منها. والقيم المبلّغ عنها هي كما يلي: المياه ٠,١٣-٠,٧ ن غ/ع؛ أثار رسوبية ٥,٧ ن غ/غ وز (وزن جاف)؛ الأسماك الصدفية (المحاريات) حتى ١,٨ ن غ/غ و ر (وزن رطب)؛ الأسماك حتى ٢,٩ ن غ/غ و ر؛ الطيور ٠,١-١,٦ ن غ/غ و ر؛ الهواء (في الفصلين الدافئ والبارد) ٠,٠٢-٣,٢ ن غ/م^٣ و ٠,٠١-٠,٦٨ ن غ/م^٣ (معلومات عن المرفق هاء مقدّمة من اليابان، عام ٢٠٠٧).

الجدول ٢-١-١ بيانات رصد منتقاة من أوساط لأحيائية ومواضع كساء خُضري

الوسط البيئي	البلد/المنطقة	المستويات	التعليقات	المراجع	السنة
الهواء	البحيرات الكبرى، أرياف	< 1 - 84 pg/m ³	(HCH)-ألفا، قيم وسطية، المرحلة الغازية	Sun et al., 2006b	١٩٩٢-٢٠٠٣
	البحيرات الكبرى، شيكاغو	52 pg/m ³	(HCH)-ألفا، قيم وسطية، المرحلة الغازية	Sun et al., 2006b	١٩٩٦-٢٠٠٣
	نيبيغاتا، اليابان	92 pg/m ³	معدّل سنوي، وفقاً للمؤلّفين نتيجة انتقال طويل المدى	Murayama et al., 2003	٢٠٠٠-٢٠٠١
	الجمهورية التشيكية (كوزيتشيه)	38/21/17/22/13 pg/m ³	الهواء والهباء الجوي، تركّزات وسطية سنوية	EMEP measurement, data online	١٩٩٩-٢٠٠٣
	فنلندا (بالأس)	24/28/18/15/17/18/9 pg/m ³	الهواء والهباء الجوي، تركّزات وسطية سنوية	EMEP measurement, data online	١٩٩٦-٢٠٠٣
	آيسلندا (ستور هو فدي)	17/16/15/15/10/8/10/5/7 pg/m ³	الهواء والهباء الجوي، تركّزات وسطية سنوية	EMEP measurement, data online	١٩٩٥-٢٠٠٣
	النرويج (ليستا)	94/94/76/69/52/61/50/37/2/5/19/17/17/12 pg/m ³	الهواء والهباء الجوي، تركّزات وسطية سنوية	EMEP measurement, data online	١٩٩١-٢٠٠٣
	السويد (أسفريتين)	43/57/61/50/-/67/16 pg/m ³	الهواء والهباء الجوي، تركّزات وسطية سنوية	EMEP measurement, data online	١٩٩٥-٢٠٠٢
	ني-أسلوند (سفالبارد، النرويج)	73 pg/m ³	مجموع أيسومرات (HCH) ∑، معظمها (HCH)-ألفا، أعلى قيمة وسطية مبلّغ عنها	AMAP, 2004	١٩٩٦-١٩٩٨
	بحر بارنتس وشرقي المحيط المتجمّد الشمالي	11 - 68 pg/m ³		Harner et al. (1999)	١٩٩٩
	القطب الشمالي	23 +/- 10 pg/m ³	توزّع متكافئ، متوسط حسابي، قياسات من ٤ مواقع قطبية شمالية	Su et al., 2006	٢٠٠٠-٢٠٠٣

السنة	المراجع	التعليقات	المستويات	البلد/المنطقة	الوسط البيئي
٢٠٠٣-١٩٩٦	EMEP measurement data online	تركّزات وسطية سنوية	4.1 - 0.5 ng/l	بلجيكا (كنوكي)	هطال (أمطار)
٢٠٠٣-١٩٩٩	EMEP measurement data online	تركّزات وسطية سنوية	1 - 0.3 ng/l	ألمانيا (تسنغست)	
٢٠٠٣-١٩٩٦	EMEP measurement data online	هطال + ترسّب جاف تركّزات وسطية سنوية	< 1 ng/l	فنلندا (بالأس)	
٢٠٠٣-١٩٩١	EMEP measurement data online	تركّزات وسطية سنوية	2.7 - 0.4 ng/l	النرويج (ليستا)	
٢٠٠٢-١٩٩٥	EMEP measurement data online	تركّزات وسطية سنوية	2.7 - 0.4 ng/l	السويد (أسفريتين)	
١٩٧٧-١٩٧٦	IPCS, 1992	٨١ عينة	1 - 40 ng/L	كندا/البحيرات الكبرى	
200-2001	AMAP, 2004	مجموع أيسومرات (HCH) ∑، معظمها (HCH)-ألفا، التربة بما فيها حث وفضلات	0.2 - 0.5 ng/g dw	القطب الشمالي - المنطقة الروسية	التربة
١٩٩٩	Borghini et al., 2005		< 0.01 - 0.026 ng/g dw	القارة المتجمّدة الجنوبية (أنتاركتيكا)	
١٩٩٦	Harner et al., 1999	فترة العينة: تموز/يوليه - أيلول/سبتمبر	910 (350 - 1630) pg/l	شمالي بحر بارنتس، شرقي المحيط المتجمّد الشمالي	مياه البحر
١٩٨٣	Li and Macdonald, 2005		~ 7.5 µg/m ³	المحيط المتجمّد الشمالي - منطقة أمريكا الشمالية	
١٩٩٩	Bidleman et al., 2007	المياه السطحية، قياسات في فصل الصيف	3.5 (1.1 - 5.4) ng/L	الأرجنتين الكندي ومنطقة بوفورت الجنوبية	
١٩٩٦-١٩٩٠	AMAP, 2004	ترّزات وسيطة منقّلة	< 1 - 69 ng/l	أهمار شمالي روسيا	المياه العذبة، الأهمار
١٩٩١-١٩٨٩	Iwata et al., 1994		up to max. 470 ng/l	شرقي آسيا ووسطها وأوقيانيا	نهر ورواسب المصبّ
٢٠٠٢	AMAP, 2004	مجموع أيسومرات (HCH) ∑، بيانات من برنامج الرصد السويدي، عام ٢٠٠٢	9.2 ± 6.3 ng/g dw	جنوبي السويد	رسوبيات (بحيرة)
١٩٩٣-١٩٩١	AMAP, 2004	أعلى تركّز في الأشنة مقارنة بعينات من آلاسكا والأورال وكولا	7 ng/g dw	تايمير (روسيا)	كساء خضري (أشنة)
٢٠٠٢	Submitted Annex E information by Switzerland, 2007	من مواضع شتّى (مثلاً، مدناً ومناطق زراعية، ومناطق ريفية)	0.5 - 4 µg/kg dw	سويسرا	
١٩٩٩	Borghini et al., 2005		0.43 - 4 ng/g dw	القارة المتجمّدة الجنوبية (أنتاركتيكا)	طحالب

لكن المستويات في البيئة يمكن أن تظل عالية في المناطق القريبة من المصادر. فقد وُجدت تركّزات من المادة (HCH) في التربة الملوّثة بمقدار يتراوح بين ٤٠ و ٢٢٥ م غ/ك غ، وذلك في التربة السطحية العليا من حول مصنع كيميائي في ألبانيا (UNEP, 2003). وأُبلغ عن كشف مستويات وسطية بمقدار ٠,٠٢ م غ/ك غ في عينات تربة روسية من موقع قريب من نهر لينا على مقدار يتراوح بين ٠,٠٠١ و ٠,٠١٧ م غ/ك غ من المادة (HCH) (UNEP, 2003). وكُشفت مستويات بلغت حتى ١٢ ٠٠٠ م غ/ك غ في التربة في منطقة عالية درجة التلوّث في إسبانيا (Concha-Grana et., 2006).

وأما المستويات في المجموعات الأحيائية فتتباين، تبعاً للموضع (استعمال حديث و/أو تلوث عالي الدرجة) وكذلك تبعاً لأنواع الأحيائية. والمادة (HCH)-ألفا هي في معظم الحالات الأيزومر الغالب في الأسماك (Willet et al., 1999). وعلى سبيل المثال، تراوحت تركيزات مركبات (HCH) (وأكثرها أيزومر-ألفا) في عدّة أنواع من الأسماك من الهند، بين ٦ و٦٨ ن غ/غ (وزن رطب). وأظهرت عينات الأسماك المجموعة من نهر النيل قريباً من القاهرة في عام ١٩٩٣، تركيزاً من المادة (HCH)-ألفا بمقدار ٥,٥ ن غ/غ و (UNEP, 2003).

وحُدّد وجود أيزومر (HCH)-ألفا في بيض طائر الحوصل الدلماسي (بيليكانوس كريسبوس)، وكذلك في أسماك الانقليس (*Anguila anguila*)، وهي من أنواع فريسة الحوصل الرئيسية المجموعة من الأراضي الرطبة في خليج أمفراكيكوس في اليونان طوال فترة سنتين، في عامي ١٩٩٢ و١٩٩٣. وكانت قيمة التركيز في بيض الحوصل $٧,٩ \pm ٣,٢$ ن غ/غ و $٦,٥ \pm ٢,٥$ ن غ/غ و ز في أسماك الانقليس (UNEP, 2003). وبلغ مقدار تركيزات المادة (HCH)-ألفا في سمك الفرخ من ساحل لاتفيا حتى ٢١ ن غ/غ و ش (وزن شحمي) (متوسط يتراوح بين ٥٠ و٦٠)، مما اعتُبر حملاً خفيفاً. وعُزيت المستويات المرتفعة جداً، التي بلغت حتى ١٢٦ ن غ/غ و ش، إلى عملية تصريف حديثة للمادة (HCH)-ألفا (Olsson et al., 1999).

وكان من المصادر المحلية لإطلاق المادة (HCH)-ألفا استعمال المادة (HCH) التقنية في أوساط السكان الأصليين في الشمال الروسي لدرء الحشرات الطفيلية الضارة عن قطعان أياثل الرثة المدجّنة (Li et al., 2004). غير أنه لا توجد تقديرات كمية لهذه المستويات من التعرّض.

٢-٣-٢ التعرّض نتيجةً للانتقال البيئي البعيد المدى

أعلى المستويات المقاسة من وجود المادة (HCH)-ألفا أبلغ عنها في مواضع على خطوط العرض العليا في الجو (مثلاً، سفالبارد، أليوت)، وكذلك في مياه البحر (Harner et al., 1999). وكما هو مبين في الجدول ٢، تناقصت المادة (HCH)-ألفا في الجو (مثلاً، من ٩٤ ب غ/م^٣ في عام ١٩٩٢ إلى ١٢ ب غ/م^٣ في عام ٢٠٠٣ في النرويج). وكذلك ذُكر في ملخص بيانات صادر عن برنامج الرصد والتقييم القطبي (AMAP) (في عام ٢٠٠٤)، أن تركيزات مركبات (HCH) في جو القطب المتجمّد الشمالي أخذت تتدنّى منذ منتصف التسعينات بفضل تطبيق تدابير الحظر وضوابط التقييد في جميع أنحاء العالم. وقبل ذلك، في الثمانينات، قيست مستويات عالية بلغت ٩٠٠ ب غ/م^٣ تقريباً في الجو في القطب المتجمّد الشمالي (Li et al., 2002). أما المستويات في مياه البحر شرقي محيط القطب الشمالي فكانت عموماً أدنى مما هي في الجانب الغربي منه (Haner et al., 1999). وأما التركيزات السطحية، فأعلى مستوياتها في الأرخبيل القطبي الشمالي الكندي الأوسط، ومتوسط مستوياتها في منطقة بوفورت/تشوكتشي البحرية، وفي القطب الشمالي نفسه. وفي التسعينات، كانت المستويات في المنطقة الكندية من المحيط القطبي الشمالي أعلى منها في أي مكان آخر في البيئة البحرية في الكرة الأرضية، نقلاً عن برنامج الرصد (AMAP, 2004).

وهذا التوزّع الحيزي يتبدّى أيضاً في المستويات في وسط الأنواع الأحيائية. فقد وجد الباحث هويكسترا وزملاؤه (في عام ٢٠٠٢) (Hoekstra et al.) ظهور تراجع في نسب الأيزومرين (HCH)-ألفا وبيتا في شحم حيتان البوهّد على طريق هجرهما في المنطقة البحرية بين بيرينغ وبوفورت. كما تناقصت المستويات في شحم الدلفين الأبيض الضخم من ١٩٠ ن غ/غ و ش تقريباً إلى ١٤٠ ن غ/غ و ش (وزن شحمي) بين عامي ١٩٨٢ و١٩٩٧ في المنطقة الجنوبية الشرقية من

خليج بَقِين (AMAP, 2004). وأُبلغ عن مستويات وصلت حتى ١٩٦ ن غ/غ وزن رطب في ألاسكا (معلومات عن المرفق هاء مقدّمة من الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة (IPEN)، في عام ٢٠٠٧) وحتى ٣٤٤ ن غ/غ و ر في آرفيات (Stern et al., 2005). وكانت نسب التركيز في حيتان ماينكه من غرينلاند من الأيزومر ألفا الغالب في شحمها (المستويات الوسطية تتراوح بين ٤٠ و ٥٥ ن غ/غ و ر) أعلى منها لدى الأفراد من منطقة بحر الشمال (أدن من ٣٠ ن غ/غ) (AMAP, 2004). ولم يُلاحظ أي انخفاض في مجموع أيزومرات (HCH) Σ في شحم الحوت القطبي المرقط من المنطقة القطبية الشمالية الكندية بين عامي ١٩٨٢ و ١٩٩٩.

ولم تُبين قيم التركيزات في عجول البحر (الفقمة) المطوّقة في المنطقة الكندية من القطب الشمالي أي تغيير ذي دلالة في مجموع أيزومرات (HCH) Σ المتركزة منذ السبعينات. والمرجح أن وجود النسب المرتفعة من مخلفات أيزومرات (HCH) في الثدييات البحرية في الأرخبيل الكندي هو على الأرجح من جرّاء التركيزات العالية الدرجة من أيزومرات هذه المادة في المياه لأن أيزومراتها هي أغزر الكلورات العضوية وفرةً في محيط القطب الشمالي (NARAP, 2006).

ولكن لم يتبين حدوث أي اتجاه زمني في تغيير القيم الموجودة في أسماك القدّ والداب القطبية الشمالية في المياه الساحلية في آيسلندا خلال الفترة من عام ١٩٩١ إلى عام ٢٠٠٠، في حين أن النتائج المستمدّة من منطقة النرويج كشفت عن تناقص بالغ الدلالة (من ٢٣ ن غ/غ إلى ٤ ن غ/غ وزن شحمي) في مخلفات المادة (HCH)-ألفا في كبد أسماك القدّ القطبية بين عامي ١٩٨٧ و ١٩٩٨ (Paasivirta و Sinkkonen، 2000).

وكُشفت المادة (HCH)-ألفا في عضلات وكبد الثعالب القطبية (١,٥ و ٣ ن غ/غ وزن رطب) في كندا (AMAP, 2004). وعكست المستويات المكتشفة في الدببة القطبية أيضاً توسّعاً مكانياً للمادة (HCH)-ألفا إذ بلغت أعلاها في التجمّعات في منطقة ألاسكا (في الدببة القطبية من الذكور بلغت حتى ٥٩٣ ن غ/غ وزن شحمي). ولم يُبلغ عن أي انخفاض في مستويات المادة (HCH)-ألفا بالنسبة إلى الدببة القطبية من الإناث في المنطقة الغربية من خليج هدسون (حيث بلغت التركيزات حتى ٢٦٠ ن غ/غ وزن شحمي) من الفترة ١٩٩١-٢٠٠٢ (Verreault et al., 2005). ولكن ازدادت مخلفات المادة (HCH)-ألفا في الدببة القطبية في شرقي غرينلاند بنسبة مئوية من ١٨-٢٥٪ أثناء التسعينات (AMAP, 2004).

الجدول ٢: رجاء انظر المرفق الأول.

٢-٣-٣ الغذاء

أُبلغ بأن القيم المدخولة في الجرعات من المادة (HCH)-ألفا فيما يخصّ النظام الغذائي لعموم السكان من الذكور في الفترة بين عامي ١٩٨٦ و ١٩٩١ في الولايات المتحدة كانت ٠,٠٠٨ غ/ك غ. وفي الولايات المتحدة أيضاً، انخفضت قيمة المدخول اليومي المتوسطة المستندة إلى العمر من المادة (HCH)-ألفا من ٣,٣ إلى ١٦,١ ن غ/ك غ في الوزن الجسمي (وزن جسمي؛ ١٩٨٢-٨٤) إلى ٢,٧-٠,٥ ن غ/ك غ و ج (١٩٨٦-٩١) (ATSDR, 2005). وفي دراسة عن النظام الغذائي الكليّ قامت بها إدارة الأغذية والعقاقير (FDA) في عام ٢٠٠٣ بشأن المواد الغذائية، كُشف وجود المادة (HCH)-ألفا في ٣٥ مادة غذائية (معلومات مقدّمة عن المرفق هاء من IPEN، ٢٠٠٧). وأما في الدراسة عن النظام الغذائي الكليّ التي أُجريت في كندا (١٩٩٣-١٩٩٦)، أُبلغ عن نسبة مدخول غذائي يومي متوسطة بمقدار ٠,٣٧ ن غ/ك غ و ج من المادة (HCH)-ألفا (نقلاً عن الهيئة الصحية الكندية، عام ٢٠٠٣، في تقرير الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية (Health Canada, 2003, in EFSA, 2006). وأما ضمن البلدان الأوروبية، فإن الدراسات عن نسب المدخول اليومي ذات

الصفة التمثيلية نادرة. وقد أُجريت دراسة واحدة في الجمهورية التشيكية، ولوحظ أن قيم المدخول اليومي المتوسطة من المادة (HCH)-ألفا انخفضت من ٤,٣ ن غ/ك غ وزن جسمي في عام ١٩٩٤ إلى ١,٦ ن غ/ك غ وزن جسمي في عام ٢٠٠٢ (هيئة الأغذية EFSA، ٢٠٠٥). كما أُجريت دراسة محلية عن النظام الغذائي في إسبانيا في فترة عامي ١٩٩٠/١٩٩١ فقدّرت أن قيم المدخول اليومي أدنى من ٠,١ غ μ من المادة (HCH)-ألفا (Urieta et al., 1996).

كما تبيّن وجود المادة (HCH)-ألفا في حليب البقر في البلدان التي استعملت فيها هذه المادة حديثاً. وكانت المستويات الوسطية من وجود المادة (HCH)-ألفا في حليب البقر في منطقتين مختلفتين من الهند ٠,٠١٢ م غ/ك غ في الوزن الشحمي و٠,٠٠٤٥ م غ/ك غ في الوزن الشحمي، على التوالي (ATSDR, 2005). وقد تمّ تحليل ١٤٠ عيّنة من الحليب البقري من ١٤ مقاطعة في هريانا في الهند (أُخذت عيّنتها خلال الفترة ١٩٩٨-١٩٩٩) من أجل كشف مخلفات مبيدات الآفات الكلورية العضوية. وقد تجاوز ما نسبته أربع في المائة من العيّينات الحدّ الأقصى للمخلفات (MRL) البالغ ٠,٠٥ م غ/ك غ، حسبما أوصلت به منظمة الصحة العالمية بخصوص المادة (HCH)-ألفا (Sharma et al., 2006). وكشفت دراسة رصدية (١٩٢ عيّنة) عن حليب البقر من المكسيك وجود نسبة بمقدار ٠,٠٠١-٠,٢٠١ م غ/ك غ من المادة (HCH)-ألفا (ATSDR, 2005).

ولوحظ أن العيّينات من الأسماك والمحار المأخوذة من الهند احتوت على ٠,٠١-٠,٠٢ م غ/ك غ و ج، و٠,٢٦ م غ/ك غ من المادة (HCH)-ألفا، على التوالي (Nair and Pillai, 1992). وأما المستويات العالية من مدخول المادة (HCH)-ألفا في السلسلة الغذائية فهي موثقة فيما يخصّ المنطقة القطبية الشمالية (AMAP, 2004b) وترد مستويات مبلّغ عنها في القسم ٢-٣-٢). ويلاحظ أن السكان الأصليين في المنطقة القطبية معرّضون بصفة خصوصية من خلال نظامهم الغذائي للمادة (HCH)-ألفا وذلك عن طريق أغذية مثل لحوم الرثّة والأسماك والعجول البحرية والحيتان.

٢-٣-٤ العبء الجسمي

بلغت المستويات المتوسطة من مدخول المادة (HCH)-ألفا في عيّنة ضمّت ٢٥ مريضاً أمريكياً ٠,٠٤ ن غ/ك غ في الدم كلاً، و١,١ ن غ/ك غ (بحدّ أقصى قدره ٩,٦ ن غ/ك غ) في خزعات الدهون (ATSDR, 2005). وأبلغت دراسة إسبانية عن مستويات وسطية من مدخول المادة (HCH)-ألفا بمقدار ١,٤٣ غ μ (الحدّ الأقصى بمقدار ٦,٧٥ غ μ) في عيّينات الدهون في الأطفال الذين يعيشون في مناطق المزارع (Olea et al., 1999). كما كُشفت المادة (HCH)-ألفا في ما نسبته ١,٧٪ من ٨٢٢ عيّنة من الدم أُخذت من أشخاص بالغين ألمان من ١٢٠ موضعاً (حدّ الكشف: ٠,١ غ μ /ل) (German Environmental Survey 1998, Becker et al., 1998). كما كُشفت المادة (HCH)-ألفا في عيّينات من مصل الدم مأخوذة من ١٨٦ عيّنة (= ١,٦٪) من أطفال برازيليين (الوسطى: ١,٨ ج ف ب (جزء في البليون)) (ATSDR, 2005). كذلك كُشفت المادة (HCH)-ألفا في جميع العيّينات (ن = ١٤٢) في دراسة عن شرقي رومانيا في عام ٢٠٠٥، حيث كُشفت قيم تركّز متوسطة بمقدار ٣١ ن غ/ك غ وزن شحمي (نسبة تتراوح بين ٣ و١٤٦ ن غ/ك غ) (Dirtu et al., 2006). كما أُبلغ عن قيم تركّزات عالية في الهند من جرّاء استعمال المادة لأغراض زراعية ولأغراض مكافحة الملائيا. وبلغ محتوى مصل الدم منها حتى ٠,٤٥ م غ/ك غ، في حين أن محتوى النسيج الشحمي بلغ ٠,٣٠ م غ/ك غ. وأما النسبة التي يحتويها حليب الثدي فكانت ٠,١٦ م غ/ك غ (وسطياً) (Nair and Pillai, 1992). واستقصى الباحث شيله وزملاؤه (في عام ١٩٩٨) (Scheele et al.) مستويات عدّة مركّبات كلورية عضوية بما في ذلك المركّب (HCH)-ألفا في نخاع العظام في

عينة ضُمَّت ٢٩ شخصاً بالغا من ألمانيا من عينات جُمعت في الفترة بين ١٩٨٠ و ١٩٩١. وبالمقارنة بعينات من النسيج الشحمي، تحتوي عموماً على أعلى مستويات المركبات الكلورية العضوية، كانت تركيزات المادة (HCH)-ألفا أعلى بمقدار ١٠ أضعاف في نخاع العظام (وسطياً: ٠,٠٥ م غ/ك غ) في الوزن الشحمي الجاف؛ والحد الأقصى: ٠,٤٧٦ م غ/ك غ). وكُشف أيضاً وجود المادة (HCH)-ألفا في السائل المنوي (ATSDR, 2005).

٢-٣-٥ تعرّض الأطفال

الأطفال في بعض مراحل النمو المعينة أكثر عرضةً من البالغين للمخاطر الناجمة عن المواد الكيميائية. ولكن ليس من الواضح إذا ما كان الأطفال أسرع تعرّضاً من البالغين لآثار التعرّض لمركبات المادة (HCH)-ألفا الضارة في الصحة، وإن كان من المعلوم أن الدماغ في حالة نموه يكون حساساً للآثار الضارة الناجمة عن مختلف الملوثات العضوية الثابتة. وقد يكون إثراء المادة (HCH)-ألفا النوعي في أدمغة الثدييات خصوصاً واحداً من الأسباب الداعية إلى القلق. علماً بأن انتقال المادة (HCH)-ألفا المشيمي في البشر موثّق جيداً (ATSDR, 2005; Falcon et al., 2004; Shen et al., 2006). كما إن المادة (HCH)-ألفا تتراكم بمقدار أعلى درجة في المشيمة البشرية منه في حليب الثدي.

وكانت المستويات الوسطية لوجود المادة (HCH)-ألفا في حليب الثدي في فصيلة عينات فنلندية (٤٣ والدة، ١٩٩٧-٢٠٠١). بمقدار ٠,١٩ ن غ/غ وزن شحمي، في حين كانت التركيزات الوسطية من المادة (HCH)-ألفا في المشيمة بمقدار ٣,٤٧ ن غ/غ وزن شحمي. وفي فصيلة عينات دانمركية (٤٣ والدة، ١٩٩٧-٢٠٠١)، كُشفت تركيزات وسطية بمقدار ٠,٥١ ن غ/غ وزن شحمي في حليب الثدي، و١,٥٣ ن غ/غ وزن شحمي في المشيمة. ويُشكّ في وجود نشاط استقلابي نوعي في النسيج المشيمي (Shen et al., 2007). ويمكن أن يتبيّن أنه في حالة فرض القيود على استعمال مركبات المادة (HCH)-ألفا، فإن مستويات تركّزها في حليب الثدي تنخفض باستمرار. وفي ألمانيا، ما يزال يُكشّف وجود المادة (HCH)-ألفا في ما نسبته ٢٨٪ من عينات حليب الثدي، وذلك في العينات التي تمّ تحليلها في الفترة ١٩٨٤/١٩٨٥، في حين لم يمكن كشفها في الفترة ١٩٩٠/١٩٩١ وعام ١٩٩٥ في العينات المأخوذة (Ott et al., 1999). وقد جُمع أكثر من ٢٠٠٠ عينة فردية من حليب الثدي البشري من نساء يعشن في ألمانيا الغربية، وتمّ تحليلها في الفترة بين عام ١٩٨٤ و ٢٠٠١، فتبيّن أن تركّز المادة (HCH)-ألفا قد انخفض من أكثر من ٠,٠١ م غ/ك غ في الدهون إلى مستويات دون الحدّ الذي يمكن كشفه (حدّ الكشف: ٠,٠٠١ م غ/ك غ في الدهون) (Fürst, 2004). وفي إطار الدراسة الميدانية الثالثة التي قامت بها منظمة الصحة العالمية عن الحليب البشري، تمّ تحليل ١٦ مجموعة عينات من الحليب البشري من ١٠ بلدان أوروبية. ففي بلغاريا وروسيا وأوكرانيا، كُشف تركّزات من المادة (HCH)-ألفا تتراوح بين ٠,٠٢ و ٠,٠٦ م غ/ك غ وزن شحمي، في حين أن العينات من الجمهورية التشيكية وألمانيا وأيرلندا وألمانيا وإيطاليا ولكسمبورغ والنرويج وإسبانيا لم تُنح كشف وجود المادة (HCH)-ألفا (حدّ الكشف: ٠,٠٠١ م غ/ك غ وزن شحمي). وفي نيروبي في كينيا، تبيّن أن ما نسبته ٨,٨٪ من ٢١٦ عينة من الحليب البشري احتوت على قيم قابلة للكشف من المادة (HCH)-ألفا بمقدار تركّز وسطي بلغ ٠,٠١٣ م غ/ك غ من دهون الحليب وبما يتراوح بين ٠,٠٠٢ و ٠,٠٣٨ م غ/ك غ (Kinyamu et al., 1998). وأما عينات حليب الثدي المأخوذة من الهند فقد احتوت على ٠,١٦ م غ/ل (وسطياً) (Nair and Pillai, 1992). وأبلغت دراسة هندية أخرى عن مقدار ٠,٠٤٥ م غ/ل من المادة (HCH)-ألفا في حليب الثدي (Nair and al., 1996). ويمكن أن يُستنتج إذاً أن قيم تركّز المادة

(HCH)-ألفا في حليب الثدي تعتمد بشدة على التعرض، وأن قيم التركيز في عدة بلدان أوروبية شرقية، وكذلك عدة بلدان نامية، لا تزال عالية جداً.

٢-٤ تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للقلق

بالمقارنة بالمادتين HCH التقنية والليندين، يُلاحظ أن البيانات المتوافرة عن المادة (HCH)-ألفا محدودة. كما لا يوجد إلا عدد محدود من الدراسات عن السمية الفمية شبه المزمدة والمزمنة أيضاً. ولم يُضطلع بأي دراسات عن سمية المادة (HCH)-ألفا في الحيوانات عن طريق التنشق والتلوّث الجلدي من جرّاء استخدام المادة في التطبيقات. وتُفتقد أيضاً الدراسات عن آثار المادة (HCH)-ألفا البيئية والمسحية والتكاثرية. كما يُفتقر إلى البيانات عن الجرعات وردّ الفعل بعد التعرض عن طريق الفم فيما يخص جميع الأنواع الأحيائية المعنية. ولأغراض موجز بيانات المخاطر الحالي، تمّ استعراض أهم النتائج المستمدة فيما يتعلق بتقدير الأخطار. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل، يرجى النظر في التقارير المذكورة تحت العنوان الجانبي رقم ٢-١.

السمية/السمية العصبية الحادة: تتراوح قيم الجرعة المميّنة للنصف، الفمية (LD50) بين ١٠٠٠ و ٤٠٠٠ م غ/ك غ وزن جسمي بالنسبة إلى الفئران، وبين ٥٠٠ و ٦٧٤ م غ/ك غ وزن جسمي بالنسبة إلى الجرذان. وكانت علامات التسمم تشير إلى تنبيه الجهاز العصبي المركزي: الإثارة والوضع التحديّ وخشونة الفراء وعسر التنفّس والقهم والرُعاش والتقلّصات والتشنّجات (IPCS, 1992).

السمية شبه المزمدة: في دراسة لمدة تسعين يوماً أُجريت على الجرذان بمستويات جرعات بمقادير صفر أو ٢ أو ١٠ أو ٥٠ أو ٢٥٠ م غ/ك غ في النظام الغذائي، لوحظ حدوث تأخّر في النمو وازدياد نسبي في وزن الأعضاء (الكبد والقلب والكلية والغدد الكظرية الأدرينالية) عند مقدار ٢٥٠ م غ/ك غ في الغذاء (أي ما يُكافئ ١٢,٥ م غ/ك غ وزن جسمي/يوم). وعند بلوغ مقادير مستويات تتراوح بين ٥٠ و ٢٥٠ م غ/ك غ، حدث تغيير في الأنشطة الإنزيمية في الكبد وتضخّم في خلايا النسيج الحشوي في الكبد أيضاً. وازداد وزن الكبد عند مستويات جرعة بمقدار ١٠ م غ/ك غ في الغذاء (أي ما يعادل ٠,٥ م غ/ك غ و ج/يوم)، ولوحظ انخفاض في أعداد خلايا الدم البيضاء. كما لوحظت علامات تدل على كبت مناعي (انخفاض مستويات الغلوبولين المناعي G و M في المصل) عند جرعة بمقدار يتراوح بين ٥٠ و ٢٥٠ م غ/ك غ في الغذاء. وكان مستوى انعدام أي تأثير ضار مُلاحظ (NOAEL) ٢ م غ/ك غ من (HCH)-ألفا في الغذاء (أي ما يعادل ٠,١ م غ/ك غ و ج/يوم؛ وأدى مستوى من الآثار الضارة الملحوظة (LOAEL) ١٠ م غ/ك غ في الغذاء) (IPCS, 1992).

السمية المزمدة: في تجربة أُجريت على ١٠ جرذان من نوع ويستار الصغيرة المفطومة من الإناث و ١٠ منها من الذكور، أُدخلت في تغذيتها اليومية جرعات تحتوي على مقادير صفر و ١٠ و ٥٠ و ١٠٠ و حتى ٨٠٠ م غ من (HCH)-ألفا/كغ (في زيت الذرة) لمدة ١٠٧ أسابيع، لوحظ أن أعلى جرعة أدت إلى تأخّر في النمو وازدياد معدّل النفوق وضرر خفيف في الكلية. وبتطبيق جرعة يومية بمقدار يتراوح بين ١٠٠ و ٨٠٠ م غ/ك غ، تبيّن حدوث تضخّم في الكبد وتغيّرات مرضية في وظائف النسيج. ولكن لم تحدث أي تغيّرات في الكبد عند جرعة بمقدار ٥٠ م غ/ك غ في الغذاء (مستوى انعدام الأثر الضار المُلاحظ (NOAEL) ٥٠ م غ/ك غ، وأدى مستوى للأثر الضار المُلاحظ (LOAEL) ١٠٠ م غ/ك غ في الغذاء) (Fitzhugh et al., 1950).

السّميّة الجينية: المادة (HCH)-ألفا ليست مطفّرة بكتيرية (أي السالمونيلا التيفية, *Salmonella typhimurium* stains TA 98, TA 100, TA 1535 and TA 1537) في حال وجود تفعيل للنشاط الاستقلابي أو عدم وجوده، كما أنّها لا تستحثّ ضرراً في الحامض النووي الريبي المنقوص الأوكسجين (د ن أ) في البكتيريا. غير أنّ هذه المادة تثير تشظيًّا في د ن أ الخلايا الكبدية المرارية عند البشر والجرذان. لكن التعرّض لمادة (HCH)-ألفا بدخولها عن طريق الفم أدّى إلى اضطرابات فتيلية، بما في ذلك ازدياد معدّل الانقسام الفتيلي وازدياد تواتر النشاط في الخلايا الكبدية المتعدّدة الصبغيات لدى الفئران (ATSDR, 2005).

السرطنة: الدراسات عن تسبّب المادة (HCH)-ألفا بنشوء الحالات السرطانية محدودة، وقد أُجريت عدّة دراسات على الفئران، ولكن قيمتها محدودة. ومع ذلك يتضح من النتائج المستخلصة أنّ المادة (HCH)-ألفا تنتج، عند مستويات جرعات عالية، سرطانات عُقيدية تنسّجية وكبدية خلوية لدى الفئران (معدّل الحدوث يتفاوت) ولدى الجرذان أيضاً (معدّل الحدوث منخفض). وتبيّن الدراسات عن العوامل التي تحثّ على بدء الحالات وكيفيات النشاط أنّ الاستجابة الورمية الشاذّة التي لوحظت بفعل المادة (HCH)-ألفا هي على الأرجح من جرّاء آلية غير ذات سمّية جينية. وقد تبيّن أنّ المادة (HCH)-ألفا تحثّ على تكوّن الأورام في الكبد لدى الفئران والجرذان (IPCS, 1992). وقد صنّفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) المادة (HCH)-ألفا في الفئة ٢ ألف: أي باعتبارها مُسرّطنة محتملة للبشر. وأما وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (USEPA) فقد صنّفت المادة (HCH)-ألفا باعتبارها مُسرّطنة مرجّحة للبشر. وارتأت إدارة الصحة والخدمات الإنسانية (DHHS) أنّ المادة (HCH) (بجميع أيزومراتها) يتوقّع على نحو معقول أنّها تسبّب السرطان لدى البشر (ATSDR, 2005).

السّميّة المناعية: ظهر لدى الفئران التي جرّبت عليها المادة (HCH)-ألفا (بمقادير ٥٠ و ٢٥٠ م غ/ك غ/يوم - أي ٥,٠ و ٢,٥ م غ/ك غ/و ج/يوم) علامات تدل على حدوث كبت مناعي (انخفاض المستويات المصلّية من الغلوبولينات المناعية M و G في الدم).

الآثار في البشر: أبلغ عن آثار ضارّة، كالأضطرابات الفسيولوجية العصبية والنفسية العصبية والاضطرابات المعدية المعويّة، فيما يخصّ العمال المعرّضين للمادة (HCH) التقنية أثناء تركيب مبيدات الآفات أو الأسمدة. فقد عانى العمال من حالات تشوُّش الحسّ التّنملي في الوجه والأطراف السفلى، والصداع والدوار، وانحراف الصحة والقيء، والرّعاش المفاجئ، والإحساس بالتوجّس والارتباك، والأرق، وضعف الذاكرة، وفقدان الدافع الجنسي. وارتفعت مستويات فرز الغلوبولين المناعي الإنزيمي (ATSDR, 2005). وذكر أنّ تنشّق المادة (HCH)-ألفا (خليطة أيزومراتها) قد يؤدّي إلى التخرّش في الأنف والحلق (IPCS, 2006). كما إنّ ملاحظة حدوث أضرار كبدية خطيرة (مثلاً، الحؤول الدهني والنّخر (نكروز)) تشير إلى أنّ النتائج نفسها يُحتمل أنّ تحدث لدى العمال عقب فترات مطوّلة من التعرّض المهني لتأثير أيزومرات (HCH).

وكشفت دراسة ألمانية عن وجود المركّبات الكلورية العضوية في الدم المحيطي لدى ٤٨٦ امرأة من اللواتي يعانين من اضطرابات هرمونية و/أو انعدام الخصوبة، أنّ تركّزات (HCH)-ألفا كانت عالية الدرجة لدى النساء المصابات بأورام ليفية رحمية، وأجسام مضادة للنشاط الدّرقي، والقُصور الأصفرّي، والنساء ذوات التعرّض الشديد لحالات الحساسية الضديّة. وكان لدى النساء البدينات والنساء ذوات التاريخ الإجهاضي أعلى مستويات تركّز (HCH)-ألفا في الدم (Gebhard, 1993).

وفي دراسة تجريبية رائدة، وإن كانت محدودة القدرة الإحصائية، تبين وجود ارتباط ممكن بين التعرض للمواد الكلورية العضوية ومخاطر الإصابة المحتملة بفقر الدم اللاتنسجي (اللانموي) في مرحلة الطفولة. فقد كانت المادة (HCH)-ألفا أعلى درجة بقدر ذي دلالة لدى الأطفال المصابين بفقر الدم اللاتنسجي منها لدى أولئك الذين يعيشون في وسط تُراعى فيه تدابير المراقبة (أقل من معدّل ٠,٠٥) (Ahamed et al., 2006).

وأجريت دراسة في الهند لفحص الارتباط بين التعرض للمادة (HCH)-ألفا وتأخر النمو داخل الرحم (معدّل تقييد النمو داخل الرحم (IUGR) أقل عُشر مئتي من الوزن عند الولادة بالنسبة إلى العمر الحُملي). وتبين وجود حالات ترابط ذات دلالة ملحوظة (أقل من ٠,٠٥) بين مستويات (HCH)-ألفا في دم الوالدة وتأخر نمو الجنين داخل الرحم (Siddiqui et al., 2003).

الآثار في الكائنات العضوية غير المستهدفة: البيانات عن الآثار في الأنواع الأحيائية غير المستهدفة محدودة للغاية. علماً بأن (HCH)-ألفا ذات سمية حادة بالنسبة إلى الكائنات العضوية المائية. وقد أُبلغ عن تركّزات مؤثرة في الطحالب والعوالق الحيوانية الطافية (رُويان المياه الشديدة الملوحة (القريدس) وبرغوث الماء) وكذلك السمك، بقيمة قدرها أقل من ١ م غ/ل (IPCS, 1992؛ وقاعدة بيانات) (EXOTOX database, 2007). وحُدّد من خلال التركّزات مقدار الجرعة المميّنة للنصف بنسبة ٥٠ في المائة (LD50) البالغ تقريباً ١,٤ م غ/ل في اختبار حاد (لمدة ٢٤ ساعة) على السمك المرقط (Oliverira-Filho and Paumgarten, 1997). وفي دراسة طويلة الأمد على القواقع (الحلزون) (*Lymnaea stagnalis*) تبين انخفاض معدّل التكاثر بنسبة ٥٠٪ عند قيمة تركّز ٦٥ غ/ل. وأما في الأسماك، فلم يتسنّ كشف تغييرات مرضية أنسجوية أو تأثير شديد في النمو والسلوك، وذلك في تجارب طويلة الأمد (التركّز الاختباري ٨٠٠ غ/ل، أو كريات تحتوي على ١٠-٢٥٠ م غ (HCH)-ألفا/ك غ) (IPCS, 1992). وكشفت بيانات الرصد عن الدبة القطبية الشمالية ترابطاً سلبياً مع تركّزات الرتينول وأيزومرات (HCH)، مما قد يؤثر في طائفة واسعة من الوظائف الأحيائية (البيولوجية) (AMAP, 2004).

تحديد خصائص المخاطر

أجرت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (USEPA) دراسات لتقييم المخاطر الغذائية لدى المجتمعات المحلية في ألاسكا بخصوص (HCH)-ألفا وبيتا، في عام ٢٠٠٦. وقدرت الوكالة (USEPA) معدّلات التعرض للمادة (HCH)-ألفا في المجتمعات المحلية الألاسكية في نطاق ٠,٠٠٠٥٧-٠,٠٠٣٩ م غ/ك غ و ج/يوم لدى البالغين، و ٠,٠٠٥٠-٠,٠٠٢١ م غ/ك غ و ج/يوم لدى الأطفال (بعمّر ١-٦ سنوات) و ٠,٠٠٥٠-٠,٠٠٧٣ م غ:ك غ و ج/يوم لدى الأطفال أيضاً (بعمّر ٧-١٢ سنة). وحُدّد معدّل المخاطر بنسبة مئوية من الحدّ الأقصى من الجرعة المقبولة أو الجرعة المرجعية (RfD). وتبين أن من الجائز الوصول إلى درجة من القلق إذا ما تجاوزت المخاطر الغذائية نسبة ١٠٠٪ من الجرعة المرجعية (USEPA, 2006). وتستند قيمة الجرعة المرجعية البالغة ٠,٠٠١ م غ/ك غ/يوم بخصوص التعرض المزمن، إلى معيار مستوى انعدام الآثار الضارة الملاحظة (NOAEL) المقدّر بنسبة ٠,١ م غ/ك غ/يوم (أما معيار أدنى مستوى للآثار الضارة الملاحظة (LOAEL) فهو ٠,٥ م غ/ك غ/يوم)، والذي حُدّد في دراسة عن السمية شبه المزمنة لدى الجرذان، مع تطبيق عامل رّيّة بمقدار ١٠٠ (USEPA, 2006). وأما بخصوص التنشّق، فإن درجة التركّز المرجعية (الجرعة المرجعية) من المادة (HCH)-ألفا فهي ٠,٠٠٠٢٥ م غ/م^٣ بالاستناد إلى معيار مستوى انعدام الآثار الضارة الملاحظة بمقدار ٠,٠٢٥ م غ/م^٣

بالنسبة إلى ملاحظات السمية في الكبد والكلى في دراسة عن التنشق شبه المزمّن لدى الجرذان، مع تطبيق عامل رية بمقدار ١٠٠ (المعهد الوطني لأبحاث الصحة العامة والبيئة في هولندا (RIVM)، عام ٢٠٠١ في USEPA, 2006).

وذكر أن تقديرات التعرض الغذائي الحاد لا تدعو إلى القلق، وفقاً للوكالة (USEPA) (عام ٢٠٠٦). وبيّن تقييم المخاطر الذي قامت به الوكالة (USEPA) أن تقديرات التعرض الغذائي المزمّن فيما يخص المادة (HCH)-ألفا، هي فوق المستويات الداعية إلى القلق بالنسبة إلى تقديرات المدخول الغذائي العليا. كما أن تقديرات المخاطر الغذائية السرطانية فيما يخص المادة (HCH)-ألفا هي أيضاً فوق مستويات القلق بالنسبة إلى تقديرات المدخول الغذائي المنخفضة والعليا على حدّ سواء. ووفقاً لرأي الوكالة (EPA)، تبلغ قيم المخاطر (بنسبة مئوية من الجرعات المرجعية) ٥٧-٣٩٠ لدى الذكور البالغين، و٦٧-٤٦٠ لدى الإناث البالغات، و١٠٠-٥ لدى الأطفال (بعمّر ١-٦ سنوات)، و٧٣-٥٠٠ لدى الأطفال (بعمّر ٧-١٢ سنة). وأما تقدير مخاطر السرطان فهي لدى الذكور البالغين من ٣,٢ × ١٠^{-٣} إلى ٢,٥ × ١٠^{-٢}، ولدى الإناث البالغات من ٤,٢ × ١٠^{-٣} إلى ٢,٩ × ١٠^{-٢}. وينبغي أن يُلاحظ أن هذه التقديرات بشأن معدلات وقوع الإصابة هي أعلى بأربع مراتب على الأقل من الجسامة من معدّل قيمة مقبول عام بشأن مخاطر احتمال الإصابة بالسرطان وهو ١ × ١٠^{-٦}. وحتى مع أن هذا التقدير للمخاطر متحفّظ جداً بسبب المستويات القصوى الأساسية المكشوفة، يمكن أن يُستنتج أن المخاطر الغذائية هي مدعاة إلى القلق. إضافة إلى ذلك، لا بدّ من الإشارة إلى أن العضو الجسمي المستهدف في السمية المزمّنة هو الكبد، ويمكن أن يُتوقع أن تأثيرات المادة (HCH) قد تكون قابلة للإضافة إلى مؤثرات أخرى. وقد أظهر الباحث هاسيغاوا وزملاؤه (في عام ١٩٨٩) (Hasegawa et al.) وجود مؤثرات تآزرية في هذا الخصوص أيضاً في تجارب مختبرية.

٣ - توليف المعلومات

المادة سُداسي كلور حلقي الهكسان (HCH) التقنية، وهي خليط من خمسة أيزومرات (HCH) مستقرّة، تحتوي على نسبة تتراوح بين ٥٥ و ٨٠٪ من (HCH)-ألفا. وقد استعملت على نحو واسع جداً في جميع أنحاء العالم كمبيد آفات كلوري عضوي. ومع أن استعمال المادة (HCH) التقنية في أيامنا هذه ضئيل لا يُذكر، فإن إطلاقها في البيئة ربما لا تزال تجري حتى الآن. ومع أنه لا توجد أي تقديرات كمية لهذه الإطلاقات، فإن مقادير مخلفات المادة (HCH) على شكل نواتج جانبية، يُفترض أنها تتراوح بين ١,٦ و ١,٩ مليون طن إلى ٤,٨ ملايين طن. إضافة إلى أن هناك مواقع كثيرة يُتوقع أن تسبّب تلوثاً بيئياً، وليست خاضعة للصيانة أو للضبط الرقابي على النحو المناسب.

تسهّل الخواص الفيزيائية-الكيميائية في المادة (HCH) انتقالها البعيد المدى في الغلاف الجوي، وتتيح حدوث "تكثف بارد" لها على نطاق عالمي. إضافة إلى ذلك، يسهم ثابت قانون هنري المنخفض بخصوص هذه المادة في بلوغ مستويات تركّز عالية في المحيط القطبي الشمالي. علاوة على ذلك أيضاً، تبين أن التراكّزات الهوائية القطبية كانت تحاكي البيانات عن الاستعمال على الصعيد العالمي مباشرةً حتى مطلع التسعينات. كما أن بيانات الرصد المستمدّة من مناطق نائية، مثلاً منطقتي القطبين الشمالي والجنوبي، تدلّ على أن مستويات التراكّز المكشوفة، والتي كانت في بعض الأحيان أعلى منها في مناطق المصدر، تنشأ أصلاً من الانتقال الطويل المدى.

المادة (HCH)-ألفا تعتبر أساساً قابلة للتحلّل (الحسّف) بشرط توافر ظروف مؤاتية (مثلاً تعزّز توافرها الأحيائي، ودرجة الحرارة المناسبة، ومحتوى الرطوبة). علماً بأن التحلّل الضوئي يسهم في زوال (HCH)-ألفا في المحلول المائي بأسّ

هيدروجيني قلوي، ولكن أهميته في الظروف البيئية ضئيلة. وقد تخضع المادة (HCH)-ألفا للتحلل الانتقائي التماثلي، تبعاً للمواقع والوسيط. وتشير تحاليل أنصاف العمر والمخلفات في التربة، المبلغ عنها، إلى درجة ثبات معتدلة. غير أن بعض الظروف البيئية المعينة، مثل انخفاض نسبة التراكّزات أو انخفاض درجات الحرارة، يؤدّي إلى أنصاف عمر أطول زمنياً. وقد بلغت أنصاف عمر (HCH)-ألفا في البحيرات القطبية الشمالية حتى ١,٤ سنة، في حين أدّى التحلل الانتقائي التماثلي إلى أنصاف عمر في نطاق يتراوح تقريباً بين ٥ سنوات و ١٧ سنة.

وقد تتراكم المادة (HCH)-ألفا أحياناً، وكذلك قد تتضخّم أحياناً، في البيئات الأحيائية النباتية والحيوانية وشبكاتها الغذائية وفي الشبكات الغذائية القطبية الشمالية أيضاً. وكانت قيمة عوامل التضخّم الأحيائي (BMFs)، وكذلك عوامل التضخّم الأحيائي في الشبكات الغذائية (FWMFs) في اللافقرات والأسماك والثدييات الأرضية والبحرية أكبر من ١. وبسبب إمكانات الاستقلاب الفردية في تمثّل المادة (HCH)-ألفا، فإن الطيور غير ملائمة لإدراجها في هذا الإطار. ومعظم الطيور تظهر عوامل تضخّم أحيائي بقيمة أقل من ١، على نحو مستقل عن المستوى التغذوي. وأما في الثدييات، فبخاصة، فيحدث تراكم بتماثل صوري نوعي للمادة (HCH)-ألفا (+) أو (-)، تبعاً لأنواع الأحيائية. وبالاقتران بإمكانات التحويل المنخفضة، فإن (HCH)-ألفا تصل إلى عوامل تضخّم أحيائي عالية القيمة في الثدييات، مع حدوث أعلى التراكّزات درجةً في النسيج الدماغي (وبخاصة الجزء المتماثل سوريا (+)). ولأن جميع أيزومرات (HCH) تفعل فعلها في الجهاز العصبي المركزي، فإنه ينبغي النظر إلى ذلك بحذر. ولكن حتى هذا التاريخ لا تتوافر دراسات عن السمية النوعية الخاصة بالأجزاء المتماثلة صورياً، ومن ثم فإن أسباب الإثراء والفوارق أيضاً أكثرها غير واضح.

تبيّن أن المادة (HCH)-ألفا سامة للأعصاب وسامة للكبد، وتسبب آثاراً كابتة للمناعة وسرطانات في الحيوانات المختبرية. وقد صنّفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) المادة (HCH)-ألفا في الفئة ٢ باء، في عداد المواد التي يمكن أن تسبب السرطانات للبشر. كما تبيّن عدّة دراسات وبائية أن المادة (HCH)-ألفا قد يكون لها دور في التسبب بالإصابة بسرطان الثدي. والمادة (HCH)-ألفا معروفة بأنها تحتوي على عوامل مُحرّض على تكوّن الأورام.

قد تؤثر المادة (HCH)-ألفا بأضرار في الصحة البشرية في المناطق الملوثة وكذلك في المناطق القطبية الشمالية. وبالاستناد إلى البيانات المتاحة عن سمية المادة (HCH)-ألفا، يمكن أن يُستنتج أن التراكّزات الحالية من هذه المادة في الأغذية وفي الحليب الثديي البشري، تعتبر مسألة تدعو إلى القلق. وإن قيم المدخول اليومي المقدّر من الجرعات من المادة (HCH)-ألفا لدى السكان الأصليين في منطقة القطب الشمالي تتجاوز قيم المدخول السليم المرجعية، حتى وإن كانت التقديرات متحفظة جداً. ومن ثم فإن المخاطر الغذائية لدى أولئك السكان مدعاة إلى القلق. ومع ذلك، ينبغي التشديد على أن الأغذية التقليدية تنطوي على قيم اجتماعية وثقافية وروحية واقتصادية فريدة بخصوصيتها، ولذا يُوصى بشدّة باجتناّب الأغذية التي تعتبر فيها مستويات وجود المادة (HCH)-ألفا داعياً إلى القلق.

٤ - البيان الختامي

مع أن أكثر البلدان قد حظرت، أو قيّدت، استعمال المادة سُداسي كلور حلقي الهكسان (HCH) التقنية مبيداً للآفات، مع الاستعاضة عنها في معظم الحالات باستعمال مادة الليندين، فقد نتج عن عمليات إنتاج الليندين مقادير ضخمة من مخلفات أيزومرات (HCH)-ألفا. ومن ثم فإن استمرار إنتاج هذه النفايات من الأيزومرات، وتكدّس مخزونها الموجودة حالياً، لا يزالان مشكلة عالمية النطاق، ويسهمان في زيادة إطلاقهما في البيئة.

وقد تناقصت الإطلاقات في البيئة بقدر ملحوظ جداً على مدى الثلاثين سنة الماضية، ولكن مستوياتها في البيئة تشير إلى أن المادة (HCH)-ألفا قد تظل ثابتة في البيئة (بدرجات تركز أدنى). ومحيط القطب الشمالي، الذي تُزال فيه الآن المادة (HCH)-ألفا، بات حوض تصريف حفظ هذه المادة الكيميائية من التحلل السريع. والمستويات الكامنة في المجموعات الأحيائية في بيئة القطب الشمالي لا تعكس تماماً صورة الاتجاه التناقصي في الأوساط البيئية اللاأحيائية.

كما أن المادة (HCH)-ألفا موجودة في السلاسل الغذائية البرية منها والمائية، وباتت تركّزاتها فيها مدعاة قلق بشأن الصحة البشرية. ويمكن توقّع حدوث تعرّض عالي الدرجة في المناطق الملوثة، وكذلك في منطقة القطب الشمالي، نتيجة لانتقال المادة البعيد المدى. إضافة إلى ذلك، يتعرّض البشر والأحياء البرية إلى مختلف الملوّثات التي يمكن أن تحت مفعول آثار المادة (HCH)-ألفا التسميمية على نحو إضافي أو تآزري. وبالاستناد إلى الخواص الكامنة في المادة (HCH)-ألفا، مع اعتبار قيم الجرعات التقديرية من المدخول اليومي منها لدى سكان القطب الشمالي الأصليين، والتي تتجاوز قيم المدخول المرجعية السليمة، وكذلك باعتبار تفشّي المادة (HCH)-ألفا في الكائنات الأحيائية على نطاق واسع، بما في ذلك مناطق نائية بعيداً عن المصادر المحتملة، يُستنتج أن هذه المادة يُرجّح أن تؤدّي، نتيجة لانتقالها البيئي البعيد المدى، إلى آثار ضارة خطيرة الشأن في الصحة البشرية وفي البيئة، مما يسوّغ اتخاذ إجراء بشأنها على الصعيد العالمي.

- AMAP: Arctic Monitoring and Assessment Programme 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Oslo, Norway, 2004.
- AMAP: Persistent Toxic Substances, Food Security and Indigenous Peoples of the Russian North Final Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, 2004b.
- Ahamed M., Anand M., Kumar A., Siddiqui M.K.: Childhood aplastic anaemia in Lucknow, India: incidence, organochlorines in the blood and review of case reports following exposure to pesticides. *Clin Biochem.* 39 (7), 2006, p. 762-6.
- ATSDR: Toxicological profile for hexachlorocyclohexanes, United States of America Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, August, 2005. [<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp43.html>]; 2007-02-27].
- Bachmann A., Walet P., Wijnen P., de Bruin W., Huntjens JL., Roelofsen W., Zehnder AJ.: Biodegradation of alpha- and beta-hexachlorocyclohexane in a soil slurry under different redox conditions. *Appl Environ Microbiol.* 54 (1), 1988, p. 143-9.
- Bakore N., John PJ., Bhatnagar P.: Organochlorine pesticide residues in wheat and drinking water samples from Jaipur, Rajasthan, India. *Environ Monit Assess.* 98 (1-3), 2004, p. 381-9.
- Baumann K., Angerer J., Heinrich R., Lehnert G: Occupational exposure to hexachlorocyclohexane. Body burden of HCH isomers. *Int Arch Occup Environ Health.* 47 (2), 1980, p. 119-27.
- Becker KS., Kaus C., Krause P., Lepom C., Schulz M., Seifert B.: Umwelt-Survey 1998, Band III: Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland
- Bidleman TF., Kylin H., Januntunen LM., Helm PA., Macdonald RW.: Hexachlorocyclohexanes in the Canadian Archipelago. 1. Spatial distribution and pathways of alpha-, beta- and gamma-HCHs in surface water. *Environ. Sci Technol.* 41 2007, p. 2688-2695.
- Bouvier G., Blanchard O., Momas I., Seta N.: Pesticide exposure of non-occupationally exposed subjects compared to some occupational exposure: A French pilot study.
- Borghini F, Grimalt JO, Sanchez-Hernandez JC, Bargagli R. Organochlorine pollutants in soils and mosses from Victoria Land (Antarctica). *Chemosphere* 58(3), 2005, p. 271-8.
- Breivik, K., Pacyna, J. M., Münch, J.: Use of a-, b- and y-hexachlorocyclohexane in Europe, 1970-1996. *Sci. Total Environ.* 239 (1-3), 1996, p. 151-163.
- Buser, H.F.; Müller M. Isomer and Enantioselective Degradation of Hexachlorocyclohexane Isomers in Sewage Sludge under Anaerobic Conditions. *Environmental Science and Technology.* 29, 1995, p. 664-672.
- Braune B., Miur D., DeMarch B., Gamberg M., Poole K., Currie R., Dodd M., Duschenko W., Eamer J., Elkin B., Evans M., Grundy S., Hebert C., Johnstone R., Kidd K., Koenig B., Lockhart L., Marshall H., Reimer K., Sanderson J., Shutt L.: Spatial and temporal trends of contaminants in Canadian Arctic freshwater and terrestrial ecosystems: a review. *The Science of the Total Environment* 230, 1999 p. 145-207.
- Buckmann AH., Norstrom RJ., Hobson KA., Karnovsky NJ., Duffe J., Fisk AT.: Organochlorine contaminants in seven species of Arctic seabirds from northern Baffin Bay. *Environmental pollution* 128 2004, p. 327-338
- Butte, W., Fox K., Zauke GP.: Kinetics of bioaccumulation and clearance of isomeric hexachlorocyclohexanes. *Sci Total Environ.* 109-110, 1991, p. 377-82.
- CambridgeSoft Corporation: Chemfinder 2004, [<http://chemfinder.cambridgesoft.com/result.asp>]; 2007-02-27]

CACAR: Canadian Arctic Contaminant Assessment Report II: Toxic Substances in the Arctic and Associated Effects – Human Health, Dept of Indian Affairs and Northern Development, Ottawa, Canada, 2003.

Chessells MJ., Hawker DW., Connell DW., Papajcsik IA.: Factors influencing the distribution of lindane and isomers in soil of an agricultural environment. *Chemosphere* 17 (9), 1988, p. 1741-1749.

Concha-Grana E., Turnes-Carou M., Muniategui-Lorenzo S., Lopez-Mahia P., Prada-Rodriguez D., Fernandez-Fernandez E.: Evaluation of HCH isomers and metabolites in soils, leachates, river water and sediments of a highly contaminated area. *Chemosphere* 64 (4), 2006, p. 588-95.

Corsolini S., Covaci A., Ademollo N., Focardi S., Schepens P.: Occurrence of organochlorine pesticides (OCPs) and their enantiomeric signatures, and concentrations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the Adelie penguin food web, Antarctica. *Environ Pollut.* 140 (2) 2006 p. 371-82

Czech Republic: Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2007.

Das AC., Chakravarty A., Sukul P., Mukherjee D.: Insecticides: their effect on microorganisms and persistence in rice soil. *Microbiol Res.* 150 (2), 1995, p. 187-94.

Dirtu A.C., Cernat R., Dragan D., Mocanu R., Van Grieken R., Neels H., Covaci A.: Organohalogenated pollutants in human serum from Iassy, Romania and their relation with age and gender. *Environ Int.* 32 (6), 2006, p. 797-803.

Doelman, P., Haanstra L., Loonen H. and Vos, A.: Decomposition of alpha - and beta - hexachlorocyclohexane in soil under field conditions in a temperate climate. *Soil Biology and Biochemistry* 22 (5), 1990, p. 629-634.

European Food Safety Authority (EFSA): Opinion of the Scientific Panel in Contaminants in the Food Chain on a Request from the Commission related to Gamma-HCH and other Hexachlorocyclohexanes as undesirable Substances in Animal Feed. *The EFSA Journal* 250, 2005, p. 1 – 39, [http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/science/contam/contam_opinions/1039.Par.0001.File.dat/contam_op_ej250_hexachlorocyclohexanes_en2.pdf, 2007-02-28]

EMEP POP data: Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe. [<http://www.nilu.no/projects/ccc/emepdata.html>], 2007-04-2]

Falcon M., Oliva J., Osuna E., Barba A. Luna A.: HCH and DDT residues in human placentas in Murcia (Spain). *Falcon M, Oliva J., Toxicology.* 195 (2-3), 2004, p. 203-8.

Fisk AT., Hobson KA., Norstrom RJ.: Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food Web. *Environ. Sci. Technol.* 35 (4), 2001, p. 732 -738.

Fitzhugh, O.G., Nelson, A.A., Frawley, J.P. The chronic toxicities of technical benzene hexachloride and its alpha, beta and gamma isomers. *J Pharmacol Exp Ther.* 100 (1) 1950, p 59-66.

Fürst P. 2004. Chemisches Landes- und Staatliches Vetrinäruntersuchungsamt Münster, Germany in EFSA, 2005.

Gerhard I.: Reproductive risks of heavy metals and pesticides in women. *Reproductive Toxicology* 1993, p. 167-83.

Gebhard I.: Reproductive risks of heavy metals and pesticides in women. In Richardson, M.: *Reproductive Toxicology*, VCH, Weinheim, 1993, p. 167-183.

Germany: Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2007.

Harner T., Kylin H., Bidleman TF. Strachan WMJ.: Removal of alpha- and gamma-Hexachlorocyclohexane and Enantiomers of alpha-Hexachlorocyclohexane in the Eastern Arctic Ocean. *Environmental Science & Technology* 33 (88), 1999, p. 1157-1164.

- Hasegawa R., Mutai M., Imaida K., Tsuda H., Yamaguchi S., Ito N.: Synergistic effects of low-dose hepatocarcinogens in induction of glutathione S-transferase P-positive foci in the rat liver. *Jpn J Cancer Res.* 80 (10), 1989, p. 945-51.
- Hegeman WJ., Laane RW.: Enantiomeric enrichment of chiral pesticides in the environment. *Rev Environ Contam Toxicol.* 173, 2002; p. 85-116.
- Helm PA., Diamond ML., Semkin R., Strachan WM., Teixeira C., Gregor D.: A mass balance model describing multiyear fate of organochlorine compounds in a high Arctic lake. *Environ. Sci Technol.* 36 (5), 2002, p. 996-1003.
- Hoekstra PF., O'Hara TM., Fisk AT., Borga K., Solomon KR., Muir DC.: Trophic transfer of persistent organochlorine contaminants (OCs) within an Arctic marine food web from the southern Beaufort-Chukchi Seas. *Environ Pollut.* 124 (3), 2003a, p. 509-22.
- Hoekstra PF., O'Hara TM., Fisk AT., Karlsson H., Solomon KR., Muir DCG.: Enantiomer-specific Biomagnification of alpha-Hexachlorocyclohexane and Selected Chiral Chlordane-related Compounds within an Arctic Marine Food Web. *Environ.Toxicol.Chem.* 22(10), 2003b, p.2482-2491.
- Hoekstra PF., O'Hara TM., Pallant SJ., Solomon KR.: Bioaccumulation of Organochlorine Contaminants in Bowhead Whales. (*Balaena mysticetus*) from Barrow, Alaska. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 42, 2002, p. 497-507.
- Hop, H., Borga K., Gabrielsen GW., Kleivane L., Skaare JU.: Food web magnification of persistent organic pollutants in poikilotherms and homeotherms. *Environ Sci Technol.* 36 (12), 2002, p. 2589-97.
- International HCH & Pesticides Association (IHPA): The Legacy of Lindane HCH Isomer Production, Vijgen J. 2006. [www.ihpa.info/library_access.php; 2007-02-27]
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 123. Alpha- und Beta-Hexachlorocyclohexane. World Health Organization. Geneva, 1992. [<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc123.htm> 2007-02-27]
- IPCS (International Programme on Chemical Safety): Poisons Information Monograph 257, 2001. [<http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim257.htm>; 2007-02-27].
- IPCS Intergovernmental Programme on Chemical Safety, Hexachlorocyclohexane (Mixed Isomers), 2006. [<http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim257.htm#2.1%20Main%20risks%20and%20target%20organs>; 2007-07-12].
- IPEN: Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2007.
- Iwata H, Tanabe S, Sakai N, Nishimura A, Tatsukawa R. Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global redistribution from lower latitudes *Environ Pollut.* 85 (1), 1994, p. 15-33.
- Iwata H., Tanabe S., Iida T., Baba N., Ludwig JL., Tatsukawa R.: Enantioselective Accumulation of alpha-Hexachlorocyclohexane in Northern Fur Seals and Double-Crested Cormorants: Effects on Biological and Ecological Factors in the Higher Trophic Levels. *Environ. Sci. Technol.* 32 (15), 1998, p. 2244-49.
- Jagnow G, Haider K, Ellwardt PC.: Anaerobic dechlorination and degradation of hexachlorocyclohexane isomers by anaerobic and facultative anaerobic bacteria. *Arch Microbiol.* 115 (3), 1977, p. 285-92.
- Japan: Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2007.
- Kaushik CP.: Loss of HCH from surface soil layers under subtropical conditions. *Environ Pollut.* 59 (3), 1989, p. 253-64.
- Kallenborn R., Hühnerfuss H., *Chiral Environmental Pollutants: Trace Analysis and Ecotoxicology.* Springer Verlag 2001, Heidelberg, Germany

- Klobes U., Vetter W., Glotz D., Luckas B., Skirnisson K., Hernsteinsson P.: Levels and enantiomeric ratios of chlorinated hydrocarbons in livers of Arctic fox (*Alopex lagopus*) and adipose tissue and liver of a polar bear (*Ursus maritimus*) sampled in Iceland. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 69 (1) 1998, p. 67-81
- Konwick BJ., Garrison AW., Black MC., Avants JK., Fisk AT.: Bioakkumulation, Biotransformation, and Metabolite Formation of Fipronil and Chiral Legacy Pesticides in Rainbow Trout. *Environ. Sci. Technol.* 40 (9), 2006, p. 2930-2936.
- Kinyamu J.K., Kanja L.W., Skaare J.U., Maitho T.E.. Levels of organochlorine pesticides residues in milk of urban mothers in Kenya. *Bull Environ Contam Toxicol.* 60 (5), 1998, p. 732-8.
- Kurt-Karakus PB., Bidleman TF., Jones C.: Chiral Organochlorine Pesticide Signatures in Global Background Soils. *Environ. Sci. Technol.*, 39 (22), 2005, p. 8671 -8677.
- Law SA, Bidleman TF, Martin MJ, Ruby MV.: Evidence of enantioselective degradation of alpha-hexachlorocyclohexane in groundwater. *Environ Sci Technol.* 38 (6), 2004, p. 1633-8.
- Li, Y.F.: Global technical hexachlorocyclohexane usage and its contamination consequences in the environment: from 1948 to 1997. *The Science of the Total Environment*, 232 (3), 1999, p. 121-158(38)
- Li, YF., Macdonald, RW.: Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect to pathway divergence on HCH trends in biota: a review. *The Science of the Total Environment* 342, 2005, p. 87-106.
- Li YF., Zhulidov AV., Robarts DR., Korotova LG.: Hexachlorocyclohexane Use in the Former Soviet Union. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 48, 2004, p. 10-15.
- Li YF., Bidleman TF.: Correlation between Global Emissions of alpha-hexachlorocyclohexane and its Concentrations in the Arctic Air. *Journal of Environmental Informatics*, 1, 2003, p. 52-7.
- Li YF, Macdonald RW, Ma JM, Hung H, Venkatesh S.: Historical alpha-HCH budget in the Arctic Ocean: the Arctic Mass Balance Box Model (AMBBM). *Sci Total Environ.* 324 (1-3), 2004, p. 115-3.
- Moisey J., Fisk AT., Hobson KA., Norstrom RJ.: Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers and chiral signatures of alpha-HCH in the Arctic marine food web of the Northwater Polynya. *Environ Sci Technol.* 35 (10), 2001, p. 1920-7.
- MacRae IC., Raghq K., Castro TF.: Persistence and Biodegradation of Four Common Isomers of Benzene Hexachloride in Submerged Soils. *J. Agr. Food Chem.* 15, 1967, p. 911-914.
- Murayama H., Takase Y., Mitobe H., Mukai H., Ohzeki T., Shimizu K., Kitayama Y.: Seasonal change of persistent organic pollutant concentrations in air at Niigata area, Japan. *Chemosphere* 52 (4), 2003, p. 683-94.
- Ngabe B., Bidleman TF., Falconer RL.: Base Hydrolysis of alpha- and gamma-Hexachlorocyclohexanes. *Environ. Sci. Technol.* 27, 1993, p. 1930-1933
- Nair A, Pillai MK. : Trends in ambient levels of DDT and HCH residues in humans and the environment of Delhi, India. *Sci Total Environ.* 30 (121), 1992, p.145-57.
- Nair A., Mandpati R., Dureja P.: DDT and HCH load in mothers and their infants in Delhi, India *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56 (1), 1996, p. 58 – 64.
- NARAP: The North American Regional Action Plan on Lindane and Other Hexachlorocyclohexane (HCH) Isomers. 2006. North American Commission for Environmental Cooperation
[http://www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=english&ID=2053,2007-03-10]
- Oliveira-Filho EC., Paumgartten FJ.: Comparative study on the acute toxicities of alpha, beta, gamma, and delta isomers of hexachlorocyclohexane to freshwater fishes. *Bull Environ Contam Toxicol.* 59 (6), 1997, p. 984-8.

Olsson A., Vitiņš M., Pliksis M., Bergman A. : Halogenated environmental contaminants in perch (*Perca fluviatilis*) from the Latvian coastal areas. *The Science of the Total Environment*, 239, 1999, p. 19-30.

Oliver BG., Niimi AJ.: Bioconcentration Factors of Some Halogenated Organics for Rainbow Trout: Limitations in Their Use for Prediction of Environmental Residues. *Environ. Sci. Technol.*, 19(9), 1985, p. 842-849

Olea N., Olea-Serrano F., Lardelli-Claret P., Rivas A., Barba-Navarro A.: Inadvertent exposure to xenoestrogens in children. *Toxicol Ind Health*. 15 (1-2), 1999; p. 151-8.

Ott M., Failing K., Lang U., Schubring C. Gent H.J., Georgii S., Brunn H. Contamination of human milk in Middle Hesse, Germany--a cross-sectional study on the changing levels of chlorinated pesticides, PCB congeners and recent levels of nitro musks. *Chemosphere* 38 (1), 1999, p. 13-32.

Padma TV., Dickhut R.: Variations in α -HEXACHLOROCYCLOHEXANE enantiomer ratios in relation to microbial activity in a temperate estuary. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22, 2002, p. 1421-1427.

Phillips TM., Seech AG., Lee H., and Trevors JT.: Biodegradation of hexachloro Environmental Toxicology and Chemistry- cyclohexane (HCH) by microorganisms. *Biodegradation* 16, 2005, p. 363-392.

Pohl,H.R.; Tylanda,C.A.: Breast-feeding exposure of infants to selected pesticides: a public health viewpoint. *Toxicol Ind.Health* 16, 2000, p. 65-77.

Portig J., Stein K., Vohland HW.: Preferential distribution of alpha-hexachlorocyclohexane into cerebral white matter. *Portig J, Xenobiotica*, 1, 1989, p. 123-30.

Qian Y., Zheng M., Zhang B., Gao L., Liu W.: Determination and assessment of HCHs and DDTs residues in sediments from Lake Dongting, China. *Environ Monit Assess*. 116 (1-3), 2006, p. 157-67.

Scheele J.S.: A comparison of the concentrations of certain pesticides and polychlorinated hydrocarbons in bone marrow and fat tissue. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.* 17 (1), 1998, p. 65-8.

Sharma HR., Kaushik A., Kaushik CP.: Pesticide Residues in Bovine Milk from a Predominantly Agricultural State of Haryana, India. *Environ Monit. Assess*. 2006.

Shen H., Virtanen H.E., Main K.M., Kaleva M., Andersson A.M., Skakkebaek N.E., Toppari J., Schramm K.W. Enantiomeric ratios as an indicator of exposure processes for persistent pollutants in human placentas. *Chemosphere*. 62 (3), 2006, p. 390-5.

Singh G., Kathpal TS., Spencer WF., Dhankar JS.: Dissipation of some organochlorine insecticides in cropped and uncropped soil. *Environ Pollut*. 70 (3), 1991, p. 1219-39.

Sinkkonen S., Paasivirta, J.: Polychlorinated organic compounds in Arctic cod liver: trends and profiles. *Chemosphere* 40, 2000, p. 619-626.

Siddiqui MK., Srivastava S., Srivastava SP., Mehrotra PK., Mathur N., Tandon I.: Persistent chlorinated pesticides and intra-uterine foetal growth retardation: a possible association. *Int Arch Occup Environ Health*. 76 (1), 2003, p. 75-80.

Stewart DKR., Christolm D.: Long-term persistence of BHC, DDT and Chlordane in a sandy loam soil. *Can.J.Soil Sci*. 51, 1971, p. 379-383.

SRC PhysProp Database: The Physical Properties Database of the Syracuse Research Corporation [<http://www.syrres.com/esc/physprop.htm>; 2007-04-2]

Stern GA, Macdonald CR, Armstrong D, Dunn B, Fuchs C, Harwood L, Muir DC, Rosenberg B. Spatial trends and factors affecting variation of organochlorine contaminants levels in Canadian Arctic beluga (*Delphinapterus leucas*). *Sci Total Environ*. 351-352, 2005, p. 344-68.

Suar M., Hauser A., Poiger T., Buser R., Müller MD., Dogra C., Raina V., Holliger C., van der Meer R., Lal R., Kohler HPE.: Enantioselective Transformation of α -Hexachlorocyclohexane by the

Dehydrochlorinases LinA1 and LinA2 from the Soil Bacterium *Sphingomonas paucimobilis* B90A. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 2005, p. 8514-8518.

Su Y., Hung H., Blanchard P., Patton GW., Kallenborn R., Konoplev R., Fellin P., Li H., Geen C., Stern G., Rosenberg B., Barrie LA.: Spatial and Seasonal Variations of Hexachlorocyclo-hexanes (HCHs) and Hexachlorobenzene (HCB) in the Arctic Atmosphere. *Environmental Science and Technology* 40, 2006, p. 6601-6607.

Sun P., Backus S., Blanchard P., Hites RA.: Temporal and spatial trends of Organochlorine pesticides in Great lake precipitation. *Environmental Science and Technology* 40, 2006a, p. 2135-2141.

Sun P., Blanchard P., Brice K., Hites RA.: Atmospheric organochlorine pesticide concentrations near the Great Lakes: temporal and spatial trends. *Environmental Science and Technology* 40, 2006b, p. 6587-6593.

Suzuki M., Yamato Y., Watanabe, T.: Persistence of BHC (1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorocyclohexane) and dieldrin residues in field soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 14 (5), 1975, p. 520-529.

Switzerland: Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex E of the Convention. February 2007.

TGD: Technical Guidance Document on Risk Assessment, European Communities, 2003. [<http://europa.eu.int>; 2007-29-05]

Ulrich EM., Willett KL., Caperell-Grant A., Bigsby RM., Hites RA.: Understanding Enantioselective Process: A Laboratory Rat Model for alpha-HCH Accumulation. *Environ. Sci. Technol.*, 35(8), 2001, p. 1604-1609.

Urieta I., Jalon M., Eguilero. I.: Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1, iron and zinc through the Total Diet Study, 1990/91. *Food Addit Contam.* 13 (1), 1996, p. 29-52.

U.S. National Library of Medicine: Hazardous Substance Database (HSDB) 2006, [<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>; 2007-02-27]

USEPA, Assessment of lindane and other hexachlorocyclohexane isomers, [http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/factsheets/lindane_isomers_fs.htm; 2007-02-27].

Verreault J, Muir DC, Norstrom RJ, Stirling I, Fisk AT, Gabrielsen GW, Derocher AE, Evans TJ, Dietz R, Sonne C, Sandala GM, Gebbink W, Riget FF, Born EW, Taylor MK, Nagy J, Letcher RJ. Chlorinated hydrocarbon contaminants and metabolites in polar bears (*Ursus maritimus*) from Alaska, Canada, East Greenland, and Svalbard: 1996-2002-*Sci Total Environ.* 2005 Dec 1;351-352:369-90.

Walker K., Vallero DA., Lewsi RG.: Factors influencing the distribution of Lindane and other hexachlorocyclohexanes in the environment. *Environmental Science and Technology.* 33 (24), 1999, p. 4373-78.

Wania, F., Mackay, D.: Tracking the distribution of persistent organic pollutants *Environmental Science and Technology* 30 (9), 1996, p. 390A-396A.

Wegmann, F., MacLeod, M., Scheringer, M. POP Candidates 2007: Model results on overall persistence and long-range transport potential using the OECD Pov & LRTP Screening Tool. Swiss Federal Institute of Technology,

<http://www.pops.int/documents/meetings/poprc/prepdocs/annexEsubmissions/All%20chemicals%20Switzerland.pdf> (OECD Pov & LRTP Screening Tool available at <http://www.sust-chem.ethz.ch/downloads>)

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. Chapter 3. Hexachlorocyclohexanes [<http://www.euro.who.int/Document/e78963.pdf>, 2007-03-10]

Wiberg K., Letcher RJ., Sandau CD., Norstrom RJ., Tysklind M., Bidleman TF.: The Enantioselective Bioaccumulation of Chiral Chlordane and alpha-HCH Contaminants in the Polar Bear Food Chain. *Environ. Sci. Technol.*, 34(13), 2000, p. 2668-2674.

Willett KL., Ulrich EM., Hites RA.: Differential Toxicity and Environmental Fates of Hexachlorocyclohexane Isomers. *Environmental Science and Technology* 32, 1998, p. 2197-2207.

Wong CS., Lau F., Clarc M., Mabury SA., Miur DCG.: Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Can Eliminate Chiral Organochloride Compounds Enantioselectively. *Environ. Sci. Technol.*, 36(6), 2002, p. 1257-1262.

Xiao H., Li N. and Wania F.: Compilation, Evaluation, and Selection of Physical-Chemical Property Data for α -, β -, and γ -Hexachlorocyclohexane. *J. Chem. Eng. Data* 49 (2), 2004, p. 173 -185.

Zhang ZL., Hongb HS., Zhouc JL., Huang J. and Yua G.: Fate and assessment of persistent organic pollutants in water and sediment from Minjiang River Estuary, Southeast China. *Chemosphere* 52 (9) 2003, p. 1423-1430.

Zhulidov, AV., Headley JV., Pavlov DF., Robarts, DR., Korotova GL., Vinnikov YY., Zhulidova OV.: Riverine fluxes of the persistent Organochlorine pesticides hexachlorocyclohexanes and DDT in the Russian Federation. *Chemosphere* 41, 2000, p. 829-841.
