

Distr.: General  
31 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 (ج) من جدول الأعمال المؤقت\*  
النظر في مشروعات بيانات المخاطر بشأن: البارافينات  
المكلورة قصيرة السلسلة

### مشروع بيان مخاطر: البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة

#### مذكرة من الأمانة

- ١ - اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها الثاني المقرر POPRC-2/8 بشأن البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة<sup>(١)</sup> وقد قررت اللجنة بموجب مقررها إنشاء فريق عامل مخصص لمواصلة استعراض المقترح بإدراج البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في المرفقات ألف وباء و/أو جيم للاتفاقية (أنظر الوثيقتين UNEP/POPS/PORRC.2/14 و UNEP/POPS/PORRC.2/INF/6) وبلورة مشروع بيان مخاطر طبقاً للمرفق هاء من الاتفاقية.
- ٢ - ترد أسماء أعضاء الفريق العامل المخصص المعني بالبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة ومراقبيه في المرفق الخامس من الوثيقة UNEP/POPS/PORRC.2/17.

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

(١) UNEP/POPS/POPRC.2/17، المرفق الأول.

- ٣ - اعتمدت اللجنة في اجتماعها الثاني خطة العمل المعيارية لإعداد مشروع بيان المخاطر.<sup>(٢)</sup>
- ٤ - قام الفريق العامل المخصص طبقاً للمقرر POPRC-2/8 وخطة العمل المعيارية التي اعتمدها اللجنة بإعداد مشروع بيان مخاطر يرد في المرفق لهذه المذكرة. ولم يتم تحرير مشروع بيان المخاطر رسمياً حتى الآن. وتقدم تفاصيل إضافية متعلقة ببيان المخاطر في الوثيقة UNEP/POPS/PORRC.2/INF/22.

#### الإجراء المحتمل من جانب اللجنة

- ٥ - قد ترغب اللجنة في:
- (أ) أن تعتمد مشروع بيان المخاطر الوارد في المرفق لهذه المذكرة مع أي تعديلات تراها ضرورية؛
- (ب) أن تقرر، طبقاً للفقرة ٧ من المادة ٨ من الاتفاقية وعلى أساس بيان المخاطر ما إذا كانت هذه المادة الكيميائية يحتمل أن تؤدي بسبب انتقالها طويل المدى إلى تأثيرات كبيرة ضارة بصحة الإنسان و/أو البيئة بما يبرر اتخاذ إجراءات عالمية بشأنها، ومن ثم يمضي المقترح قُدماً؛
- (ج) أن تتفق، اعتماداً على المقرر الذي يتخذ بموجب (ب) عاليه على:
- ١' أن تدعو جميع الأطراف والمراقبين إلى تقديم المعلومات بموجب المرفق واو لهذه الاتفاقية، لإنشاء فريق عامل مخصص لبلورة مشروع تقييم إدارة مخاطر، والاتفاق على خطة عمل لاستكمال هذا المشروع؛ أو
- ٢' إتاحة بيان المخاطر لجميع الأطراف والمراقبين ثم تضعه جانباً.

(٢) نفس المصدر، الفقرة ٣٦ والمرفق الثاني - ألف.

# البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة

## مشروع بيان المخاطر

مشروع أعدده الفريق العامل المفتوح العضوية بشأن

البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة

تحت إشراف لجنة استعراض الملوثات العضوية

الثابتة التابعة لاتفاقية استكهولم

آب/أغسطس ٢٠٠٧

## جدول المحتويات

٥	..... موجز واف	
٧	..... مقدمة	١ -
٧	..... الهوية الكيميائية للمادة المقترحة	١-١
٧	..... النتيجة التي خلصت إليها لجنة الاستعراض فيما يتعلق بمعلومات المرفق دال	٢-١
٨	..... مصادر البيانات	٣-١
٨	..... حالة المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية	٤-١
٩	..... موجز معلومات ذات صلة ببيان المخاطر	٢ -
٩	..... الخصائص الفيزيائية - الكيميائية	١-٢
١٠	..... المصادر	٢-٢
١٠	..... الإنتاج	١-٢-٢
١١	..... الاستخدامات والاطلاقات	٢-٢-٢
١٥	..... الانبعاثات الكلية في أوروبا وأمريكا الشمالية	٣-٢-٢
١٦	..... المال البيئي	٣-٢
١٦	..... الثبات	١-٣-٢
١٩	..... التراكم الأحيائي	٢-٣-٢
٢٢	..... القدرة على الانتقال بعيد المدى	٣-٣-٢
٢٣	..... التعرض	٤-٢
٢٣	..... التركيزات في الغلاف الجوي	١-٤-٢
٢٤	..... النفايات السائلة لمعالجة المياه المستعملة، وحمأة المجارير وتربيات متنوعة	٢-٤-٢
٢٤	..... المياه السطحية	٣-٤-٢
٢٥	..... الرسابات	٤-٤-٢
٢٦	..... الحيويات	٥-٤-٢
٢٨	..... لبن الأمهات البشرية والغذاء	٦-٤-٢
٢٩	..... تقييم المخاطر بالنسبة للنهيات الطرفية ذات الاهتمام	٥-٢
٢٩	..... السمية	١-٥-٢
٣٠	..... السمية الإيكولوجية	٢-٥-٢
٣٥	..... تجميع المعلومات	٣ -
٣٩	..... البيان الختامي	٤ -
١٧	..... المراجع	

## موجز واف

يمكن لإطلاقات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) أن تحدث أثناء إنتاج وتخزين ونقل واستخدام البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. إن غسل المرافق وبقايا الأعمال المعدنية/وقطع المعادن هي مصادر وصول هذه المادة إلى النظم الإيكولوجية المائية. وعلى الرغم من أن البيانات محدودة، فإن المصادر الرئيسية لإطلاقات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يمكن أن تكون تركيب وتصنيع المنتجات المحتوية على البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة، مثل كلوريد البولفينيل (PVC) واللدائن، واستخدام سوائل الأعمال المعدنية. وعلى الرغم من أن تاريخ استخدام البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة كان مرتفعاً لدى العديد من البلدان، إلا أن انخفاضات كبيرة قد لوحظت في استخدامه خلال السنوات الأخيرة.

من غير المتوقع للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة أن تصاب بالخصف بدرجة كبيرة نتيجة للتميو، ويشير كُباب الرسابات المرجعي إلى أن هذه المادة تكون ثابتة في الرسابات لفترة تزيد على عام. وللبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة فترات تنصيف في الغلاف الجوي تتراوح من ٠,٨١ إلى ١٠,٥ أيام، مما يشير إلى أنها تكون ثابتة نسبياً في الهواء. وقد اكتشفت البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في عينات بيئية مختلفة (في الهواء، وفي الرسابات، وفي المياه، وفي المياه المستعملة وفي أجسام الأسماك والثدييات البحرية)، وفي المناطق النائية مثل القطب الشمالي، مما يوفر دليلاً على انتقالها بعيد المدى.

تراوحت عوامل التراكم الأحيائي الميدانية من ١٦ ٤٤٠ إلى ٢٥ ٦٥٠ بالوزن غير الجاف (wet wt) في أسماك التراوت المصيدة من بحيرة أونتاريو مما يشير إلى أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يمكن أن تتراكم أحياناً بدرجة كبيرة في الحيويات المائية. ويدعم ذلك بيانات النمذجة لمُعَامَل تفريق الماء وعوامل التراكم الأحيائي التي تشير إلى أن البرافينات الكلورة قصيرة السلسلة تتراكم أحياناً. يضاف إلى ذلك أن عوامل التكاثر البيولوجي بالنسبة لبعض البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة وجد أنها تزيد على واحد. كما أن ارتفاع تركيزات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في كائنات مستوى التغذية الأعلى؛ ألا وهي الثدييات البحرية وحيويات المياه العذبة المائية (مثل حيتان بلوغ، والفقمات الحلقية ومختلف الأسماك)، هو دليل إضافي على التراكم الأحيائي. وكذلك قيست البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في لبن أئداء نساء الإنويت في شمال كيبك.

وهناك دليل على أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) تكون سمية بالنسبة لبعض أحياء مائية معينة بتركيزات منخفضة نسبية. وأكثر الأحياء المائية حساسية لهذه المادة هو يرغوث الماء المسمى *Daphnia magna* الذي يوجد لديه مستوى تركيز غير ملاحظ مزم من قدره ٥ ميكروغرام/لتر. وكذلك وجد أن الميداكا اليابانية شديدة الحساسية للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. وقد أُبلغ على أن مستوى التركيز غير الملاحظ هو ٩,٦ ميكروغرام/لتر. وقدر مستوى التركيز غير الملاحظ بالنسبة لبيض بط المارل الذي تكون قشرة بيضه سميكه بـ ١٦٨ مغ/كغ في الغذاء. وترى الوكالة الدولية لبحوث السرطان أن بعض المواد المتشابهة مع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (متوسط تركيز ١٢،

كلورة ٦٠٪) قابلة لإحداث السرطان (المجموعات ٢ باء). ومع ذلك لا يزال هناك أخذ وردُّ بشأن آليات هذه الأورام، وحول ما إذا كانت ذات علاقة بصحة البشر.

إن تركيزات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة التي تقاس حالياً في البيئة تقل بصفة عامة عن تلك المرتبطة بإحداث التأثيرات، ولكن بدون إدراج عوامل أمان. ومع ذلك ففي بعض الحالات تقترب التركيزات في المناطق الحضرية من المستويات التي قد تثير القلق.

وعلى الرغم من أن زيادة تنظيم البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة قد نتج عنه انخفاض في هذه المادة التي يجري استخدامها، فإن الدلائل تشير إلى أن مقادير كبيرة لا تزال تُستخدم، ولا تزال تطلق في العديد من البلدان. وتشير البيانات العملية والنمذجة بصورة قوية إلى أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة تتسم بالثبات والتراكم الأحيائي وبالسمية وبخاصة بالنسبة للأحياء المائية. وأما تقطع مسافات طويلة منتقلة في البيئة. وتعتبر البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة ملوثات عضوية ثابتة بموجب المقررات التي اتخذتها الاتفاقية المعنية بالانتقال بعيد المدى للملوثات في الجو للجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (LRTAP).

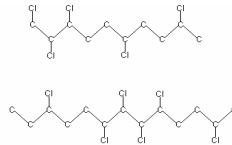
واستناداً إلى القرائن المتوافرة، يُستخلص أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يُحتمل، نتيجة لإنتقالها بعيد المدى في البيئة أن تؤدي إلى أضرار بصحة البشر و/أو البيئة بما يبرر اتخاذ إجراءات عالمية بشأنها.

## ١ - المقدمة

إن الجماعة الأوروبية ودولها الأعضاء بصفتها أطرافاً في اتفاقية استكهولم قد قامت في ٢٦ تموز/يوليه ٢٠٠٦ بتعيين البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) لإدراجها في المرفقات ألف، باء أو جيم من الاتفاقية (UNEP/POPS/PORRC.2/INF/6). وتُعرّف البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في هذا التعيين بأهما C10-13 (كربون ١٠-١٣) وأكثر من ٤٨٪ كلور حسب الوزن في القسم ١ ثم C10-13 و1-13 كلور (نحو ١٦ إلى ٧٨ حسب الوزن) في القسم ١ - ٢.

## ١ - ١ الهوية الكيميائية للمادة المقترحة

إن رقم المادة في دائرة المستخلصات الكيميائية وفي القائمة الأوروبية للمواد الكيميائية الموجودة حالياً بالنسبة للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) (الكانات، كربون ١٠ - ١٣ كلورو) هما ٨٥٥٣٥-٨٤-٨ و٢٨٧-٤٧٦-٥، على التوالي. والبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة هي مشتقات مكلورة من الكانات عادية (n-alkanes)، أما أطوال سلسلة الكربون فيها فتتراوح بين ١٠ إلى ١٣ و١٣-١٠ ذرة كلور (نحو ١٦ - ٧٨٪ حسب الوزن) (الصيغة الجزيئية:  $C_xH_{(2x-y+2)}Cl_y$  حيث  $x$  يساوي ١٠ إلى ١٣ و"y" تساوي ١ - ١٣). إن كلورة المواد الوسيطة من الكانات العادية تعطي مزائج شديد التعقيد، نتيجة للمواقع المحتملة الكثيرة لذرات الكلور، كما أن طرق التحليل المعيارية لا تسمح بفصلها وتحديد هويتها. ونورد في الشكل ١ - ١ مثالين لتركيبتين من تركيبات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة.



الشكل ١ - ١ تركيبة مركبات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة ( $C_{10}H_{17}Cl_5$  and  $C_{13}H_{22}Cl_6$ )

## ١ - ٢ النتيجة التي خلصت إليها لجنة الاستعراض فيما يتعلق بمعلومات المرفق دال

قامت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بتقييم المقترح الخاص بالبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في ضوء المعايير المدرجة في المرفق دال من اتفاقية استكهولم وذلك أثناء الاجتماع الثاني للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة (جنيف، ٦ - ١٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦) وقررت اللجنة أن البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة تفي بمعايير الفرز المدرجة في المرفق دال من الاتفاقية (UNEP/POPS/POPRC.2/17 المقرر POPRC.2/8 المرفق ١).

### ١ - ٣ مصادر البيانات

يعتمد بيان المخاطر للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة على المعلومات التي جمعها الاتحاد الأوروبي في مقترحه بشأن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة وقدمها إلى لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة (UNEP/POPS/POPRC.2/INF/6). ويضم بيان المخاطر كذلك معلومات جمعت من وثائق تقييم المخاطر التي أعدها كندا (وكالة كندا للبيئة) والمملكة المتحدة (DEFRA) واستعرضت أيضاً وثائق البيانات إلى المرفق هاء المقدمة من العديد من الأطراف في لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة ومن المراقبين كما أُدرجت أي معلومات إضافية حسبما يتناسب. وقد اشتمل ذلك على معلومات إضافية من الكتابات العلمية التي استعرضت استعراضاً نظيراً (حتى ١ شباط/فبراير ٢٠٠٧)، إلى جانب المعلومات التي حددتها الأطراف والمراقبون أثناء فترة إبداء التعليقات. ويمكن الحصول على وثيقة أكثر تفصيلاً استُخدمت كأساس لبيان المخاطر هذا، إلى جانب قائمة مراجع كاملة في الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.3/INF/22.

### ١ - ٤ حالة المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية

في آب/أغسطس ٢٠٠٥ اقترحت الجماعة الأوروبية إضافة البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) إلى الاتفاقية المعنية بانتقال تلوث الهواء بعيد المدى عبر الحدود التابعة للجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (LRTAP). وبروتوكول آر هوس بشأن الملوثات العضوية الثابتة. وقد اقترح أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة تفي بمعايير المقرر ٢/١٩٩٨ الصادر عن الهيئة التنفيذية المعنية بالثبات وإمكانات إحداث تأثيرات ضارة وتراكم أحيائي والانتقال المحتمل بعيد المدى. وأثناء الدورة الرابعة والعشرين للهيئة التنفيذية المعقودة في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٦ اتفق الأطراف في بروتوكول الملوثات العضوية الثابتة التابعة للجنة أوروبا الاقتصادية التابعة للأمم المتحدة على أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة ينبغي اعتمادها كملوث عضوي ثابت على النحو المعرف به في البروتوكول، وطالبوا من فريق المهمة أن يواصل استعراضات اقتفاء الأثر بقاء للمواد واستكشاف استراتيجيات إدارتها.

في عام ١٩٩٥ اعتمدت لجنة أوسبار (أوسلو/باريس) لحماية البيئة البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي مقررًا بشأن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (المقرر ١/٩٥). وقد أقام هذا حظرًا على استخدام البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في جميع مجالات الاستخدام. ويقضي هذا المقرر بحظر جميع أنواع بيع واستخدام البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في موعد غايته ١٩٩٩. وسوف تسمح الإعفاءات باستخدام البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة كمواد لمنع التسرب في السدود وفي الأحزمة الحاملة تحت الأرض حتى ٢٠٠٤. ومثل لجنة أوسبار، أدرجت لجنة حماية البيئة البحرية في البحر البلطقي البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في قائمة المواد الضارة (ولم تتخذ أي توصيات حتى الآن).

تم تحديد البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة على أنها مواد خطرة ذات أولوية في مجال سياسات المياه بموجب التوجيه الإطاري المعني بالمياه (التوجيه ٦٠/٢٠٠٠/الجماعة الأوروبية بتاريخ ٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠٠) وهي مدرجة في مشروع تعديل التوجيه ٦٠/٢٠٠٠/الجماعة الأوروبية الذي يعرف معايير نوعية المياه للمياه السطحية الأوروبية. وسوف تكون المواد المدرجة في هذا التوجيه معرضة للوقف للتخلص التدريجي من التصريفات والانبعاثات وحالات الفقدان مع وجود جدول زمني مناسب لا يتجاوز ٢٠ عاماً (الجماعة الأوروبية، ٢٠٠٥). إن السوائل المستخدمة في أعمال المعادن، وهو الاستخدام الرئيسي للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في الاتحاد الأوروبي وذلك كاستخدام في محاليل دهون الجلود، قد تم تقييدها بموجب التوجيه ٤٥/٢٠٠٢/الجماعة الأوروبية. والبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في اللدائن تمثل استخداماً رئيسياً آخر في أوروبا لم يشمل هذا التوجيه.

## ٢ - موجز معلومات ذات صلة ببيان المخاطر

### ٢ - ١ الخصائص الفيزيائية - الكيميائية

لا تتوفر إلا معلومات محدودة بشأن الخواص الفيزيائية والكيميائية لمختلف متجانسات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة ومزائجها (Renberg وآخرون. ١٩٨٠، ماديلي وآخرون. ١٩٨٣، BUA ١٩٩٢، Sijm and Sinnige ١٩٩٥، Drouillard وآخرون ١٩٩٨، Drouillard وآخرون ١٩٩٠، فيسك وآخرون ١٩٩٨). وتتراوح ضغوط البخار المقدرة والمقيسة بين ٠،٠٢٨ و ٢،٨ × ١٠<sup>-٧</sup> بسكال Drouillard وآخرون، BUA ١٩٩٢. من المتوقع للمكونات الرئيسية لمنتجات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة SCCP التي تحتوي على نسبة ٥٠ - ٦٠ في المائة كلور أن تشكل سائلاً دون البارد لدرجات ضغط البخار تتراوح بين ١،٤ في ١٠<sup>-٥</sup> و ٠،٠٦٦ بسكال عند درجة حرارة ٢٥ مئوية (تومي وآخرون ١٩٩٨). قد تراوحت ثوابت قانون هنري بين ٠،٧ - ١٨ بسكال م<sup>٣</sup>، جزئ (Drouillard وآخرون ١٩٩٨)، مما يوحي بأن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يمكن تجميعها مرة أخرى من الماء إلى الهواء نتيجة لعملية التفريق التي تتم في البيئة. أما درجات الذوبان المقاسة في الماء لكل من C<sub>10-12</sub> والكانات الكلورة فقد تراوحت بين ٤٠٠ و ٩٦٠ ميكروغرام/لتر (Drouillard وآخرون ١٩٩٨ ب)، بينما درجات الذوبان المقدرة للكربون C<sub>10</sub> والكربون C<sub>13</sub> في مزائج الكان الكلورة فقد تراوحت بين ٦،٤ و ٢٣٧٠ ميكروغرام/لتر (BUA ١٩٩٢). وكانت القيم اللوغاريتمية لمعامل تفريق الأوكتانول - الماء (log K<sub>OW</sub>) أعلى بصفة عامة من ٥ إذ تراوحت بين ٤،٤٨ و ٨،٦٩. وقدرت لوغاريتمات معاملات تفريق الأوكتانول - الهواء (log K<sub>OA</sub>) باستخدام قيم معامل تفريق الماء وثابت قانون هنري HLC. وكان ذلك ممكناً في عدد محدود فقط من المتجانسات، وتراوحت القيم من ٨،٢ إلى ٩،٨.

## ٢ - ٢ المصادر

## ١-٢-٢ الإنتاج

لم تعد البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) تنتج في كندا (خدمات كامفورد الإعلامية، ٢٠٠١) وفي ألمانيا حيث أوقفت الأخيرة الإنتاج في عام ١٩٩٥. وقبل ١٩٩٥ كانت شركات Hoechst، Clariant، Hoechst، and Huels، تنتج البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في ألمانيا. فأنتجت ما بين ٩ ٣٠٠ و ١٩ ٣٠٠ طن/سنوياً في ألمانيا فيما بين السنوات ١٩٩٣ و ١٩٩٥.

يتم إنتاج البارافينات الكلورة (CPs) (ذات أطوال سلسلة متنوعة) في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي وروسيا والهند وتايوان والصين واليابان والبرازيل وسلوفاكيا. وكما أُشير في معلومات المرفق هاء التي قدمتها الولايات المتحدة الأمريكية فإن البارافينات الكلورة مدرجة في قائمة قانون مراقبة المواد السمية (TSCA) وهي خاضعة لوكالة حماية البيئة (EPA's) وقانون الإبلاغ عن استكمال قائمة قانون الرقابة على المواد السمية، الذي يقضي بجمع المعلومات عن إنتاج هذه المادة واستيرادها. وأرقام المادة في دائرة مستخلصات المواد الكيميائية المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية ليست خاصة بالبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. ومن ثم فإن المعلومات التي تم جمعها تشتمل على البارافينات الكلورة متعددة أطوال السلسلة. وفي عام ٢٠٠٢ بلغت أحجام الإنتاج والاستيراد التي أبلغت عن رقم المادة في دائرة مستخلصات المواد الكيميائية CAS# 63449-39-8 (الشموع البارافينية والشموع الهيدروكربونية، والكلورو) فكانت في حدود ما يزيد على ٥٠ مليوناً - ١٠٠ مليون رطل (أكثر من ٢٣ ٠٠٠ - ٤٥ ٠٠٠ طن)، وبالنسبة لرقم المادة الكيميائية في دائرة مستخلصات المواد الكيميائية CAS # 61788-76-9 (الكانات، الكلور، الكلورو بارافينات) في حدود ما يزيد على ٥٠ مليون - ١٠٠ مليون رطل أي (أكثر من ٢٣ ٠٠٠ - ٤٥ ٠٠٠ طن). وفي عام ١٩٩٤، كان حجم إنتاج واستيراد للمادة في دائرة المستخلصات الكيميائية رقم CAS # 68920-70-7 (الكانات، C<sub>6-18</sub>، الكلورو، في حدود ما يزيد على مليون - إلى ١٠ ملايين رطل) (أكثر ٤٥٠ إلى ٢٣ ٠٠٠ طن). وتشير معلومات المرفق هاء المقدمة من البرازيل إلى أن ١٥٠ طن/في السنة من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يتم إنتاجها في البرازيل، وأن المعلومات المقدمة من سلوفاكيا أثناء فترة التعليقات تشير إلى أن قدرأ يتراوح بين ١٠٠ - ٥٤٨ طن/سنوياً يتم إنتاجها هناك.

استوردت استراليا فيما بين آذار/مارس ١٩٩٨ و آذار/مارس ٢٠٠٠ نحواً من ٣٦٠ طناً من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة، وذلك طبقاً للمعلومات التي قدمتها استراليا. ومع ذلك فإن إحدى الشركات قد أوقفت استيراد البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بحلول عام ٢٠٠٢ (NICNAS ٢٠٠٤) وفي كندا بلغ إجمالي الاستخدام السنوي المبلغ عنه من جميع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة نحو ٣٠٠٠ طن في ٢٠٠٠ و عام ٢٠٠١ (وكالة كندا للبيئة ٢٠٠٣). إن النمط الكندي لمبيعات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (كنسبة من إجمالي استخدام البارافينات الكلورة) هو أشبه بنمط البيع الأوروبي.

يقدم الجدول ١ - ١ نمط المبيعات لدى الاتحاد الأوروبي وأمريكا الشمالية، حيث الأخيرة تهيمن عليها الولايات المتحدة الأمريكية. وسواء كانت أنماط البيع هذه هي نفسها في الوقت الراهن فهذا أمر غير معلوم. وبصفة عامة، إنخفضت استخدامات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة داخل الاتحاد الأوروبي لأسباب من بينها التخلص التدريجي من الإنتاج والاستخدام في ألمانيا (Stolzenberg، أوسبار ٢٠٠١) والتوجيه الخاص بالتسويق والاستخدام داخل الاتحاد الأوروبي.

**الجدول ١ - ١ مبيعات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في الاتحاد الأوروبي وأمريكا الشمالية أثناء التسعينات**

أمريكا الشمالية <sup>(٢)</sup>			الاتحاد الأوروبي <sup>(١)</sup>		
النسبة المئوية من مجموع مبيعات البارافينات المكلورة	(طن/سنة)	السنة	النسبة المئوية من مجموع مبيعات البارافينات المكلورة	(طن/سنة)	السنة
				١٣ ٢٠٠	١٩٩٤
				٣ ٣٧٠	١٩٩٧
٢٠,٦	٧ ٩٠٠	١٩٩٨	٦,٤	٤ ٠٨٠	١٩٩٨

(١) لجنة أوسلو/باريس (٢٠٠١).

(٢) الرابطة الكندية لصناعة اللدائن (٢٠٠٠).

**٢-٢-٢ الاستخدامات والاطلاقات**

كانت الاستخدامات الرئيسية والاطلاقات من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في مجالات تطبيقات الأشغال المعدنية في كندا في عام ٢٠٠٣ (وكالة كندا للبيئة، ٢٠٠٣) وفي الاتحاد الأوروبي عام ١٩٩٤ (Euro Chlor، ١٩٩٥) و١٩٩٨ (أوسبار ٢٠٠١) ففي الاتحاد الأوروبي استخدمت ٩ ٣٨٠ طنًا/سنة في الأعمال المعدنية في عام ١٩٩٤. وقد انخفضت هذه المقادير كثيراً في عام ١٩٩٨ (٢٠١٨) طنًا/سنة) وتشمل الاستخدامات الأخرى الطلاءات، والمواد اللاصقة والمواد السدود، ومحاليل إزالة الدهون من الجلود، واللدائن والمطاط، ومثبطات اللهب والمنسوجات والمواد البوليمرية (الجدول ٢). وقد انخفضت مقادير البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة المستخدمة في الاتحاد الأوروبي من ١٣ ٢٠٨ إلى ٤ ٠٧٥ طنًا/سنة لجميع الاستخدامات وذلك في عام ١٩٩٤ و١٩٩٨ على التوالي. ومنذ ٢٠٠٢ أصبح استخدام البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة لدى الاتحاد الأوروبي في الأشغال المعدنية وفي إزالة دهون الجلود عرضة للقيود بموجب توجيه الاتحاد الأوروبي (2002/45/EC).

في عام ١٩٩٤ تم استخدام ٧٠ طنًا من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في سويسرا، ومن المقدر أن تكون هذه الاستخدامات قد انخفضت بنسبة ٨٠ في المائة (التقرير المقدم إلى المرفق هاء). وكان الاستخدام الأكثر اتساعاً للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في سويسرا هو في عمل المواد المشتركة السدود. وفي ألمانيا كانت أهم الاستخدامات (٧٤ في المائة من المجموع الكلي) من البارافينات المكلورة

قصيرة السلسلة قد حظرت بموجب التوجيه الصادر من الاتحاد الأوروبي 2002/45/EC (التقرير المقدم إلى المرفق هاء). وتستخدم البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة كبديل لثنائي الفينيل متعدد الكلور في الحشيات (مثل التوصيلات، في المباني) ويمكن لهذا أن يصبح مصدراً عند تجديد البنايات. وتشير البرازيل إلى أن ٣٠٠ طن/سنيواً تستخدم في البرازيل لأغراض مثبطات اللهب، وفي المطاط، وفي عمل فرشات السيارات وفي قطع الغيار (التقرير المقدم إلى المرفق هاء). وقد انخفض استخدام البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في استراليا بنسبة ٨٠ في المائة بين ١٩٩٨/٢٠٠٠ إلى ٢٠٠٢ إلى نحو ٢٥ طنًا/سنيواً تقريباً من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في صناعة الأشغال المعدنية (NICNAS، ٢٠٠٤).

ويقدم الجدول ٢-٢ أكثر الاستخدامات والاطلاقات شيوعاً للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة. وعندما لم تتوفر بيانات عن البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة، قدمت البيانات عن البارافينات المكلورة (CPS) التي يكون طول السلسلة فيها غير محدد. ولا يوجد حالياً دليل مهم على مصدر طبيعي للبارافينات المكلورة (المملكة المتحدة، وكالة البيئة ٢٠٠٣ أ). ويمكن أن تحدث الاطلاقات الاصطناعية للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة إلى البيئة أثناء إنتاج وتخزين ونقل والاستخدام الصناعي والاستخدام الاستهلاكي والمنتجات التي تحتوي على البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة، والتخلص منها وحرق النفايات وطرر المنتجات في الأرض (الجدول ٢). أما المصادر المحتملة للاطلاقات في الماء فتأتي من التصنيع بما في ذلك الانسكابات، ومرافق التصنيع، جريان مياه الأمطار. ويمكن للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في مجال تشغيل المعادن/وقطع المعادن وسوائل قطع المعادن أن تُطلق في البيئات المائية عند التخلص من حاويات شحن السوائل، واستخدامات مياه الغسل المنقولة أو المستعملة (حكومة كندا، ١٩٩٣ أ). وتتجمع هذه الاطلاقات في شبكات المجاري وتنتهي في النهاية في صورة نفايات سائلة من مصانع معالجة مياه المجاري.

لا يمكن للاطلاقات الأخرى أن تشمل على استخدام أجزاء تغيير زيت نواقل الحركة بالسيارات، والسوائل المستخدمة في تعدين الصخور الصلبة واستخدام المعدات في أنواع أخرى من التنجيم، والسوائل والمعدات المستخدمة في التنقيب عن الزيت والغاز، وتصنيع الأنايب المصمتة، والأشغال المعدنية وتشغيل التوربينات فوق السفن (CPIA، وكالة كندا للبيئة ٢٠٠٣ ب).

إن الطمر في الأرض هو طريق تخلص رئيسي من المنتجات البوليمرية في كندا. ومن المتوقع للبارافينات المكلورة أن تظل مستقرة في هذه المنتجات، مع حدوث حالات فقد ضئيلة نتيجة لتسرب المياه المرتشحة. ومن المحتمل للتصويل من مواقع الطمر أن يكون غير ذي قيمة نتيجة للارتباط الشديد بين البارافينات المكلورة وأنواع التربة. ويمكن أن تحدث انبعاثات ضئيلة من هذه المنتجات تتحلل تحللاً فعالاً في البولمرات لمدة قرون عقب التخلص منها (IPCS ١٩٩٦). ويمكن أن تطلق البارافينات المكلورة المشتتة على البلمرات أثناء إعادة تدوير اللدائن وهي العملية التي قد تنطوي على عمليات مثل التقطيع والطحن والغسل. وإذا أُطلقت هذه المادة كهباء أو كغبار من هذه العمليات فإنه يتم إمتصاص البارافينات المكلورة في الجريعات وذلك بسبب الإمتصاص العالي وبسبب مكافئات التفريق بين الأكتنول - الهواء.

الجدول ٢ - ٢ استخدامات واطلاقات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة أو البارافينات الكلورة (مختلف أطوال السلسلة)

المرجع	المقادير المطلوقة	أنواع الاطلاقات	النسبة المئوية من وزن المنتج النهائي	الاستخدام/ الاستعمال
الجماعة الأوروبية كيمي الاتحاد الأوروبي (٢٠٠٠)؛ (١٩٩١)؛	خسائر متحكم فيها من البارافينات الكلورة قدرها ١-٢٪، ٠.٠٦ غ/كغ بارافينات كلورة مستهلكة، خسارة ٢٣ طنًا من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة/سنة في منتصف التسعينات في أوروبا. عوامل انبعاثات افتراضية للبارافينات الكلورة مقدارها ٠.٠٠٥٪ في الهواء و ٠.٢٥٪ في المياه المستعملة قبل المعالجة داخل الموقع	خسارة الإنتاج/مكان التركيب		مواد تزييح الأشغال المعدنية
كندا حكومة كندا (١٩٩٣)؛ الجماعة الأوروبية (٢٠٠٠)؛ وكالة البيئة للمملكة المتحدة (٢٠٠٣)	مواد منقولة من أجزاء تشغيل قدرها ٢,٥ كغ/موقع/سنة للمستعمل الصغير و ٢,٥٠٠ كغ/ موقع/سنة للمستعمل الأكبر (سعة ٩٥,٠٠٠ لتر) خسائر سنوية من البارافينات الكلورة من سوائل التقطيع تقدر بـ ٤٨٪، ٧٥٪، ١٠٠٪ بالنسبة لحالات الماكينات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة؛ ١٨٪ خسارة من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في المياه المستعملة (٧٣٣ طنًا/عام في ١٩٩٨ في الاتحاد الأوروبي) و ٣٪ تم التخلص منها بالطمر من سوائل تشغيل المعادن، ١٠٪ تصريفات إلى المياه المستعملة من الاستخدام كسوائل لتشغيل المعادن أساسها الماء. وهناك خسائر من البارافينات الكلورة قدرها ١٨,٥٪ و ٣١,٦٪ لمواقع الأعمال المعدنية ذات الأساس المائي والزيتي وعوامل الانبعاث الافتراضي للبارافينات الكلورة هي ٠,٠٢ في الهواء لكل من النوعين من السوائل	خسارة ناجمة عن الاستعمال		
زيتكوو أرسينو (١٩٩٤) وكالة البيئة في المملكة المتحدة (٢٠٠٣)	(طلاء) قليل الكمية، (مواد سدود منخفضة أو منعدمة)، ٥٪ نفايات صلبة (مواد سدود)	فاقد أثناء الإنتاج/ في موقع التركيب	٥-١٥٪ طلاءات من البارافينات الكلورة (طلاء) ١٠-١٥٪ الفاقد من الاستعمال (نموذجياً كمواد سدود) حتى ٢٠٪ من	طلاءات، مواد لاصقة ومواد سدود

المرجع	المقادير المطلوقة	أنواع الاطلاقات	النسبة المئوية من وزن المنتج النهائي	الاستخدام/ الاستعمال
			البارافينات الكلورية لبعض الاستخدامات (كمادة سدود)	
BRE (1998) وكالة البيئة في المملكة المتحدة (2003ب)	يمكن التخلص من النفايات التي تنتج أثناء الاستخدام في مواقع طمر، أما عوامل الانبعاث الافتراضية من راتنجات تحديد الحرارة فهي صفر٪ في الهواء و0.1٪ من البارافينات الكلورية متوسطة السلسلة وطويلة السلسلة في المياه المستعملة	الفاقد من الاستعمال/ الاستخدام		
وكالة البيئة في المملكة المتحدة	عامل الانبعاث هو 0.15٪ سنوياً للبارافينات الكلورية متوسطة السلسلة	الفاقد من التصويل		
التوجيه الصادر عن المفوضية الأوروبية 2002/45/EC			1٪ من البارافينات قصيرة السلسلة أو أقل (الاتحاد الأوروبي وحده)	محاليل إزالة الدهون من الجلود
BRMA (2001) وكالة البيئة في المملكة المتحدة (1998) BRE	عوامل الانبعاث الافتراضية للمضافات اللدائنية هي 1٪ من الهواء، 0.05 من الملوثات الكلورية في المياه المستعملة، وعوامل الانبعاث الافتراضية لراتنجات ضبط الحرارة هي صفر٪ و0.05 ملوثات كلورية في المياه المستعملة	فاقد أثناء الإنتاج/ موقع التركيب	10.1-16.8٪ بارافينات كلورية (سيور حاملة) 6.5٪ بارافينات كلورية (نعال الأحمدة) 13٪ التصفيح الصناعي	اللدائن والمطاط
		فاقد نتيجة للاستعمال		
		فاقد نتيجة للتطهير		
زيتكو وأرسينو BUA (1974)، (1992)			1-4٪ بارافينات كلورية (نموذجياً) حتى 15٪ بارافينات كلورية لبعض الاستخدامات 1-10٪ بارافينات كلورية قصيرة السلسلة مضافة إلى المطاط	مبطنات اللهب
الجماعة الأوروبية (2000)	17٪ من استخدام البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة في 1998	فاقد الإنتاج/موقع التركيب		منسوجات ومواد بوليمرية

## ٢-٣ الانبعاثات الكلية في أوروبا وأمريكا الشمالية

أشارت التقديرات إلى حدوث حالات فاقد ضئيلة جداً من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في المياه المستعملة والمياه السطحية، وذلك استناداً إلى البيانات القادمة من الاتحاد الأوروبي (EC 2000) والتي يوجد موجز لها في الجدول ٢-٣. ومن المفترض وجود سلوك مماثل لسلوك البارافينات الكلورة متوسطة السلسلة (المملكة المتحدة وكالة البيئة ٢٠٠٣). ومن المتوقع لمعظم الاطلاقات الشاملة من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة أن تكون مرتبطة بعمليات تشغيل المعادن. ومع ذلك ويوجد هناك احتمال للإطلاق واسع النطاق بكميات صغيرة مرتبطة بالاستعمالات في المنتجات (مثل الطلاءات، المنسوجات، المطاط).

## الجدول ٢ - ٣ البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في الاتحاد الأوروبي في المياه المستعملة، والمياه السطحية والبيئة البرية

الإطلاق لكل قسم			الاستخدام
المياه المستعملة <sup>(١)</sup>	المياه السطحية <sup>(٢)</sup>	البيئة البرية <sup>(٣)</sup>	
٪١٨	٪١٤	٪١٧،٨	مواد ترليج الأعمال المعدنية
٪٠،١	٪٠،٠١٥	غير معروفة - طمر المواد المستعملة في الأرض	الطلاءات والمواد السدود
٪٠،١	٪٠،٤-٠،٠٥	غير معروفة - طمر المواد المستعملة في الأرض	مبثبات اللهب/المطاط/المنسوجات/ البولمرات (غير كلوريد البوليفينيل)

(١) المياه المستعملة أثناء الاستعمال (سوائل الأشغال المعدنية) أو تركيب المنتجات (الطلاءات/البولمرات).

(٢) بالنسبة لسوائل الأشغال المعدنية والمياه السطحية = ٠،٠٨ × مياه مستعملة. وبالنسبة لكلوريد البوليفينيل والطلاءات/المواد اللاصقة/المواد السدود، والفاقد المباشر إلى المياه السطحية فهي مدرجة.

(٣) البيئة البرية = تربة+طمر في الأرض/دفن، وافترض الطمر الأرضي أو فرش الحمأة، باستثناء ما يتعلق بكلوريد البوليفينيل والطلاءات/المواد اللاصقة/المواد السدود، أما حالات الفاقد المباشر في التربة الحضرية/الصناعية فتحتاج لأخذها في الاعتبار.

وجدت المجالات منذ ١٩٩٩ المبلغة إلى القائمة الوطنية لإطلاق الملوثات في كندا أن كميات صغيرة جداً من البارافينات الكلورة (القصيرة والمتوسطة قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة وطويلة السلسلة) يتم إطلاقها في البيئة الكندية بواسطة شركات تفي بمتطلبات الإبلاغ للقائمة الوطنية لإطلاق الملوثات (NPRI) تم الدخول إلى الموقع الشبكي لـ NPRI يوم ٩ آب/أغسطس ٢٠٠٧، ([http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query\\_e.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query_e.cfm)) ففي عام ٢٠٠١ - ٢٠٠٢ أبلغت NPRI عن ١،٤٥ طن من البارافينات الكلورة موجهة إلى التخلص أو للطمر في الأرض، و١،٩٤ طن لإعادة

التدوير لإستعادة مواد عضوية من شركتين في أونتاريو. وكلتا هاتين الشركتين تستخدم البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة كمكون من مكونات التركيب في تصنيع الأسلاك والكابلات والطلاءات وطبقات الطلاء، على التوالي. وفي عام ٢٠٠٥ أبلغت NPRI أن شركة في أونتاريو تخلصت من ٠،٠٢٣ طن من الكانات ١٠ إلى ١٣، والكلور (الرقم في دائرة المستخلصات الكيميائية# 85535-84-8) خارج المواقع و٢،٩٦٧ طن أُعيد تدويرها خارج الموقع.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية تخضع البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة لقائمة الإطلاقات السمية (TRI) للإبلاغ عنها كجزء من فئة أوسع من الكانات متعددة الكلورة (من نوع الكربون ١٠ - ١٣ المشبعة كلها ذات محتوى متوسط من الكلور تقدر بـ ٤٠ - ٧٠ في المائة). وأشارت المعلومات التي قدمتها الولايات المتحدة الأمريكية أثناء فترة التعليق إلى أن عام إصدار بيانات قائمة الإطلاقات السمية ٢٠٠٥ أُبلغ عن مقدار مجموع ٤٢،٧٧٩ رطلاً (١٩ ٤٠٤ كيلو جرام) من الكانات متعددة الكلورة التي أُبلغ عن رغبة التخلص منها داخل الموقع وخارج الموقع، أو بإطلاقات أخرى من جانب الصناعات الأمريكية الخاضعة للإبلاغ، بما في ذلك ١،٥٢٧ رطلاً (٦٩٣ كلغ) كانبعاثات هاربة في الهواء، و١،٩٤١ رطلاً (٨٨٠ كلغ) كانبعاثات من مصدر محدد في الهواء، و٧ أرطال (٣٠٢ كلغ) كتصريفات مياه سطحية (ثم توقف حد بيانات الإبلاغ عن عام ٢٠٠٥ عن إصدارات المواد السمية عند ٢٠٠٦/١٥/١١ التي صدرت على يوم ٢٠٠٧/٢٢/٠٣ وهي متوافرة على العنوان الإلكتروني [www.epa.gov/tri](http://www.epa.gov/tri)).

## ٢-٣ المال البيئي

### ٢-٣-١ الثبات

#### الثبات في الجو

تتراوح فترات التنصيف التقديرية في الغلاف الجوي بالنسبة للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة استناداً إلى تفاعلها مع أشقاق الهيدروكسيل من ٠،٨١ إلى ١٠،٥ يوم باستخدام تركيز افتراضي لشق الهيدروكسيل في الغلاف الجوي قدره ١،٥ في ١٠<sup>٦</sup> جزيئات/سم<sup>٣</sup> أثناء ساعات ضوء الشمس في البرنامج الحاسوبي AOPWIN (v ١،٨٦) (Meylan and Howard، ١٩٩٣، Atkinson، ١٩٨٦، ١٩٨٧). وباستخدام تركيزات أقل من شق الهيدروكسيل قدرها ١٠×٥<sup>٠</sup> جزيء/سم<sup>٣</sup> التي تستخدم عادة متوسط يومي في الهواء غير الملوث نسبياً في الاتحاد الأوروبي، فقد تراوحت فترات التنصيف في الغلاف الجوي بما بين ١،٢ إلى ١٥،٧ يوم. وينبغي أن نلاحظ أن معدلات تفاعل شق الهيدروكسيل تتفاوت زمنياً مع متوسط ضوء الشمس اليومي، و١٠×٥<sup>٠</sup> جزيء/سم<sup>٣</sup> قد تكون نموذجية بالنسبة لخطوط العرض نظراً لأن تركيزات شق الهيدروكسيل تتناقص مع خط العرض. يضاف إلى ذلك أن ارتفاع امتصاص البارافينات المكلورة في جزيئات الغلاف الجوي عند درجات حرارة منخفضة التي هي نموذجية عند خطوط العرض العليا قد تحد من مسار التأكسد في الغلاف الجوي.

### الثبات في الماء

ومن غير المتوقع للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة أن تتدهور تدهوراً كبيراً بواسطة العمليات اللاهوائية مثل الحلمأة (IPCS 1996)، وكالة البيئة لدى المملكة المتحدة (2003 أ و ب). ومع ذلك فإن المعلومات الإضافية التي قدمتها حكومة اليابان توحى بأن أحد متجانسات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (1 كلورو أوكتانديكان،  $C = 12, CI = 1$ ) سريعة التدهور الأحيائي. وإنطبق هذه البيانات على البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة ذات الكلورة الأعلى غير معروف، وتشير الدراسات التي أُجريت على التدهور الأحيائي في الرسابات (أنظر القسم "الثبات في التربة وفي الرسابات") تشير إلى أن التدهور الأحيائي قد يعتمد على نوع المتجانس المعرض للاختبار من متجانسات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. وقد دلت Koh and Thiemann (2001) على أن مزائج البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يحدث لها تحلل ضوئي سريع في الأسيون - الماء في وجود الضوء فوق البنفسجي (المصباح الزئبقي القوسي، نحو 254 - 436 متر قياسي) مع فترات تنصيف تصل إلى 0.7 - 0.2 ساعة. وكان نصف عمر منتج من منتجات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة مكون من 52 في المائة كلور حسب الوزن في الماء النقي وتحت نفس الظروف هو 12.8 ساعة. وعلى الرغم أن النتائج تشير إلى أن التحلل الضوئي قد يكون مسار تحلل لبعض البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة، فإن الأهمية البيئية لهذه الدراسة مشكوك فيها حيث أن استخدام مصدر التشعيع فوق البنفسجي ربما ينتج عنه أنصاف أعمار أكثر من ظروف الضوء الطبيعي. ومرة أخرى قد يكون نطاق التدهور الضوئي محدوداً في المياه على عمق معين و/أو عند خطوط العرض.

### الثبات في التربة والرسابات

قام مادلي وبرتلي (1980) بإجراء تجارب على الاحتياج الكيميائي الأحيائي للأكسجين استمرت 25 يوماً ووجد أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (49 في المائة كلور) بدت وكأنها تتفسخ بسرعة وتماماً بواسطة الكائنات المجهرية المتأقلمة بعد 25 يوماً. ولم يلاحظ أي امتصاص ذي بال في الاختبارات التي استخدمت البارافينات العالية الكلورة، والتي اشتملت على نوعين من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (60 في المائة و 70 في المائة كلور). أما فيسك وآخرون (1998 أ) فقد وجد أن الكانات - ن - كلور  $C_{12}$  و  $C_{14}$  56 في المائة و 69 في المائة كلور قد تفسخت عند درجة حرارة 12 مئوية في الرسابات الهوائية المستخدمة في دراسة التوافر الأحيائي للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بالنسبة لصف قليلات الشعر (oligochaetes). وكانت فترات التنصيف في الرسابات هي 12±7 و 20±3 يوم و 20.6±3 يوماً لنواتج الكلور بنسبة 56 في المائة و 69 في المائة على التوالي.

أُجريت مؤخراً دراسة عن التدهور الأحيائي للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في كل من رسابات المياه العذبة والرسابات البحرية (طومسون ونوبل 2007 لدى وكالة البيئة البريطانية 2007) حيث استخدمنا ن - ديكان الموسوم  $C_{14}$  و ن - ثلاثي الديكان 65٪ كلور حسب وزن النواتج، وأساساً تجارهما على الخط التوجيهي الاختباري 308 لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وقد

قدرت أنصاف الأعمار (للتمعدن [ثاني أكسيد الكربون أو إنتاج الميثان]) لـ  $C_{10-13}$ ، ٦٥٪ كلور حسب وزن الناتج بـ ١٦٣٠ يوماً في رسابات المياه العذبة، و٤٥٠ يوماً في الرسابات البحرية في الظروف الهوائية. ولوحظ قدر قليل من التمعدن، أو لم يلاحظ، في الرسابات اللاهوائية.

وأشارت بيانات التركيز لبقايا البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في الرسابات المحلوبة من بحيرة وينبيغ، مانيتوبا، وبحيرة فوكس، يوكن إلى أن البقايا كانت موجودة داخل شرائح مؤرخة بتاريخ ١٩٤٧ في الرسابات المحلوبة من هاتين البحيرتين (تومي وآخرون ١٩٩٩). كما لوحظت بقايا البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في الرسابات المأخوذة من الحوض الغربي لبحيرة أونتاريو يعود تاريخها إلى ١٩٤٩. ولوحظ أعلى تركيز وقدره (٨٠٠ نغ/غ بالوزن الجاف) في شريحة مؤرخة ١٩٧١ (موير وآخرون ١٩٩٩). وقيست كذلك البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في لب رسابة مؤرخة مرجعياً جُلبت من بحيرة سان فرانسيس (لاك سان فرانسوا)، في ١٩٩٦، جنوبي موقع سابق لتصنيع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. وتدل النبذات التاريخية على وجود مستويات منخفضة نسبياً من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة عند بحيرة أونتاريو (موير وآخرون ١٩٩٩؛ ٢٠٠٢). أما أعلى تركيز للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة فكان تاريخها متوسط هو  $1985 \pm$  زائد أو ناقص ٤ سنوات (تيرنر ١٩٩٦). أما المجموعتان الطوليتان السائدتان للسلسلة في الرسابات فكانتا  $C_{11}$  و  $C_{12}$ .

وفي غياب معلومات عن تركيز الملوثات لأي واحدة من السنوات في أي من هذه الأماكن، لا يكون في المستطاع حساب قيمة نصف عمر منفصلة من واقع هذه البيانات. ومع ذلك، فإن حقيقة أن بقايا البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة قد اكتشفت في لباب الرسابات التي يرجع تاريخها إلى الأربعينات في هذه المواقع هو برهان على أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة تستمر ثابتة لأكثر من ٥٠ عاماً في الرسابات اللاهوائية تحت السطح. وقد استخدمت وكالة إنفايرونمنت كندا (٢٠٠٤) معادلات الدرجة الأولى للتضاؤل في طريقة حساب ارتجاعي لتوكيد أن للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة نصف عمر في الرسابات يزيد عن عام واحد. فعلى الرغم من أن طريقة الحساب الارتجاعي لأنصاف الأعمار لا تقدم قيمة منفصلة لنصف عمر مادة كيميائية، فإنها يمكن أن تقدم إجابة عما إذا كان نصف عمر مادة كيميائية ما يزيد كثيراً عن إطار زمني محدد. فقد استتبع العديد من التقييمات والعروض المنشورة أن تدهوراً أحياناً بطيئاً فقط هو الذي يمكن توقعه في البيئة، حتى مع وجود الكائنات المجهرية المتكيفة (حكومة كندا ١٩٩٣ أ، ب؛ تومي وآخرون، ١٩٩٨ أ، الجماعة الأوروبية ٢٠٠٠).

لا يوجد إلا التثر القليل من المعلومات عن ثبات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في التربة. فقد درست دراسة أجراها أوموري وآخرون (١٩٨٧) دالة إزالة الكلورة لسلسلة من السلالات البكتيرية التي تعمل على  $C_{12}H_{18}Cl_8$  (٦٣٪ كلور). ووجد أنه على الرغم من أنهم لم يستطيعوا عزل السلالة البكتيرية التي يمكن أن تستخدم هذه المادة الكيميائية كمصدر وحيد للكربون، فقد وجدوا أن سلالات مختلفة عولجت مسبقاً بمادة ن - سداسي الديكان لها قدرات مختلفة على إزالة الكلور. وأجريت مزرعة مختلفة (أربع سلالات بكتيرية) وسلالة واحدة (HK-3) تعمل بمفردها أطلقت ٢١٪ و ٣٥٪ من الكلور،

على التوالي، بعد مرور ٤٨ ساعة. وفي دراسة أخرى أجراها نيكولز وآخرون (٢٠٠١) بحثت عن وجود البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في تربات المزارع في المملكة المتحدة نشرت فيها عدة مرات حمأة مياه المجاري، ولم يتمكنوا من اكتشاف البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (أقل من ٠،١ ميكروغرام/غرام). ومع ذلك لم تقتف الدراسة، بصورة محددة، مال البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة مع مرور الوقت بعد نشر الحمأة في التربة، ومن ثم تكون أهمية هذه النتائج مشكوك فيها.

#### موجز بشأن الثبات

تفي البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بمعيار الثبات في الرسابات (المرفق دال، اتفاقية استكهولم). كما أن هذه البرافينات ثابتة بقدر يجعلها تنتقل في الهواء لمسافات طويلة. فبينما تبدو البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة مستقرة من الناحية المائية، فلا توجد معلومات كافية للتوصل إلى نتائج بشأن ثباتها في الماء. وهناك كذلك معلومات غير كافية بشأن ثباتها في التربة. وتعتبر البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة، بصفة إجمالية، أنها تفي بمعايير الثبات الواردة في المرفق دال.

#### ٢-٣-٢ التراكم الأحيائي

#### عاملا التفريق في الماء والتراكم الأحيائي المنمذجين

قام سيجم وسينج (١٩٩٥) بحساب عامل تفريق الماء ووجد أنه ٤،٨ و ٧،٦ بالنسبة لجميع متجانسات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. وقام فيسك وآخرون (١٩٩٨ ب) بتحديد معامل تفريق الأوكتانول - الماء بالنسبة لـ  $C_{12}H_{20.1}Cl_{5.9}$  و ٥٥،٩٪ من الوزن، و  $C_{12}H_{16.2}Cl_{9.8}$  و ٦٨،٥٪ من وزن  $Cl$ . وقدر متوسط معامل تفريق الماء بـ ٦،٢ من الـ ٥٥،٩٪ وزن مادة  $Cl$  (وكان مدى معامل تفريق الماء يتراوح بين ٥،٠ إلى ٧،١) و ٦،٦ و ٦٨،٥٪ من وزن مادة  $Cl$  (وكان معامل تفريق الماء يتراوح بين ٥،٠ إلى ٧،٤). وباستخدام بيانات معامل تفريق الماء العملية وافترض عدم وجود أيض، فإن نموذج غوباس Gobas كمعامل للتراكم الأحيائي في الأسماك قَدَّرَ قيم معامل التراكم الأحيائي بأكبر من ٥٠٠٠ بالنسبة لجميع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة المحتملة.

#### التركيز الأحيائي

تم استعراض عوامل التركيز الأحيائي من واقع الدراسات المختبرية للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بواسطة حكومة كندا (١٩٩٣ ب) ووجد أنها تتفاوت تفاوتاً شديداً فيما بين الأنواع المختلفة. وقد حددت قيم عامل التركيز الأحيائي النسبية في طحالب المياه العذبة والبحرية (بأقل من ١ - ٧،٦). وقيست قيم التركيز الأحيائي حتى ٧٨١٦ بالوزن غير الجاف في سمك تراوت قوس قزح (*Oncorhynchus mykiss*) (مادلي ومادوك ١٩٨٣ أ، ب) و ٥٧٨٥ - ١٣٨٠٠٠ بالوزن غير الجاف في بلح البحر العادي (نوع من الرخويات) المسمى (*Mytilus edulis*) (مادلي وآخرون ١٩٨٣ ب، مادلي وطمسون ١٩٨٣، رينبرغ وآخرون ١٩٨٦). ولم يتم تحديد دراسات حديثة أخرى بشأن عامل التركيز الأحيائي. إن المعلومات التي قدمتها اليابان بشأن نتائج اختبار معامل التركيز الأحيائي

للبارافينات الكلورية (١١=٢، ١٥-٦=٢١) توصي بأن هذه المادة الكيميائية تتراكم أحيائياً. وقد أُخذت مقاييس عامل التركيز الأحيائي من تركيزين اختباريين (١، ٠،١ و ١ ميكروغرام/لتر) وكائنات مختبرية من ١٩٠٠ إلى ١١٠٠٠.

#### الدراسات المختبرية للتراكم الأحيائي والتزايد الأحيائي والتحول الأحيائي

يمكن للبارافينات الكلورية قصيرة السلسلة أن تتراكم في الغذاء الذي تستهلكه الأسماك. ويتأثر التراكم في الأغذية بطول سلسلة الكربون والمحتوى من الكلور (فيسك وآخرون ١٩٩٦، ١٩٩٨، ٢٠٠٠). وقد وجد أن البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة يوجد بها عوامل توازن للتكبير الأحيائي أكثر من ١، مما يعني ضمناً قدرة على التزايد الأحيائي في السلسلات الغذائية المائية. إن فترة التخلص من مدد الانتصاف في الأسماك تراوحت من ٧ إلى ٥٣ يوماً بالنسبة لأسماك التراوت قوس قزح الشابة (فيسك وآخرون ١٩٩٨ ب) وفي دراسة أخرى، قدر فيسك وآخرون (٢٠٠٠) فترات التنصيف التي يتم فيها التطهير والتي تراوحت بين ٧،١ إلى ٨٦،٦ يوم لتراوت قوس قزح. ولاحظ القائمون بالبحث أن البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة ذات الكلورية الأقل يتم استقلالها بواسطة الأسماك، إلا أن فترات التنصيف لاثنتين من بولمرات البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة ذات الكلورية الأعلى وهما  $C_{12}H_{16}Cl_{10}$  و  $C_{12}H_{20}Cl_6$  تتشابهان مع المواد الأورغانوكلورية الصامدة ذات فترات التنصيف طويلة التحول الأحيائي لأكثر من ١٠٠٠ يوم. وقد وجد فيسك وآخرون أن تطهير فترات تنصيف التحول الأحيائي لبعض بولمرات البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة  $C_{10-12}$ ، وبخاصة الديكانات كانت مشابهة مما يوحي بأن التطهير يرجع بالدرجة الأولى للتحول الأحيائي. وقد دلل فيسك وآخرون (٢٠٠٠) على أن عوامل التزايد الأحيائي بالنسبة لـ ٣٥ ن - الكانات الكلورية (البيانات التجميعية للبارافينات الكلورية قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة) ترتبط بقوة بعدد ذرات الكربون زائداً الكلور لكل مركب ومعامل تفريق الماء.

ووجد بنغستون ويومان - أفسناد (١٩٨٢) أنه بالرغم من أن كفاءة الامتصاص (فترة امتصاص ٩١ يوماً) لبارافين مكلور قصير السلسلة يتألف من ٧١٪ كلور حسب الأوزون كان منخفضاً (٦٪)، وكان له قدرة عالية بصورة ملحوظة على الاحتفاظ بهذه المادة في السمك الأبيض (*Alburnus alburnus*). وقد ظلت هذه التركيبة في أنسجة السمك عند مستوى ثابت حتى انتهاء التجربة بعد ٣١٦ يوماً هي فترة التخلص منها. وأبلغ فيسك وآخرون ملاحظات مماثلة (١٩٩٨ أ) في صف قليلات الشعر (*Lumbriculus variegatus*) بالنسبة لـ  $C_{12}H_{20}Cl_6$  (٥٦٪ كلور حسب الوزن) و  $C_{12}H_{16}Cl_{10}$  (٦٩٪ كلور حسب الوزن). وأدى الكربون العضوي إلى تطبيع عوامل تراكم الرسابات الحيويات المحسوبة من معدلات الامتصاص والتطهير التي تراوحت بين ١،٩، بالنسبة لـ  $C_{12}H_{16}Cl_{10}$  إلى متوسط قدره ٦،٨ بالنسبة لـ  $C_{12}H_{20}Cl_6$ . وكانت فترات التنصيف لكلا البولمرين متشابهة (نحو ١٢ - ١٤ يوماً)، أما امتصاص الدوديكان الأكثر ارتفاعاً في الكلورية فكان أبطأ بكثير من امتصاص الدوديكان الأقل كلورية.

### الدراسات الميدانية للتراكم الأحيائي والتزايد الأحيائي

حُصِّت عوامل التراكم الأحيائي (BAFs) لمجموعات أطوال سلاسل البارافينات قصيرة السلسلة (*Salvelinus namaycush*) استناداً إلى التركيزات في جسم السمكة بأكملها والتركيزات الذائبة في الماء (موير وآخرون ٢٠٠١). وقد تراوحت عوامل التراكم الأحيائي من ٨٨ ٠٠٠ إلى ١٣٧ ٠٠٠ في تراوت البحيرات على أساس وزن الدهن، ومن ١٦ ٤٤٠ إلى ٢٥ ٥٦٠ على أساس الوزن غير الجاف. وكانت الدوديكانات الكلورة (C<sub>12</sub>) هي الأكثر شيوعاً بين بولمرات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في مياه البحيرة وأسماكها. أما عوامل التزايد الأحيائي بالنسبة للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في غذاء رنكة الألويف (*Alosa pseudoharengus*) /وسمك الهُف البحري (*Osmerus smelt mordax*) فقد تراوحت من ٠،٣٣ إلى ٠،٩٤، وبلغت أوجها في ثلاثي الديكان (C<sub>13</sub>) بسبب انخفاض تركيزاتها في الماء. وتوحي قيم عوامل التكبير الأحيائي بأن أنواع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في مياه البحيرة وأسماكها. أما عوامل التزايد الأحيائي بالنسبة للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة وبخاصة الديكانات الكلورة والدوديكانات، لا تتزايد أحياناً في سلسلة الغذاء السطحية في بحيرة أونتاريو. ومع ذلك فقد تم تحديد عامل تزايد أحيائي أعلى للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بصفة عامة بين أسماك التراوت البحرية والإيلويف وحدها (عامل التزايد الأحيائي ٠،٩١) (موير وآخرون ٢٠٠٣). إن التركيزات المرتفعة نسبياً من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في سمك الأصقليين (*Cottus cognatus*) وسمك ديوريا (*Diporeia sp.*) تعني ضمناً بأن الرسابات هي مصدر مهم للبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة بالنسبة لغذاء أحياء الأعماق (موير وآخرون ٢٠٠٢).

وقد دُرِس التزايد الأحيائي للبارافينات الكلورة متعددة السلسلة في سلسلة غذاء بحيرة أونتاريو على يد موير وآخرون (٢٠٠٣). وكانت عوامل التزايد الأحيائي للبرافينين الكلورين قصيري السلسلة C<sub>12</sub> وC<sub>13</sub> أعلى في أجسام مفترسات تراوت البحيرة مقارنة بالبرافينين C<sub>10</sub> وC<sub>11</sub>. فقد تجاوزت عوامل التزايد الأحيائي ١ بالنسبة لسمك إيلويق، وتراوت البحيرة فيما يتعلق بالبرافينين الكلورين قصيري السلسلة C<sub>12</sub> وC<sub>13</sub>، مثلما حدث لعامل التزايد الأحيائي بالنسبة للديوريا والأصقليين في جميع أطوال السلسلة (C<sub>10-13</sub>).

### موجز التحكم الأحيائي

تشير البيانات العملية المتوافرة (المختبرية والميدانية) والمنمذجة إلى أن البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة يمكن أن تتراكم في الحيوانات. وتراوحت عوامل التركيز الأحيائي المختبرية من ١ ٩٠٠ إلى ١٣٨ ٠٠٠، تبعاً لنوع وللمتجانس الكيميائي الخاضعين للاختبار. وتراوحت عوامل التراكم الأحيائي المأخوذة من الميدان بالنسبة لتراوت البحيرة من ١٦ ٤٠٠ - ٢٦ ٦٥٠ بالوزن غير الجاف، وكانت عوامل التراكم الأحيائي المنمذجة تزيد على ٥ ٠٠٠ لجميع أنواع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة. أما بالنسبة لبعض الشبكات الغذائية فكانت عوامل التزايد الأحيائي فيها أقل من ١، مما يشير إلى وجود تزايد أحيائي. وتأسيساً على هذه البيانات، تعتبر البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) تراكمية أحياناً طبقاً للمعايير الواردة في المرفق دال لاتفاقية استكهولم.

## ٢-٣-٣ القدرة على الانتقال بعيد المدى

تم اكتشاف وجود البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في الهواء والرسابات والتدييات في منطقة القطب الشمالي (أنظر القسم ٢-٤). واكتشف تومي (١٩٩٧) وبيدلمان وآخرون (٢٠٠١) تلك البارافينات بتركيزات تتراوح بين أقل من واحد إلى ٨,٥ بـكغ/م<sup>٣</sup> في الهواء المأخوذ من أعلى القطب الشمالي. (ألبرت، وجزيرة إيليسمير) بينما قام بورغين وآخرون بقياس البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة التي تتراوح من ٩٠,٠ إلى ٥٧ بيكوغرام/متر مكعب عند جبل زييلين، سفالبارد، النرويج في ١٩٩٩. وقيست أيضاً البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في رسابات بحيرات نائية في القطب الشمالي (تومي وآخرون ١٩٩٩، سيتيزن وإيفانز ٢٠٠٣) بعيداً عن المصادر المحلية للتلوث، وكذلك في حيويات القطب الشمالي مثل الفقمة الحلقيّة، وحت بيلوغا، والفظ (تومي وآخرون ٢٠٠٠) وسمك الشار والطيور البحرية (ريث وآخرون ٢٠٠٦). وتكشف سجلات التركيز الخاصة بالبارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في التدييات البحرية في القطب الشمالي عن هيمنة متجانسات سلسلة كربون أقصر، ألا وهي مجموعتا الصيغة C<sub>10</sub> و C<sub>11</sub> (تومي وآخرون، ٢٠٠٠)، كما كشفت عن بعض المكونات الأكثر تطايراً لمزائج البارافين الكلور قصيرة السلسلة (SCCP) (درويلارد وآخرون، ١٩٩٨)، مما يشير إلى أن هذه المركبات يُرَجَّح انتقالها بدرجة أكبر عبر مسافات طويلة. وهذا يتوافق مع النتائج التي توصل إليها ريث وآخرون، (٢٠٠٥، ٢٠٠٦)، حيث وجدوا تركيزاً من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة (SCCPs) من النوع C<sub>10</sub> في حيويات بحر الشمال مقارنة بالبحر البلطقي (ريث وآخرون ٢٠٠٥) في القطب الشمالي مقارنة ببحر البلطيق (ريث وآخرون ٢٠٠٦). ومما يؤيد ذلك هي النتائج النمذجة التي تشير إلى فترات التنصيف في الغلاف الجوي للأنواع المتماثلة لـ SCCP التي لوحظت في العينات البيئية كالبحيرات العظمى وهواء القطب الشمالي والحيويات (C<sub>10</sub>H<sub>17</sub>Cl<sub>5</sub>, C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>6</sub>, C<sub>10</sub>H<sub>15</sub>Cl<sub>7</sub>, C<sub>11</sub>H<sub>18</sub>Cl<sub>6</sub>, C<sub>11</sub>H<sub>17</sub>Cl<sub>7</sub>, C<sub>12</sub>H<sub>20</sub>Cl<sub>6</sub>, C<sub>12</sub>H<sub>19</sub>Cl<sub>7</sub>) (القسم ٢-١).

وتبين مقارنة بين درجات ضغط البخار (VPs) وثوابت قانون هنري (HLCs) أن الـ SCCPs لها درجات ضغط بخار (من ١٥-٦×٢,٨ إلى ٠,٠٢٨ باسكال) وأن ثوابت قانون هنري هي (٠,٦٨ - ١٨ باسكال م<sup>٣</sup>/جزء للمتجانسين C<sub>10-12</sub>) التي هي داخل نطاق درجات ضغط البخار وثوابت قانون هنري بالنسبة لبعض الملوثات العضوية الثابتة التي من المعروف أنها تمر بعملية انتقال طويل المدى في الغلاف الجوي (مثل سداسي كلور حلقي الهكسان (لندن)، وسباعي الكلور وميركس)<sup>(٣)</sup>. وكذلك أجريت عمليات نمذجة. وتوجز معلومات المرفق هاء التي قدمتها سويسرا دراسة أجزاها ويغمان وآخرون (٢٠٠٧) درست الانتقال بعيد المدى للـ SCCPs وملوثات عضوية ثابتة أخرى مرشحة وذلك باستخدام أداة الفرز الخاصة بالانتقال طويل المدى وبالثبات الكلي لمنظمة التعاون والتنمية في

(٣) ضغط بخار اللندان هو ٣<sup>-</sup>١٠×٤,٣ باسكال (IPCS - ١٩٩١) وضغط بخار سباعي الكلور هو ٦<sup>-</sup>١٠×٣,٠ باسكال (IPCS - ١٩٨٤) وضغط بخار ميركس هو ٩<sup>-</sup>١٠×٢,٣ باسكال (IPCS - ١٩٨٤) أما ثوابت قانون هنري للندن فهي ٠,٠٢ و ٠,١٣ باسكال جزء<sup>٣</sup>/جزء على التوالي.

الميدان الاقتصادي وأشارت النتائج إلى أن الـ SCCPs لديها خواص الثبات الكلي والانتقال بعيد المدى شبيهة بتلك الخواص المعروفة للعديد من الملوثات العضوية الثابتة. وقد قدرت دالة التلوث القطبي الشمالي (ACP) للعديد من الـ SCCPs استناداً إلى قيمة تفريق الأوكتانول/هواء  $K_{OA}$  ومعامل تفريق الهواء/ماء  $K_{AW}$ ، ومقارنة بنتائج دالة التلوث القطبي المولدة من سلسلة كيمائيات افتراضية (وانيا ٢٠٠٣). وتشير النتائج إلى أن الـ SCCPs لها دالات تلوث قطبية شمالية شبيهة برباعي - إلى سباعي الكلور ثنائي الفينيل.

وتؤيد المعلومات المتوافرة النتيجة التي مؤداها أن أنواع البارافينات المكورة قصيرة السلسلة SCCPs تمر بعملية انتقال بعيد المدى.

## ٢-٤ العرض

### ٢-٤-١ التركيزات في الغلاف الجوي

تم قياس SCCPs في الهواء لدى العديد من البلدان من بينها كندا، والمملكة المتحدة، والنرويج. وقد اكتشفت الـ SCCPs في أربع عينات جمعت عند أليرت Alert والطرف الشمالي لجزيرة إيليسمير في أعالي القطب الشمالي. وقد تراوحت التركيزات من أقل من واحد < ١ إلى ٨,٥ بـغ/م<sup>٣</sup> في عينات المرحلة الغازية (تومي ١٩٩٧، بيدلمان وآخرون ٢٠٠١) بورغن وآخرون، (٢٠٠٠) والعينات المقيسة من SCCPs في عينات هواء القطب الشمالي مأخوذة من جبل زييلين، سالفارد النرويج، في عام ١٩٩٩ وقد اكتشفت تركيزات تتراوح بين ٥٧ بـغ/م<sup>٣</sup>. بورغن وآخرون (٢٠٠٢) حيث وجدا تركيزات من SCCPs أعلى بكثير في الهواء في هواء جزيرة بير Bear، وهي جزيرة صغيرة معزولة بين سالفارد والبر الرئيسي للنرويج. وتراوحت التركيزات الكلية من ٨٠٠ إلى ٦٠٠ بـغ/م<sup>٣</sup>.

وتراوحت تركيزات البارافينات SCCPs في عينات الهواء التي جمعت عند ايغرت، أونتاريو، كندا في عام ١٩٩٠ من ٦٥ إلى ٩٢٤ بـغ/م<sup>٣</sup> (تومي ١٩٩٧، ١٩٩٨). وتراوحت التركيزات للبارافينات نفسها فوق بحيرة أونتاريو في ١٩٩٩ و ٢٠٠٠ بين ١٢٠ و ١٥١٠ بـغ/م<sup>٣</sup> (موير وآخرون ٢٠٠١، دي سي جي موير، بيانات غير منشورة، ٢٠٠١).

وقد أبلغ بيتر وآخرون (٢٠٠٠) عن متوسط لتركيز البارافينات SCCP قدره ٩٩ بـغ/م<sup>٣</sup> في الهواء الذي جمع من موقع شبه ريفي في لانكستر، المملكة المتحدة. وقد وجد باربر وآخرون (٢٠٠٥) أن التركيزات في الغلاف الجوي بالمملكة المتحدة في ٢٠٠٣ تراوح بين أقل من ١٨٥ إلى ٤٣٠ بـغ/م<sup>٣</sup> وكانت أعلى من مثيلاتها في نفس الموقع لعام ١٩٩٧. وحسب باربر وآخرون (٢٠٠٥) كذلك تركيز متوسط قدره ٦٠٠ بـغ/م<sup>٣</sup> من البارافينات SCCPs في الغلاف الجوي للمملكة المتحدة.

وقام SFT (٢٠٠٢) بقياس تركيز البارافينات SCCPs في ثلاث عينات أشنات من الترويج (فالغيل، مولد وناربول). وأخذت العينات من مناطق حراجية على مسافة لا تقل بحال من الأحوال عن ٣٠٠ متر عن الطرق والمباني، و١٠ كيلو مترات عن المدن. وقيست تركيزات قدرها ما بين ٣ - ١٠٠ مغ/كغ بالوزن غير الجاف مما يشير إلى حدوث ترسب لبارافينات SCCPs من الغلاف الجوي.

#### ٢-٤-٢ النفايات السائلة لمعالجة المياه المستعملة، وحمأة المجاري وتربات متنوعة

اكتشفت بارافينات SCCPs في ثماني روافد سائلة نهائية لمصنع معالجة حمأة المجاري أخذت عيناتها من جنوب أونتاريو، كندا. وتراوحت البارافينات SCCPs الإجمالية (الدائبة والجسيمات  $C_{10-13}$ ) بين ٥٩ و٤٤٨ نغ/لتر. ووجدت أعلى التركيزات في العينات التي أخذت من مصانع المعالجة في المناطق الصناعية، ومن بينها هاميلتون، وسانت كاترين وغلان.

وأبلغ ريغروبولز شميتز (١٩٩٥) عن تركيزات SCCPs من النوع  $C_{10-13}$  ذي المحتوى الكلوري البالغ ٦٢٪ مقدارها  $١٢ \pm ٨٠$  نغ/لتر في المياه البعيدة عن المنبع  $١٠ \pm ٧٣$  نغ/لتر في مياه المنبع لمصنع معالجة حمأة المجاري في ألمانيا. وكان تركيز البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة SCCPs في الروافد السائلة للنفايات هو ١١٥ نانوغرام/لتر في الولايات المتحدة. وأبلغ موراي وآخرون (١٩٨٨) عن وجود تركيزات SCCPs ذات محتوى كلوري ٦٠٪ من النوع  $C_{10-13}$  تقل عن ١٥٠ - ٣٣٠٠ نغ/لتر في المياه من حفرة مُسَيَّحَة للصرف تتلقى النفايات السائلة من مصنع إنتاج البارافينات الكلورية CPs في دوفر، أوهايو.

وقيست البارافينات SCCPs أيضاً في حمأة المجاري. ووجد ستيفنز وآخرون (٢٠٠٢) تركيزات الـ SCCPs تتراوح بين ٦،٩ و٢٠٠ ميكروغرام/غرام بالوزن الجاف في حمأة المجاري المأخوذة من ١٤ مصنعاً لمعالجة المياه في المملكة المتحدة. ووجدت أعلى التركيزات للبارافينات الكلورية قصيرة السلسلة SCCPs في الحمأة المأخوذة من مستجمعات المياه الصناعية. ومع ذلك، فإن مستجمعاً قروياً خالياً من النفايات الصناعية وجدت به مستويات لا بأس بها (٥٩٠ ميكروغرام/غرام) من مجموع البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة في الحمأة (ستيفنز وآخرون ٢٠٠٢). ويمكن للتربات الزراعية أن تكون مجتمعة رئيسياً محتملاً للبارافينات الكلورية (CPs) نتيجة لاستخدام حمأة المجاري (ستيفنز وآخرون ٢٠٠٢، نيكولز وآخرون ٢٠٠١).

#### ٢-٤-٣ المياه السطحية

اكتشفت البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة SCCPs في المياه السطحية في أونتاريو ومانيقوبا، كندا. وقيست مستويات منخفضة من إجمالي البارافينات ( $C_{10-13}$ ) الدائبة غربي بحيرة أونتاريو عامي ١٩٩٩ و٢٠٠٠. وتراوحت التركيزات من ٠،١٦٨ إلى ١،٧٥ نغ/لتر في ١٩٩٩، بينما كانت التركيزات أقل ( $٠،٠٧٤ - ٠،٠٧٧$  نغ/لتر) في ٢٠٠٠ (موير وآخرون، ٢٠٠١). وقيست تركيزات قدرها ٣٠ ويزيد أو ينقص عن ١٤ نغ/لتر في النهر الأحمر في سيلكبيرك، مانيتوبا، خلال فترة ٦ أشهر في ١٩٩٥ (تومي ١٩٩٧). تومي وآخرون (١٩٩٩) وذلك بسبب وجود الملوثات SCCPs في مياه مصدر محلي،

ربما كان مصنعاً لتشغيل/إعادة تدوير المعادن في مدينة سيلكيرك، وذلك بسبب تشابه سجل بيانات وفرة مجموعة تركيبية مع PCA-60، وهي شكل تجاري من أشكال SCCP الذي استخدم بصفته معياراً خارجياً. وقد رصدت وزارة البيئة في اليابان (٢٠٠٦) أنواع الـ SCCP في ست عينات للمياه السطحية من أماكن عديدة ومختلفة في اليابان ولم تجد أي تركيزات تزيد على القيم الحدية التي تظهر في عملية الكشف (والتي تراوحت بين ٠،٠٠٥٥ و ٠،٠٢٣ ميكروغرام/لتر بين أطوال السلسلة).

## ٢-٤-٤ الرسابات

عثر على البارافينات SCCPs في الرسابات حول البحيرات الكبرى في كندا وألمانيا، وجمهورية التشيك والمملكة المتحدة. وعثر عليها كذلك في رسابات القطب الشمالي.

وقيست دفقات المواد الذائبة من البارافينات SCCPs (بالميكروغرام/م<sup>٢</sup> سنوياً) الواصلة إلى قطع سطحية من لب الرسابة إلى العديد من رسابات بحيرة كندية (موير وآخرون، ١٩٩٩؛ تومي وآخرون ١٩٩٩). ولوحظت أعلى هذه الدفقات في رسابات البحيرات بالقرب من المناطق الحضرية (غربي بحيرة أونتاريو وجنوب حوض بحيرة وينيبغ). ولوحظت أقل الدفقات في البحيرات النائية بدرجة أكبر، بما فيها بحيرة سوبيريور، التي تتأثر، بدرجة رئيسية، بالمدخلات في الغلاف الجوي. وتوحي هذه النتائج بأن أعلى مستويات بقايا البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة SCCP التي لوحظت في رسابات البحيرات كانت قد أخذت من مناطق حضرية.

قام تومي وآخرون (١٩٩٧) بقياس البارافينات SCCPs بتركيزات بلغت نحو ٢٤٥ ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف في رسابات مأخوذة من فم نهر ديترويت عند بحيرة إيري وجزيرة ميدل سيستر في بحيرة إيري الغربية في عام ١٩٩٥. وعثر على البارافينات SCCPs كذلك في جميع عينات الرسابات السطحية التي أخذت من مناطق الموانئ على طول بحيرة أونتاريو بتركيزات تتراوح بين ٥،٩ إلى ٢٩٠ نغ/ع بالوزن الجاف (موير وآخرون ٢٠٠١). وقد وجدت أعلى التركيزات في أكثر المواقع تصنيعاً (حوض ويندمير، ميناء هاميلتون). وبالمثل، أبلغ مارفين وآخرون (٢٠٠٣) عن تركيز لبارافينات SCCPs قدره ٤١٠ نغ/ع بالوزن الجاف في رسابات من بحيرة أونتاريو بالقرب من مناطق صناعية.

وفي الجزء من كندا الواقع في القطب الشمالي، تراوحت تركيزات SCCP من ١،٦ إلى ١٧،٦ نغ/ع بالوزن الجاف في ثلاث بحيرات نائية (تومي وآخرون، ١٩٩٨، و ستيرن وايفانز ٢٠٠٣).

وقد وجد بالشمايتر (١٩٩٤) بارافينات SCCPs في رسابات في ألمانيا بتركيزات تتراوح بين أقل من ٥ إلى ٨٣ ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف. وجرى بالعينة ٨٣ مكغ/كغ وزن جاف هذه من نهر الراين (وكالة البيئة البريطانية ٢٠٠٣ ب).

وقد اشتملت دراسة أجريت مؤخراً على بارافينات SCCPs قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة MCCPs في المملكة المتحدة واشتملت على ٢٠ موقعاً مائياً وثمانية مواقع زراعية (نيكولز وآخرون. ٢٠٠١).

وقد إنتقى نيكولز وآخرون في عام (٢٠٠١) رسابات سطحية من ثلاثة مواقع تراوحت بين متر و١٠٠٠ متر، ومن ٢٠٠ إلى ٣٠٠ متر من نفايات سائلة من مياه المجاري البلدية على بعد ١ - ٢ أسفل المجرى. وقد اعتبرت البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة موزعة على نطاق واسع في بيئة المملكة المتحدة. وفي الحالات التي حددت فيها تركيزات SCCPs بصورة منفصلة عن MCCPs البارافينات الكلورة متوسطة السلسلة فقد تراوحت التركيزات من ٠,٦ إلى ١٠,٣ مغ/كغ بالوزن الجاف (نيكولز وغيره ٢٠٠١).

وأبلغ برايبيلوفا وغيره (٢٠٠٦) عن تركيزات من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في ٣٦ عينة رسابية من ١١ نهرًا تشيكياً وخمس فتحات تصريف بالقرب من مناطق صناعية. وتراوحت التركيزات من المستوى الذي لا يبين للاكتشاف إلى ٣٤٧,٤ نغ/غ بالوزن الجاف. ورصدت وزارة البيئة في اليابان بارافينات SCCPs في ست عينات رسابية قاعية من مناطق عبر البلد ولم تجد أي تركيزات تزيد على حد الاكتشاف (الذي تراوح بين ٠,٣٤ إلى ٣,٠ نغ/غ فيما بين أطوال الكربون).

#### ٢-٤-٥ الحيويات

أكتشفت بارافينات مكلورة قصيرة السلسلة في الحيويات في كندا، والمملكة المتحدة، وشيلي، واليونان، وألمانيا، وآيسلندا، وفرنسا، والسويد، والولايات المتحدة الأمريكية وبحر الشمال. واكتشفت كذلك في حيويات المنطقة القطبية.

#### الأسمك

قام موير وآخرون (٢٠٠١ - ٢٠٠٢) بقياس الـ SCCPs في الأسمك التي جمعت من بحيرة أونتاريو في ١٩٩٦ و٢٠٠١. وتراوحت التركيزات من ٧,٠١ إلى ٢,٦٣٠ نغ/غ بالوزن غير الجاف. ودلت القياسات على وجود أعلى التركيزات في سمك الشبوط (الكارب) الذي جُمع عند ميناء هاميلتون. وسادت البارافينات SCCPs من النوع C<sub>12</sub> أسمك التراوت في البحيرة بينما النوع C<sub>11</sub> كان هو نوع البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة في أسمك الإصقيلين والهفّ smelt.

وقام SFT (٢٠٠٢) بقياس تركيزات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة SCCPs في بلح البحر الأزرق (blue mussel) وأكباد القُدّ المأخوذة من النرويج. وكانت تلك البارافينات (SCCPs) موجودة في جميع العينات بتركيزات تتراوح من ١٤ - ١٣٠ ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن غير الجاف و٢٣ - ٧٥٠ ميكروغرام/كيلوغرام في كبد القُدّ (cod). وقد أبلغ لاهانباتيس وآخرون (٢٠٠٠) عن قيم متوسطة للبارافينات SCCPs لكل طول من أطوال السلسلة منفرداً (C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub>) تراوحت بين ٧ - ٢٠٦ ميكروغرام/كيلوغرام في زيت السمك و٦ - ١٣٥ ميكروغرام/كيلوغرام في أسمك (السبرات، والسمك الأحمر، والرنة، والهاليبوت والسردين والتراوت) من مجموعة متنوعة من المواقع في إنجلترا، والنرويج، وشيلي، واليونان، وألمانيا وآيسلندا، وفرنسا، والولايات المتحدة الأمريكية وبحر الشمال. وقام ريث وآخرون (٢٠٠٥) بقياس تركيزات البارافينات SCCPs ووجد أنها تراوحت بين ١٩ و٢٨٦ نانوغرام/غرام بالوزن غير الجاف في كبد السمك (الفلاوندر والداب المفلطحين) من بحر الشمال وبحر البلطيق.

ورصدت وزارة البيئة في اليابان (٢٠٠٦) البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة في ست عينات للضواري المائية من جميع أنحاء اليابان ولم تجد أي تركيزات تزيد على الحدود التي يمكن أن تكتشف هذه المادة عندها (والتي تراوحت بين ٠,٢ و ١,٥ نغ/غ بالوزن غير الجاف من حيث أطوال الكربون).

#### الثدييات البحرية

وجدت البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة بتركيزات تتراوح بين ٩٥ و ٦٢٦ نغ/غ بالوزن غير الجاف في شحوم الثدييات البحرية، ومن بينها الدولفين الأبيض (Delphinapterus leucas)، والفقمة الحلقية (Phoca hispida) والفظ (Odobenus rosmarus) من العديد من المواقع في القطب الشمالي (تومي وآخرون، ١٩٩٨ ب، ٢٠٠٠).

وتم اكتشاف البارافينات SCCPs في الدلافين البيض المخلوبة من نهر سانت لورنس بتركيز متوسط قدره ٧٨٥ نغ/غ بالوزن غير الجاف (تومي وآخرون، ١٩٩٨ ب، ٢٠٠٠). ويكشف بيان توافر زمرة هذه الصيغة في أجسام الدلافين البيض المأخوذة من مصب نهر سانت لورنس تحولاً ناحية المكونات الأقل تطايراً - أي أطوال أكبر في سلسلة الكربون في التركيبات التجارية. وتشير النسب الأعلى للمكونات الأقل تطايراً في بيان التركيز إلى أن المصادر المحلية للبارافينات SCCPs المأخوذة ربما من البحيرات الكبرى أو المناطق الصناعية أسفل نهر سانت لورنس هي أهم مصادر المدخلات من SCCPs إلى تلك المنطقة.

وقد أبلغ جانسون وآخرون (١٩٩٣) عن تركيز للـ SCCPs قدره ١٣٠ نغ/غ بالوزن غير الجاف في شحوم الفقمة الحلقية المخلوبة من سفالبارد. ومن الجدير بالملاحظة، مع ذلك، أن المواد المقاسة في الدراسة التي أجراها جانسون كانت بارافينات مكلورة غير محددة طول السلسلة وذات ذرات كلور من ٦ - إلى ١٦ في كل جزئ، ومن ثم يمكن أن تكون قد اشتملت أيضاً على البارافينات المكلورة متوسطة السلسلة وطويلة السلسلة.

#### الحياة البرية الأرضية

لا يتوافر سوى معلومات محدودة عن تركيزات SCCP في أنسجة الحياة البرية الأرضية. فقد أبلغ جانسون وآخرون (١٩٩٣) عن وجود تركيزات بارافينات مكلورة (غير محددة طول السلسلة في الأرناب (ريفينغشيد، سَكان)، وحيوان الموظ (moose) (غريسمو، فاستمانلاندا) وغزال الرنة (أوتسجو، جامتلاندا) والعقاب النسارية (من مناطق متعددة في السويد) تصل إلى ٢,٩، ٤,٤، ١٤,٠ و ٥٣,٠ ميكروغرام/غرام دهون بوزن الجسم، على التوالي.

أبلغ مركز علوم البيئة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية CEFAS (١٩٩٩) عن تركيزات بارافينات SCCPs في ديدان الأرض تتراوح بين أقل من ٠,١ إلى ٠,٧ ميكروغرام/غرام بالوزن الجاف وذلك في المملكة المتحدة في صيف ١٩٩٨. وحدد كل من Campbell وماكونيل (١٩٨٠) مستويات البارافينات المكلورة من صيغة C<sub>10-20</sub> في أكباد الطيور وبيض طيور البحر في المملكة المتحدة. وكان من المرجح أن

تسود مستويات الصيغة C<sub>10-20</sub> البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة والبارافينات المكلورة متوسطة السلسلة. وتراوح تركيزات البارافينات المكلورة من الصيغة C<sub>10-20</sub> من ٠,١ إلى ١,٢ ميكروغرام/غرام وبالوزن غير الجاف في أكباد الطيور ومن أقل من ٠,٠٥ إلى أكثر من ٦ ميكروغرام/غرام.

#### ٦-٤-٢ لبن الأمهات البشرية والغذاء

وجد تومي (١٩٩٧) أن البارافينات SCCPs (التي بها نحو ٦٠ - ٧٠٪ كلور حسب الوزن) موجودة بتركيز يتراوح من ١١ - ١٧ ميكروغرام/كيلوغرام في الدهن (التركيز المتوسط ١٣ ميكروغرام/كغ في الدهن) في عينات لبن الأمهات البشرية المأخوذة من سيدات الإنويت (Inuit) اللائي يعشن على مضيق هدسون في شمال كيبيك، كندا.

وتم الكشف عن البارافينات SCCPs أيضاً في عينات لبن الأنداء البشرية المأخوذة من المملكة المتحدة (طوماس وجونز ٢٠٠٢). ووجدت البارافينات SCCPs بتركيزات تتراوح بين ٤,٦ و ١١٠ ميكروغرام/كيلوغرام في خمس من بين ثماني عينات أُخذت من لانكستر وبتراكيزات ٤,٥ إلى ٤٣ ميكروغرام/كغ دهن في ٧ من بين ١٤ عينة أُخذت من لندن. وكان المستوى المتوسط التقديري من البارافينات SCCPs يتراوح بين ٢٠ ± ٣٠ ميكروغرام/كغ دهن (على أساس النتائج الإيجابية وحدها) أو ١٢ ± ٢٣ ميكروغرام/كغ (وذلك بافتراض أن عدم الكشف = نصف حد الاكتشاف). وفي دراسة متابعة، وجد طوماس وآخرون (٢٠٠٣) الـ SCCPs بتركيزات تتراوح من ٤٩ إلى ٨٢٠ مكغ/كغ دهن بالنسبة لنفس المدينتين.

وقد اكتشفت الـ SCCPs أيضاً في الغذاء. فاكشف طوماس وجونز (٢٠٠٢) بارافينات مكلورة قصيرة السلسلة في عينة من لبن الأبقار مأخوذة من لانكستار، وفي عينات زبد مأخوذة من مناطق مختلفة من أوروبا (أي الدانمرك، وويلز ونورماندي، وبافاريا، وإيرلندا وجنوب إيطاليا وشمالها). وعثر كذلك على الـ SCCPs في عينات الزبد من الدانمرك بتركيزات ١,٢ مكغ/كغ، وإيرلندا ٢,٧ مكغ/كغ. وفي مسح لسلسلة من سلع السوق تمثل ٢٣٤ غذاءً جاهزاً للأكل تمثل نحو ٥٠٠٠ نوع غذاء في الوجبات الأمريكية، تم اكتشاف (شمع الكلور ٥٠٠ ج) "Chlorowax 500C" ذات مرة في الخبز الأبيض المدعم بالإضافة، بتركيز ٠,١٣ مكغ/غ (مكتب كاندو وفرقة مبيدات الآفات KAN-DO (Office and Pesticides Team, 1995).

وقامت هيلث كندا (٢٠٠٣) بحساب التقديرات العليا للمتحصل من البارافينات SCCP بالنسبة لعامة سكان كندا. وكان المتحصل الافتراضي التقديري الكلي للمتحصل من SCCPs لكل فئة عمرية بين سكان كندا مصدره الغذاء. وكان الحد الأعلى للمتحصل التقديري بالنسبة للأطفال الذين يرضعون لبن الثدي هو ١,٧ مكغ/كغ بوزن الجسم يومياً بالنسبة للكبار فوق سن الستين إلى ٢٦,٠ مكغ/كغ بوزن الجسم بالنسبة للرضع الذين لا يرضعون الألبان الصناعية ويقدم البرنامج الدولي للسلامة الكيماوية IPCS (١٩٩٦) المتحصل اليومي المحتمل (TDI) للـ SCCPs على أنه ١٠٠ مكغ/كغ يومياً.

## ٢ - ٥ تقييم المخاطر بالنسبة للنهيات الطرفية ذات الاهتمام

١-٥-٢ السمية

قام ويات وآخرون (١٩٩٣) بتعريض ذكور الفئران عن طريق أنابيب تغذية داخلية إلى المعدة (gavage) لمدة ١٤ يوماً لبرافينين من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة (٥٨٪ و ٥٦٪ كلور). وقد أدى ذلك إلى زيادة في حجم الأكبدا من حيث الوزن المطلق والنسبي، زيادة لا بأس بها بطريقة ترتبط بحجم الجرعة بالنسبة للبارافينات SCCPs ذات نسبة الـ ٥٨٪ كلور عند مستوى ١٠٠ مغ/كغ بوزن الجسم يومياً أو أعلى من ذلك. وبالنسبة للفئران التي تتغذى على بارافينات بمحتوى كلور ٥٦٪ فقد ازداد الوزن النسبي للكبد بصورة مرتبطة بحجم الجرعة عند ٥٠ مغ/كغ يومياً أو أعلى من ذلك. وفي دراسة على تغذية الفئران عن طريق الفم لمدة ١٣ أسبوعاً أجرتها المؤسسة الدولية للبحث والتطوير (١٩٨٤) حدثت زيادات في وزن الكبد والكلى وتضخم في الكبد والغدة الدرقية عند تناول جرعة مقدارها ١٠٠ مغ/كغ/وزن الجسم/يومياً. وكان مستوى التأثير غير الملاحظ هو ١٠ مغ/كغ - وزن الجسم يومياً.

أوجز تقرير تقييم المخاطر للاتحاد الأوروبي (المفوضية الأوروبية ٢٠٠٠) تأثير البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة SCCPs في أنواع الثدييات. فالبارافينات SCCPs لديها القدرة على إحداث قدر ضئيل جداً من تهيج الجلد، وهي ذات سمية حادة منخفضة في الحيوانات ولا تؤدي إلى حدوث طفرات. أما الدراسات التي أجريت على القوارض فقد دلت على حدوث زيادات مرتبطة بالجرعة في الأورام الغدية والأورام السرطانية في الكبد والغدة الدرقية والكلى. وترى الوكالة الدولية لبحوث السرطان IARC أن هناك أدلة كافية على التسرطن (وربما كانت المجموعات 2B مسيبة للسرطان) هي النواتج التجارية للبارافينات المكلورة ذات طول السلسلة C<sub>12</sub> في المتوسط ودرجة تكلور متوسطة تبلغ ٦٠٪ في حيوانات التجارب. (IARC، ١٩٩٠). ومع ذلك فما زال هناك نزاع بشأن آليات هذه الأورام، وما إذا كانت ذات صلة بصحة الإنسان (EC 2000). وتصنف البارافينات SCCPs المسببة للسرطان لدى الاتحاد الأوروبي R40: 3 - دلائل محدودة على التأثير المسبب للسرطان، وتصنف بالمثل في استراليا على أنها خطيرة.

ولا توجد بيانات عن التأثيرات التي تلحق بخصوبة ونمو الإنسان. فلم تلاحظ أي تغييرات في الأجهزة التناسلية في دراسة - ١٣ أسبوعاً على الفئران والجُرُذ التي تناول جرعتي ٥٠٠٠ و ٢٠٠٠ ميكروغرام/غرام من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة/كغ/يوم. ولكن ليس على الجرعات الأقل من ذلك (المفوضية الأوروبية ٢٠٠٠).

وطبقاً للمفوضية الأوروبية فإن كل البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة SCCPs، بصفة عامة، ذات سمية منخفضة، وأن المسألة السمية الرئيسية تتعلق بسمية عامة غير محددة تعقبُ التعرض المتكرر، بمستوى تأثير غير ملاحظ هو ١٠٠ و ١٠٠٠ مغ/كغ/يومياً بالنسبة للفئران والجُرُذ على التوالي.

## ٢-٥-٢ السمية الإيكولوجية

الكائنات المجهرية

قام عدد من الاختبارات التي استخدمت مختلف الأنواع، والنهايات الطرفية والبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة باستقصاء سمية البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة بالنسبة للكائنات المجهرية (هيلديريخت ١٩٧٢، وبيرتلي وآخرون. ١٩٨٠ ومادي وآخرون ١٩٨٣ ج، وكوه وثمان ٢٠٠١، سفيدرروب وآخرون ٢٠٠٦). وكانت قيم أقل تركيز غير ملاحظ/المفوضية الأوروبية EC20 ٠،١ مغ/لتر بالنسبة لصيغة C<sub>10-13</sub> من البارافينات المكثورة ذات المحتوى الكلوري البالغ ٥٦٪. وقد لوحظ وجود أقل تركيز البارافينات المكثورة C<sub>10-13</sub> مع *Vibrio fischeri* (كوه وثمان ٢٠٠١). وقد لوحظ وجود أقل تركيز ملاحظ من جانب سفيدرروب وآخرون (٢٠٠٦) الذين حددوا عينة للمفوضية الأوروبية هي EC10 قدرها ٥٧٠ مغ/لتر بالجاف للبارافينات SCCPs ذات المحتوى الكلوري ٦٠٪.

الكائنات السطحية المائية

لا يوجد إلا عدد محدود من الدراسات بشأن السمية المائية للبارافينات SCCPs نشر منذ العروض التي قام بها تومي وآل (١٩٩٨ أ) وتقييم المخاطر للبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة الذي أجراه الاتحاد الأوروبي (المفوضية الأوروبية ٢٠٠٠) ويقدم موجز لهذه الدراسات أدناه.

إن أقل مستوى تأثير سمي للأنواع المائية العذبة السطحية هو ٨،٩ مكغ/لتر وذلك استناداً إلى أقل مستوى تأثير ملاحظ مزمّن عمره ٢١ يوماً على برغوث الماء *Daphnia magna* (طومسون ومادي ١٩٨٣ أ) وكان التأثير ظاهراً على نفوق النسل، وأدنى مستوى تأثير غير ملاحظ هو ٥ ميكروغرام/لتر. وأبلغت التأثيرات الأخرى على برغوث الماء "دافنيا" بتركيزات مماثلة. وفي دراسة تحديد سكوني مدتها ١٤ 14-day static renewal study - يوماً لوحظ نفوق ٥٠٪ بعد مرور ٥ أيام عند جرعة قدرها ١٠ ميكروغرام/ل (طومسون ومادي ١٩٨٣ أ).

وكانت أكثر النهايات الطرفية بالنسبة للقياس التي تم تحديدها في الأنواع البحرية هي ٧،٣ ميكروغرام/لتر وذلك استناداً إلى مستوى التأثير غير الملاحظ - لمدة ٢٨ - يوماً بالنسبة لجمبري مايسيد (*Mysidopsis bahia*) (طومسون ومادي ١٩٨٣ ب). وأبلغ طومسون ومادي (١٩٨٣ ج) عن مستوى تركيز غير فعال (NOEC) قدره ١٢،١ ميكروغرام/ل في دراسة على الطحالب البحرية *Skeletonema costatum* استمرت عشرة أيام فكانت التأثيرات السمية عابرة مؤقتة ولم تظهر لها تأثيرات عند أي تركيز بعد ٧ أيام. فقام طومسون شيلابير (١٩٨٣) بتعريض ٣٠ طحلباً من خيار البحر mussels (*Mytilus edulis*) لبرافين مكثور قصير السلسلة نسبة الكلور فيه ٥٨٪ (٢،٣ ميكروغرام/لتر و٩،٣ ميكروغرام/لتر) في شكل دفق عبر نظام مياه البحر وذلك لمدة ١٢ ساعة، ولم يلاحظ حدوث أي نفوق ولكن نمو خيار البحر انخفض عندما تعرض لمستوى ٩،٣ مكغ/ل.

ودرس فيسك وآخرون (١٩٩٩) سمية أربعة مركبات من مركبات البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة هي  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  and  $C_{12}$  (أطوال السلسلة الفريدة بمزائج من الأيسومرات) بالنسبة لأجنة الميداكا اليابانية (*Oryzias latipes*). وتراوحت التركيزات ذات أقل التأثيرات الملاحظة (LOECs) من ٥٥ مكغ/ل بالنسبة لـ  $C_{12}$  و  $H_{20} Cl_7$  إلى ٤٦٠ مكغ/ل بالنسبة لـ  $C_{10}H_{16}Cl_7$  في البيض واليرقات خلال العشرين يوماً الأولى بعد وضع البيض، واشتملت هذه التأثيرات على انتقال كرة الزيت بعيداً عن الرأس، وعلى ترقق الأوعية الدموية بين الرأس وكرة الزيت. وكانت السمية منفصلة عن طول سلسلة الكربون وعن المحتوى الكلوري. أما آلية السمية للأجنة فقد قيل بأنها التخرُّ.

ودرس فيسك وآخرون (١٩٩٦ - ٢٠٠٠) تراكم العديد من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة صيغة  $C^{14}$  (٥٦ - ٦٩٪ كلور حسب الوزن) لدى تراوت قوس قزح الشاب (الأوزان المبدئية ٢-٧ غ) وذلك أثناء فترة تعرض مدتها ٤٠ يوماً. وكان معدل التغذية اليومي ١,٥٪ من متوسط وزن الجسم. ولم يثبت أن لأي من المركبات أي تأثيرات سلبية على النمو أو على منسب الكبد إلى الجسم *liver somatic index* لدى أسماك تراوت قوس قزح الشابة.

وقد فحص كولي وآخرون (٢٠٠١) سلوك تراوت قوس قزح الشابة وأنسجة أكبادها وغدها الدرقية عقب تعريضها لنفس المركبات الأربعة لـ SCCP وهي  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  and  $C_{12}$  كما هو الحال لدى فيسك وآخرون (١٩٩٩) وذلك عن طريق التعريض من خلال التغذية. وأظهر سمك التراوت استجابات تدل على وجود مخدر في جسمه مثل تأخر الحركة وغياب حركة الهروب المفاجئة ونقص تناوله للغذاء. ولوحظت داءات مرضية شديدة في الكبد في سمك التراوت الذي تعرض لـ  $C_{10}H_{15}Cl_7$  و  $C_{11}H_{18}Cl_6$  (وبلغت التركيزات في السمكة ككل ٠,٩٢ و ٥,٥ مكغ/غ بالوزن غير الجاف، على التوالي)، وتتمثل هذه الداءات المرضية في تليف الأنسجة واسع النطاق وتخرُّ في الكيس الكبدي لم تلاحظ في الأسماك المراقبة أو التي تعرضت لجرعات منخفضة. ولم تلاحظ أية أضرار في الغدة الدرقية. وقد تراوحت أقل التركيزات الفعالة لمركب  $C_{10-12}$  من البارافينات SCCPs من ٠,٧٩ إلى ٥,٥ مكغ/غ في أنسجة السمكة ككل عقب تعريضها تغذوياً لتركيزات تتراوح بين ٠,٨٤ و ٧٤ مكغ/غ في الغذاء.

لاحظ بيرسكوف وآخرون (٢٠٠٦) تشوهات في النمو ونقص في نمو الأجنة في ضفدعة *Xenopus laevis* عند تركيزات ٥ مكغ/ل، وتركيزات أعلى من ذلك للمزيج التجاري للبارافينات SCCPs (٥٦٪ كلور و  $C_{12}$ ). ولم تأت النتائج متصلة بالنسبة الذي تسير عليه الكلورة.

### كائنات القاع

استخدم نهج التفريق المتوازن (دي تورو وآخرون ١٩٩١) باستخدام النهاية الطرفية للقياس الأكثر حساسية المحددة للأنواع المائية من لافقاريات المياه العذبة السطحية (٨,٩ مكغ/ل) وذلك لتقييم السمية بالنسبة للكائنات القاعية، وحيث أنه لم تتوافر نهاية طرفية لقياس اللافقاريات القاطنة في الرسابات فإن أدنى مستوى تركيز ملاحظ في الأعماق) قدر بـ ٣٥,٥ مكغ/كغ بالوزن الجاف (انفيرونمنت كندا ٢٠٠٤).

### الكائنات القاطنة في التربة

فحص بركليوفا وآخرون (٢٠٠٧) تأثيرات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة (ذات محتوى ٦٤٪ كلور) على خمسة أنواع من كائنات التربة هي (حشرات الكهدليات (*collembola*))، وديدان الأرض والديدان الخيطية النيما تودا) وعلى الكائنات المجهرية في التربة (للتحول الكربوني). وتم التعرف على *Folsomia candida* (كهدليات) بأنها أكثر الكائنات حساسية لتركيز النصف LC<sub>50</sub> (لإستمرار حياة السمك اليافع) ونصف التركيز الفعال وقمم التركيز الفعال ١٠ (التكاثر) التي تصل إلى ٥٧٣٣ مغ/كغ، ١٢٣٠ مغ/كغ، و٦٦٠ مغ/كغ بالوزن الجاف على التوالي. وفحص سفيردرب وآخرون (٢٠٠٦) تأثيرات البارافينات SCCPs (بمحتوى كلور ٦٠٪) على ديدان الأرض، والبكتريا التي تضيف الآزوت للتربة، والبرسيم الأحمر. وقد وجد هؤلاء الباحث أن البكتريا الآزوتية هي الأكثر حساسية عند نسبة تركيز فعال ١٠ قدرها ٥٧٠ مغ/كغ بالوزن الجاف.

وفي دراسة أجراها سو كوكفا وآخرون (٢٠٠٧) استخدم الدودة الخيطية (*nematodes*) التي تعيش بحرية في التربة *Caenorhabditis elegans* كمحسّ لسمية ٧ ملوثات من بينها البارافينات SCCPs (التي تحمل علامة C<sub>12</sub>، ٦٤٪ CI، واشتملت على أجزاء صغيرة جداً من البرافين قصيرة السلسلة، C<sub>10</sub> 6%، C<sub>11</sub> 37%، C<sub>12</sub> 32%، C<sub>13</sub> 25%) وبالنسبة للبارافينات المكلورة قصيرة السلسلة، لم تلاحظ أي سمية طوال ٢٤ ساعة، ولكنها كانت واحدة من أكثر المواد سمية بعد ٤٨ ساعة ويرجع اشتداد الأثر مع استطالة وقت التعرض إلى أن المزيد من السمية يجري امتصاصه. وكانت الحساسية مشابهة لتلك الحساسية التي أبلغ عنها بيزكليوفا وآخرون (٢٠٠٧) عن *Folsomia candida*، بينما تقل عن السمية الخاصة بـ *Enchytraeus albidus* و *Eisenia fetida*.

### الطيور

تصف المفوضية الأوروبية (٢٠٠٠) دراسة تم فيها دراسة بطات مالارد بعد تعريضها لتركيزات من البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة C<sub>10-12</sub> (٥٨٪ كلور) لمعرفة التأثيرات التي تلحق بالتكاثر. وقد أجريت الدراسة على التغذية طوال ٢٢ أسبوعاً فيها فترة ٩ - أسابيع سابقة على وضع البيض بدون تحاث ضوئي، وفترة ٣ أسابيع قبل وضع البيض مصحوبة بتحات ضوئي، وفترة ١٠ أسابيع وضع البيض مصحوبة بتحات ضوئي. وقد حُث الطيور (عن طريق التلاعب في الضوء في فترات الضوء) على وضع البيض. وتم جمع البيض خلال فترة ١٠ أسابيع، أما الصغار التي لم تتغذ على المادة الإختبارية، فقد وضعت تحت الملاحظة لمدة ١٤ يوماً. وكانت التركيزات المتوسطة المقاسة هي ٢٩، ١٦٨ و٩٥٤ مغ/كغ في الغذاء. وكان أقل مستوى وُجد أنه يسبب تأثيرات طفيفة في هذه الدراسة هو ٩٥٤ مغ/كغ غذاء، وهو المستوى الذي تسبب في انخفاض طفيف غير ذي قيمة من الناحية الإحصائية (بمقدار ٠،٠٢٠ مليغرام) في متوسط كثافة قشرة البيضة. وعلى الرغم من أن هذا الانخفاض مهم، فإن متوسط كثافة قشرة البيض بقي في حدود القيم الطبيعية الواردة في الخطوط التوجيهية لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (٠،٣٥ - ٠،٣٩، ملليمتر)، ولم يلاحظ حدوث زيادة في البيض الفاقس عند هذه الجرعة. ولم يحدث فارق ذو بال في عدد البيض الموضوع، أو عدد البيضات التي انفلقت بالفقس أو متوسط وزن البيضة في أي مجموعة معالجة عند مقارنتها بالمجموعات المرجعية.

وفي دراسة أجراها أوبرشار وآخرون (٢٠٠٧)، تم تغذية الدجاج من عمر ٢٤ - ٣٢ أسبوعاً على تركيبة (٦٠٪ كلور و C<sub>10-13</sub>) من البارافينات الكلورية قصيرة السلسلة التقنية بتركيزات متزايدة تصل إلى ١٠٠ مغ/كغ علف. ولم تلاحظ أي تأثيرات ذات بال على صحة الدجاج، أو الأوزان النسبية لأعضائها أو أدائها (مثل كثافة وضع البيض، وزن البيضة، واستهلاك العلف). كذلك لم تتأثر الأوزان النسبية للأعضاء متأثراً كبيراً وذلك باستثناء بنكرياسات الدجاجات التي تغذت على علف مكون من ٧٧ مغ/كغ من وزن الجسم غير الجاف والذي نقص حجمه. وقد دخل إلى الجسم أقل من ١٪ من البارافينات الكلورية المزدرة، بينما ١،٥٪ تم التخلص منها مع مَح البيض و ٣٠٪ خرجت مع البول والبراز.

#### موجز للسمية الإيكولوجية للبارافينات الكلورية قصيرة السلسلة SCCPs

يحتوي الجدول ٢ - ٤ على موجز لأكثر النقاط الطرفية حساسية للسمية.

الجدول ٢ - ٤: نظرة عامة على السمية الإيكولوجية طويلة الأمد الأكثر حساسية أدنى مستوى تركيز ملاحظ/مستوى التركيز غير الملاحظ، أو بيانات البارافينات SCCPs المستقاة من تجارب المفوضية الأوروبية

المرجع	أدنى مستوى تركيز ملاحظ أو تجارب المفوضية الأوروبية	مستوى التركيز غير الملاحظ	التأثير	النوع/النهاية الطرفية
طومسون ومادلي (١٩٨٣ أ)	٨,٩ مكغ/ل	٥ مكغ/ل	نفوق النسل، ٢١ يوماً	الكائنات في المياه غير العميقة برغوث الماء ( <i>Daphnia magna</i> )
انفايرومنت كندا ٢٠٠٤، استناداً إلى البيانات من طومسون ومادلي ١٩٨٣ أ	٣٥,٥ مغ/كغ بالجاف	البيانات غير متوافرة	التفريق التوازني استناداً إلى دراسة مدتها ٢١ يوماً باستخدام برغوث الماء ( <i>Daphnia magna</i> )	الكائنات القاعية
فيسك وآخرون (١٩٩٩)	٥٥ مكغ/ل	٩,٦ مكغ/ل	دراسة لمدة ٢٠ يوماً، انتقال كرية الزيت بعيداً عن الرأس، وترقق الأوعية الدموية	سمك (أجنة الميداكا اليابانية، التأثيرات على مرحلة الحياة المبكرة)
انفايرومنت كندا ٢٠٠٤، استناداً إلى بيانات طومسون ومادلي ١٩٨٣ أ	٣٥,٥ مغ/كغ بالجاف	البيانات غير متوافرة	التفريق التوازني	كائنات التربة
سفيردروب وآخرون (٢٠٠٦)	المفوضية الأوروبية = ٥٧,٠ مغ/كغ بالجاف - إسمي		إضافة الآزوت للتربة	الكائنات الدقيقة (إضافة الآزوت للتربة بواسطة البكتريا)
المفوضية الأوروبية (٢٠٠٠)	٩٥٤ مغ/كغ في الغذاء	١٦٨ مغ/كغ في الغذاء	انخفاض كثافة قشرة البيضة	الطيور (تكاثر بط الملارد)

### ٣ - تجميع المعلومات

إن البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCPs ثابتة، وتتراكم أحياناً وسمية بالنسبة لبعض الأنواع، وتمر بانتقال بعيد المدى إلى المناطق النائية.

وكان الاستخدام السنوي الإجمالي المبلغ عنه من البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة مرتفعاً لدى العديد من البلدان، وإن كان العديد منها قد أجرى تخفيضات ملحوظة في السنوات الأخيرة. بما في ذلك كندا، وسويسرا، وأستراليا. ويمكن أن تحدث الإطلاقات أثناء إنتاج وتخزين ونقل البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة. إن ماء غسيل المرافق والسوائل التي استعملت في الأشغال المعدنية/وتقطيع المعادن هي المصادر للنظم المائية الإيكولوجية. وعلى الرغم من محدودية البيانات، فإنه يُرجح أن تكون المصادر الرئيسية لإطلاق البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة هي تركيبات وتصنيع المنتجات المشتملة على البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة مثل لدائن بوليفينيل الكلوريد واستخدامها كسوائل في الأشغال المعدنية.

ومن غير المتوقع للبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة أن تصاب بدرجة كبيرة من الخسف عن طريق الحلمأة في الماء، وتشير ألباب الرسابات المؤرخة إلى أن هذه البارافينات تظل ثابتة في الرسابات لمدة تزيد على عام واحد. وللبارافينات SCCPs فترات تنصيف في الغلاف الجوي تتراوح بين ٠،٨١ إلى ١٠،٥ يوم مما يشير إلى أنها تكون ثابتة نسبياً أيضاً في الهواء. وللبارافينات SCCPs ضغوط بخار في حدود ضغوط بخار الملوثات العضوية الثابتة المعروفة التي تمر بانتقال بعيد المدى في الغلاف الجوي. وتشير ثوابت قانون هنري إلى أن البارافينات SCCPs تميل إلى التفريق من الماء إلى الهواء تحت بعض الظروف مما يسهل انتقالها في الغلاف الجوي. وقد اكتشفت البارافينات SCCPs في عدد متنوع من العينات البيئية (الهواء، الرسابات، المياه، المياه المستعملة والسماك والثدييات البحرية) وفي الأماكن النائية مثل القطب الشمالي. وتشير البيانات النموذجية (أداة الفرز لدى منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي الخاصة بالانتقال بعيد المدى) إلى أن البارافينات SCCPs لها خصائص شبيهة بخصائص الملوثات العضوية الثابتة المعروفة التي تمر بانتقال بعيد المدى. وتؤكد التركيزات في الحيوانات والرسابات المأخوذة من المناطق النائية في القطب الشمالي حدوث الانتقال بعيد المدى للبارافينات SCCPs.

وتشير عوامل التراكم الأحيائي البالغة ١٦ ٤٤٠ - ٢٥ ٦٥٠ بالوزن غير الجاف في التراوت المأخوذة من بحيرة أونتاريو إلى أن البارافينات SCCPs يمكن أن تتراكم أحياناً إلى درجة عالية في الحيوانات المائية. وتعزز ذلك بيانات النمذجة الخاصة بمعامل تفريق الماء وعوامل التراكم الأحيائي التي تشير إلى تراكم البارافينات SCCPs أحياناً. يضاف إلى ذلك، أن عوامل التزايد الأحيائي بالنسبة لبعض البارافينات SCCPs قد وُجدَ أنها تزيد على ١. كما أن التركيزات المرتفعة من البارافينات SCCPs في أجسام الأحياء عند المستويات التغذوية العليا، وبخاصة في الثدييات البحرية وحيويات المياه العذبة (مثل الحيتان البيضاء، والفقمات الحلقية والأسماك)، هي دليل إضافي على حدوث التراكم الأحيائي. وقد قيست كذلك تركيزات عالية من البارافينات SCCPs في لبن أنداء نساء الإنويت شمالي كيبيك.

وأكثر الكائنات المائية حساسية، برغوث الماء *Daphnia magna* إذ يوجد لديه مستوى تركيز غير ملاحظ مزم من قدره ٥ مكغ/ل. وكانت الميداكا اليابانية حساسة للغاية للبارافينات SCCPs مع مستوى تركيز غير ملاحظ بلغ ٩،٦ مكغ/ل. وقُدِّرَ مستوى تركيز غير ملاحظ قدره ١٦٨ مغ/كغ بالنسبة لجدران البيض المرققة لبط ملارد. وتنظر الوكالة الدولية لبحوث السرطان في بعض مثيلات البارافينات SCCPs (متوسط C<sub>12</sub>، ومتوسطة كلور ٦٠٪) لمعرفة احتمالات تسببها في السرطان (المجموعات ٢ باء).

أما التركيزات المقاسة حالياً في البيئة فهي بصفة عامة دون المستويات التي تم الربط بينها وبين التأثيرات في الدراسات المخبرية. فبالنسبة للكائنات السطحية، والقاعية، والقاطنة للتربة، فتنخفض التركيزات العظمى البيئية المبلغ عنها من ٥٠ إلى ٢٠٠ مرة أقل من أكثر قيم السمية حساسية. ومع ذلك، فإن هوامش التعرض هذه لا تشتمل على أي عوامل استخدام أو أمان. ففي بعض المواقع الحضرية ذات التعرض المرتفع، كانت التركيزات المقاسة للبارافينات SCCPs في حدود التركيزات المسببة لتأثيرات: فالتركيزات في سمك الشبوط (carp) المأخوذة من ميناء هاميلتون وفي الأفرخ (perch) من نهر ديترويت كانت مماثلة لتلك التركيزات المرتبطة بالتأثيرات المرضية في أنسجة أحسام تراوت قوس قزح الشابة. أما بالنسبة للتقديرات العليا للمتحصل اليومي من البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة التي حُسِبَتْ في كندا فكانت في حدود المتحصل المحتمل اليومي من هذه المركبات. يضاف إلى ذلك، أن البارافينات SCCPs قد قيست في لبن أثداء السيدات المرضعات في المجتمعات النائية.

#### ٤ - البيان الختامي

وموجز القول إن التنظيم المتزايد للبارافينات SCCPs قد أدى إلى انخفاض في البارافينات SCCPs الداخلة حالياً في الاستعمال. ومع ذلك، فإن القرائن تشير إلى وجود مقادير كبيرة لا تزال تستعمل حالياً ويتم إطلاقها لدى العديد من البلدان. وتشير البيانات العملية والمنمذجة بقوة إلى أن البارافينات SCCPs ثابتة، وتتراكم أحياناً، وسمية وبخاصة بالنسبة للكائنات المائية، وتمر بعملية انتقال بعيد المدى في البيئة.

وتعتبر البارافينات الكلورة قصيرة السلسلة هذه SCCPs ملوثات عضوية ثابتة وذلك بموجب المقررات التي اتخذت بموجب بروتوكول آر هوس المعني بانتقال تلوث الهواء بعيد المدى عبر الحدود التابع للجنة الاقتصادية لأوروبا (UNECE).

واستناداً إلى الدلائل المتوافرة، نُخَلِّصُ إلى أن البارافينات SCCPs يُرَجَّحُ، نتيجة لانتقالها بعيد المدى في البيئة، أن تؤدي إلى نتائج ضارة كبيرة بما بصحة الإنسان/والبيئة، بصورة تجعل من المبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنها.

Atkinson, R. 1986. Kinetics and mechanisms of gas phase reactions of the hydroxyl radical with organic compounds under atmospheric conditions. *Chem. Rev.* 86: 69–201.

Atkinson, R. 1987. Estimation of gas-phase hydroxyl radical rate constants for organic chemicals. *Environ. Toxicol. Chem.* 7: 435–442.

Ballschmiter, K. 1994. [Determination of short and medium chain length chlorinated paraffins in samples of water and sediment from surface water.] Department of Analytical and Environmental Chemistry, University of Ulm, Ulm, Germany, May 10 (in German).

Barber, J.L., Sweetman, A.J., Thomas, G.O., Braekvelt, E., Stern, G.A., Jones, K.C. 2005. Spatial and temporal variability in air concentrations of short-chain (C10-C13) and medium-chain (C14-C17) chlorinated n-alkanes measured in the U.K. atmosphere. *Environ. Sci. Technol.* 39: 4407–4415.

Bengtsson, B. and E. Baumann-Ofstad. 1982. Long-term studies of uptake and elimination of some chlorinated paraffins in the bleak, *Alburnus alburnus*. *Ambio* 11: 38–40.

Bezchlebová, J., J. Černošáková, K. Kobetičová, J. Lána, I. Sochová, J. Hofman. 2007. Effects of short-chain chlorinated paraffins on soil organisms. *Ecotox. & Envir. Safety* 67:206–211.

Bidleman, T.F., M. Alaee and G.A. Stern. 2001. New persistent chemicals in the Arctic environment. In: S. Kalhok (ed.), *Synopsis of research conducted under the 1999–2000 Northern Contaminants Program*. Department of Indian Affairs and Northern Development, Ottawa, Ontario. pp. 93–104.

Birtley, R.D.N., D.M. Conning, J.W. Daniel, D.M. Ferguson, E. Longstaff and A.A.B. Swan. 1980. The toxicological effects of chlorinated paraffins in mammals. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 54: 514–525.

Borgen, A.R., M. Schlabach and H. Gundersen. 2000. Polychlorinated alkanes in arctic air. *Organohalogen Compd.* 47: 272–274.

Borgen, A.R., M. Schlabach, R. Kallenborn, G. Christensen and T. Skotvold. 2002. Polychlorinated alkanes in ambient air from Bear Island. *Organohalogen Compd.* 59: 303–306.

BRE (Building Research Establishment). 1998. Use category document — Plastics additives. Revised draft for discussions, June [cited in U.K. Environment Agency 2003a,b].

BRMA (British Rubber Manufacturers' Association Ltd.). 2001. Personal communication. February 5 [cited in U.K. Environment Agency 2001].

BUA (Beratergremium für Umweltrelevante Alstoffe). 1992. Chlorinated paraffins. German Chemical Society (GDCh) Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance, June (BUA Report 93).

Buryskova, B., Blaha, L., Vrskova, D., Simkova, K., and B. Marsalek. 2006. Sublethal toxic effects and induction of glutathione S-transferase by short chain chlorinated paraffins (SCCPs) and C-12 alkane (dodecane) in *Xenopus Laevis* frog embryos. *Acta Vet. Brno.* 75: 115–122.

Camford Information Services. 2001. CPI product profile: Chlorinated paraffins. Toronto, Ontario. 2 pp.

Campbell, I. and G. McConnell. 1980. Chlorinated paraffins in the environment. 1. Environmental occurrence. *Environ. Sci. Technol.* 10: 1209–1214.

CEFAS (Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science). 1999. Sampling the levels of short and medium chain length chlorinated paraffins in the environment. Final report for the Department of the Environment, Transport and the Regions. Burnham-on-Crouch, U.K. [cited in U.K. Environment Agency 2003a,b].

Cooley, H.M., A.T. Fisk, S.C. Wiens, G.T. Tomy, R.E. Evans and D.C.G. Muir. 2001. Examination of the behavior and liver and thyroid histology of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to high dietary concentrations of C<sub>10</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> and C<sub>14</sub> polychlorinated alkanes. *Aquat. Toxicol.* 54: 81–99.

CPIA (Chlorinated Paraffins Industry Association). 2000. Comments of the Chlorinated Paraffins Industry Association on the risk assessment for medium-chain chlorinated paraffins. Washington, D.C.

CPIA (Chlorinated Paraffins Industry Association). 2002. Comments on the draft report “Short chain chlorinated paraffins (SCCPs) substance dossier” (draft March 2). Correspondence to G. Filyk, Environment Canada, from R. Fensterheim, CPIA, May 17.

Di Toro, D.M., C.S. Zarba, D.J. Hansen, W.J. Berry, R.C. Swartz, C.E. Cowan, S.P. Pavlou, H.E. Allen, N.A. Thomas and P.R. Paquin. 1991. Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environ. Toxicol. Chem.* 10: 1541–1583.

Drouillard, K.G., G.T. Tomy, D.C.G. Muir and K.J. Friesen. 1998a. Volatility of chlorinated n-alkanes (C<sub>10-12</sub>): vapour pressures and Henry’s law constants. *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 1252–1260.

Drouillard, K.G., T. Hiebert, P. Tran, G.T. Tomy, D.C.G. Muir and K.J. Friesen. 1998b. Estimating the aqueous solubilities of individual chlorinated n-alkanes (C<sub>10-12</sub>) from measurements of chlorinated alkane mixtures. *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 1261–1267.

EC (European Commission). 2000. European Union risk assessment report. 1st Priority List Vol. 4: alkanes, C<sub>10-13</sub>, chloro-. European Chemicals Bureau, Luxembourg. 166 pp. (EUR 19010; ISBN 92-828-8451-1).

EC (European Commission). 2003. Technical guidance document on risk assessment. Part II: Environmental risk assessment. Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances. European Chemical Bureau, Luxembourg. [cited in Bezchlebová et al. 2007]

EC (European Commission) 2005. Risk profile and summary report for short-chained chlorinated paraffins (SCCPs). Dossier prepared from the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Protocol on Persistent Organic Pollutants. European Commission, DG Environment.

Environment Canada. 2003a. Data collected from “Notice with Respect to Short-, Medium- and Long-chain Chlorinated Paraffins.” Canada Gazette, Part I, November 30, 2002.

Environment Canada. 2003b. Short chain chlorinated paraffins (SCCPs) substance dossier. Final draft II, revised May 16. Prepared for United Nations Economic Commission for Europe Ad hoc Expert Group on Persistent Organic Pollutants.

Environment Canada. 2004. Follow-up report on PSL1 substance for which there was insufficient information to conclude whether the substance constitutes a danger to the environment; Chlorinated Paraffins. Existing Substances Division, Environment Canada, Gatineau, Quebec.

EU (European Union). 2003. Technical guidance document on risk assessment, Part II. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau, EU Joint Research Centre (EUR 20418 EN/2).

Euro Chlor. 1995. As reported in letter from ICI dated 12/7/95 [cited in EC 2000].

Fisk, A., C. Cymbalisty, A. Bergman and D.C.G. Muir. 1996. Dietary accumulation of C<sub>12</sub>- and C<sub>16</sub>-chlorinated alkanes by juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.* 15(10): 1775–1782.

Fisk, A.T., S.C. Wiens, G.R.B. Webster, A. Bergman and D.C.G. Muir. 1998a. Accumulation and depuration of sediment-sorbed C<sub>12</sub> and C<sub>16</sub> polychlorinated alkanes by oligochaetes (*Lumbriculus variegatus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 2019–2026.

- Fisk, A.T., C.D. Cymbalisky, G.T. Tomy and D.C.G. Muir. 1998b. Dietary accumulation and depuration of C<sub>10</sub>-, C<sub>11</sub>- and C<sub>14</sub>-polychlorinated alkanes by juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat. Toxicol.* 43: 209–221.
- Fisk, A.T., G.T. Tomy and D.C.G. Muir. 1999. The toxicity of C<sub>10</sub>-, C<sub>11</sub>-, C<sub>12</sub>- and C<sub>14</sub>-polychlorinated alkanes to Japanese medaka (*Oryzias latipes*) embryos. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 2894–2902.
- Fisk, A.T., G.T. Tomy, C.D. Cymbalisky and D.C.G. Muir. 2000. Dietary accumulation and quantitative structure activity relationships for depuration and biotransformation of short, medium and long carbon chain polychlorinated alkanes by juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.* 19: 1508–1516.
- Government of Canada. 1993a. Priority Substances List assessment report. Chlorinated paraffins. Minister of Supply and Services, Ottawa, Ontario (ISBN 0-662-20515-4; Catalogue No. En40-215/17E).
- Government of Canada. 1993b. Canadian Environmental Protection Act. Priority Substances List supporting document. Chlorinated paraffins. Environment Canada and Health and Welfare Canada. 66 pp.
- Health Canada. 2003. Follow-up report on a PSL1 substance for which data were insufficient to conclude whether the substance was “toxic” to human health. Medium- and long-chain chlorinated paraffins. Draft, October. Environmental Substances Division, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Ottawa, Ontario.
- Hildebrecht, C.O. 1972. Biodegradability study on chlorinated waxes. Environlab Inc., Plainville, Ohio (Laboratory Report No. 50-0405-001) [cited in EC 2000 and Madeley and Birtley 1980].
- Hill, R.W. and B.G. Maddock. 1983a. Effect of a chlorinated paraffin on embryos and larvae of the sheepshead minnow *Cyprinodon variegatus*. – study 1. ICI Confidential Report BL/B/2326.
- Hill R W and Maddock B G (1983b). Effect of a chlorinated paraffin on embryos and larvae of the sheepshead minnow *Cyprinodon variegatus* – study 2. ICI Confidential Report BL/B/2327.
- IARC (International Agency for Research on Cancer). 1990. Summaries and Evaluations CHLORINATED PARAFFINS (Group 2B) Vol. 48. p 55.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1984a. Heptachlor. World Health Organization, Geneva (Environmental Health Criteria 38).
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1984b. Mirex. World Health Organization, Geneva (Environmental Health Criteria 44).
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1991. Lindane. World Health Organization, Geneva (Environmental Health Criteria 124).
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1996. Chlorinated paraffins. World Health Organization, Geneva. 181 pp. (Environmental Health Criteria 181).
- IRDC (International Research and Development Corporation). 1984. 13-week oral (gavage) toxicity study in rats with combined excretion, tissue level and elimination studies; determination of excretion, tissue level and elimination after single oral (gavage) administration to rats. Chlorinated paraffin: 58% chlorination of short chain length n-paraffins; <sup>14</sup>C labeled CP. Mattawan, Michigan. 350 pp. (Report No. 438-029/022) [cited in IPCS 1996].
- Jansson, B., R. Andersson, L. Asplund, K. Litzen, K. Nylund, U. Sellstrom, U. Uvemo, C. Wahlberg, U. Wideqvist, T. Odsjo and M. Olsson. 1993. Chlorinated and brominated persistent organic compounds in biological samples from the environment. *Environ. Toxicol. Chem.* 12: 1163–1174.
- KAN-DO Office and Pesticides Team. 1995. Accumulated pesticide and industrial chemical findings from a ten-year study of ready-to-eat foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.J AOAC Int.* 78 (3): 614–631.

KEMI (Swedish National Chemicals Inspectorate). 1991. Chlorinated paraffins. In: L. Freij (ed.), Risk reduction of chemicals: A government commission report. Solna, Sweden. pp. 167–198 [cited in IPCS 1996].

Koh, I.-O. and W.H.-P. Thiemann. 2001. Study of photochemical oxidation of standard chlorinated paraffins and identification of degradation products. *J. Photochem. Photobiol. A* 139: 205–215.

Lahaniatis, M.R., Coelhan, M., H. Parlar. 2000. Clean-up and quantification of short and medium chain polychlorinated n-alkanes in fish, fish oil, and fish feed. *Organohalogen Compounds*. 47: 276-279.

Madeley, J. and R. Birtley. 1980. Chlorinated paraffins and the environment. 2. Aquatic and avian toxicology. *Environ. Sci. Technol.* 14: 1215–1221 [cited in U.K. Environment Agency 2003b].

Madeley, J.R. and B.G. Maddock. 1983a. The bioconcentration of a chlorinated paraffin in the tissues and organs of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report No. BL/B/2310).

Madeley, J.R. and B.G. Maddock. 1983b. Toxicity of a chlorinated paraffin to rainbow trout over 60 days. Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report No. BL/B/2203).

Madeley, J.R. and R.S. Thompson. 1983. Toxicity of chlorinated paraffin to mussels (*Mytilus edulis*) over 60 days. (iv) Chlorinated paraffin – 58% chlorination of short chain length n-paraffins. Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report No. BL/B/2291).

Madeley, J.R., E. Gillings and L.F. Reynolds. 1983a. The determination of the solubility of four chlorinated paraffins in water. Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report No. BL/B/2301).

Madeley J.R., R.S. Thompson and D. Brown 1983b. The bioconcentration of a chlorinated paraffin by the common mussel (*Mytilus edulis*). Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report No. BL/B/2351).

Madeley, J.R., A.J. Windeatt and J.R. Street. 1983c. Assessment of the toxicity of a chlorinated paraffin to the anaerobic sludge digestion product. Imperial Chemical Industries Ltd., Brixham Laboratory, Devon, U.K. 25 pp. (Report No. BL/B/2253).

Marvin, C.H., S. Painter, G.T. Tomy, G.A. Stern, E. Braekvelt and D.C.G. Muir. 2003. Spatial and temporal trends in short-chain chlorinated paraffins in Lake Ontario sediments. *Environ. Sci. Technol.* 37(20): 4561–4568.

Meylan, W.M. and P.H. Howard. 1993. Computer estimation of the atmospheric gas-phase reaction rate of organic compounds with hydroxyl radicals and ozone. *Chemosphere* 12: 2293–2299.

Ministry of the Environment (Japan). 2006. Chemicals in the Environment; Report on Environmental Survey and Monitoring of Chemicals in FY 2005. Environmental Health Department, Ministry of the Environment, Ministry of Japan. March 2006.

Muir, D.C.G., M. Alaee and G.A. Stern. 1999. Polychlorinated (C<sub>10</sub>–C<sub>13</sub>) n-alkanes (SCCPs) and brominated diphenyl ethers (BDPEs) in the Canadian environment. Paper presented at Workshop on Persistent Organic Pollutants and Heavy Metals, Durham, North Carolina.

Muir, D.C.G., D. Bennie, C. Teixeira, A.T. Fisk, G.T. Tomy, G.A. Stern and M. Whittle. 2001. Short chain chlorinated paraffins: Are they persistent and bioaccumulative? In: R. Lipnick, B. Jansson, D. Mackay and M. Patrea (eds.), *Persistent, bioaccumulative and toxic substances*. Vol. 2. ACS Books, Washington, D.C. pp. 184–202.

Muir, D., E. Braekvelt, G. Tomy and M. Whittle. 2002. Analysis of medium chain chlorinated paraffins in Great Lakes food webs and in a dated sediment core from Lake St. Francis in the St. Lawrence River system. Preliminary report to Existing Substances Branch, Environment Canada, Hull, Quebec. 9 pp.

Muir, D., C. Teixeira, E. Braekvelt, G. Tomy and M. Whittle. 2003. Medium chain chlorinated paraffins in Great Lakes food webs. *Organohalogen Compd.* 64: 166–169.

Murray, T.M., D.H. Frankenberry, D.H. Steele and R.G. Heath. 1988. Chlorinated paraffins: A report on the findings from two field studies, Sugar Creek, Ohio and Tinkers Creek, Ohio. Vol. 1. Technical report. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 150 pp. (EPA/560/5 87/012).

- Nicholls, C.R., C.R. Allchin and R.J. Law. 2001. Levels of short and medium chain length polychlorinated n-alkanes in environmental samples from selected industrial areas in England and Wales. *Environ. Pollut.* 114: 415–430.
- NICNAS. 2004. Environmental exposure assessment of short chain chlorinated paraffins (SCCPs) in Australia July, 2004. A follow up report to the National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme (NICNAS) Short chain chlorinated paraffins (SCCPs) priority existing chemical assessment report No. 16.
- Omori, T., T. Kimura and T. Kodama. 1987. Bacterial cometabolic degradation of chlorinated paraffins. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25: 553–557.
- OSPAR (Oslo-Paris Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic). 2001. OSPAR draft background document on short chain chlorinated paraffins. 65 pp. (OSPAR 01/4/8-E).
- Peters, A.J., G.T. Tomy, K.C. Jones, P. Coleman and G.A. Stern. 2000. Occurrence of C10–C13 polychlorinated n-alkanes in the atmosphere of the United Kingdom. *Atmos. Environ.* 34: 3085–3090.
- Příbylová, P., J. Klánová, and I. Holoubek. 2006. Screening of short- and medium chain chlorinated paraffins in selected riverine sediments and sludge from the Czech Republic. *Environ. Pollut.* 144:248-254.
- Reiger, R. and K. Ballschmiter. 1995. Semivolatile organic compounds polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF), biphenyls (PCBs), hexachlorobenzene (HCB), 4,4'-DDE and chlorinated paraffins (CP) as markers in sewer films. *Fresenius J. Anal. Chem.* 352: 715–724.
- Renberg, L., G. Sundström and K. Sundh-Nygård. 1980. Partition coefficients of organic chemicals derived from reversed phase thin layer chromatography. Evaluation of methods and application on phosphate esters, polychlorinated paraffins and some PCB-substitutes. *Chemosphere* 9: 683–691.
- Renberg, L., M. Tarkpea and G. Sundström. 1986. The use of the bivalve *Mytilus edulis* as a test organism for bioconcentration studies. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 11: 361–372.
- Reth, M., Zencak, Z., Oehme, M. 2005. First study of congener group patterns and concentrations of short- and medium-chain chlorinated paraffins in fish from the North and Baltic Sea. *Chemosphere* 58: 847-854.
- Reth, M., Ciric, A., Christensen, G.N., Heimstad, E.S., and M. Oehme. 2006. Short and medium-chain chlorinated paraffins in biota from the European Arctic: differences in homologue group patterns. *Sci. Tot. Environ.* 367: 252-260.
- SFT. 2002. Kartlegging av bromerte flammehemmere og klorete parifiner. Rapport 866/02. Norwegian Pollution Control Authority.
- Sijm, D.T.H.M. and T.L. Sinnige. 1995. Experimental octanol/water partition coefficients of chlorinated paraffins. *Chemosphere* 31: 4427–4435.
- Sochová, I., J. Hofman, and I. Holoubek. 2007. Effects of seven organic pollutants on soil nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environment International.* 33:798-804.
- Stern, G.A. and M. Evans. 2003. Persistent organic pollutants in marine and lake sediments. In: Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II. Sources, occurrence, trends and pathways in the physical environment. Northern Contaminants Program, Department of Indian Affairs and Northern Development, Ottawa, Ontario. pp. 100–115.
- Stevens, J.L., G.L. Northcott, G.A. Stern, G.T. Tomy and K.C. Jones. 2002. PAHs, PCBs, PCNs, organochlorine pesticides, synthetic musks and polychlorinated n-alkanes in UK sewage sludge: survey results and implications. *Environ. Sci. Technol.* 37: 462–467.
- Stolzenberg, H.-C. 1999. Short chained chlorinated paraffins. Presented at the Organisation for Economic Co-operation and Development Expert Meeting, Geneva, Switzerland. UmweltBundesAmt, Berlin, Germany.

- Sverdrup, L.E., T. Hartnik, E. Mariussen, J. Jensen. 2006. Toxicity of three halogenated flame retardants to nitrifying bacteria, red clover (*Trifolium pratense*) and a soil invertebrate (*Enchytraeus crypticus*). *Chemosphere* 64(1): 96-103.
- Thomas, G.O. and K.C. Jones. 2002. Chlorinated paraffins in human and bovine milk-fat. A report on a research project funded by the Euro Chlor Chlorinated Paraffins Sector Group. Department of Environmental Sciences, Lancaster University, Lancaster, U.K. [cited in U.K. Environment Agency 2003a,b].
- Thomas G. O., Braekevelt E., Stern G., Martin F. L. and Jones K. C. (2003). Further work on chlorinated paraffins in human milk-fat. A report on a research project funded by the Eurochlor Chlorinated Paraffin Sector Group. Department of Environmental Sciences, Lancaster University. [cited in U.K. Environment Agency 2007].
- Thompson, R.S. and J.R. Madeley. 1983a. The acute and chronic toxicity of a chlorinated paraffin to *Daphnia magna*. Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report BL/B/2358).
- Thompson, R.S. and J.R. Madeley. 1983b. The acute and chronic toxicity of a chlorinated paraffin to the mysid shrimp (*Mysidopsis bahia*). Imperial Chemical Industries PLC, Devon, U.K. (Brixham Report BL/B/2373).
- Thompson, R.S. and J.R. Madeley. 1983c. Toxicity of a chlorinated paraffin to the marine alga *Skeletonema costatum*. ICI Confidential Report BL/B/2328.
- Thompson R. S. and Noble H. (2007). Short-chain chlorinated paraffins (C<sub>10</sub>-13, 65% chlorinated): Aerobic and anaerobic transformation in marine and freshwater sediment systems. Draft Report No BL8405/B. Brixham Environmental Laboratory, AstraZeneca UK Limited.
- Thompson, R.S. and N. Shillabeer. 1983. Effect of a chlorinated paraffin on the growth of mussels (*Mytilus edulis*). ICI Confidential Report BL/B/2331.
- Tomy, G.T. 1997. The mass spectrometric characterization of polychlorinated n-alkanes and the methodology for their analysis in the environment. Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba [cited in Tomy et al. 1998a, 1999].
- Tomy, G.T., G.A. Stern, D.C.G. Muir, A.T. Fisk, D. Cymbalisty and J.B. Westmore. 1997. Quantifying C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> polychloroalkanes in environmental samples by high resolution gas chromatography/electron capture negative ion mass spectrometry. *Anal. Chem.* 69: 2762-2771.
- Tomy, G.T., A.T. Fisk, J.B. Westmore and D.C.G. Muir. 1998a. Environmental chemistry and toxicology of polychlorinated n-alkanes. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 158: 53-128.
- Tomy, G., G. Stern, K. Koczanski and T. Halldorson. 1998b. Polychloro-n-alkanes in beluga whales from the Arctic and the St. Lawrence River estuary. *Organohalogen Compd.* 35: 399-401.
- Tomy, G.T., G.A. Stern, W.L. Lockhart and D.C.G. Muir. 1999. Occurrence of C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> polychlorinated n-alkanes in Canadian mid-latitude and Arctic lake sediments. *Environ. Sci. Technol.* 33: 2858-2863.
- Tomy, G.T., D.C.G. Muir, G.A. Stern and J.B. Westmore. 2000. Levels of C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> polychloro-n-alkanes in marine mammals from the Arctic and the St. Lawrence River estuary. *Environ. Sci. Technol.* 34: 1615-1619.
- Turner, L.J. 1996. <sup>210</sup>Pb dating of sediments from the St. Lawrence River (Core 087, Station TCT1). Ontario. National Water Research Institute, Burlington, Ontario. 27 pp. (NWRI Contribution 96-28).
- Ueberschär, K.H., S. Dänicke, S. Matthes. 2007. Dose-response feeding study of short chain chlorinated paraffins (SCCPs) in laying hens: effects on laying performance and tissue distribution, accumulation and elimination kinetics. *Mol. Nutr. Food Res.* 51(2): 248-254.
- U.K. Environment Agency. 2001. Long-chain chlorinated paraffins. Environmental risk assessment report. Draft, November. Prepared by Building Research Establishment Ltd. for Chemicals Assessment Section, U.K. Environment Agency, Wallingford, Oxfordshire, U.K. 184 pp.

U.K. Environment Agency. 2003a. Risk assessment of alkanes, C<sub>14-17</sub>, chloro. Draft document, February. Prepared by Building Research Establishment Ltd. for Chemicals Assessment Section, U.K. Environment Agency, Wallingford, Oxfordshire, U.K. 326 pp.

U.K. Environment Agency. 2003b. Updated risk assessment of alkanes, C<sub>10-13</sub>, chloro. Environmental draft, July. Prepared by Building Research Establishment Ltd. for Chemicals Assessment Section, U.K. Environment Agency, Wallingford, Oxfordshire, U.K. 104 pp.

U.K. Environment Agency. 2007. Updated Risk Assessment of Alkanes, C<sub>10-13</sub>, Chloro. CAS Number: 85535-84-8. EINECS Number: 287-476-5. Combined Draft of April 2007. UK Environment Agency, Oxfordshire, U.K. 139 pp.

Wania, F. 2003. Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar regions. *Environ. Sci. Technol.* 37(7): 1344–1351.

Wegmann, F., M. MacLeod and M. Scheringer. 2007. POP Candidates 2007: Model results on overall persistence and long-range transport potential using the OECD Pov & LRTAP screening tool. Available at: <http://www.sust-chem.ethz.ch/downloads>.

Wyatt, I., C.T. Coutts and C.R. Elcombe. 1993. The effect of chlorinated paraffins on hepatic enzymes and thyroid hormones. *Toxicology* 77(1/2): 81–90.

Zitko, V. and E. Arsenault. 1974. Chlorinated paraffins: Properties, uses, and pollution potential. Fisheries and Marine Service, Environment Canada, St. Andrews, New Brunswick. 38 pp. (Technical Report No. 491).

---