

SC

UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.2



الأمم
المتحدة

Distr.: General
23 November 2015

Arabic
Original: English

اتفاقية استكهولم
بشأن
الملوثات العضوية الثابتة



لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة
الاجتماع الحادي عشر
روما، ٢٣-١٩ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥

تقرير لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بشأن أعمال اجتماعها الحادي عشر

ضميمة

موجز مخاطر بشأن البرافينات المكلورة القصيرة السلسلة

في اجتماعها الحادي عشر، وفي مقرها POPRC-11/3 اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة موجز المخاطر للبرافينات المكلورة القصيرة السلسلة على أساس المشروع الوارد في مذكرة الأمانة (UNEP/POPS/POPRC.11/4). ويرد نص موجز المخاطر، بالصورة المعدلة، في مرفق هذه الضمية. ولم يخضع للتحرير الرسمي.

المرفق

البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة

موجز المخاطر

من إعداد الفريق العامل لما بين الدورات بشأن
البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة
للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة

تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥

جدول المحتويات

٤	موجز تنفيذي
٦	- المقدمة
٦	١- التعريف الكيميائي للمادة المقترحة
٧	٢- النتيجة التي خلصت إليها لجنة الاستعراض فيما يتعلق بمعلومات المرفق دال
٧	٣- مصادر البيانات
٧	٤- حالة المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية
٨	- موجز المعلومات ذات الصلة بموجز المخاطر
٨	١-٢ المخصائص الفيزيائية - الكيميائية
٩	٢-٢ المصادر
٩	١-٢-٢ الإنتاج
١٠	٢-٢-٢ الاستخدامات والإطلاقات
١٥	٣-٢ المصير البيئي
١٤	١-٣-٢ الشبات
١٨	٢-٣-٢ التراكم الأحيائي
٢٣	٣-٣-٢ القدرة على الانتقال بعيد المدى
٢٤	٤-٢ التعرض
٢٤	١-٤-٢ التركيزات في الغلاف الجوي
٢٦	٢-٤-٢ التفافيات السائلة لمعالجة الماء العادم، وحمأة المجاري وترسب متعددة
٢٨	٣-٤-٢ المياه السطحية والبحرية
٢٩	٤-٤-٢ الرواسب
٣٢	٥-٤-٢ الحيويات
٣٧	٦-٤-٢ التعرض البشري
٤٠	٥-٢ تقييم المخاطر في نقاط النهاية المثيرة للاهتمام
٤٠	١-٥-٢ السمية في الثدييات
٤٤	٢-٥-٢ السمية الإيكولوجية
٤٩	٦-٢ التفاعلات السمية المتضمنة مواداً كيميائية متعددة
٥٠	- تجميع المعلومات
٥٧	٤- البيان الختامي
٦٠	٥- المراجع

موجز تنفيدي

١ - يمكن أن تحدث إطلاقات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (SCCPs) أثناء إنتاج هذه البارافينات والمنتجات التي تحتويها وتخزينها ونقلها واستخدامها والتخلص منها. إن غسيل المرافق ومخلفات الأشغال المعدنية/قطع المعادن هي من بين مصادر وصول هذه المادة إلى النظم الإيكولوجية المائية. وفي المناطق الصناعية حيث يتم تدوير النفايات الإلكترونية، وفي المناطق المكتظة بالسكان أبلغ عن ارتفاع الانبعاثات في البيئة. وعلى الرغم من محدودية البيانات، فإن المصادر الرئيسية لإطلاقات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة قد تمثل على الأرجح في تشكيل وتصنيع المنتجات المحتوية على هذه المادة، مثل الكلوريد المتعدد الفاينيل (PVC) واللدائن، واستخدام سوائل الأشغال المعدنية. وعلى الرغم من أن الاستخدام السابق للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة كان مرتفعاً لدى العديد من البلدان، لوحظ انخفاض كبير في استخدامها خلال السنوات الأخيرة، في حين زادت أحجام الإنتاج من خلاطات البارافينات المكثورة بما في ذلك البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة.

٢ - ومن غير المتوقع للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أن تتحلل بدرجة كبيرة نتيجة للتميّز، وتشير دراسات التحلل والعينات المؤرخة من الرواسب إلى أن هذه المواد تظل ثابتة في الرواسب لفترة تزيد على العام. وللبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة فترات تصنيف في الغلاف الجوي تتراوح بين ٠٠,٨١ و ١٠,٥ أيام، مما يشير إلى أنها ثابتة نسبياً في الهواء. وقد اكتشفت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في عينات بيئية مختلفة (في الهواء، وفي الرواسب، وفي المياه، وفي الماء العادم وفي أجسام الأسماك والطيور والثدييات الأرضية والبحرية)، وفي المناطق النائية مثل القطب الشمالي، والقطب الجنوبي مما يوفر دليلاً على انتقالها بعيد المدى.

٣ - وتشير جميع البيانات العملية المتاحة (المختبرية والميدانية) والمنمذجة إلى أن هذه المادة يمكن أن تترافق في الحيوانات وتتراوح عوامل التراكم الأحيائي المستخلصة مختبرياً بين ١٩٠٠ و ١٣٨٠٠ بحسب الأنواع ومشتقاتها المختبرية. وتشير عوامل التراكم الأحيائي المستخلصة ميدانياً في أسماك التراوت من بحيرة أوتناري إلى أنها تتراوح بين ٤٤٠-٦٤٠ (بالوزن الرطب) وبالنسبة للأسمك البحرية، جرى تحديد عوامل التراكم الأحيائي بنسبة تصل إلى ٨٩٢ لتر للكيلوغرام بالوزن الرطب. ووصل عامل التراكم الأحيائي في أنواع الروبيان إلى ٦٣٠٩٦ لتر للكيلوغرام بالوزن الرطب. ووصلت عوامل التراكم الأحيائي المنمذجة إلى أكثر من ٥٠٠ لجميع البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وبالنسبة لبعض الشبكات الغذائية، بما في ذلك في القطب الجنوبي لوحظت عوامل تراكم أحيلي وعوامل انتقال للمغذيات، أكبر من ١ الأمر الذي يشير إلى إمكانية التضخيم الأحيائي والانتقال الغذائي. كما أن ارتفاع تركيزات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في كائنات مستوى التغذية الأعلى؛ ولا سيما في الثدييات البحرية والحيوانات المائية في المياه العذبة (مثل حيتان بلuga، والفقمة الحلقة وختلف الأسماك)، يمثل دليلاً إضافياً على التراكم الأحيائي.

٤ - ويبدو أن اللافقاريات البحرية ولافقاريات المياه العذبة حساسة للبارافينات على وجه الخصوص، فقد وجد أن مستوى التركيز غير المؤثر المزمن هو ٥ ميكروغرام/لتر في حالة برغوث الماء *Daphnia magna* و ٧,٣ ميكروغرام/لتر في حالة ربيان الابوسوم. ولوحظت أعراض مرضية حادة في أنسجة كبد أسماك التروتة حيث تراوح أقل التركيزات المؤثرة الملاحظة بين ٠,٧٩ و ٥,٥ ميكروغرام في كامل أنسجة السمكة.

٥ - وترى الوكالة الدولية لبحوث السرطان أن بعض مواد البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (متوسط تركيز ١٢ ، ومتوسط كلورة ٦٠٪) قابلة لإحداث السرطان (المجموعات ٢ باء)، وإن كانت قد أثارت تساؤلات بشأن آليات استئصال هذه الأورام، وبشأن صلة ذلك بصحة البشر في الدراسات المستخلص منها هذا التصنيف. وفي عام ١٩٩٨ أشارت اللجنة العلمية المعنية بالسمية والسمية الإيكولوجية والبيئية والاتحاد الأوروبي إلى أن

العثور على أورام الرئة في ذكور الجرذان قد يكون ذا أهمية بالنسبة للبشر إلا أنها خلصت، في توصيمها للمخاطر، إلى أن استخدام البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة لا يفرض مخاطر كبيرة على المستهلكين أو على الرجال الذين يتعرضون لهذه المادة عن طريق البيئة (CSTEE, 1998). وأوجز تقرير تقييم المخاطر لدى الاتحاد الأوروبي (EC 2000) تأثيرات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (SCCPs) في الأنواع الثديية. وأظهرت دراسات القوارض زيادات متعلقة بالجرعات في أورام الغدد (adenomas) وسرطانات الكبد، والغدة الدرقية والكلوي. وتم التوصل إلى نتيجة مفادها أنه لا يمكن استبعاد الشواغل المتعلقة بالبشر. وقد أظهرت الاستقصاءات الحديثة أن آليات تطور أورام الكلوي لا تتبع الخصائص التقليدية للاعتلال الكلوي المخصوص بذكور الجرذان؛ بيد أن الدراسة لم تخلص إلى ما إذا كانت الآلية مخصوصة بالجرذان أم لا. غير أن التقييم الأخير الذي أجراه الاتحاد الأوروبي في إطار عملية البحث REACH لتحديد المواد التي تثير قدرًا كبيرًا من الشواغل يخلص إلى أن التأثيرات على الكبد والغدة الدرقية والكلوي تظهر في الأنواع الثديية المعرضة للبارافينات المكثفه القصيرة السلسلة. وتظهر التأثيرات في شكل زيادة وزن الأعضاء وتغييرات فيسيولوجية بعد التعرض لأسابيع أو أشهر إلا أنها قد تتحول إلى سرطانات أو اعتلالات في الغدة الدرقية بعد التعرض المزمن (الاتحاد الأوروبي ٢٠٠٠، ECHA، ٢٠٠٨، وسيرون ١٩٨٧).

٦ - وباختصار فإن على الرغم من أن زيادة قواعد تنظيم البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة قد أسفرت عن انخفاض في استخدام هذه المادة، فإن الدلائل تشير إلى أن مقادير كبيرة لا تزال تُستخدم، ولا تزال تطلق في العديد من البلدان. والبيانات العملية والمنسجمة المتاحة تشير بصورة قوية إلى أن البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة تتسم بالثبات وبالترافق الأحيائي وبالسمية وبخاصية بالنسبة للكائنات المائية، وأنها تقطع مسافات طويلة متنقلة في البيئة. وتعتبر البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة ملوثات عضوية ثابتة بموجب المقررات التي اتخذتها بروتوكول آرهوس (للملوثات العضوية الثابتة) التابع لاتفاقية التلوث الجوي بعيد المدى عبر الحدود التابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (LRTAP).

٧ - والبارافينات المكثفه القصيرة السلسلة SCCPs ثابتة في الرواسب وكذلك في رواسب بحيرات القطب الشمالي. كذلك فإن هذه المادة SCCPs سامة بصورة خاصة بالنسبة لللافقاريات المائية. ونظرًا للدور الرئيسي الذي تضطلع به اللافقاريات في النظم الإيكولوجية المائية، فإن هناك شواغل تتعلق باحتمالات تأثيرها في اللافقاريات التي تعيش في الرواسب وغيرها من اللافقاريات. كذلك فإن تراكمها بواسطة أسماك المياه العذبة والبحرية يثير القلق البالغ بالنظر إلى التأثيرات التي جرى تحديدها في الأسماك.

٨ - وعلى الرغم من أن التركيزات في المياه كانت منخفضة في المناطق النائية، فإن المستويات المقاومة من مركبات البارافينات في حيوانات ونباتات القطب الشمالي تبلغ مستويات مماثلة للملوثات العضوية الثابتة المعروفة مما يشير إلى وجود تلوث واسع النطاق. ويلاحظ وجود البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة لدى الثدييات اليابسة والبحر المناطق القطبية الشمالية، وهذه بدورها تمثل غذاء لسكان الشمال الأصليين. وقيست البارافينات SCCPs في لبن الأم لدى الإنسان في كل من سكان المناطق المعتدلة والقطب الشمالي. وعلاوة على ذلك فإن التعرض في وقت واحد للبارافينات SCCPs وغيرها من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة التي تعمل بطريق مماثلة والتعرض للملوثات العضوية الثابتة قد يزيد من المخاطر بسبب التفاعلات السمية.

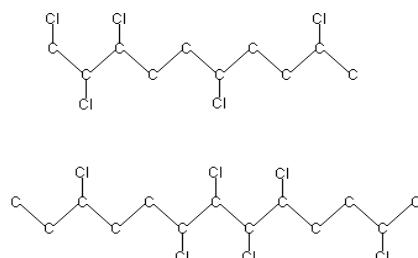
٩ - واستناداً إلى القرائن المتوفرة، يُستخلص أن البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة قد تؤدي، نتيجة لانتقالها بعيد المدى في البيئة إلى أضرار بصحة البشر وأو البيئة بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنها.

١ - المقدمة

١٠ - رشحت الجماعة الأوروبية والدول الأعضاء فيها، بصفتها أطرافاً في اتفاقية استكهولم، في ٢٦ تموز/يوليه ٢٠٠٦ البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (SCCPs) للإدراج في المرفقات ألف أو باء أو جيم من الاتفاقية (UNEP/POPS/POPRC.2/14 UNEP/POPS/POPRC.2/INF/6).

١-١ التعريف الكيميائي للمادة المقترحة

١١ - يركز موجز المخاطر على البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (الكانات، كربون ١٠-١٣ كلورو) التي تزيد نسبة الكلورة فيها على ٤٨٪ لإدراجها كملوثات عضوية ثابتة بموجب اتفاقية استكهولم. وعرف المقترن المادة المعنية بأنها المادة التي رقم تسجيلها في دائرة المستخلصات الكيميائية (CAS) هو ٨-٨٤-٨٥٥٣٥، ورقمها في القائمة الأوروبية للمواد الكيميائية التجارية الموجودة (EINECS) هو ٥-٤٧٦-٢٨٧، (الكانات، كربون ١٣-١٠، كلورو). ويمثل هذا الرقم منتج الإيثر الثنائي الفينيل العشاري البروم الذي ينتج بواسطة جزء واحد من الهيدرو كربون من الألكانات التي تنطوي على توزيع طول سلسلة الكربون من ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٣ ذرة كربون غير أن هذه المادة لم تحدد درجة كلورة البارافينات SCCPs. ويرجى ملاحظة أن هناك أرقام تسجيل أخرى توجد بها البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة مثل الرقم في دائرة المستخلصات الكيميائية ٨-٣٩-٦٣٤٤٩^(١). إن المنتجات المرشحة لإدراجها كملوثات عضوية ثابتة بموجب اتفاقية استكهولم هي منتجات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة التي تزيد نسبة الكلورة فيها على ٤٨٪ من وزنها. ويعطي الشكل ١-١ مثلاً لجزئين يمكن أن يوجدا ضمن منتج بارافيوني مكثور قصير السلسلة.



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

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

١٢ - قامت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بتقييم المقترن الخاص بالبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في ضوء المعايير المدرجة في المرفق دال من اتفاقية استكهولم وذلك أثناء اجتماعها الثاني (جنيف، ٦-١٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦). وقررت اللجنة أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تفي بمعايير الفرز المدرجة في المرفق دال من الاتفاقية (UNEP/POPS/POPRC.2/17، المقرر ل.أ.م.ث - ٨/٢، المرفق ١). ووافقت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة خلال دورتها الثامنة على تعديل مشروع موجز المخاطر لتقديمه للاجتماع الحادي عشر (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Annex IV).

(١) قائمة المواد الكيميائية السامة في فئة الكائنات المتعددة الكلور، ومبادئ توجيهية للإبلاغ، الفرع ٣، صفحة ٣ (النسخة الإنجليزية) <http://www2.epa.gov/sites/production/files/1999polychloroalkanes.pdf>

٣-١ مصادر البيانات

١٣ - يعتمد موجز المخاطر للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة على المعلومات التي جمعها الاتحاد الأوروبي في مقترنه بشأن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة وقدمها إلى لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة (UNEPP/POPS/POPRC.2/INF/6). ويضم موجز المخاطر كذلك معلومات جمعت من ثائق تقييم المخاطر التي أعدتها كندا (وكالة البيئة في كندا) والمملكة المتحدة (وزارة البيئة والأغذية والشؤون الريفية) (DEFRA). واستعرضت أيضاً ثائق البيانات المقدمة (٢٠٠٧ و ٢٠١٥ و ٢٠١٠) بموجب المرفق هاء من جانب العديد من الأطراف في لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة ومن المراقبين. كما أدرجت معلومات قدمتها الأطراف والمراقبون أثناء الاجتماعين ٣ و ٥ للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة. ويمكن الحصول على وثيقة أكثر تفصيلاً وإن لم تكن محدثة، استخدمت كأساس لموجز المخاطر هذا، إلى جانب قائمة مراجع كاملة في الوثيقة . UNEP/POPS/POPRC.5/INF/18

٤-١ حالة المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية

١٤ - في آب/أغسطس ٢٠٠٥، اقترحت الجماعة الأوروبية إضافة البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (SCCPs) إلى اتفاقية التلوث الجوي بعيد المدى عبر الحدود التابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (LRTAP) وبروتوكول آرهوس بشأن الملوثات العضوية الثابتة. وقد استوفت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة معايير المقرر ٢/١٩٩٨ الصادر عن الهيئة التنفيذية المعنية المتعلقة بالثبات وإمكانات إحداث التأثيرات الضارة والتراكم الأحيائي والانتقال المحتمل بعيد المدى. وقد أضيفت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة إلى المفهين الأول والثاني لبروتوكول آرهوس لعام ١٩٩٨ في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٩ في الدورة السابعة والعشرين للهيئة التنفيذية. ويقتصر المرفق الثاني استخدام البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة على مبطرات التيران الداخلة في المطاط المستخدم في السيور الناقلة في صناعة التعدين، وفي مانعات التسرب في السدود، وينص على أنه ينبغي أن تتخذ الإجراءات الرامية إلى القضاء على هذه الاستخدامات حالما تتاح البدائل المناسبة.

١٥ - وفي عام ١٩٩٥ اعتمدت لجنة أوسبار لحماية البيئة البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي (أسلو/باريس) مقرراً بشأن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (المقرر ١/٩٥). وينظم المقرر ١/٩٥ الصادر عن لجنة أوسبار والتدابير اللاحقة التي اتخذها الاتحاد الأوروبي الاستخدامات الرئيسية للبارافينات المكلورة. وفي عام ٢٠٠٦ أعدت لجنة حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (أوسبار) تقييماً لتنفيذ مقرر باركوم (PARCOM) ١/٩٥ المتعلق بالبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (أوسبار ٢٠٠٦). واستند التقييم إلى التقارير الوطنية بشأن التنفيذ التي قدمتها تسعة من الأطراف الخمسة عشرة المتعاقدة التي كان قد طُلب منها أن تُقدم خلال دورة اجتماعات عام ٢٠٠٦/٢٠٠٥ تقارير عن التدابير الوطنية المتخذة. وقد اتخذت جميع الأطراف المتعاقدة التي قدمت التقارير تدابير لتنفيذ مقرر باركوم ١/٩٥. وأبلغت بعض تلك الأطراف عن قيامها بحظر جميع أو بعض استخدامات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بشكل كامل بينما قلللت من الاستخدامات الأخرى. وبشكل عام، عالجت التدابير التي اتخذتها الأطراف المتعاقدة تلك الاستخدامات الواردة في الأمر التوجيهي الأوروبي 2002/45/EC.

١٦ - وعلى شاكلة لجنة أوسبار، أدرجت لجنة حماية البيئة البحرية لبحر البلطيق (HELCOM) البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في قائمتها للمواد الضارة. وفي ١٥ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧ أدرجت اللجنة البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في خطة عمل بحر البلطيق التابعة لها. وقد وافقت الأطراف المتعاقدة في

اللجنة على أن تعمل، بدءاً من عام ٢٠٠٨، على التقييد الصارم لاستخدام العديد من المواد الخطرة، بما فيها البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة، في حوض الصرف في بحر البلطيق بأكمله. والمواد الخطرة هي تلك المواد التي يتبيّن أنها مواد ثابتة متراكمة أحيائياً وسمية أو شديدة الثبات والتراكم (معلومات مقدمة من لتوانيا في عام ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء).

٢ - موجز المعلومات ذات الصلة بموجز المخاطر

١-٢ الخصائص الفيزيائية - الكيميائية

١٧ - توافر معلومات عن الخواص الفيزيائية والكيميائية لمختلف متجانسات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ومزائجها (Renberg وآخرون ١٩٨٠، Madeley ١٩٨٣، Sinnige ١٩٩٢ BUA، Drouillard ١٩٩٥، Fisk ١٩٩٨) . وتتراوح ضغوط البخار المقدرة والمقيسة بين ٠٠٢٨ إلى ١٠٠٢,٨ بسكال (Drouillard وآخرون ١٩٩٨ BUA ١٩٩٢). ويبلغ ضغط البخار المحتوي على ٥٠ في المائة من الكلور بحسب الوزن ٠٠٠٢١ بسكال في درجة ٤ مئوية (المراجع: SRAR-199-ECJRC). ومن المتوقع للمكونات الرئيسية لمنتجات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة SCCP التي تحتوي على نسبة ٦٠-٥٠ في المائة كلور أن تشكل سائلاً دون البارد لدرجات ضغط البخار تتراوح بين ١٠٤ إلى ١٠٠٦٦ بسكال عند درجة حرارة ٢٥ مئوية (Tomy وآخرون ١٩٩٨). وقد تراوحت ثوابت قانون هنري بين ١٨-٠,٧ بسكال م/جزء (Drouillard وآخرون ١٩٩٨)، مما يوحي بأن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يمكن أن تتحمّل مرة أخرى من الماء إلى الهواء كنتيجة لعملية التفريغ التي تتم في البيئة. أما درجات الذوبان المقاومة في الماء لكل من C_{10-12} والألكانات المكثورة، فقد تراوحت بين ٤٠ و ٩٦٠ ميكروغرام/لتر (Drouillard وآخرون ١٩٩٨) ، بينما تراوحت درجات الذوبان المقدرة للكربون C_{10} والكربون C_{13} في مزائج الألكان المكثورة بين ٤٦,٤-٢٣٧٠-٦ ميكروغرام/لتر (BUA ١٩٩٢). وكانت القيم اللوغاريتمية لمعامل تفريغ الأوكتانول - الماء $\log K_{ow}$ أعلى بصفة عامة من ٥ إذ تراوحت بين ٤,٤٨-٨,٦٩. وأما لوغاریتمات معاملات تفريغ الأوكتانول - الماء $\log K_{oa}$ للبارافينات المحتوية على نسبة كلور بين ٧١-٤٩ في المائة فقد قدرت بقيم تراوح بين ٥,٣٧-٤,٣٩ (المراجع SRAR-199-ECJRC). ووُجد Hilger وآخرون (٢٠١١) أن معامل تفريغ الأوكتانول - الماء $\log K_{ow}$ قد تأثر خطياً عند محتوى معين من الكلور بحسب طول السلسلة في حين لوحظ تأثير البوليغان المتعدد على نحو يعتمد على درجة الكلثورة في سلسلة الألكان. و يؤثر نمط إحلال الكلور بصورة ملحوظة في قيمة معامل تفريغ الأوكتانول - الماء. وقدر Gawor و Wania (٢٠١٣) معاملات التفريغ، لجميع مكونات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة استناداً إلى برنامج Qspr وبيانات التجارب، وقاما بعرض سلوك التفريغ بيانياً كدالة على معاملات تفريغ الأوكتانول - الهواء K_{oa} (\log). ومعاملات تفريغ الأوكتانول - الماء K_{ow} (\log). وبالنسبة للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (Sccps) (بحتوى كلثورة يتراوح بين ٣٠ و ٧٠ في المائة) تبلغ معاملات تفريغ الأوكتانول - الماء بما يتراوح بين ٦,٠٥ (كحد أدنى) و ١,٠٧ (كحد أقصى)، وبالنسبة لمعامل تفريغ الأوكتانول - الهواء من ٤,٠٧ (كحد أدنى) و ١٢,٥٥ (كحد أقصى).

١٨ - ونظراً لما تتطوّي عليه المزائج من تعقيد مسلم به، يشكل التحليل الكيميائي لمركبات البارافينات (Sccps) صعوبة. وفي حالة عدم توافر الخصائص الأكثر اكتمالاً للمزائج، والمعايير المنفردة المناسبة، تستند عملية التقدير الكمي عادة إلى النواتج التقنية التي تتطوّي على حالات عدم يقين كبيرة عندما لا تتطابق مكونات

العينة مع المعيار Bayen وآخرون ٢٠٠٦؛ و Reth وآخرون ٢٠٠٦ على النحو المشار إليه في Vorkamp و Riget ٢٠١٤). كما ذكر Sverko وآخرون (٢٠١٢) إن ثمة حاجة إلى بذل جهود عالمية منسقة لتوحيد طرائق تحليل البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة. وتمثل أكثر السبلتطوراً لرصد البارافينات المكثفه CPs الفصل الكروموغرافي الثنائي الأبعاد للغازات مقتناً مع رصد التقاط الإلكترونيات. وتستطيع الطريقة أن تحدد نوعياً فئات آيسومرات البارافينات المكثفه بواسطة طول سلسلة الكربون ومستوى الكلوره. وتمثل أكثر الطرائق شيوعاً للرصد والتقدير الكمي المستخدم في الوقت الحاضر في الدراسات في الفصل الكروموغرافي للغازات يليه المقياس الطيفي للكتلة الأيونية السالبة للالتقاط الإلكتروني على المستوى العالي أو المنخفض (GC-ECNI-MS) (تعليق قدمه مجلس الكلور العالمي (WCC) في ٢٧ شباط/فبراير ٢٠١٥ على بيان مخاطر البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة).

٢-٢ المصادر

١-٢-٢ الإنتاج

١٩ - يتم إنتاج البارافينات المكثفه (CPs) (بأطوال سلسلة متنوعة) في الوقت الحاضر في روسيا والهند والصين واليابان والبرازيل. وتعتبر الصين في الوقت الحاضر أكبر منتج من حيث الحجم للبارافينات المكثفه مع زيادة سنوية في الإنتاج التقديرى من ٦٠٠ ألف طن متري في ٢٠٠٧ (Fiedler 2010) إلى ١٠٠٠ ألف طن متري سنوياً في ٢٠٠٩ (Chen وآخرون، ٢٠١١). غير أنه وفقاً للمرفق هاء (٢٠١٤) لا تتوفر أي معلومات من الصين عن إنتاج البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بالنظر إلى أن الإنتاج يتعلق بالعديد من منتجات البارافينات المكثفه دون تمييز بين البارافينات المكثفه (CPs). وأكثر هذه المنتجات وفرة هي CP-42 و CP-52 و CP-70 (والمنتجات الأخرى هي CP-13 و CP-30 و CP40 و CP-45 و CP55 و CP-60 و CP-60). وفي بعض البلدان، لا تتوفر سوى معلومات محدودة عن إنتاج البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة.

٢٠ - وتشير التقديرات الأوروبية الصادرة عن يوروكلور عن الإنتاج في ٢٠١٠ إلى أنه يبلغ ٤٥ ألف طن متري لجميع الألكانات المكثفه (van Wijk, 2012) في المرفق هاء، تقديم عام ٢٠١٤، هولندا)، وتوقف الإنتاج في ٢٠١٢ (تعليق قدمه مجلس الكلور العالمي (WCC) في ٢٧ شباط/فبراير ٢٠١٥ على بيان مخاطر البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة).

٢١ - وأشار Sverko وآخرون (٢٠١٢) إلى أن مجموع تقديرات الإنتاج في الولايات المتحدة وأوروبا يتراوح بين ٧,٥ إلى ١١,٣ ألف طن سنوياً. ووفقاً للمرفق هاء (٢٠١٤) أشارت المعلومات الواردة من الولايات المتحدة إلى أن أحجام الإنتاج بلغت ٤٥ ألف طن متري في ٢٠٠٧ من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (Scpps) وتلك المتوسطة السلسلة. وقدمت رابطة صناعات البارافينات المكثفه معلومات بمقدار المرفق هاء (٢٠١٠) عن الإنتاج السنوي من مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في أمريكا الشمالية بين عام ٢٠٠٩ وعام ٢٠٠٩. وتتضمن المعلومات الجموعة بارافينات مكثفه أخرى طويلة السلسلة. وبلغ الإنتاج ما يقرب من ٣,٧ ألف طن متري في ٢٠٠٩، وبلغ ذروة قدرها ٤ آلاف طن متري في ٢٠٠١، وأخذ ينخفض باطراد إلى ما يقرب من ٨٠٠ طن في ٢٠٠٩. وستستخدم الولايات المتحدة العديد من أرقام دائرة المستخلصات الكيميائية لتحديد مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة. وعلاوة على ذلك، تجمع الولايات المتحدة معلومات تتضمن بارافينات مكثفه أخرى طويلة السلسلة. ومن المهم أن يلاحظ أيضاً أنه منذ عام ٢٠١٢، حرى التخلص من الإنتاج والاستخدامات المحلية للبارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في الولايات المتحدة. وتشير المعلومات المقدمة من البرازيل بمقدار المرفق هاء (٢٠٠٧)، إلى أنه يجري إنتاج ١٥,٠٠ كيلوطن من هذه المادة سنوياً في البرازيل.

٢٢ - ولا تنتج جمهورية موريشيوس (تعليقات قدمت في ٧ نيسان/أبريل ٢٠٠٨ بشأن بيان مخاطر البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة)، وأستراليا، ومالي، وأكوادور، وبولندا، وكوستاريكا، وليتوانيا، وسريلانكا، وكندا، وصربيا والجمهورية الدومينيكية (تقديمات بموجب المرفق هاء لعامي ٢٠١٠ و٢٠١١) هذه المواد في الوقت الحاضر. ولا تنتج موناكو أو تستخدم هذه المواد (تقديم بموجب المرفق هاء عام ٢٠١٠).

٢٣ - خلال الفترة بين آذار/مارس ١٩٩٨ وآذار/مارس ٢٠٠٠، استوردت أستراليا ما يقرب من ٣٦٠ طناً من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة وذلك وفقاً للمعلومات التي قدمتها أستراليا. غير أن إحدى الشركات توقفت عن استيراد هذه المركبات بحلول عام ٢٠٠٢ (NICNAS 2004). وفي كندا، بلغ إجمالي الاستخدام السنوي المبلغ عنه من البارافينات المكثفه (Cp) نحو ٣٠٠٠ طن في العامين ٢٠٠١ و ٢٠٠٢ (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٣). وفي عام ٢٠٠٢، استوردت جمهورية كوريا نحو ١٥٦ طناً من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (رقم ٨٤-٨٥٥٣٥ في دائرة المستخلصات الكيميائية) (تعليقات قدمت في ٧ نيسان/أبريل ٢٠٠٨ عن بيان مخاطر البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة). وفي عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٠٦، استوردت كرواتيا ٢,٣ - ٢,٧ و ١,٢ و ١,٥ طن على التوالي من مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة باعتبارها مكونات (نسبة ١٣ ± ١ في المائة) من المواد المثبطة للهب (تقدير ٢٠١٠ بمقدار الملف هاء). واستوردت الأرجنتين مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بكميات تبلغ ٤٠,٠٢ طناً في ٢٠٠٨ في أحد المواقع و ٥٣,٦٨٨ طناً في ٢٠٠٩ (كمية إجمالية في موقعين) (تقدير ٢٠١٠ بمقدار الملف هاء). واستوردت الجمهورية الدومينيكية ١١,٨٨٠ طناً في ٢٠١٣ (تقدير ٢٠١٤ بمقدار الملف هاء).

٢٤ - وأبلغ الإكوادور عن كميات مستوردة من البارافينات المكثفه (مع عدم تحديد طول السلسلة) (معلومات مقدمة في عام ٢٠١٠ بموجب الملف هاء). وخلال الفترة الزمنية ١٩٩٠-٢٠١٠ جرى استيراد ٨ آلاف طن متري من البارافينات المكثفه، مع ٤,٥ ألف طن منها في الفترة ٢٠١٠-٢٠٠٥. كما أفادت المكسيك كذلك باستيراد كميات من البارافينات المكثفه (مع عدم تحديد طول السلسلة) (معلومات مقدمة في عام ٢٠١٠ بموجب الملف هاء) تبلغ ٨ آلاف طن فيما بين ٢٠٠٢-٢٠١٠.

٢-٢-٢ الاستخدامات والإطلاقات

٢٥ - كانت الاستخدامات والإطلاقات الرئيسية من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في كندا والاتحاد الأوروبي في التطبيقات المتعلقة بالأشغال المعدنية (وكالة البيئة في كندا، ٢٠٠٣، ويووروكلور Euro Chlor ١٩٩٥، وأوسبار ٢٠٠١). وتوقع Stiehl وأخرون أن يزيد استخدام البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة كمواد مثبطة للهب وذلك عقب فرض حظر على خلائق الإيثر ثنائي الفينيل خماسي البروم pentaBDE. وفي الاتحاد الأوروبي استخدم ٩,٤ ألف طن متري سنوياً للأشغال المعدنية في ١٩٩٤. وأبلغ Petersen (٢٠١٢) عن كميات قصوى سابقة تبلغ ١٤ ألف طن متري سنوياً للفترة من ١٩٧٨ إلى ١٩٨٨. وتشمل الاستخدامات الأخرى أعمال الطلاء، والمواد اللاصقة وموانع التسرب، ومحاليل إزالة الدهون من الجلد، واللدائن والمطاط، ومثبتات اللهب والمنسوجات والمواد البوليمرية. وقد انخفضت مقادير البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة المستخدمة في الاتحاد الأوروبي من ١٣ ألف طن متري إلى ٤ آلاف طن سنوياً لجميع الاستخدامات وذلك في ١٩٩٤ و ١٩٩٨ على التوالي. وفرضت القيود لدى الاتحاد الأوروبي منذ عام ٢٠٠٢ على استخدام البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في الأشغال المعدنية وفي إزالة دهون الجلد، وذلك بموجب

توجيه الاتحاد الأوروبي رقم EC 45/2002 (ولم يسمح لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بتركيزات تزيد عن ١ في المائة في الأشغال المعنية وفي إزالة دهون الجلد). واستناداً إلى بيانات الاستهلاك لعام ٤، ٢٠٠٤، فإن الإطلاقات الإجمالية التقديرية للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الاتحاد الأوروبي ودوله الخمسة والعشرين تبلغ ٩,٥-٤,٧ و ٩,٦-٧,٤ و ١٣,٩-٨,٧ و ١,٨-٠,٦ و ١٩,٦-٧,٤ طناً سنوياً في المياه السطحية ومياه المجاري والهواء وترية المناطق الصناعية/الحضرية على التوالي (معلومات مقدمة من ألمانيا في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء، يشار فيها إلى لأولويات التي وضعتها وكالة المواد الكيميائية الأوروبية والمعلومات الأساسية للمرفق الرابع عشر بشأن البلقان، C-10-23، الكلور). ووفقاً لتقديرات الاستهلاك التي صدرت مؤخراً من معلومات زار وجيانس ونواجو (٢٠١٠) وردت في المعلومات المقدمة من هولندا بموجب المرفق هاء (٢٠١٤) قدرت كمية مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة التي استهلكت في الاتحاد الأوروبي بمقدار ٥٣٠ طناً في ٢٠٠٩. وجرى تقييد استخدام هذه المركبات في الاتحاد الأوروبي وفقاً للائحة لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة للاتحاد الأوروبي رقم ٥١٩/٢٠١٢، التي فرضت حظراً على جميع الاستخدامات باستثناء أحزمة النقل المستخدمة في التعدين ودعائم السدود (ويقترح فرض حظر شامل في المستقبل). ولا تتوافر أي أدلة على وجود مصادر طبيعية كبيرة لمركبات البارافينات المكثورة Cp (وكالة البيئة في المملكة المتحدة لعام ٢٠٠٣).

٢٦ - وفرض حظر على مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في النرويج في ٢٠٠٢. ولذا يفترض أن تكون إطلاقات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في النرويج منخفضة حالياً. غير إنه قد تستمر إطلاقات كميات محددة من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في البيئة من منتجات ومواد قديمة أخرى لا تزال قيد الاستخدام أو من بصائر مستوردة. وتشير تقديرات الإطلاقات إلى أن الإطلاقات من النرويج انخفضت بنسبة ٧٣ في المائة خلال الفترة من ١٩٩٥-٢٠١٠ من نحو ١ طن في ١٩٩٥ إلى ٠,٣ طن في ٢٠١٠ (وكالة البيئة النرويجية ٢٠١٤). وعلى الرغم من القيود الصارمة، ما زالت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ترصد في البيئة وفي العينات المأخوذة من الحيوانات والنباتات البرية في النرويج بما في ذلك عينات الهواء، والحيوانات والنباتات البرية من سفالبارد (وكالة البيئة النرويجية ٢٠١٤، ج، ب، ٢٠١٣).

٢٧ - ويتمثل أكبر استخدام لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الولايات المتحدة الأمريكية في استعمالها كمكون للشحوم والمبردات في تطبيقات قطع وتشكيل المعادن. أما ثاني استخداماتها من حيث الحجم فهو الاستعمال في العمليات بلاستيكية ثانوية وكمبطة للهب في أنواع البلاستيك وخاصة الـ PVC (وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ٢٠٠٩). وقد تتحقق التخلص التدريجي من استخدام مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الولايات المتحدة. وفي اليابان تخلصت صناعات الأشغال المعدنية في اليابان من استخدام هذه المركبات بحلول عام ٢٠٠٧ (Harada، آخرون ٢٠١١).

٢٨ - وفي عام ١٩٩٤ استخدم ٧٠ طناً من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في سويسرا، وتشير التقديرات إلى أن هذه الاستخدامات قد انخفضت بنسبة ٨٠ في المائة (المعلومات المقدمة في ٢٠٠٧ بموجب المرفق هاء). وكان الاستخدام الأكثر انتشاراً للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في سويسرا هو في صناعة مناغات التسرب للوصلات. وتستخدم البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة كبديل لثنائي الفينيل متعدد الكلور في الحشيات أو الأطواق مانعة التسرب (مثلاً في التوصيلات، في المباني) وقد تشكل هذه مصدراً عند تحديد البيانات. وفي بولندا، تستخدم البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة كمبطات للهب في السيور الناقلة المطاطية (معلومات مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). وقد أنتجت بولندا ١٦,٤٪ (قرابة ٣٩ طناً) من الكمية الكلية البالغة ٢٣٧,٨٨٠ طناً من السيور الناقلة المباعدة في الاتحاد الأوروبي في عام ٢٠٠٧، واستخدمت

٢٣،٠٦٢ طناً من السيور الناقلة. وفي رومانيا، يستخدم نحوً من ٢٣٧٠٠ كيلوغرام من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة كمُلَدَن (معلومات مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). وتشير البرازيل إلى أن ٣٠٠ طن/سنويًا تستخدم في البرازيل لأغراض مثبطات اللهب، وفي المطاط، وفي السجاد والملحقات الإضافية للسيارات (المعلومات المقدمة في ٢٠٠٧ بموجب المرفق هاء). وقد انخفض استخدام البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في أستراليا بنسبة ٨٠ في المائة خلال الفترة ١٩٩٨/٢٠٠٢ إلى ٢٠٠٢، بلغ نحو ٢٥ طناً/سنويًا في صناعة الأشغال المعدنية (NICNAS، ٢٠٠٤). وفي عام ٢٠٠٦ كانت هذه البارافينات _s SCCPs تستخدم بالدرجة الأولى في جمهورية كوريا في عوامل التشحيم والمركبات المضافة. ولا تتوافر بيانات عن أنماط الإطلاقات وكمياتها (تعليقات مقدمة في ٧ نيسان/أبريل ٢٠٠٨ على موجز بيانات المخاطر للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة) وتستخدم جمهورية موريشيوس هذه البارافينات _s SCCPs بالفعل (تعليقات قدمت في ٧ نيسان/أبريل ٢٠٠٨ على موجز بيانات مخاطر البارافينات _s SCCPs للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة). وتستخدم السنغال البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ولكنها لم تحدد الكميات (التعليقات المقدمة في ٨ أيار/مايو ٢٠١٥ في موجز مخاطر البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة). وبينت هندوراس أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة موجودة في المنتجات والم הוד الأولية المستوردة، رغم أن كمياتها غير معروفة؛ وتشمل الاستخدامات إنتاج PVC، والم הוד المضافة في مواد الطلاء والم הוד المانعة للتتسرب، وصناعة المركبات، وفي الكابلات الكهربائية (معلومات مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). وفي الأرجنتين، تستورد البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بالدرجة الأولى من أجل صناعة المواد البلاستيكية (معلومات مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). ولا يتوفر الكثير من المعلومات المتاحة لاطلاق اجمهور بشأن استخدام مركبات البارافينات في سوائل حفر الآبار للتنقيب عن الغاز والنفط على الرغم من صدور طائفة من براءات الاختراع مما يشير إلى استخدامها لذلك (IPEN ٢٠١٥).

٢٩ - وقد تحدث الإطلاقات الصناعية للبارافينات _s SCCPs في البيئة أثناء الإنتاج والتخزين والنقل، والاستخدام الصناعي والاستهلاكي للمنتجات التي تحتوي على هذه المواد _s SCCPs، وكذلك أثناء التخلص منها وحرق النفايات وطمر المنتجات في الأرض. أما المصادر المحتملة لحالات التتسرب في الماء فتأتي من التصنيع بما في ذلك حالات الانسكاب، وغضيل مراقب التصنيع، وحرقان مياه الأمطار. يمكن أن تتسرب البارافينات _s SCCPs المستخدمة في سوائل تشكيل وقطع المعادن في البيئات المائية عند التخلص من عبوات البراميل، واستخدامات مياه الغسل المنقول أو المستعملة (حكومة كندا، ١٩٩٣). وتشير إكودور إلى أن تنظيف مراقب الصناعات المعدنية يسفر عن إطلاقات إلى النظم الإيكولوجية المائية (معلومات مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). وتجمع هذه الإطلاقات في شبكات الصرف الصحي وتصل في النهاية إلى النفايات السائلة لمنشآت معالجة مياه الصرف الصحي. ولا تتوافر في الوقت الحاضر معلومات عن نسبة الإطلاقات إلى معامل معالجة مياه الصرف الصحي أو عن كفاءة إزالتها.

٣٠ - وكما يتبيّن من بيانات الرصد (Chaemfa) وأخرون ٢٠١٤، وشين وأخرون ٢٠١١) فمن الممكن حدوث إطلاقات في المناطق الصناعية والكثيفة السكان. وقد تشمل حالات التتسرب الأخرى استخدام عبوات زيت نواقل الحركة بالسيارات، والسوائل المستخدمة في تعدين الصخور الصلبة، واستخدام المعدات في أنواع أخرى من التعدين، والسوائل والمعدات المستخدمة في التنقيب عن الزيت والغاز، وتصنيع الأنابيب المصممة، واستخدامات الأشغال المعدنية وتشغيل التوربينات فوق السفن (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٣ ب).

٣١ - إن الطمر في الأرض هو أحد الطرق الرئيسية للتخلص من المنتجات البوليرية في كندا. ومن المتوقع أن تظل البارافينات المكثورة مستقرة في هذه المنتجات، مع حدوث حالات فقد ضئيلة نتيجة لتسرب المياه المرتاحة. ومن المحتمل أن يكون الارتشاح من موقع الطمر غير ذي قيمة نتيجة لارتباط البارافينات المكثورة (CPs) القوي بالترابة. ويمكن أن تحدث ابعاث ضئيلة من هذه المنتجات التي تتحلل تدريجياً في البوليرات حتى بعد قرون عقب التخلص منها (IPCS ١٩٩٦).

٣٢ - ويمكن أن تطلق البارافينات المكثورة (CPs) المشتملة على البوليرات أثناء تدوير اللدائن وهي العملية التي قد تنطوي على عمليات مثل التقطيع والطحن والغسل. وإذا تسربت هذه المادة كهباء أو كغبار من هذه العمليات يتم امتصاص البارافينات المكثورة في الجزيئات وذلك بسبب الامتصاص العالي وبسبب ارتفاع معامل التفريق بين الأوكتانول - الهواء. ويعتمد معدل الإطلاقات على مدى التحكم في الرماد في المنشأة (De Boer ٢٠١٠).

٣٣ - وقد تبين مؤخراً أن الأنشطة المكثفة لإعادة تدوير النفايات الإلكترونية تشكل مصدراً رئيسياً للبارافينات المكثورة في البيئة (الرواسب والحيوانات والنباتات البرية) (شين وآخرون ٢٠١١ ولو وآخرون ٢٠١٥). كذلك فإن استخدام مواد المجاري الصلبة في التربة أو الري بالماء العادم قد يكونان مصدراً لحملات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في التربة (Zeng وآخرون ٢٠١١ ب، و ٢٠١٢ ب).

٣٤ - وقد أبلغ بيترسين (٢٠١٢) عن حوالي ٢٥ ألف طن متري من مواد البناء "كمخزون" للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في المباني وأعمال البناء. وكشفت التقديرات عن أن مواد العزل والتغطية بالطلاء تشكل بوضوح الجزء الأكبر من المخزونات في حين أن محتوى هذه البارافينات في المطاط لا يكاد يذكر. وقد حسبت النفايات المتولدة على أساس سنوي مع ١,٢ ألف طن متري من نفايات هذه المادة من المباني وأعمال البناء. ويتوقع أن تقل احتمالات فقد خلال الإنتاج والتقل عن تلك التي تحدث خلال استخدام المنتج والتخلص منه للبارافينات المكثورة (Fiedler ٢٠١٠).

٣٥ - والسجل الأوروبي لإطلاقات الملوثات وانتقالها (E-PRTR)^(٢) هو سجل أنشئ على شبكة الإنترنت بموجب قواعد الميثة No 166/2006 (EC) وينفذ بروتوكول سجل إطلاقات الملوثات وانتقالها التابع للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا. وخلال عام ٢٠١٢ أبلغت ١٧ منشأة عن إطلاقات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الماء (ولا شيء في الهواء والتربة) بمقدار ٣٠١ كيلوغرام. وكان أكبر نصيب لمنشآت معالجة الماء العادم في المدن والصناعات الكيميائية وقطاع الطاقة. وتشير البيانات من عام ٢٠٠٧ إلى إطلاقات في الماء تبلغ ٢٩٠ كيلوغرام.

٣٦ - ووُجدت البيانات التي جرى إبلاغها منذ ١٩٩٩ إلى القائمة الوطنية لإطلاق الملوثات في كندا (NPRI) أن كميات صغيرة جداً من البارافينات المكثورة (القصيرة والمتوسطة والطويلة السلسلة) يتم إطلاقها في البيئة الكندية بواسطة شركات تفي بمتطلبات الإبلاغ للقائمة الوطنية لإطلاق الملوثات (NPRI).^(٣) (في ٢٠٠١-٢٠٠٢ أبلغت NPRI عن ١,٤٥ طن من البارافينات المكثورة جرى توجيهها إلى التخلص بالطمر في الأرض، و ١,٩٤ طن إلى إعادة التدوير لاسترداد مواد عضوية، وذلك من شركتين في أونتاريو. وتستخدم هاتان الشركتان

.<http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx> (٢)

.website accessed August 9, 2007http://www.ec.gc.ca/pdb/queriesite/query_e.cfm (٣)

البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة كمكون من مكونات التحضير في تصنيع الأسلاك والكابلات ومواد الطلاء وطبقات الطلاء، على التوالي. وفي عام ٢٠٠٥ أبلغت NPRI أن شركة في أونتاريو تخلصت من ٠٠٢٣ طن من الألkanات ١٠ إلى ١٣، والمكثفه (الرقم في دائرة المستخلصات الكيميائية ٨٥٥٣٥-٤٨-٨) خارج موقعها وأعادت تدوير ٢٩٦٧ طن خارج موقعها.

٣٧ - وفي الولايات المتحدة الأمريكية تخضع البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (SCCPs) للإبلاغ بموجب قائمة جرد الإطلاقات السامة (TRI) كجزء من فئة أوسع من الألkanات متعددة الكلور (وكلها من الأنواع المشبعة للكربون ١٣-١٠ ذات المحتوى المتوسط من الكلور بين ٤٠ و ٧٠ في المائة). وأشارت المعلومات التي قدمتها الولايات المتحدة الأمريكية أثناء فترة تقديم التعليقات إلى أنه بالنسبة لعام ٢٠٠٥ من إصدار بيانات قائمة جرد الإطلاقات السامة، أبلغ عما مجموعه ٤٠٤ ١٩ كيلوغرامات من الألkanات متعددة الكلور لأغراض التخلص داخل وخارج الموقع، أو الإطلاقات الأخرى من جانب الصناعات الأمريكية الخاضعة للإبلاغ، ويشمل ذلك ٦٩٣ كغ كابياثات هاربة في الهواء، و ٨٨٠ كغ كابياثات في الهواء من مصادر ثابتة، و ٣٢ كغ كتصريفات مياه سطحية (مجموعة بيانات جرد الإطلاقات السامة إصدار عام ٢٠٠٥ التي تم تحميدها في ١٥/١١/٢٠٠٦، والصادرة للجمهور في ٢٢/٣/٢٠٠٧، المتاحة على العنوان الإلكتروني www.epa.gov/tri). وتشير بيانات جرد الإطلاقات السامة لعام ٢٠١٣ إلى ١٩٢ كيلوغرام من الإطلاقات الكلية. ونظرًا لأن صناعة النفط والغاز معفاة من الإبلاغ بموجب جرد الإطلاقات السامة، قد يمثل ذلك تقليلاً من تقديرات حجم الإطلاقات في الهواء والماء (تعليقات قدمت في ٢٧ شباط/فبراير ٢٠١٥ بشأن مشروع موجز مخاطر البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة). وقد جرى التخلص من استخدام هذه المركبات في الولايات المتحدة من خلال قرار توافقي بين حكومة الولايات المتحدة وأحد مصنعي المواد الكيميائية. واعتمد هذا التخلص على اعتبارات الثبات والتراكم الحيوي والسمية (المعلومات المقدمة بمقتضى المرفق هاء ٢٠١٤).

٣٨ - ويمكن أن تطلق الملوثات العضوية الثابتة المدرجة في القوائم بصورة غير مقصودة من المطاط ورغاوي البوليوريثين المعالجة بالبارافينات المكثفه. ورصد Takasuga وآخرون (٢٠١٢) مستويات مرتفعة من مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB وسداسي كلورو البنزين HCB في حدود جزء من المليون في شكل ملوثات نتيجة للتغيير في طرق تصنيع البارافينات المكثفه (CPs).

٣-٢ المصير البيئي

١-٣-٢ الثبات

الثبات في الهواء

٣٩ - تتراوح فترات نصف العمر التقديرية في الغلاف الجوي بالنسبة للبارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (SCCPs) استناداً إلى تفاعಲها مع أشقاد الهيدروكسيل من ٠٠,٨١ إلى ١٠,٥ يوم باستخدام تركيز افتراضي لشق الهيدروكسيل في الغلاف الجوي قدره $1,5 \times 10^{-1}$ جزيئات/سم^٣ أثناء ساعات ضوء الشمس في البرنامج الحاسوبي AOPWIN v (١,٨٦ Meylan و Howard، ١٩٩٣، ١٩٨٦ Atkinson، ١٩٨٧). وباستخدام تركيزات أقل من شق الهيدروكسيل قدرها $10 \times 5^{\circ}$ جزيئ/سم^٣ وهي التي تستخدم عادة كمتوسط يومي في الهواء غير الملوث نسبياً في الاتحاد الأوروبي، تراوحت فترات نصف العمر في الغلاف الجوي بما بين ١,٢ و ١٥,٧ يوماً. وينبغي ملاحظة أن معدلات تفاعل شق الهيدروكسيل تتفاوت زمنياً مع متوسط ضوء الشمس اليومي،

١٠٥ جزء/سم^٣ قد لا تكون نموذجية بالنسبة لخطوط العرض الشمالية نظراً لأن تركيزات شق الميدروكسيل تتناقض مع خط العرض. ويضاف إلى ذلك أن ارتفاع امتصاص البارافينات المكلورة في جزئيات الغلاف الجوي عند درجات الحرارة المنخفضة التي هي سمة نمطية عند خطوط العرض العليا قد يحد من مسار التأكسد في الغلاف الجوي. وأبلغ لي آخرون (٢٠١٤ ب) استناداً إلى نموذج QSAR الذي جرى تطويره مؤخراً (باستخدام نظرية الكثافة الوظيفية وتركيزها QH البالغ ١٠٥×٩,٧ جزيئات ٣ سم) أن تماثلات C_{١٠-١١} و C_{١٢} و CL_{٥-٨} تمثل إلى فترات حياة أطول (T بين ٣ و ١٥ يوماً) في الماء. وأن C_{١٠-١٣} (وخاصة C_{١٣}) مع n_{Cl} أقل من ٩ تتسم بفترة حياة أطول بكثير. وتشير بيانات الرصد إلى أن C_{١٠-١١} هي المجموعة السائدة في المرحلة العازية وأن C_{١٦-٨} هي الصيغ الأكثر وفرة في الترسيب في الغلاف الجوي وأن من النادر رصد C_{١٣} في الهواء نتيجة لانخفاض درجة تقلبها (Ma وأخرون ٢٠١٤ ج).

الثبات في الماء

٤٠ - رغم أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة يمكن أن تمر بعملية تميؤ بطيئة (معلومات مقدمة من كوستاريكا في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء^(٤)). فإن من غير المتوقع للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة أن تتحلل بدرجة كبيرة بواسطة العمليات اللاحيوية مثل التميؤ (IPCS ١٩٩٦؛ وكالة البيئة لدى المملكة المتحدة ٢٠٠٣ وب). وقد دلل Koh and Thiemann (٢٠٠١) على أن خلاط البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة يحدث لها تحلل ضوئي سريع في الأسيتون - الماء في وجود الضوء فوق البنفسجي (المصباح الرئقي القوسى، نحو ٤٣٦ - ٤٣٦ متر قياسي) مع فترات نصف عمر تصل إلى ٥,٢ - ٠,٧ ساعة. وكان نصف عمر منتج من منتجات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة مكون من ٥٢ في المائة كلور حسب الوزن في الماء النقى وتحت نفس الظروف هو ١٢,٨ ساعة. وعلى الرغم أن النتائج تشير إلى أن التحلل الضوئي قد يكون مسار تحلل بعض البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة، فإن الأهمية البيئية لهذه الدراسة مشكوك فيها حيث أن استخدام مصدر التشيع فوق البنفسجي ربما نتج عنه أنصاف أعمار أقصر من تلك التي تنتهي تحت ظروف الضوء الطبيعي. ومرة أخرى قد يكون نطاق التدهور الضوئي محدوداً في المياه على عمق معين و/أو عند خطوط العرض الشمالية. كما أن الأسيتون مذيب مشكوك فيه للاستخدام في هذه الدراسة بالنظر إلى أنه من المواد التي تشير الحساسية للضوء.

٤١ - وقد قدمت رابطة صناعة البارافينات المكلورة، في إطار المعلومات مقدمة بموجب المرفق هاء (٢٠١٠)، نتائج فحص مطول لقابلية للتحلل الأحيائي السهل لمنتج من منتجات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة يحتوي على ٤٩,٧٥٪ من الكلور بحسب الوزن (V 50L Cereclor) باتباع المبدأ ٣٠١ لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، طريقة "فحص الزجاجات المغلقة" مع تعديلات لإطالة أمد الفحص إلى ٥٦ يوماً. وبالنظر إلى انخفاض قابلية ذوبان البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الماء، فقد استخدم مذيب (زيت السليكون) أو مستحلب (بوليالكوكسيلات ألكيفينول) لزيادة التوافر البيولوجي لمدة الاختبار حسبما هو مسموح به في المبدأ ٣٠١ لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي. وقد استخدمت حمأة أو مياه نهر منشطة بشكل ثانوي كمادة تلقيح. ولم تدرج فوارغ تحتوي على المذيب أو المستحلب وحدهما. ولم يتم الحصول على تحلل بيولوجي يزيد عن ٦٠٪ إلا عندما استحلبت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة باستخدام

البوليالكوكسيلات ألكيفينول، مع تجاوز تلك النسبة المئوية خلال ٢٨ يوماً عندما استخدمت مياه الأنهر. وحققت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في زيت السليكون تخللاً نسبته ٣٣ في المائة خلال ٥٦ يوماً. ولذلك فإن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة المنخفضة الكلورة هذه أوفت بمعايير التحلل البيولوجي السهل عندما استحلبت فقط وفي وجود مادة ملقطة تم الحصول عليها من مياه الأنهر. وفي وجود المادة الملقطة المأخوذة من الحمأة، فإن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة لم تتحلل بيولوجياً بسهولة خلال ٢٨ يوماً، رغم أن تخللاً له شأنه (أي بنسبة ٥٥ في المائة) حدث خلال ٤٢ يوماً في وجود مستحلب. ييد أن أهمية استخدام خافض للتلوّر السطحي لزيادة التوافر الأحيائي من أجل تقدير التحلل البيولوجي في البيئة المائية لا تزال غير واضحة، لا سيما في ضوء النتائج المتضاربة لدراسات التحلل البيولوجي ورصد النتائج في الرواسب. ولا يعرف المدى الذي قد تتحلل به البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة الأعلى كلونة في ظروف مماثلة؛ وتشير دراسات التحلل البيولوجي للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الرواسب إلى أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة الأقل كلونة هي أكثر قابلية للتحلل البيولوجي من تلك الأعلى كلونة.

٤٢ - وقد عزل Lu (٢٠١٣) *Pseudomonas* sp. N35 القادرة على تفكيك هذه المادة في الاستزراع التقى وفي النظام الحيوي لحمأة المجاري.

الثبات في التربية والرواسب

٤٣ - أجرى Birtly Madeley (١٩٨٠) تجارب على الطلب الكيميائي الأحيائي للأكسجين استمرت ٢٥ يوماً وووجداً أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة SCCP (٤٩ في المائة كلور) بدت وكأنها تتحلل بسرعة وبصورة كاملة بواسطة الكائنات المجهرية المتأقلمة بعد ٢٥ يوماً. ولم يلاحظ أي امتصاص كبير للأكسجين في التجارب التي استخدمت البارافينات العالية الكلورة، والتي اشتملت على نوعين من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (٦٠ في المائة و ٧٠ في المائة كلور). أما Fisk وآخرون (١٩٩٨) فقد وجدوا أن الألkanات - n - كلور C^{14} و C_{12} (بنسبة ٥٦ في المائة و ٦٩ في المائة كلور) قد تحملت عند درجة حرارة ١٢ مئوية في الرواسب المائية المستخدمة في دراسة التوافر الأحيائي للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بالنسبة لطائفة الديدان (oligochaetes). وكانت فترات نصف العمر في الرواسب هي 26 ± 12 يوم و 20 ± 30 يوم لنواتج الكلور بنسبة ٥٦ في المائة و ٦٩ في المائة على التوالي.

٤٤ - وأُجريت مؤخرًا دراسة عن التحلل الأحيائي للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في كل من رواسب المياه العذبة والرواسب البحرية (Thompson و Noble ٢٠٠٧) حيث استخدما منتجات ن-ديكان ون-ثلاثي الديكان ذات التوسيم C^{14} بنسبة ٦٥٪ كلور حسب الوزن، وأسسا تجارهما على المبدأ التوجيهي للاختبارات رقم ٣٠٨ لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وقد قدرت أنصاف الأعمار الوسيطة (للمعدن [ثاني أكسيد الكربون أو إنتاج الميثان] لممتعج C_{10-13}) بممتعج ٦٥٪ كلور حسب الوزن بـ ١٦٣٠ يوماً في رواسب المياه العذبة، و ٤٥٠ يوماً في الرواسب البحرية في الظروف المائية. ولوحظ عدم وجود التمعدن أو قدر قليل منه فقط، في الرواسب اللاهوائية.

٤٥ - وأشارت بيانات التركيز لبقايا البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الرواسب الواردة من بحيرة وينيبيغ، مانيتوبا، وبحيرة فوكس، يوكن إلى أن البقايا كانت موجودة داخل شرائح تاريخها ١٩٤٧ في الرواسب الواردة من هاتين البحيرتين (Tomy و آخرون ١٩٩٩). كما لوحظت بقايا البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الرواسب المأخوذة من الحوض الغربي لبحيرة أونتاريو يعود تاريخها إلى ١٩٤٩. ولوحظ أعلى تركيز وقدره

(٨٠) نانوغرام/غرام بالوزن الجاف) في شريحة مؤرخة ١٩٧١ (Muir وآخرون ١٩٩٩أ). وقيست كذلك البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في عينة رواسب مؤرخة مرجعياً جلبت من بحيرة سان فرانسيس (لاك سان فرانسوا)، في ١٩٩٦، أسفل مجرى الماء من موقع سابق لتصنيع البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وتدل النبذات التاريخية على وجود مستويات منخفضة نسبياً من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة عند بحيرة أوتاريو (Muir وآخرون ١٩٩٩أ؛ ٢٠٠٢). أما أعلى تركيز للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة فكان تاريخها الوسيط هو 1985 ± 4 سنوات (Turner ١٩٩٦). وكان طول السلسليتين السائدتين في الرواسب هو C_{11} وقام Lozza وآخرون (٢٠٠٨) بقياس مستويات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة من الرواسب المؤرخة اعتباراً من عام ١٩٦٠. غير أن نمط الفئات المتماثلة بين وجود تغييرات بمرور الوقت (Lozza وآخرون ٢٠٠٨، De Boer ٢٠١٢، Zeng وآخرون ٢٠١٢ج، Chen وآخرون ٢٠١١).

(٤٦) وفي غياب المعلومات عن تركيز الملوثات لأي سنة من السنوات في أي من هذه المواقع، لا يتسع حساب قيمة نصف عمر منفصلة من واقع هذه البيانات. ومع ذلك، فإن اكتشاف بقايا البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في عينات صلب الرواسب التي يرجع تاريخها إلى الأربعينيات في هذه الموقع هو برهان على أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تظل ثابتة لأكثر من ٥٠ عاماً في الرواسب اللاهوائية تحت السطح. وقد استخدمت وكالة البيئة في كندا (٤) معادلات الدرجة الأولى للأضمحلال في أسلوب حساب ارتجاعي للتتأكد من أن نصف عمر البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الرواسب يزيد عن عام واحد. فعلى الرغم من أن طريقة الحساب الارتجاعي لأنصاف الأعمار لا تقدم قيمة منفصلة لنصف عمر مادة كيميائية، فمن الممكن أن تقدم إجابة عما إذا كان نصف عمر مادة كيميائية يزيد كثيراً عن إطار زمني محدد. وقد خلص العديد من التقييمات الحكومية والاستعراضات المنشورة إلى أنه لا يتوقع سوى تدهور أحياي بطيء في البيئة، حتى مع وجود الكائنات المجهرية المتکيفة (حكومة كندا ١٩٩٣أ، ب؛ Tomy وآخرون ١٩٩٨، الجماعة الأوروبية ٢٠٠٠).

(٤٧) ولا يتتوفر إلا القليل من المعلومات عن ثبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في التربة. فقد نظرت دراسة أجراها Omori وآخرون (١٩٨٧) في قدرة إزالة الكلورة لدى سلسلة من السلالات البكتيرية التي تعمل على $C_{12}H_{18}Cl_8$ ، (٦٣٪ كلور). وعلى الرغم من أنهم لم يتمكنوا من عزل السلالة البكتيرية التي يمكن أن تستخدم هذه المادة الكيميائية كمصدر وحيد للكربون، فقد وجدوا أن سلالات مختلفة عولجت بمادة سداسي الديكان - ن تنسم بقدرات مختلفة على إزالة الكلور. وأطلقت بكتيريا مستزرعة مختلطة (أربع سلالات بكتيرية) وسلالة واحدة (HK-3) تعمل بمفردها ٢١٪ و٣٥٪ من الكلور، على التوالي، بعد مرور ٤٨ ساعة. وبخت دراسة أخرى أجراها Nicholls وآخرون (٢٠٠١) وجود البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في تربة مزارع في المملكة المتحدة استعملت فيها حمأة مياه الصرف الصحي عدة مرات. ولم يتمكن الباحثون من اكتشاف البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (أقل من ١،٠ ميكروغرام/غرام). ومع ذلك لم تقتضي الدراسة، بصورة محددة، مآل البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بمرور الوقت بعد استعمال الحمأة في التربة، ومن ثم تكون أهمية هذه النتائج موضعًا للشك.

موجز بشأن الشبات

٤٨ - تستوي البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة معيار الشبات في الرواسب (المفرق دال، اتفاقية استكهولم). كما أن هذه البارافينات ثابتة في الهواء بما يكفي لانتقالها لمسافات طويلة. وتبعد البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة مستقرة من حيث التميّز. وعلى الرغم من وجود أدلة تشير إلى أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة المنخفضة الكثافة تحمل بيسر في المياه في ظل ظروف معززة، فإن الأهمية الإيكولوجية لنتائج الفحص غير معروفة. ولا تتوافر معلومات كافية للتوصيل إلى نتائج بشأن ثبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة الأعلى كثافة في الماء. كما لا تتوافر معلومات كافية عن ثباتها في التربة. وتعتبر البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة، عموماً، مستوفية لمعايير اتفاقية استكهولم بشأن الشبات.

٢-٣-٢ التراكم الأحيائي

معامل تفريغ الأوكتانول-الماء ومعامل التراكم الأحيائي المتمددجين

٤٩ - قام Sijm و Sinnige (١٩٩٥) بحساب معامل تفريغ الأوكتانول-الماء وو جداً أنه يتراوح بين ٤,٨ و ٧,٦ بالنسبة لجميع متجانسات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وقام Fisk وآخرون (١٩٩٨ب) بتحديد معامل تفريغ الأوكتانول-الماء بالنسبة لكل من $C_{12}H_{20.1}Cl_{5.9}$ ونسبة ٥٥,٩٪ كلور من الوزن، و $C_{12}H_{16.2}Cl_{9.8}$ بنسبة ٦٨,٥٪ كلور من الوزن. وقدر متوسط معامل تفريغ الأوكتانول-الماء بقيمة ٦,٢ من المادة التي تحتوي على نسبة ٥٥,٩٪ كلور من الوزن (وكان نطاق معامل تفريغ الماء يتراوح بين ٥,٠ إلى ٧,١ و ٦,٦ فيما يتعلق بنسبة ٦٨,٥٪ من وزن مادة Cl) (وكان معامل تفريغ الأوكتانول-الماء يتراوح بين ٥,٠ و ٧,٤). وباستخدام بيانات معامل تفريغ الأوكتانول-الماء الناتجة عن الاختبارات وافتراض عدم وجود أيض، فإن نموذج غوباس Gobas لمعامل التراكم الأحيائي في الأسماك قدرَ قيم معامل التراكم الأحيائي بأكبر من ٥٠٠ بنسبة لجميع البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة المحتملة.

التركيز الأحيائي

٥٠ - تم استعراض معامل التركيز الأحيائي من واقع الدراسات المختبرية للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بواسطة حكومة كندا (١٩٩٣ب) ووجد أنه يتفاوت تفاوتاً كبيراً فيما بين الأنواع المختلفة. وقد حدّدت قيم معامل التركيز الأحيائي النسبية في طحالب المياه العذبة والبحرية (بأقل من ٧,٦-١). وقيست معاملات التركيز الأحيائي حتى ٧٨١٦ بالوزن الرطب في سمك تراوّط قوس قزح (Oncorhynchus mykiss) (Madeley and Maddock ١٩٨٣ أ، ب) وفي نطاقات ٥٧٨٥-١٣٨٠٠٠ بالوزن الرطب في بلح البحر العادي (نوع من الرخويات) المسمى (Mytilus edulis) (Thompson and Madeley ١٩٨٣، Renberg وآخرون ١٩٨٦).

٥١ - وتشير المعلومات التي قدمتها اليابان بشأن نتائج اختبار معامل التركيز الأحيائي للبارافينات المكثورة ($Cl=7-10$ ، $C=11$) إلى أن هذه المادة الكيميائية تتراكم أحيائياً. وقد أُخذت مقاييس معامل التركيز الأحيائي من تركيزين اختباريين (١,١ و ١٠٠ ميكروغرام/لتر) وجرى تعريض الكائنات المختبرية لفترات تتراوح بين ١٢ و ٦٠ يوماً. ولم تتم ملاحظة علاقة تناسبية بين محتوى البارافينات المكثورة وقدرة التراكم البيولوجي. وتراوح معامل التركيز الأحيائي من ١١٠٠ إلى ١٩٠٠ (معلومات مقدمة من اليابان للجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بشأن موجز مخاطر البارافينات).

٥٢ - وفي المعلومات الأخرى التي قدمتها اليابان من أجل استعراضات لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها الخامس (UNEP/POPS/POPRC.5/INF/23) جرى الإبلاغ عن نتائج اختبار معامل التركيز الأحيائي لدى سمك الشبوط فيما يتعلق بالبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة C_{13} و Cl_{9-4} . وبالنظر إلى التركيزات المنخفضة للتبييلات $Cl = 4$ و 9 ونقص حساسية التحليل بالنسبة لتلك التركيزات، فلم يمكن تحديد حالة مستقرة لمعاملات التركيز البيولوجي إلا بالنسبة إلى التبييلات $Cl = 5$ و 6 و 7 وقد أخذت مقاييس معامل التركيز الأحيائي من تركيزين مختبرين (١٠٠ و ١٠١ ميكروغرام/لتر)؛ ييد أنه من غير الواضح ما إن كان هذان التركيزان للتجانسات في كل مستوى من الكلورة أو للمزيج ذاته. وتشير التركيزات المقيدة البالغة $C = 13$ في كل مستوى للكلورة إلى أن التركيز المختبر كان للتجانسات في كل مستوى للكلورة. وبلغت مدة التعرض ٦٢ يوماً. وتقليل القدرة على الترکز البيولوجي إلى الزيادة مع زيادة الكلورة. وترواحت معاملات التركيز البيولوجي من ١,٥٣٠ إلى ٢,٨٣٠.

٥٣ - وتراكم البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة أحيايياً أيضاً في البشر. ويتوقع على وجه الخصوص، أن يكون لدى هذه المادة التي لديها ٦-٥ كلورينات أعلى قدرة مجتمعة على الانتقال البعيد المدى والتراكم الأحيائي في البشر (Gawor ٢٠١٣ و Wania ٢٠١٣)، وفي حالة عدم مراعاة التحول الأحيائي في التوقعات، يقدر أن هذه المادة مع Cl_{5-6} أو كلورة أعلى، لديها القدرة على التراكم الأحيائي لدى البشر في القطب الشمالي بما في ذلك التحول الأحيائي (استخدم نصف العمر المقدر في الأسماك كتقدير بسيط للقدرة على الطرح الأيضي على طول السلسلة الغذائية الكاملة للبشر) (Gawor و Wania ٢٠١٣).

الدراسات المختبرية للتراكم الأحيائي والتضخيم الأحيائي والتحول الأحيائي

٤٥ - يمكن للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (SCCPs) أن تراكم في الغذاء الذي تستهلكه الأسماك. وينتشر التراكم في الأغذية بطول سلسلة الكربون والمحنوي من الكلور (Fisk و آخرون ١٩٩٨، ١٩٩٦ ب و ٢٠٠٠). وقد وجد أن مركبات هذه المادة التي تنطوي على أكثر من ٦٠ في المائة من الكلور بحسب الوزن بما عوامل توازن للتضخيم الأحيائي أكثر من ١، مما يعني ضمناً القدرة على التضخيم الأحيائي في السلسل الغذائية المائية. ويترواح نصف عمر التطهير في الأسماك بين ٧ و ٥٣ يوماً بالنسبة لأسماك تراوت قوس قزح الفتية (Fisk و آخرون ١٩٩٨ ب). وفي دراسة أخرى، قدر Fisk و آخرون (٢٠٠٠) فترات نصف العمر للتطهير في نطاق يتراوح بين ٧,١ و ٨٦,٦ يوماً لتراوت قوس قزح. لاحظ القائمون بالبحث أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة ذات الكلورة الأقل يتم استقلابها بواسطة الأسماك، إلا أن فترتي نصف العمر لاثنين من بولرات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة ذات الكلورة الأعلى وهما $C_{12}H_{20}Cl_{6}$ و $C_{12}H_{16}Cl_{10}$ تتباين مع المواد الكلورية العضوية الصامدة التي تطول فترات نصف عمر التحول الأحيائي فيها لأكثر من ١٠٠٠ يوم. وقد وجد Fisk و آخرون (٢٠٠٠) أن تطهير فترات نصف عمر التحول الأحيائي لبعض بولرات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة C_{10-12} ، وبخاصة الديكانتانات كانت متشابهة مما يوحي بأن التطهير يرجع بالدرجة الأولى للتحول الأحيائي. وقد دلل أيضاً Fisk و آخرون (٢٠٠٠) على أن عوامل التضخيم الأحيائي بالنسبة لـ ٣٥ من ن-الأكانات المكلورة (البيانات التجريبية للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة) لها علاقة كبيرة بعدد ذرات الكربون والكلور لكل مركب ويعامل تفريغ الأوكتانول-الماء.

٥٥ - ووْجَد Bengtsson و Baumann-Ofstad (١٩٨٢) أنه بالرغم من أن كفاءة الامتصاص (فترّة امتصاص ٩١ يوماً) لبارافين مكلور قصير السلسلة يتألف من ٧١٪ كلور حسب الوزن كان منخفضاً (٦٪)، وله 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 Fisk وآخرون ملاحظات مماثلة (١٩٩٨) في صنف الديدان (*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). أما المعاملات المعدلة لتراكم الكربون العضوي في الكائنات الحية والرواسب والمحسوبة من معدلات الامتصاص والتطهير فقد تراوحت بين ١,٩ للمركب $C_{12}H_{16}Cl_{10}$ ومتوسط قدره ٦,٨ للمركب $C_{12}H_{20}Cl_6$. وكانت قيم نصف العمر لكلا صنفي البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة متباينة (نحو ١٤ - ١٢ يوماً)، أما امتصاص الدوديكان الأكبر ارتفاعاً في الكلورة فكان أبطأ بكثير من امتصاص الدوديكان الأقل كلوراً.

الدراسات الميدانية للتراكم الأحيائي والتضخيم الأحيائي

٥٦ - حُسِبَت معاملات التراكم الأحيائي (BAFs) لمجموعات أطوال سلاسل البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في أسماك التراوت غربي بحيرة أونتاريو (*Salvelinus namaycush*) استناداً إلى التركيزات في جسم السمكة بأكملها، والتركيزات الذائبة في الماء Muir وآخرون (٢٠٠١). وقد تراوحت معاملات التراكم الأحيائي بين ٨٨٠٠ و ١٣٧٠٠٠ في تراوت البحيرة على أساس وزن الدهن، وبين ٢٥٦٥٠ و ١٦٤٤٠ على أساس الوزن الرطب. وكانت الدوديكانات المكلورة (C_{12}) هي الأكثر شيوعاً بين بولرات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في مياه البحيرة وأسماكها. أما معاملات التضخيم الأحيائي بالنسبة للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في غذاء رنكة الألويف (*Alosa pseudoharengus*) / سمك المُفَّ البحرى (*Osmerus mordax*) فقد تراوحت بين ٠,٣٣ و ٠,٩٤، وبلغت ذروتها في مركبات ثلاثي الديكان (C_{13}) بسبب انخفاض تركيزاتها في الماء. وقد تحددت أعلى معاملات التضخيم الأحيائي BMF لبارافينات $SCCPs$ بصفة عامة بين تراوت ورنجة الألويف وحدهما (Muir ٩١، ٢٠٠٣). وتحوي قيم معاملات التضخيم الأحيائي بأن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة وبخاصة الديكانات المكلورة والدوديكانات، لا تتضخم في سلسلة غذاء الأسماك السطحية. فالتركيزات المرتفعة نسبياً للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في سمك الأصقليين (*Cottus cognatus*) وسمك ديبوريا (*Diporeia sp.*) تعني ضمناً أن الرواسب مصدر مهم للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بالنسبة لغذاء كائنات القاع Muir وآخرون (٢٠٠٢).

٥٧ - وقد حُسِبَت في بحيرة أونتاريو معاملات التراكم الأحيائي والتضخيم الأحيائي لآيسومرات البارافينات الكلية المكلورة القصيرة السلسلة وفقاً لأطوال سلاسل هذه البارافينات والمركبات المشابهة لها (مركبات لديها نفس الصيغة الجزئية) التي اكتشفت في المياه وفي عينات من الكائنات الحية (هود وآخرون عام ٢٠٠٨). وقد وجد في بحيرة أونتاريو وبحيرة ميتشيجان أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة تتضخم أحلياً فيما بين الضحية والمفترس. وقد تفاوت متوسط عامل التضخيم الأحيائي في أسماك التراوت ببحيرة أونتاريو من ١٠٤,٠ إلى ١٠١,٠ ملتجانسات الكربون ١٠، ومن ١٠٣,٢ إلى ١٠٣,٠ ملتجانسات الكربون ١١، ومن ١٠٤,٠ إلى ١٠٢,٥ ملتجانسات الكربون ١٢، و ١٠٢,٥ ملتجانسات الكربون ١٣. ولوحظ أعلى تضخيم أحليائي للبارافينات الكلية المكلورة القصيرة السلسلة في أسماك الأصقليين والديبوريا (٦,٣) ضمن الشبكات الغذائية في كل من بحيرتي أونتاريو وميتشيجان. وتجاوزت معدلات التضخيم الأحيائي الرقم ١ في أسماك تراوت-قوس قزح الإصقليين والدابوريا في كلتا البحيرتين، كما تجاوزت أيضاً الرقم ١ في أسماك تراوت الألويف في بحيرة أونتاريو. ووجد أن عوامل التضخيم الغذائي (TMFs) للبارافينات الكلية المكلورة القصيرة السلسلة قد بلغت ٤٧,٠ و ٤٧,٠ في بحيرة أونتاريو (١٧ ملتجانساً) و ١٢,٠ في بحيرة ميتشيجان. وتراوح معامل التضخيم بين ٤١,٠ و ٤٢,٠. ومن بين ملتجانسات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة كانت مركبات كربون ١٠ كلور ٨ ($C_{10}Cl_8$) وكربون ١١ كلور ٨ ($C_{11}Cl_8$) ذات أعلى متوسط لعوامل التضخيم الغذائي (١,٥). ويشير

أي عامل تضخيم غذائي يزيد عن الرقم ١ إلى أن آيسومرات البارافينات العضوية القصيرة السلسلة ذات قدرة على التضخيم الأحيائي في الشبكة الغذائية المائية (هود وآخرون عام ٢٠٠٨).

٥٨ - وفي الشبكات الغذائية المائية (بما في ذلك العلاقة والأسماك والسلحفات) التي تقع بالقرب من منشآت معالجة مياه المجاري للبلديات، ظهر التضخيم الأحيائي للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (Zeng وآخرون ٢٠١١). ويتراوح التضخيم الأحيائي لمعظم متحانسات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بين ٦٠٠٠٢٨٠ غرام/كيلوغرام (بالوزن الدهني) في أنواع مختلفة من الأسماك، مع بلوغ متوسط معاملات التضخيم الغذائي (TMFs) بمجموع متحانسات C₁₀₋₁₃ قيمة ١,٦١. وكانت معاملات التضخيم الغذائي الخاصة بنوع المتحانس ١,٦٦ للكربون ١١ و ١,٧٩ للكربون ١٢، و ١,٧٥ للكربون ٧، و ١,٧٨ للكربون ٨. ولم تحسب معاملات التضخيم الخاصة للمتحانسات الأخرى نظراً لضعف العلاقات الخطية (Zeng وآخرون ٢٠١١).

٥٩ - وبين يوان وآخرون (٢٠١٢) أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة لم تتضخم أحيائياً في الرخويات المأكولة من المياه الساحلية في بحر بوهایي الصيني استناداً إلى علاقة خطية سالبة كبيرة بين دهون مادة البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة والمحتوى الغذائي. وقد لوحظ اتجاه مماثل في المركبات الأعلى كثرة من الديوكسينات والفيورانات (PCDD/Fs) وثنائيات الفينيل المتعددة الكلور في السلالات الغذائية في بحر بوهایي الصيني (Wan وآخرون ٢٠٠٥، Wan ٢٠٠٨) استشهد بنهج يopian وآخرون في (٢٠١٢).

٦٠ - وقد أبلغ عن التراكم الأحيائي والتضخيم الغذائي في شبكة الأغذية البحرية بما في ذلك العوالق الحيوانية وثمانية أنواع لاقفارية من قاع البحار (من ثنائيات الصمام والمحار والروبيان والسرطان)، وثمانية أنواع من الأسماك من خليج ليادونغ، في شمال الصين. وكانت لوحارات متحانسات معاملات التراكم الأحيائي بمجموع البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (٢٤ متحانساً، C_{١٠} إلى C_{١٣}) تتراوح بين ٤,٥ إلى ٥,٦ بالوزن الطلق لجميع الكائنات ووُجدت لدى العوالق الحيوانية أدنى قيمة لوحارات متحانسات معاملات التراكم الأحيائي، في حين وُجدت لدى الروبيان المفصلي لوحارات متحانسات معاملات التراكم الأحيائي ٤,٦ (٣٩,٨١٠ لتر/كيلوغرام بالوزن الطلق، و ٤,٨٦ لتر/كيلوغرام بالوزن الطلق) ووُجدت أعلى مستويات القيم في الأسماك (تتراوح بين ٤,٧ إلى ٥,٦ مع متوسط قدره ٥,١). وكانت قيم عوامل التراكم الأحيائي لمجموعات صيغ مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تمثل عموماً اتجاههاً صاعداً مع زيادة طول سلسلة الكلور، ومتويات الكلور وقيم معامل تفريقي الأوكتانول-الماء. وكانت قيم معاملات التضخيم الغذائي (باستثناء C_{١٠} و C_{١١} Cl_٧ و C_{١٢} Cl_٦ و C_{١٣} Cl_٥) التي لم تظهر أي ارتباط مهم بين المستوى الغذائي ومواد البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تتراوح بين ١,٤٥ و ٥,٦٥ في الشبكة الغذائية المشار إليها. وزداد التضخيم الغذائي مع زيادة طول السلسلة وأظهرت متحانسات Cl_٨ و Cl_٩ أعلى معاملات التضخيم الغذائي TMF. ووُجد أن معاملات التضخيم الغذائي بمجموع البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يبلغ ٢,٣٨ في الشبكة الغذائية للعوالق الحيوانية والروبيان والأسماك (Ma) (وآخرون ٢٠١٤ ب).

٦١ - وتراوحت معاملات التراكم المعايرة للدهون في الرواسب الأحيائية من المتحانسات المختلفة لدى ثلاثة أنواع من ثنائيات الصمام من بحر بوهایي من ٤,٠٣ إلى ١٤،٠٠ ومن ٠,٠٩ إلى ٢,٢٧ ومن ٠,٠٩ إلى ١,٩٠ على التوالي (Ma) وآخرون ٢٠١٤). وخلص المؤلفون إلى أن هذه القيم تقارب تلك المبلغ عنها لمركبات ثنائية الفينيل متعدد الكلور (١٠,٠٠-٥,٠٠) والمكسان الحلقي السادس الكلور (٨١,٠٠-٣١,٢) إلا أنها تقل بصورة طفيفة عن تلك المبلغ عنها بالنسبة لمركبات دي. دي. تي (١,١٠-٩,٢٧) والإيراثات ثنائية الفينيل متعددة الكلور (١٤,٠٠-١١,٤) (Yang وآخرون ٢٠٠٦، Wu وآخرون ٢٠٠١، Yang وآخرون ٢٠٠٦، و Yang وآخرون ٢٠٠٩) ويشار إليها جمِيعاً في Ma وآخرون ٢٠١٤).

٦٢ - وأشار ليو وآخرون (٢٠١٥) إلى التضخيم الغذائي في أنواع الطيور الأرضية المهاجرة ولكن ليس في الطيور الأرضية المستوطنة التي تقطن في منطقة لإعادة تدوير النفايات الإلكترونية، وربما كان ذلك نتيجة التوزيع المتنوع للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في منطقة البيئة الخاضعة للدراسة.

٦٣ - وكانت المستويات المبلغ عنها في كبد سمك القرش في غرينلاند (الذى تم صيده في المياه المحيطة بأيسلندا) ٤٣٠ نانوغرام/غرام من الدهون (المتوسط) من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة، وهو مستوى مشابه للمستوى المبلغ عنه سابقاً من متجانسات ثنائية الفينيل متعدد الكلور (Strid وآخرون ٢٠١٣). وقد رُصدت مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في طيور البحر وفي بيض طيور البحر في سفالبارد بتركيزات متوسطة تبلغ ٣,٩٥ نانوغرام/مليتر (بلازما النورس البني المائل للزرقة) و٧,٨٣ و٢٣ نغ/غ بالوزن غير الجاف في بيض النورس والبط على التوالي (وكالة البيئة النرويجية، ٢٠١٣). وقد احتوى بيض البط وطائر الغاقة الأوروبية وسمك الرنجة التي تم جمعها من المناطق النائية في بحر الشمال على تركيزات من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة وصلت إلى نحو ٥ نغ/غ بالوزن غير الجاف (Huber وآخرون، ٢٠١٥). واستناداً إلى المستويات الغذائية النسبية والتركيزات المحولة لوعاريتها في أسماك القد القطبية، وبيض العيدز وبيض النورس، وبلازما النورس الرمادي المزرق، وبلازما الفقمة الحلقية، وبلازما الدب القطبي من القطب الشمالي النرويجي في سفالبارد تم حساب التراكم الغذائي بقيمة ٢,٣ (وكالة البيئة النرويجية ٢٠١٣).

٦٤ - وتبين النتائج المستخلصة من بعض بيانات الرصد، تباين النتائج بالنسبة للتوفير البيولوجي. فقد أشارت بعض البيانات إلى أن مجموعة صيغة C₁₂ أقل توافراً بيولوجياً للأسمك من البارافينات المكثورة ذات طول السلسلة الأقصى استناداً إلى نمط هذه البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في رواسب بحر البلطيق (محتوى مرتفع من C₁₂, C₁₁, C₇ و C₈) لم يلاحظ في أسماك الفلاوندر من نفس المنطقة). ولكن دراسة أخرى وجدت أن نسب متجانسات C₁₂-C₁₁ في الرواسب انعكست في الفلاوندر. وبشكل مماثل في بحيرة أوتناري يعكس نمط متجانسات C₁₁ في الاستللين في حين لم تتعكس في تلك الأسماك النسب المرتفعة نسبياً في الرواسب من C₁₂, C₁₁, C₇ و C₈. وكذلك فإن C₁₁, C₇, C₈ ليست مماثلة بالقدر الكافي في الاستللين بالمقارنة مع الرواسب نتيجة للإشارات المحتملة عن التحويل البيولوجي. وقد يحدث هذا التحويل في اللافاريات التي تعيش في الرواسب التي تتغذى عليها الأسماك، وكذلك في الأسماك De Boer (٢٠١٠). وعلى العكس من ذلك حدد ما وآخرون (٢٠١٤ ب) التضخيم الغذائي بأكثر من ١ بالنسبة لمتجانسات C₁₂, C₁₁ و C₇ في الشبكة الغذائية للعوالق الحيوانية واللافقاريات.

موجز التراكم الأحيائي

٦٥ - تشير جميع البيانات العملية المتوفرة (المختبرية والميدانية) إلى أنه يمكن للكثير من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أن تتراكم في الحيوانات والبيئات البرية. وتتراوح معاملات التركيز الأحيائي المستمدبة من المختبرات بين ١,٩٠٠ و ١٣٨,٠٠٠، بحسب الأنواع والمتجانسات المختبرة. وتتراوح معاملات التراكم الأحيائي المستمدبة من الميدان في الأسماك بين ١٦,٤٤٠ و ٣٩٨,١٠٧ لتر/كيلوغرام (بالوزن الطلق)، وكانت عوامل التراكم الأحيائي المندرجة تزيد على ٥٠٠٠ لجميع مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وبالنسبة لبعض مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة قد يحدث تحويل بيولوجي وتتوفر البيولوجي محدود. وبالنسبة لبعض الشبكات الغذائية بما في ذلك الكائنات القطبية، كانت معاملات التضخيم البيولوجي BMF ومعاملات التضخيم الغذائي تزيد عن ١، مما يشير إلى وجود التضخيم البيولوجي وإمكانيات التحول الغذائي. وتتجه قيم عوامل التراكم الأحيائي في مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (SCCPs) عموماً نحو الازدياد مع زيادة

طول سلسلة الكربون، وذرات الكلور وقيم معامل تفريغ الأوكتانول-الماء. كما أن هناك مؤشرات على أن مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يمكن أن تتضخم أحياً في الأنواع الأرضية مثل الطيور. وتستوفي مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة عموماً معايير اتفاقية استكهولم بشأن التراكم الأحيائي.

٣-٣-٣ القدرة على الانتقال بعيد المدى

٦٦ - تبين المعلومات التي قدمتها سويسرا بمقتضى المرفق هاء (٢٠٠٧) الخطوط الأساسية لدراسة أعدها Wegmann وآخرون (٢٠٠٧) حري فيها بحث إمكانيات الانتقال البعيد المدى (LRTTP) للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة وغيرها من المواد المرشحة للتسمية كملوثات عضوية ثابتة، وذلك باستخدام معايير الثبات الإجمالي (Pov) لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وأدلة فحص إمكانيات الانتقال البعيد المدى. وأشارت النتائج إلى أن خصائص الثبات الإجمالي والقدرة على الانتقال البعيد المدى لدى البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تشابه خصائص العديد من الملوثات العضوية الثابتة المعروفة. وجري تقدير إمكانية تلوث المناطق القطبية الشمالية (ACP) بواسطة العديد من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة استناداً إلى قيمها الخاصة بمعاملات تفريغ الأوكتانول-الماء، ومعاملات تفريغ الماء-الماء، ومقارنتها بنتائج إمكانيات تلوث المنطقة القطبية المتولدة عن سلسلة افتراضية من المواد الكيميائية (Wania ٢٠٠٣). وتشير النتائج إلى أن إمكانية تلوث المنطقة القطبية بمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تمثل إمكانية التلوث الناجمة عن مركبات ثنائي الفينيل رباعية إلى سباعية الكلور. وقام Gawor و Wania (٢٠١٣) بوضع نماذج لقدرات الانتقال البعيد المدى بالنسبة لجميع متجانسات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة فتبين أن هذه المركبات التي تحتوي على Cl_{6-9} (بحسب لوغارتمات معامل تفريغ الأوكتانول-الماء) تنتقل في شكل "قفارات متعددة وسابقات قفازات متعددة" ولديها القدرة على التراكم بدرجة كبيرة في الوسائط السطحية القطبية. وتحقيق المعلومات المنمذجة والمعلومات التجريبية المتوفرة النتيجة التي تفيد بأن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تمر بعملية انتقال بعيدة المدى.

٦٧ - وقد رُصدت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الهواء، وفي الرواسب وفي الأسماك والثدييات في منطقة القطب الشمالي فضلاً عن الهواء في القطب الجنوبي (انظر القسم ٤-٢). ورصد Tomy (١٩٩٧) و Bidleman وآخرون (٢٠٠١) مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في تركيزات تتراوح بين أقل من واحد و٨,٥ بيكتغ/م^٣ في الهواء المتجمع في أعلى القطب الشمالي (آليرت، جزيرة إيليسمير). وفي عام ٢٠١١، حري تحليل ١٢ عينة هوائية جمعت من محطة آليرت في أعلى القطب الشمالي بكندا (من كانون الثاني/يناير إلى آب/أغسطس) للكشف عن مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وبلغت قيمة المتوسط والوسيط للتركيزات ٩١٣,٣ و ٦٨٧,٦ بيكتغ/م^٣ على التوالي مع نطاق يتراوح بين ٢٠٥,٧ و ٢٨٧٦ بيكتغ/م^٣ وهيمنت عليها مجموعات الصيغ C_{١١} و C_{١٠} (Hung Hayley Hung). وهذا أعلى بكثير من القياسات التي حصل عليها تومي Tomy (١٩٩٧) وبidleman (٢٠٠١). وقام Borgen وآخرون (٢٠٠٠) بقياس مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بما يتراوح بين ٩,٠ - ٥٧ بيكتوغرام/م^٣ في جبل زيلين، سفالبارد، النرويج في عام ١٩٩٩. وفي عام ٢٠١٣ أبلغ عن متوسط التركيزات السنوية لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في جبل زيلين يبلغ ٣٦٠ بيكتوغرام/م^٣ مع متوسط شهري يتراوح بين ١٨٥,٦ إلى ٥٩٦,٢ بيكتوغرام/م^٣ (وكالة البيئة النرويجية، ٢٠١٤ ب). وفي عام ٢٠١٤ بلغ المعدل السنوي ٢٤٠ بيكتوغرام/م^٣ ، بمدى يتراوح من ١٤٠ إلى ٤٨٠ بيكتوغرام/م^٣ (وكالة البيئة النرويجية، ٢٠١٥). ووجد Borgen وآخرون (٢٠٠٢) تركيزات أعلى بكثير في الهواء من هذه المركبات في جزيرة بير وهي جزيرة صغيرة منعزلة بين سفالبارد والأراضي

الرئيسية للنرويج. وترواح تركيز إجمالي مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بين ١٠٠٠ إلى ٦٠٠ بيكوغرام/م^٣. وجرى قياس البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في روابس بحيرات نائية في القطب الشمالي (Tomy وآخرون ١٩٩٩، Evans و Stern ٢٠٠٣) بعيداً عن مصادر التلوث المحلية، وكذلك في حيوانات ونباتات القطب الشمالي مثل الفقمة الحلقية، وحيتان بيلوغار، والفأر (Tomy وآخرون ٢٠٠٠) وسمك الشار والطير البحري (Reth وآخرون ٢٠٠٦)، والتلوّت من البحيرات النائية (Basconcillo وآخرون ٢٠١٥) وسمك قرش غرينلاند (Strid وآخرون ٢٠١٣)، والدب القطبي والفقمة الحلقية والنورس والكيتيوك والإيدر والقد القطبي (وكالة البيئة النرويجية ٢٠١٣، وكالة التلوث والبيئة ٢٠١٢). وتشير بيانات تركيز البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الثدييات البحري في القطب الشمالي هيمنة متجانسات سلسلة كربون أقصر، إلا وهي مجموعتا الصيغة C_{10} و C_{11} (Tomy وآخرون، ٢٠٠٠)، وبعض المكونات الأكثر تطايراً في خلاطه مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (Drouillard وآخرون، ١٩٩٨)، مما يشير إلى أن هذه المركبات تنتقل على الأرجح إلى مسافات طويلة. ويتوافق ذلك مع النتائج التي توصل إليها Reth وآخرون (٢٠٠٥، ٢٠٠٦)، حيث وجدوا تركيزاً غنياً من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (SCCPs) من النوع C_{10} في الحيوانات والنباتات ببحر الشمال مقارنة ببحر البلطيق (Reth وآخرون ٢٠٠٥)، وفي القطب الشمالي بالمقارنة ببحر البلطيق (Reth وآخرون ٢٠٠٦). غير أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في كبد أسماك القرش في غرينلاند أظهرت هيمنة C_{11} و C_{12} مع البدائل Cl_6 و Cl_7 (Strid وآخرون ٢٠١١). ووُجد Halse وآخرون (٢٠١٥) في أنواع التربة التي جمعت على طول خطوط عرض المملكة المتحدة - النرويج تناقص تركيزات مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة مع تزايد قيم خط العرض مما يشير إلى أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة أقل ميلاً نسبياً إلى الانتقال بعيد المدى في الغلاف الجوي وفقاً لنتائج هذه الدراسة.

٦٨ - وتشير النتائج المنمذجة إلى أن أنصاف الأعمار في الغلاف الجوي بالنسبة للمتجانسات الرئيسية لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة الملاحظة في العينات البيئية مثل البحيرات الكبرى، وهواء والحيوانات والنباتات البرية للقطب الشمالي ($C_{10}H_{17}Cl_5$, $C_{10}H_{16}Cl_6$, $C_{10}H_{15}Cl_7$, $C_{11}H_{18}Cl_6$, $C_{11}H_{17}Cl_7$, $C_{12}H_{20}Cl_6$, $C_{12}H_{19}Cl_7$)، تزيد على يومين (القسم ٢-٢). وبوجه عام تستوفى مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة معايير اتفاقية استكهولم بشأن الانتقال بعيد المدى.

٤-٢ التعرض

٤-٢-١ التركيزات في الغلاف الجوي

٦٩ - يتناول القسم ١-٢ ما تنطوي عليه مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة من تعقيد والصعوبات التي تواجه الرصد الدقيق ووضع التقييم الكمي لهذه المركبات في البيئة. وتقاس مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الهواء في العديد من البلدان من بينها كندا (أنظر القسم ٣-٣-٢)، والمملكة المتحدة والنرويج (أنظر القسم ٣-٣-٢) والسويد والصين.

٧٠ - ويتراوح مجموع تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الغلاف الجوي (التي توجد غالباً في الحالة الغازية خلال فترة الصيف) بين ٩,٦ إلى ٢٠,٨ بيكوغرام/م^٣ في جزيرة كنج جورج، في القطب الجنوبي (Ma وآخرون ٢٠١٤ ج). وتحيمن سلاسل الكربون C_{11} و C_{10} مع ذرات Cl_6 و Cl_7 في كل من الحالة الغازية وحالة الحسيمات. ويؤدي امتصاص المادة العضوية للأفيروسولات دوراً أكثر أهمية فيما يتعلق بالتفريق في الغلاف الجوي ومن ثم في انتقال البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في منطقة القطب الجنوبي النائية (Ma وآخرون ٢٠١٤ ج).

٧١ - وترواحت تركيزات البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في عينات الهواء التي جمعت عند ايغرت، أونتاريو، كندا في عام ١٩٩٠ بين ٦٥ و ٩٢٤ بيكومغرام/م^٣ (Tomy, ١٩٩٧). وترواحت التركيزات للبارافينات نفسها فوق بحيرة أونتاريو في ١٩٩٩ و ٢٠٠٠ بين ١٢٠ و ٥١٠ بيكمغرام/م^٣ (Muir) وأخرون (Muir D.C.G, ٢٠٠١)، بيانات غير منشورة، (٢٠٠١).

٧٢ - وقد أبلغ Peters وأخرون (٢٠٠٠) عن متوسط لتركيز البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة قدره ٩٩ بيكمغرام/م^٣ في الهواء الذي جمع من موقع شبه ريفي في لانكستر، المملكة المتحدة. وقد وجد Barber وأخرون (٢٠٠٥) أن التركيزات في الغلاف الجوي بالمملكة المتحدة في ٢٠٠٣ تتراوح بين أقل من ١٨٥ و ٣٤٣٠ بيكمغرام/م^٣ (متوسط ١,١٣٠ بيكمغرام/م^٣) وكانت أعلى من مثيلاتها في نفس الموقع عام ١٩٩٧. وقام Barber وأخرون (٢٠٠٥) كذلك بحساب تركيز متوسط قدره ٦٠٠ بيكمغرام/م^٣ من البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في الغلاف الجوي للمملكة المتحدة.

٧٣ - وكانت مستويات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تتراوح في أحد الواقع الحضري في بيجين بين ١,٩ إلى ٣٣٢ بيكمغرام/م^٣ (Wang وأخرون ٢٠١٢). ورصد متوسط تركيزات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة البالغ ١٧,٦٩ بيكمغرام/م^٣ في دلتا نهر بيرك في جنوب الصين مع وفرة من السلسلة القصيرة والمتجانسات الأقل كثافة (Wang وأخرون ٢٠١٣ب). وفحص Li وأخرون (٢٠١٢) التركيزات ونمطمجموعات المتجانسات لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في كافة أنحاء شرق آسيا. وكانت التركيزات في الغلاف الجوي في الصين (نطاق التركيزات من ٤١٧ إلى ١٣,٤ بيكمغرام/م^٣) تتجاوز تلك السائدة في اليابان (٠,٢٨ إلى ١٤,٢ بيكمغرام/م^٣)، وكوريا الجنوبية (٠,٦٠ إلى ٨,٩٦ بيكمغرام/م^٣) والبلدان الأخرى. يتتجاوزان المستويات المحددة لأقاليم العالم الأخرى. وفي الصين تهيمن المكونات C_{11} مع Cl_6 على المظهر العام لهذه المركبات في حين كانت C_{11} هي الفئة الأكثر وفرة في كل من اليابان وكوريا (فيما يتعلق بإجمالي الكلور كان Cl_6 والأكثر وفرة في اليابان بينما كان Cl_7 أكثر وفرة في كوريا).

٧٤ - وقام SFT (٢٠٠٢) بقياس تركيز البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في ثلاثة عينات مستنبعات من النرويج (Narbuvoll و Molde و Valvıl). وأخذت العينات من مناطق حراجية على مسافة تبعد ما لا يقل عن ٣٠٠ متر عن الطرق والمباني، و ١٠ كيلو مترات عن المدن. وقيس تركيزات قدرها ما بين ٣ - ١٠٠ مغ/كغم بالوزن الرطب مما يشير إلى حدوث ترسب للبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في الغلاف الجوي. وجرى رصد مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الهواء وأودعت لدى برنامج الرصد في وكالة حماية البيئة في السويد منذ عام ٢٠٠٩. وتبينت تركيزات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة التي حسبت في محطة القياس في الساحل الغربي والشمالي للسويد بين ٠٠٢ و ٢ نانوغرام/متر في الهواء وبين ١٠ و ٣٨٠ نانوغرام/متر مكعب يومياً في الرواسب (Sjöberg وأخرون ٢٠١٤).

٧٥ - وكشفت نتائج الدراسة الرجعية التي قامت بها GAPS عام ٢٠٠٩ وشملت أربعة مواقع في القطب الشمالي أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة التي تم تحليلها باستخدام تركيز عال من الفصل الكروماتوغرافي بالغاز/القياس الطيفي للكتلة (GC/MS) كانت قابلة للرصد في عينات عند ٢٢٠ بيكمغرام/م^٣ عند بارو، و ٨١٠ بيكمغرام/م^٣ عند "ني أليسوند"، و ١٠٠٠ بيكمغرام/م^٣ عند "ستورهوفوي" (Stórhöfði)، و ٨٧ بيكمغرام/م^٣ عند "بحيرة ليتل فوكس" (Harner وأخرون، ٢٠١٤).

٤-٤-٢ النفايات السائلة من معالجة مياه الصرف، وحماية المجاري والأترية

٧٦ - أمكن رصد البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في الفضلات السائلة النهائية من المنشآت الشمانية لمعالجة الصرف الصحي التي أخذت عينات منها في جنوب أونتاريو، كندا. وتراوح إجمالي البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (الذائبة والجسيمات C_{10-13}) بين ٥٩ إلى ٤٨ نغ/لتر. ووُجدت أعلى التركيزات في العينات التي أخذت من منشآت المعالجة في المناطق الصناعية، ومن بينها هاميلتون، وساند كاترين (Muir وآخرون ٢٠٠١).

٧٧ - وأبلغ Reiger and Ballschmiter (١٩٩٥) عن أن تركيزات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة من النوع C_{10-13} التي محتواها من الكلور ٦٢٪ بلغت 12 ± 80 نانوغرام/لتر في المياه الواقعة أعلى بحري الماء من منشأة المعالجة و 10 ± 73 نانوغرام/لتر في المياه الواقعة أدنى بحري الماء من منشأة معالجة حماة الصرف الصحي في ألمانيا. وكان تركيز البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة SCCP في الفضلات السائلة هو ١١٥ نانوغرام/لتر في الولايات المتحدة. وأبلغ Murray وآخرون (١٩٨٨) عن تركيزات SCCP بمحتوى كلور ٦٠٪ من النوع C_{10-13} تقع في مجال يتراوح بين أقل من ٣٠٠-١٥٠ نانوغرام/لتر، وذلك في مياه خندق عزل للتصرف يتلقى النفايات السائلة من مصنع لإنتاج البارافينات المكثفه CPs في دوفر، أوهايو.

٧٨ - وقام Lino وآخرون (٢٠٠٥) بقياس تركيزات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في التدفقات الداخلية والفضلات السائلة الخارجية في ثلاثة منشآت لمعالجة مياه الصرف لبلديات في اليابان في عام ٢٠٠٢. وتراوحت البارافينات المذكورة في التدفقات الداخلية من ٣٦٠ إلى ٢٢٠ نانوغرام/لتر وفي الفضلات السائلة الخارجية من ١٦ إلى ٣٥ نانوغرام/لتر. وكانت جميع عينات المخلفات تحتوي على C_{10-13} مع خمسة إلى ثمانية كلور في كل متجانس. ولم تظهر أي عينة من عينات الفضلات السائلة الخارجية الثلاث أي مستويات قابلة للرصد من متجانسات C_{12} و C_{13} مما يشير إلى احتمال أن تكون معالجة حماة الصرف الصحي قادرة على إزالة متجانسات C_{12} و C_{13} .

٧٩ - وقيس البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة أيضاً في حماة الصرف الصحي. ووجد Stevens وآخرون (٢٠٠٢) تركيزات تتراوح بين ٦,٩ إلى ٢٠٠ ميكروغرام/غرام بالوزن الجاف لمركبات البارافينات المذكورة في حماة الصرف الصحي المأخوذة من ١٤ منشأة لمعالجة مياه الصرف في المملكة المتحدة. ووُجدت أعلى التركيزات للبارافينات المكثفه قصيرة السلسلة SCCPs في الحماة المأخوذة من مستجمعات المياه الصناعية. ومع ذلك فهي مستجمع قروي خالٍ من المخلفات الصناعية ووُجدت مستويات كبيرة (٥٩٠ ميكروغرام/غرام) من مجموعة البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة في الحماة (Stevens وآخرون ٢٠٠٢). ومنذ عام ٢٠٠٤ ترصد مركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة على أساس سنوي في حماة تسعة منشآت لمعالجة مياه الصرف في السويد، وفي عام ٢٠١٣ تراوحت مستويات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة بين ٠,٨ و٢٠٠ ميكروغرام/غرام. وحتى الآن لا يمكن تحديد أي اتجاهات زمنية هامة (IVL ٢٠١٥). وقام Zeng وآخرون (٢٠١٢ ب) بقياس تركيزات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في حماة الجاري فووجدوا تركيزات تتراوح بين ٠,٨ إلى ٥٢,٧ ميكروغرام/غرام بالوزن الجاف (متوسط ١٠,٧ ميكروغرام/غرام من ٥٢ منشأة لمعالجة مياه الصرف في الصين. وتشير نتائج توازن الكتل من منشأة لمعالجة مياه الصرف البلدية في بيجين إلى أن ٠,٨ في المائة و٧٢,٦ في المائة من الحمولة الأولية لكتلة مركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة (تدفقات داخلة ١٨٤-١٩٩ نانوغرام/لتر) ووُجدت في الفضلات السائلة الخارجية (٦-٢٧ نانوغرام/لتر) والحماء المحفوظة ٦-١٥,٤ نانوغرام/لتر من الوزن الجاف، في حين فقدت كمية تبلغ ٢٦,٦ في المائة نتيجة للتسرّب.

وخلص المؤلفون إلى أن حمأة المجاري تشكل مستودعاً ضخماً لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة أثناء معالجة مياه الصرف (Zeng وآخرون ٢٠١٢أ). وقد تكون التربة الزراعية أيضاً مستودعاً ضخماً محتملاً لمركبات البارافينات المكلورة Cp بسبب استخدام حمأة المجاري (Stevens وآخرون ٢٠٠٢، Nicholls وآخرون ٢٠١١) أو الري بمياه الصرف مما يؤدي إلى تراكم كبير لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في التربة الزراعية مع تركيز يتراوح بين ١٥٩,٩ إلى ١,٤٥٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف (Zeng وآخرون ٢٠٠١ب).

٨٠ - وفق Gasperi وآخرون (٢٠١٢) نوعية التدفق المجتمع لمياه المجاري في مستجمع للمياه في منطقة حضرية. وتراوح تركيز مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بين ١٥ إلى ٥٠ ميكروغرام/لتر مما يشير إلى أن مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في فائض مياه المجاري المجتمع قد تشكل مخاطر بيئية كبيرة لدى مقارنتها بمعايير النوعية البيئية للاتحاد الأوروبي بالاقتران مع الهيدروكربون العطري المتعدد الدورات ومركبات التريبوتلين.

٨١ - ووجد أن متوسط تركيز البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة يبلغ $4 \pm 60,4$ نانوغرام/غرام من الوزن الجاف بالنسبة للأثربة المأخوذة بالقرب من موقع لدفن القمامات في إكاليلت بنونافوت في المنطقة القطبية الكندية (Dick et al., ٢٠١٠)، حسبما ورد في المعلومات المقدمة من رابطة صناعة البارافينات المكلورة في ٢٠١٠ بموجب المقرر هاء). وتبين النتائج أن مدفن القمامات قد يعمل كمصدر محلّي للتلوث بالبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في إكاليلت.

٨٢ - وقيست البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الأثربة السطحية من منطقة أساسية في الصين (جزيرة شونغهنهن) حيث تراوحت تركيزات إجمالي البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في ٢٧ عينة تربة من ٤٢ إلى ٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف مع هيمنة متجانسات C_{12} و C_{14} ومتجانس الكلور Cl_7 و Cl_8 في معظم عينات التربة (Wang وآخرون ٢٠١٣أ). ورصدت البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في ٣٩ موقعًا خلفياً من التربة السطحية لأراضي الغابات والأراضي العشبية التي جمعت من غرب أوروبا (قطع عرضي المملكة المتحدة - التروبيج)، حيث كان لها أعلى متوسط للتركيز (100 ± 35 نانوغرام/غرام من المادة العضوية للتربة يليها الإندوسلفان وخامس كلورالبنزين). ويشير الانخفاض الشديد في تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة مع ازدياد خطوط العرض إلى أن توزيعها المكاني ناتج عن القرب من مناطق المصدر. وكانت تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (متوسط بلغ ٥٠ و ٢٢ نغ/غ من مادة التربة العضوية في المملكة المتحدة والتروبيج على التوالي) أعلى بوضوح من تركيزات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور PCB ٢٣١ في العينات نفسها (٥ و ٨ نغ/غ من المادة العضوية للتربة في المملكة المتحدة والتروبيج على التوالي) وأخرون ٢٠١٥).

٨٣ - وأبلغ Wang وآخرون (٢٠١٤) عن بيانات تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الأثربة الحضرية التي جمعت من شنغهاي. وتراوحت تركيزات إجمالي مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (٧٥ موقعاً للعينات) بين مستوى أقل من حدود الرصد إلى ٦١٥ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف، وبلغت قيمتها الوسطية ١٥,٧ نانوغرام/غرام.

٨٤ - وفي دراسة صغيرة النطاق، قدم Chen وآخرون (٢٠١٣) بيانات عن مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في أثربة جمعت من منطقة حضرية في شنغهاي تتبادر فيها استخدامات الأرضي. وتراوح إجمالي تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة التي جمعت من ١٧ عينة بين ٧ و ٥٤١ نانوغرام/غرام

(متوسط: ٨٤ نانوغرام/غرام). وكانت المتجانسات المهيمنة في ملامح البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تحتوي عادة على أطوال السلسلة الكربون C_{11} و C_{12} ، وبين ٦ و ٧ ذرات من الكلور. وقام جاو وآخرون (٢٠١٢) بقياس ٥٦,٩ إلى ١٧١,١ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في تربة حقول الأرز و ٨٣,٥ إلى ١٨٩,٣ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في تربة المرتفعات الواقعة في حوض نهر ليوه.

٣-٤-٢ المياه السطحية والبحرية

٨٥ - رصدت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة SCCPs في المياه السطحية في أونتاريو ومانيتوبا، كندا. وقيمت مستويات منخفضة من إجمالي البارافينات (C_{10-13}) الذائبة غريبي بحيرة أونتاريو في عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٠. وتراوحت التركيزات بين ١٦٨،٠ إلى ١,٧٥ نانوغرام/لتر في ١٩٩٩، بينما كانت التركيزات أقل (٤٠٧٤-٠٠٧٧٪ نانوغرام/لتر) في ٢٠٠٠ (Muir وآخرون، ٢٠٠١). وكان متوسط تركيز إجمالي البارافينات SCCPs في المياه من بحيرة أونتاريو (عمق ٤ أمتار) بين عامي ٢٠٠٠ و ٤٠٠٤ يبلغ ٢٠٠٤ نانوغرام/لتر. وتراوحت التركيزات بين ٠,٧٧٠،٠ إلى ١,٩٣٥ نانوغرام/لتر، وبين ١,٠٣٩ إلى ١,٤٨٨ نانوغرام/لتر ومن ٦,٦٠ إلى ١,٠٧١١ نانوغرام/لتر في السنوات ٢٠٠٠ و ٢٠٠٢ و ٢٠٠٤ على التوالي (Houde وآخرون، ٢٠٠٨). وقيمت تركيزات قدرها 14 ± 30 نانوغرام/لتر في النهر الأحمر في سيلكيرك، مانيتوبا، خلال فترة ٦ أشهر من عام ١٩٩٥ (تومي ١٩٩٧). وعزا تومي وآخرون (١٩٩٩) ذلك إلى وجود البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في مياه مصدر محلى، ربما كان مصنعاً لتشغيل/إعادة تدوير المعادن في مدينة سيلكيرك، وذلك بسبب تشابه ملامح توافر مجموعة هذه الصيغ مع معايير PCA-60، وهي شكل تجاري من أشكال البارافينات SCCP، المستخدمة في الدراسة.

٨٦ - ورصدت وزارة البيئة في اليابان (٢٠٠٦) أنواع البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCP في ست عينات للمياه السطحية من أماكن عديدة و مختلفة في اليابان لستتها (المالية) ٢٠٠٤ ولم تجد أي تركيزات تزيد على القيم الحدية القابلة للكشف (والتي تراوحت بين ٠,٠٠٥٥ إلى ٠,٠٢٣ ميكروغرام/لتر ضمن أطوال السلسلة). وقد أخذت عينات من المياه السطحية من نهرين (أربعة مواقع) في اليابان في ٢٠٠٢. وتراوحت تركيزات البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCP بين ٧,٦ و ٣١ نانوغرام/لتر (لينو وآخرون ٢٠٠٥ و تاكاسوجا وآخرون ٢٠٠٣). وقام Zeng وآخرون (٢٠١١) بتركيز البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في مياه بحيرة يصلها تصريف النفايات السائلة من منشأة لمعالجة مياه الصرف في بيجين، الصين، فوجدوا أن نطاقه يتراوح بين ١٦٢ إلى ١٧٦ نانوغرام/لتر.

٨٧ - وقد رصدت البارافينات SCCP في مياه الأنهر بما يتراوح بين ٣٠٠ (الحد الأدنى للتركيز الذي يمكن كشفه) و ١,١٠٠ نانوغرام/لتر في إسبانيا (Castells وآخرون ٢٠٠٣ و ٢٠٠٤) وبتركيزات من ١٥,٧٤ إلى ٥٩,٥٧ نانوغرام/لتر في نهر سان لورانس، كندا (Moore وآخرون ٢٠٠٣) ومن أقل من ١٠٠ إلى ١,٧٠٠ ملم/لتر في إنجلترا وويلز (Nicholls وآخرون ٢٠٠١).

٨٨ - وقد وجدت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في خليج نياودنخ في شمال الصين بمستويات تتراوح بين ٤,١ إلى ١٣,١ نانوغرام/لتر (ما وآخرون، ٢٠١٤ بـ). كما لوحظت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الجداول والأنهار والبحيرات في إيكاليت بنونافوت في المنطقة القطبية في كندا. وتبينت التركيزات، تبعاً للموقع، مما هو دون حد الاكتشاف وحتى ١١٧ نانوغرام/لتر. وتشير النتائج إلى وجود مصادر محلية للتلوث بالبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في إيكاليت، كما تشير إلى انتقالها في الغلاف الجوى (Dick et al., ٢٠١٠).

٤-٤-٢ الرواسب

٨٩ - رصدت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة CCP في الرواسب حول البحيرات العظمى في كندا، وفي الصين، وألمانيا، وجمهورية التشيك، وسويسرا، وإسبانيا، وفرنسا، والنرويج، واليابان والمملكة المتحدة. ورصدت كذلك في رواسب القطب الشمالي.

٩٠ - وقيست دفقات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة CCP (بالمليکروغرام/م^٣ سنوياً) في الشرائح السطحية (بعمق صفر - ١ سم) من عينات الرواسب في العديد من رواسب البحيرة الكندية (Muir وآخرون، ١٩٩٩؛ Tomy وآخرون ١٩٩٩). ولوحظت أعلى هذه الدفقات في رواسب البحيرات بالقرب من المناطق الحضرية (غرب بحيرة أونتاريو وجنوب حوض بحيرة وينيبيغ). ولوحظت أقل الدفقات في البحيرات الأكثر بعداً، بما فيها بحيرة سوبيريور، وهذه تتأثر، بدرجة رئيسية، بالماء الداخلة إلى الغلاف الجوي. وتؤدي هذه النتائج بأن أعلى مستويات بقايا البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة CCP التي لوحظت في رواسب البحيرات كانت قد أخذت من مناطق حضرية.

٩١ - قام Tomy وآخرون (١٩٩٧) بقياس البارافينات SCPPs فوجدوها بتركيزات بلغت نحو ٢٤٥ ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف في عينات عشوائية من الرواسب المأهولة من مصب نهر ديترويت عند بحيرة إيري وجزيرة ميديل سيستر في بحيرة إيري الغربية في عام ١٩٩٥. ووجدت البارافينات SCPPs كذلك في جميع عينات الرواسب السطحية التي أخذت من مناطق الموانئ على طول بحيرة أونتاريو بتركيزات تتراوح بين ٥,٩ و ٢٩٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف (Muir وآخرون ٢٠٠١). وقد وجدت أعلى التركيزات في الموقع الذي يتسم بأكثف نشاط صناعي (حوض وينديمير، ميناء هاميلتون). كما، أبلغ Marvin وآخرون (٢٠٠٣) عن تركيز قدره ٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف لبارافينات SCPPs في رواسب من بحيرة أونتاريو بالقرب من مناطق صناعية.

٩٢ - وفي المنطقة القطبية الشمالية من كندا، تراوحت تركيزات البارافينات CCP في عينات الرواسب (بعمق صفر - ١ سم) بين ١,٦ إلى ١٧,٦ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في ثلاثة بحيرات نائية (Tomy وآخرون، ١٩٩٨، و Evans و Stern ٢٠٠٣)، و آخرون ٢٠٠٥). ووجدت في الجداول والأنهار والبحيرات في إكاليل بنوافذ في المنطقة القطبية في كندا تركيزات كبيرة من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة تراوحت بين ٥,٢ و ١٣٨,١ نانوغرام/غرام في الوزن الجاف (Dick et al. ٢٠١٠)، حسبما ورد في المعلومات المقدمة من رابطة صناعة البارافينات المكلورة في عام ٢٠١٠ بموجب المقرر هاء. وتشير النتائج إلى وجود مصادر محلية للتلوث بالبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في إكاليل بالإضافة إلى الانتقال الجوي (Dick et al. ٢٠١٠).

٩٣ - وجرى تحليل عينة رواسب مؤرخة من بحيرة ثون (سويسرا) تغطي السنوات المائة والعشرين الأخيرة (١٨٩٩ إلى ٢٠٠٤) للحصول على نظرة عامة على الاتجاه التاريخي للبارافينات المكلورة (Iozz وآخرون ٢٠٠٨). وقيمت تركيزات بمقدار ٥ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في الشريحة العميقية من رواسب ما قبل عصر التصنيع. وظلت التركيزات دون ١٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف خلال الفترة من ١٩٦٠ إلى ثمانينيات القرن الماضي، وزادت إلى حد أقصى قدره ٣٣ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في ١٩٨٦ لكي تستقر تقريباً حتى عام ٢٠٠٠. وفي عام ٢٠٠٤ بلغت مستويات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الرواسب السطحية ٢١ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وتراوحت البيانات لتركيزات هذه المادة في الرواسب المأهولة من أراضي الفيورادات الحضرية في الترويج بين ٦٠ إلى ١٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف (وكالة البيئة الترويجية ٤٢٠١٤).

٩٤ - وقيس تركيزات للبارافينات SCCP تتراوح بين ١,٢٥٠ إلى ٢,٠٩٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في عينات رواسب بحرية جمعت من المنطقة الساحلية لبرشلونة (إسبانيا) وبالقرب من تصريفات تحت سطح الماء ناشئة من منشأة لمعالجة مياه الصرف تقع عند مصب نهر بيسوس (برشلونه) (Castells وآخرون، ٢٠٠٨). ووجد Zeng وآخرون (٢٠١٢ ج) مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في جميع عينات الرواسب السطحية من بحر الصين الشرقي بتراكيز يتراوح بين ٥,٨ و٦٤,٨ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وأظهر توجه التوزيع المكاني انتفاذاً مع الابتعاد عن الساحل وإن كانت أعلى القيم قد وجدت بعيدة عن اليابسة. وكانت مجموعة متجانسات C_1 هي الأكثر وفرة بينمجموعات سلاسل الكربون. وأظهرت المقاطع الطولية لعينات الرواسب أن تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة تتضاءل من السطح إلى العمق البالغ ٣٦ سم ثم تزداد بصورة طفيفة مرة أخرى في العمق مما ينم عن وجود تناسب طردي كبير مع إجمالي الكربون العضوي (TOC)، والمحتوى من الكلور. وقام Zhao وآخرون (٢٠١٣) بقياس مركبات البارافينات في الرواسب السطحية من دلتا نهر يانجتسي البالغ عددها ٣٧ وعلى طول خط الساحل زهجياغ - نوجيان فوجدوا أنها تتراوح بين ٩ و٣٧,٢ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وقد أثر إجمالي الكربون العضوي بصورة ملحوظة في انتقال مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة وعزى ذلك إلى المدخلات النهرية من نهر يانجستي، ويوجد الجزء الأكبر من هذه المركبات المتواضعة في الرواسب في المنطقة الساحلية، ولا يتقلل سوى جزء صغير إلى المناطق البعيدة عن الساحل Zeng وآخرون (٢٠١٢). وفي دراسة أجريت مؤخرًا عن مستويات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في بحر بوهای تراوحت هذه المستويات بين ٩٧,٤ و٧٥٦,٧ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في ١٥ من الرواسب السطحية (المتوسط ٦٥٠,٧ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف (Ma) Zhao وآخرون ٢٠١٤). وقد قياس مركبات البارافينات في نطاق يتراوح بين ٦٥ و٥٤١ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في ١٠ رواسب بحرية من خليج لياودونغ في الصين (المتوسط ٢٩٩ نانو/غرام) (Ma وآخرون ٢٠١٤ ب).

٩٥ - ورصدت مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في نهر بيسوس في إسبانيا (٢٥٠ إلى ٣,٠٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف) Parera وآخرون (٢٠٠٤) وفي العديد من الأنهر في ألمانيا وفرنسا والبرتغال (٢ إلى ٧٥ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف) Hütting (٢٠٠٦). ووجدت (١٩٩٤) مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في رواسب في ألمانيا بتراكيزات تتراوح بين أقل من ٥ إلى ٨٣ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف. وكانت العينة التي بلغ الترکیز فيها ٨٣ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف من نهر الراين (وكالة البيئة في المملكة المتحدة ٢٠٠٣ ب).

٩٦ - وقد شملت إحدى دراسات البارافينات قصيرة السلسلة SCCPs ومتوسطة السلسلة MCCPs في المملكة المتحدة ٢٠ موقعًا مائيًا وثمانية مواقع زراعية (Nicholls وآخرون ٢٠٠١). وقد اختار Nicholls وآخرون في عام (٢٠٠١) رواسب سطحية من ثلاثة مواقع على مسافات تراوحت بين متر و ١٠٠ متر، وبين ٢٠٠ و ٣٠٠ متر، وبين ١ و ٢ كيلومتر من مصب مخلفات سائلة لمنشأة بلدية لمعالجة مياه الصرف الصحي وفي اتجاه جريان مياه المصب. وخلصت إلى أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة منتشرة على نطاق واسع في بيئة المملكة المتحدة. وفي الحالات التي حدثت فيها تركيزات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة SCCP بصورة منفصلة عن البارافينات المكلورة متوسطة السلسلة MCCP تراوحت التركيزات بين ٦,٠ و ١٠,٣ مغ/كغ بالوزن الجاف (Nicholls وآخرون ٢٠٠١).

٩٧ - وأبلغ Pribylova وآخرون (٢٠٠٦) عن تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في ٣٦ عينة رسوبية من ١١ نهرًا تشيكيًا وخمس فتحات تصريف بالقرب من مناطق صناعية. وتراوحت التركيزات بين عدم

الكشف و ٣٤٧,٤ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وفي عامي ٢٠٠١ و ٢٠٠٢ جرى فحص عينات رواسب من الجمهورية التشيكية لتحديد محتواها من البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة SCCP، وذلك في ثلاثة مواقع تتلقى تصريفات صناعية مختلفة. وقد تبين تركيزات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة SCCP في الرواسب بين ٢٤ و ٤٥,٧٨٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في منطقة كوشينكا (منطقة مرجعية) وبين ١٦,٣٠ إلى ١٨٠,٧٥ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في منطقة زيلين (الصناعات المطاط والدبابنة والنسيج) وبين ٤,٥٨ إلى ٢١,٥٧ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في منطقة بيراون (لصناعة الأسمنت والآلات) Stejnjarova (٢٠٠٥).

٩٨ - ورصدت وزارة البيئة في اليابان (٢٠٠٦) البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة SCCPs في ست عينات رسوبية قاعية من مناطق في جميع أنحاء البلد في ٢٠٠٤ (السنة المالية اليابانية) ولم تجد أي تركيزات تزيد على حد الاكتشاف (الذي تراوح بين ٣٤,٠ إلى ٣٠,٠ نانوغرام/غرام فيما بين أطوال الكربون). وقد أحذت ست عينات من الرواسب من ثلاثة أنهار في اليابان في ٢٠٠٣ (Lino) وبين ٤,٩ إلى ٤٨٤,٤ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. ووجدت في خمس من العينات ست تركيزات أعلى من ١٩٦,٦ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف.

٩٩ - وجرت دراسة الاتجاهات المكانية والزمنية لمركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في الرواسب من دلتا نهر بيرل في جنوب الصين (Chen وآخرون ٢٠١١). وتباينت التركيزات من ٣٢٠ إلى ٦,٦٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وقيسست مستويات مرتفعة في رواسب الأحواض الواقعة بالقرب من منطقة إعادة تدوير النفايات الإلكترونية (٢,٨٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف) وفي الرواسب النهرية في منطقة ذات نشاط صناعي كبير (١,٢٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف). ولوحظ تزايد وفرة المتجانسات قصيرة السلسلة والانخفاض المتجانسات المكثفه في المناطق التي ينخفض فيها النشاط الصناعي وقد يكون ذلك نتيجة لفضيل نقل المتجانسات قصيرة السلسلة ونوع الكلوره من المتجانسات الأعلى كلوره. وفي العينات المأخوذة من عمق الرواسب ظهرت أعلى التركيزات في الطبقات المرتفعة (٦٧٠ إلى ١,١٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف عند صفر إلى ٣٢ سم) بالمقارنة مع الطبقات الأكثر عمماً (٦٨٠-٢٩٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف عند ٣٦ إلى ٦٨ سم) مما يشير إلى زيادة في الاستهلاك خلال السنوات الأخيرة.

١٠٠ - ورصدت مركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في ٢٢ عينة للرواسب من نهر ليواه في شمال الصين بتركيزات تراوحت بين ٣٩,٨ إلى ٤٨٠,٣ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وزادت المستويات مع تدفق هذا النهر عبر المناطق الصناعية. وأشارت عملية حصر أولية للرواسب إلى وجود ما يقرب من ٣٠,٨٢ طن من بقايا مركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في رواسب نهر ليواه Gao (٢٠١٢).

١٠١ - وجاءت من بحر بوهای والبحر الأصفر في الصين ١١٧ عينة من الرواسب السطحية، وعيّنتان من الرواسب العميقه لدراسة الاتجاهات المكانية والزمنية لمركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة على نطاق واسع في البيئة البحرية الصينية. وبلغ إجمالي البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في الرواسب السطحية في حدود ١٤,٥ - ٨٥,٢ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف بمتوسط يبلغ ٣٨,٤ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. وأظهر التوزيع المكاني اتجاهًا تناظریاً مع ازدياد المسافة من الساحل إلى المياه المفتوحة. وترأوحت تركيزات مجموع مركبات البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة في عيني الرواسب العميقه من ١١,٦ إلى ٩٤,٧ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف ومن ١٤,٧ إلى ١٩٥,٦ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف على التوالي، مع ارتفاع حاد من أوائل خمسينيات القرن الماضي إلى الوقت الحاضر. وكانت مصادر البارافينات المكثفه قصيرة السلسلة بشكل أساسي من التدفقات النهرية التي يحملها تيار المحيط، وبشكل جزئي من الترسيب من الغلاف الجوي Zeng (٢٠١٣).

١٠٢ - وأشارت بيانات رصد مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بين عامي ٢٠٠٢ و ٢٠١٢ في عينات أخذت من موقع موزعة عبر الترويج إلى أن متوسط جميع البيانات الوطنية بلغ ٣٣ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف من الرواسب البحرية و ٣٦ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف من رواسب المياه العذبة و ٣١ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف من حمأة البخاري و ١٩ نانوغرام/لتر لمياه منشآت معالجة مياه الصرف و ٥ نانوغرام/لتر من المياه البحرية والعذبة (وكالة المناخ والتلوث، الترويج ٢٠١٢).

١٠٣ - وباختصار، زادت خلال السنوات الأخيرة التغطية الجغرافية للمستويات البيئية ومعلومات الاتجاهات بشأن مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة حيث تغطي الآن شرق آسيا أيضاً. ويفسر القرب من المناطق الصناعية والحضرية الكثير من التباينات المكانية في الرواسب. ووُجدت أعلى التركيزات (في حدود ميغاغرام/كيلوغرام) في بحر بوهاري وفي رواسب المياه البحرية والعذبة في إسبانيا. وفي الواقع الخلفية مثل بحيرات القطب الشمالي الكندي رصدت تركيزات قابلة للكشف وكانت عادة في النطاق الأدنى بالنانوغرام/غرام لإجمالي مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة. وتشير عينات الرواسب العميقه المؤرخة إلى وجود انخفاض في حمولات البارافينات المكلورة قصيرة السلسلة في بحيرة ثون وبحر الصين الشرقي، ولكن إلى اتجاه متزايد في دلتا نهر بيرل.

٤-٥ الحيوانات

١٠٤ - رصدت بارافينات مكلورة قصيرة السلسلة في الكائنات الحية في كندا، والصين، والمملكة المتحدة، وشيلي، واليونان، وألمانيا، وآيسلندا، وفنلندا، والسويد، والولايات المتحدة الأمريكية، والترويج، واليابان وبحر الشمال. ورصدت كذلك في كائنات المنطقة القطبية الشمالية.

١٠٥ - وأبلغ Strid وآخرون (٢٠١٣)، أن المستويات في كبد سمك القرش في غرينلاند تظهر تباينات شاسعة تتراوح من الحد الأدنى للرصد إلى ٥,٢٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف مع متوسط قدره ٤٣٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف.

١٠٦ - وتراوحت تركيزات مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في سمك الشار في القطب الشمالي من منطقة ابلاسين بين ١١ و ٢٧ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب في الكبد (Evenset وآخرون ٢٠٠٤ واستشهد به في De Boer ٢٠١٠). وظهر لدى نوعين من الطيور البحرية هما الأول الصغير والنورس جرى جمعها من بيرونونا نطاق مماثل من تركيزات مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الكبد والعضلات لتلك التي وجدت في كبد سمك الشار. وكانت هناك نسب متماثلة نوعاً ما منمجموعات أطوال السلسلة C₁₁ و C₁₂ و C₁₃ و C₁₄ من مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في سمك الشار وفي نوعي الطيور البحرية. مما قد يعكس أن ذرق (روث) الطيور البحرية يشكل أحد مصادر مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الاسيون (Reth وآخرون ٢٠٠٦) عن مستويات Evenset (Ellasjøen) وآخرون (٢٠٠٧). وأبلغ De Boer (٢٠١٠) Reth وآخرون (٢٠٠٦) عن مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في أسماك الشار في القطب الشمالي والطيور البحرية (الأوك الصغير والنورس) المجمعة من جزر بيرل (القطب الشمالي الأوروبي) فضلاً عن سمك القرش من آيسلندا والترويج. ووُجدوا أن تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة تتراوح بين ٥ و ٨٨ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب.

١٠٧ - وقام Dick وآخرون (٢٠١٠) بقياس مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في أسماك شار القطب الشمالي التي تهاجر نحو أعلى الأنهر في المناطق الداخلية (*Salvelinus alpinus*) ومن الأسماك الشائكة الظهر بالتسعة الزعانف (*Pungitius pungitius*) وذلك من عدة مواقع بالقرب من إيكوالت وفونا فوت، كندا.

وتراوحت تركيزات مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة من المستوى غير المرصود إلى ٩٦ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف، ومن ١٣,٨ إلى ١٠,٧ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في أسماك الشار في القطب الشمالي، والنورس على التوالي.

١٠٨ - وقام Muir وآخرون (٢٠٠٢، ٢٠٠١) بقياس البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة SCCP في الأسماك التي جمعت من بحيرة أونتاريو في ١٩٩٦ و٢٠٠١. وتراوحت التركيزات بين ٧,٠١ و٢,٦٣٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب. ودللت القياسات على وجود أعلى التركيزات في سمك الشبوط (carp) الذي جُمع عند ميناء هاميلتون. وسادت البارافينات SCCP من النوع C₁₂ في أسماك التراوت في البحيرة بينما كان النوع C₁₁ هو نوع البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة السائد في أسماك الإصقليين والملف (smelt).

١٠٩ - وقد رصدت البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة SCCP في الأسماك واللافقاريات في البحيرات العظمى وتراوحت المستويات المتوسطة بين ١٣٠ و٥٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب (Muir وآخرون ٢٠٠٣). وتراوحت مستويات البارافينات SCCPs بين ١١٨ و١,٢٥٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب في الشبوط ومن ٤٤٧ إلى ٥,٣٣٣ نانوغرام/غرام في التراوت من بحيرة أونتاريو (Bennie وآخرون ٢٠٠٠).

١١٠ - وجرى تحديد تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة SCCP في تراوت البحيرات والشبوط وفي عينات السلسل الغذائية في بحيرة أونتاريو وبحيرة ميتشيجان من العينات التي جمعت بين ١٩٩٩ و٢٠٠٤ (Houde وآخرون ٢٠٠٨). وقد كانت البارافينات SCCP سائدة لدى كائنات بحيرة ميتشيجان حيث رصدت أعلى التركيزات في تراوت البحيرة (Salvelinus namaycush)، ١٢٣ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب). وتراوحت هذه التركيزات من ٧,٥ إلى ١٢٣ ومن ١٠٢ إلى ٢٤ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب في بحيرة ميتشيجان وبحيرة أونتاريو على التوالي ورصد أقل متوسط لتركيزات البارافينات SCCP (٧,٥ و٤,٢ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب) في قشريات Mysis من بحيرة ميتشيجان وبحيرة أونتاريو على التوالي.

١١١ - وقد أحرى إسماعيل وآخرون (٢٠٠٩) دراسات أخرى على تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في تراوت البحيرة من بحيرة أونتاريو. وتم تحديد الاتجاهات الزمنية للتركيزات في الأنسجة خلال الفترة ١٩٧٩-٢٠٠٤ باستخدام نسيج مخزن متحانس لأسماك كاملة من برنامج رصد طويل الأجل. وتراوحت تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بين ١٧ إلى ٩١ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب. وأوضحت التركيزات زيادة في الاتجاهات وإن تكون غير ذي شأن في الفترة من ١٩٨٨ حتى ١٩٧٩ أعقبها تناقص ملحوظ حتى ٢٠٠٤ (Ismail et al. ٢٠٠٤).

١١٢ - وقام Basoncillo وآخرون (٢٠١٥) بقياس مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في الأسماك المفترسة العليا من تسعه مسطوحات مائية في كندا في المناطق الحضرية/الصناعية. وشملت الدراسة بحيرة كوساوا النائية التي لا تتلقى مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة إلا عن طريق الانتقال بعيد المدى. وكانت تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في تراوت البحيرات منخفضة نسبياً (متوسط ٢ نغ/غ بالوزن غير الجاف)، ولكنها مشابهة للتركيزات التي وجدت في تراوت البحيرات الكبيرة، وهي منطقة حضرية وصناعية. ولدى مقارنة عينات تراوت بحيرة أونتاريو من السنوات ٢٠٠١ إلى ٢٠١١، انخفضت تركيزات مجموعة مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بمعامل ٦,٦ إلا أن العينات كانت قد أخذت من دراسات مختلفة. ولكن البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة التي تحتوي على C₁₁ و C₁₂ و C₁₃ مع ٥ إلى ٧ من ذرات الكلور ازدادت بدرجة كبيرة في ٢٠١١ مما يشير إلى حدوث تحول أصبح فيه الانتقال في الغلاف الجوي هو أهم مصدر

(Basoncillo وآخرون ٢٠١٥). وقيس مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في أسماك البيرش (perch) وشار القطب الشمالي من البحيرات السويدية في ٢٠٠٧ و ٢٠١٠. وتراوحت تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بين ٦٠٠ إلى ٣٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق. ولم يمكن التعرف على أي تباين مكاني مستقر بالنسبة لتركيز مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة، وكذلك لم تحدث أي فروق كبيرة بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠١٢ (Nyberg وآخرون ٢٠١٢).

١١٣ - قام SFT (٢٠٠٢) بقياس تركيزات SCCPs في الواقع الزرقاء وكبد أسماك القد من النرويج. وكانت البارافينات SCCPs موجودة في جميع العينات بتركيزات تتراوح بين ١٤ و ١٣٠ ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الطلق في الواقع وبين ٢٣ و ٧٥٠ ميكروغرام/كيلوغرام في كبد أسماك القد. وأبلغت وكالة البيئة النرويجية (٢٠١٤) عن تركيزات مرتفعة من البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (أكثر من ٢,٠٠٠ نانوغرام/غرام بوزن الدهن في دم الرنجة والنورس من أوسلوفينورد) وأبلغ Lahaniatis (٢٠٠٠) عن قيم متوسطة من SCCPs من أطوال السلاسل المختلفة (C_{10} - C_{13}) تتراوح بين ٦ و ١٣٥ ميكروغرام/كيلوغرام في أسماك (السيرات والسمك الأحمر والرنكة، والهالبيوت والسردين والتراوت) من موقع مختلف في إنجلترا والنرويج وشيلي والميونان وألمانيا وأيسلندا وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية وبحر الشمال. قام Eeth وآخرون (٢٠٠٥) بقياس تركيزات البارافينات SCCPs ووجدوا أنها تتراوح بين ١٩ و ٢٨٦ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق في كبد الأسماك (داب بحر الشمال والقد والفالوندر) من بحر الشمال والبلطيق. قام Huber وآخرون (٢٠١٥) بقياس البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في بيض الطيور البحرية في النرويج وتراوحت التركيزات بين ٢ - ٤,٨ نغ/غ بالوزن غير الجاف.

١١٤ - ورصدت وزارة البيئة في اليابان (٢٠٠٦) البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في خمس عينات للحياة البرية المائية من جميع أنحاء اليابان ولم تجد أي تركيزات تزيد على الحدود التي يمكن أن تكتشف هذه المادة عندها (٠,٢ إلى ١,٥ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق).

١١٥ - وأبلغ Yuan (٢٠١٢) عن كمية من مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في ٩١ عينة من عينات الواقع من المياه الساحلية في بحر بوهای الصيني بتركيزات تتراوح بين ٦٤,٩ و ٥,٥١٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف. واستعرض لي وآخرون (٢٠١٤) مستوى الملوثات العضوية الثابتة في الحيوانات والنباتات البرية في بحر بوهای، ووجدوا أن تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة كانت هي الأعلى يليها الـ Di. Di. تي، ومركبات الهكسان الحلقي السادس الكلور (HCHs)، ولمركبات الثنائي الفينيل متعددة الكلور (PCBs)، وسلفونات البيروفوروكتان (PFOS)، ومركبات الدوديكان الحلقي سداسي البروم (HBCDs).

١١٦ - وفي النظام البيئي المائي الذي يتلقى مخلفات من منشآت معالجة مياه الصرف، قيست تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في عضلات أسماك السلور، والشبوط الشائع والشبوط الصليبي الشكل، والسلحفاة رقيقة القوقة الصينية وتلايا جاما وبلغت ١,٧ و ١,٤ و ٣,٥ و ١,٣ و ١ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف على التوالي. واعتمدت تركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة على المحتوى من الدهون (Zeng وآخرون ٢٠١١).

١١٧ - وتراوحت مستويات مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في شبكة الأغذية البحرية من خليج لياودونغ في شمال الصين بين ٨٦ إلى ٤,٤٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق (ورصدت أعلى وأقل القيم في العوالق البحرية وأسماك الاسكايف الصينية) مع وفرة مجموعات الصيغ C_{10} , C_{11} , C_{12} , C_{13} في معظم الكائنات المائية (Ma وآخرون ٢٠١٤ ب).

الثدييات البحرية

١١٨ - وجدت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بتركيزات تتراوح بين ٩٥ إلى ٣٧٠ نانوغرام/غرام بالوزن الربط في دهون الثدييات البحرية، ومن بينها الدولفين الأبيض (*Delphinapterus leucas*)، والفقمة الحلقية (*Phoca hispida*) والفالف (*Odobenus rosmarus*) والنارول (*Monodon monoceros*) من العديد من المواقع في القطب الشمالي (Tomy وآخرون، ١٩٩٨ ب؛ ١٩٩٩، ٢٠٠٠).

١١٩ - وأظهرت القياسات الحديثة لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الطبقة الدهنية السميكة لخمسة أنواع من الثدييات البحرية في غرب غرينلاند أن تركيزات البارافينات الكلية المكثورة القصيرة السلسلة تتراوح من ١٠ نانوغرام/غرام بالوزن الربط في الفقمات الحلقية إلى ٢٨٢ نانوغرام/غرام بالوزن الربط في حوت البيلوغوا (Johansen وآخرون ٢٠٠٤).

١٢٠ - كما تم قياس مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في عينات محفوظة من حوت بيلوغوا كانت قد أخذت من جزيرة هندریكسون وباغيرتونغ في المنطقة القطبية الكندية (报 告书 إدارة مصايد الأسماك والحيطان الكندية المقدم مع المعلومات المقدمة من رابطة صناعة البارافينات المكثورة في عام ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء). وتم تحليل عينات من دهن الحوت (من عام ١٩٩٣ إلى ٢٠٠٨ ومن عام ١٩٨٢ إلى ٢٠٠٨ بالنسبة لجزيرة هندریكسون وباغيرتونغ على التوالي)، لتحديد محتواها من إجمالي البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة. وأخذت عينات دهن الحوت من عدد من الكائنات يتراوح بين ١١٠ و١١٠ من جزيرة هندریكسون وبين ٣ و١٠ من باغيرتونغ، بالنسبة لكل سنة. وقد بُحثت أيضاً الاتجاهات الزمنية للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة باستخدام دهن حوت البيلوغوا من موقعين في المنطقة الكندية في القطب الشمالي. وأشارت عينات الدهن التي تم جمعها من أعداد حيتان البيلوغوا بين أوائل الثمانينيات وأواسط سنة ٢٠٠٠ من بحر بوفور الجنوبي (جزيرة هندریكسون) ومن كميرلاند ساوند (Baffin Island) إلى أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بلغت أعلى مستوىاتها في أواخر التسعينيات، وانخفضت بعد ذلك، حيث اقتربت من الحد الذي يمكن رصدها عنده بحلول عام ٢٠٠٧ (Tomy and Loseto، ٢٠١٣؛ Tomy وآخرون، ٢٠١٠). وتراوح المتوسط الحسابي لتركيز البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الحيتان من جزيرة هندریكسون بالنسبة للعينات التي تم تحليلها حتى الآن بين ٣,٩٦ إلى ٣٤٠ نانوغرام/غرام في الدهن. وكانت التركيزات ثابتة نسبياً حتى عام ٢٠٠٥، ولكنها كانت أقل بكثير في عام ٢٠٠٦ (٣,٩٦ نانوغرام/غرام في الدهن). وتراوح المتوسط الحسابي لتركيز مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الحيتان من باغيرتونغ بين ٢,٩٥ - ٣٣٠ نانوغرام/غرام في الدهن، مع تسجيل أعلى تركيز في عام ١٩٩٢. أما التركيزات في عامي ٢٠٠٥ و٢٠٠٦ فبلغت ١٦,٥ و ٢,٩٥ نانوغرام/غرام في الدهن على التوالي.

١٢١ - ورصدت مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في حيتان البيلوغوا من نهر سانت لورنس بمتوسط تركيز يبلغ ٧٨٥ نانوغرام/غرام بالوزن الربط (Tomy وآخرون ١٩٩٨ ب؛ ٢٠٠٠). وتشير النسب المرتفعة لأقل المكونات تطايراً في ملامح التركيز إلى أن أهم المصادر المحلية لمدخلات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في هذه المنطقة ربما تكون من البحيرات العظمى أو المناطق الصناعية عند مصب نهر سانت لورنس.

الحياة البرية الأرضية

١٢٢ - لا تتوفر سوى معلومات محدودة عن تركيزات SCCP في أنسجة الحيوانات البرية الأرضية. ففي السويد أبلغ Jansson وآخرون (١٩٩٣) عن وجود تركيزات بارافينات مكثورة (غير محددة طول السلسلة) في الأرانب (Ottsjö, Jaämtland) وغزال الرنة (moose) (Grimsö, Västmanland) وغزال الرنة (Revingeshed, Skåne)

والعقاب النسارية (من مناطق متعددة في السويد) تصل إلى ٢,٩، ٤,٤، ١٤، ٥٣، ٠ ميكروغرام/غرام دهن بالوزن الطلق، على التوالي. وأبلغ CEFAS (١٩٩٩) أن تركيزات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في دود الأرض تراوحت في المملكة المتحدة في صيف ١٩٩٨ بين أقل من ١، ٠٧، ٠ نانوغرام/غرام بالوزن الجاف.

١٢٣ - وحدد كل من Campbell و McConnell (١٩٨٠) مستويات تركيزات البارافينات المكلورة من صيغة C₁₀₋₂₀ في أكباد الطيور وبivity طيور البحر في المملكة المتحدة. وتراوحت تركيزات مركبات البارافينات المكلورة C₁₀₋₂₀ بين ١,٢ إلى ٠,١ ميكروغرام/غرام بالوزن الطلق في أكباد الطيور، وبين أقل من ٠,٠٥ وأكثر من ٠,٠٦ ميكروغرام/غرام في البيض. ووُجد Morales وآخرون (٢٠١٢) أن مستويات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في بيض النورس (*Larus audouinii* و *Larus michahellis*) من المتزه الوطني في دلتا نهر إيبرو تتراوح بين ٤,٥ و ٦,٤ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق على التوالي. وجرى في كلتا النوعين من النورس رصد العديد من الملوثات العضوية الثابتة مع تناقض التركيزات: فكانت أعلى التركيزات لمبيدات الآفات - OC، ثم ثنائي الفينيل متعدد البروم، ثم مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة، ثم المركبات ثنائية الفينيل متعددة الكلور غير الأدوية (PCBs) والديوكسينات الثنائية البنزين المتعددة الكلور (PCDDs) والفيورانات الثنائية البنزين المتعددة الكلور (PCDFs). وقد أبلغ مؤخراً عن تركيزات أكثر ارتفاعاً من عضلات سبعة أنواع من الطيور جمعت من منطقة لإعادة تدوير النفايات الإلكترونية في الصين، وتراوحت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في نوعين من الطيور المهاجرة وأربعة من الطيور المتقطنة بين ١٩ إلى ٣٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق (٦٢٠ إلى ٠٠٠ ١٧ نانوغرام/غرام بوزن الدهون) مع رصد أعلى المستويات في الطيور الذهبية الريش تليها الطيور ذات الذيل الأزرق المخاط بالأحمر. وبلغت المستويات في الأنواع المهاجرة (الطيور ذات الذيل الأزرق المخاط بالأحمر، والطيور المغيرة رمادية الظهر) ٧١ نانوغرام/غرام و ٢٨ نانوغرام/غرام (المتوسط) بالوزن الطلق (Luo و آخرون ٢٠١٥).

١٢٤ - وُرصدت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة والبارافينات المكلورة متوسطة السلسلة مؤخراً في جميع عينات أنواع القطب الشمالي النرويجي البالغ عددها ٧٩ نوعاً مما يشير إلى التعرض الواسع النطاق للمواد الكيميائية في القطب الشمالي البحري. وكانت التركيزات في بلازما الدب القطبي والفقمة الحلقية والنورس تشير إلى محتوى وسطي من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة متباعدة من ٤ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق في بلازما الدب القطبي و ٥ نانوغرام/مليلتر في الفقمة الحلقية و ٧,٨ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق في بيض النورس و ٣,٢ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق في بيض بط الإيدر، مما يشير إلى الانتقال من الأم إلى الذرة. وجرى قياس مستويات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بلغت ١٠ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق و ٢٠,٦ نانوغرام/غرام بوزن الدهون في كبد القد الأطلسي و ٢,٣ نانوغرام/غرام بالوزن الطلق و ١٣٤ نانوغرام/غرام بوزن الدهون في القد القطبي (عينة مجمعة) حيث جرى قياسها (وكالة البيئة النرويجية ٢٠١٣). وورصدت البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في معظم عينات الدب القطبي التي جمعت في ٢٠١٢ من خليج هدسون، والقطب الشمالي الكندي مع متوسط تركيز يبلغ 343 ± 493 نانوغرام/غرام بوزن الدهون، وقد تكون آخذة في الارتفاع (Letcher ٢٠١٣).

البيانات

١٢٥ - اكتشفت البارافينات المكلورة (مجموع البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة والبارافينات المكلورة متوسطة السلسلة والبارافينات المكلورة طويلة السلسلة) في عينات إبر التنوب (spruce) من المناطق الألبية في أوروبا، وتراوحت تركيزها بين ٤٦٠-٢٦ نانوغرام/غرام في الوزن الجاف. ولا يمكن الجزم بوجود أي اتجاه بين التركيز

والارتفاع (Iozza et al. ٢٠٠٩) وترواحت المستويات في إبر صنوبر المناطق الحضرية المحيطة ببيجين من ٣٠ إلى ٤٠،٨ ميكروغرام/غرام بوزن الدهون (Wang وآخرون ٢٠١٥).

٦-٤-٢ التعرض البشري

١٢٦ - وجد Tomy (١٩٩٧) البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCPs (التي تحتوي على نحو ٦٠٪ كلور حسب الوزن) بتراكيز يتراوح من ١١-١٧ ميكروغرام/كيلوغرام في الدهن (التراكيز المتوسط ١٣ ميكروغرام/كغ في الدهن) في عينات لبن الأمهات من نساء قبائل الإنويت الالائي يعيشن على مضيق هدسون في شمال كيبيك، كندا.

١٢٧ - واكتشفت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة SCCPs أيضاً في عينات لبن الأمهات من المملكة المتحدة (Thomas وJones ٢٠٠٢). ووُجِدَت البارافينات SCCPs بتراكيز تتراوح بين ٤٠،٦ و ١١٠ ميكروغرام/كيلوغرام في خمسٍ من ثانية عينات أخذت من لانكستر وبتراكيز ٤،٥ إلى ٤٣ ميكروغرام/كغ دهن في ٧ من ١٤ عينة أخذت 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 المقادير غير المكتشفة تساوي نصف المقادير المكتشفة). وفي دراسة متتابعة، وجد Thomas وآخرون (٢٠٠٦) البارافينات SCCPs بتراكيز تتراوح بين ٤٩ و ٨٢٠ ميكروغرام/كيلوغرام دهن (متوسط ١٨٠ ميكروغرام/كيلوغرام دهن) مع عدم وجود فروق بين الأفراد الذين يعيشون في المناطق الحضرية والمناطق الريفية. وجرى تحليل خمس وعشرين عينة من دهن لبن الأمهات، حيث اكتُشفت البارافينات SCCP في جميع هذه العينات باستثناء أربع منها. وفي دراسة أجريت على عينات لبن الأمهات في السويد وشملت عينات مجتمعة من ١٩٩٦ إلى ٢٠١٠، قيَسَت تراكيزات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة بتراكيزات ١٠٧ و ١٤ نانوغرام/غرام بوزن الدهن على التوالي مع عدم وجود اتجاهات زمنية واضحة مما يشير إلى أن المستويات لم تكن تتناقص (Darnerud وآخرون ٢٠١٢).

١٢٨ - ورصدت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أيضاً في عدد محدود من عينات البلازما المأخوذة من نساء حوامل يعيشن في بودو، النرويج وفي تايبر، روسيا. وفي ١٣ من أصل ٢٠ عينة جرى تحليلها، كانت البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أقل من الحدود القابلة للرصد (هيئة مكافحة التلوث النرويجية ٢٠١٢).

١٢٩ - كما اكتُشفت البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCPs في الغذاء. فقد وجد Thomas و Jones (٢٠٠٢) بارافينات مكثورة قصيرة السلسلة في عينة من لبن الأبقار من لانكستر، وفي عينات زيد مأخذوة من مناطق مختلفة من أوروبا (أي الدافرك، ووبلز، ونورماندي، وبافاريا، وإيرلندا وجنوب إيطاليا وشمالها). وعثر كذلك على البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة SCCPs في عينات الزيد من الدافرك بتراكيزات ١،٢ ميكروغرام/كيلوغرام، ومن ايرلندا ٢،٧ ميكروغرام/كغ. وفي مسح لسلة من سلع السوق تتضمن ٢٣٤ غذاءً جاهزاً للأكل تمثل نحو ٥٠٠٠ نوع من الأغذية في الوجبات الأمريكية، تم اكتشاف "شع الكلور ٥٠٠ ج" (Chlorowax 500C) مرة في الخبز الأبيض المدعم بإضافات غذائية، بتراكيز ١٣،٠ ميكروغرام/كيلوغرام (مكتب كاندو وفرقة مبيدات الآفات ١٩٩٥) وأبلغ Lahaniatis وآخرون (٢٠٠٢) أن القيم المتوسطة للبارافينات SCCPs بأطوال السلسل المختلقة ($C_{10}-C_{13}$) بلغت قيماً تتراوح بين ٧ و ٢٠٦ ميكروغرام/كيلوغرام في زيت السمك من مختلف المصادر.

١٣٠ - واكتشفت تركيزات من البارافينات_s SCCPs في أحد عشر فئة من الفئات الغذائية في اليابان (Iino وآخرون ٢٠٠٥)، كما اكتشفت أيضاً في محاصيل الحبوب (٥ ميكروغرام/كيلوغرام) والبذور والبطاطس (٤١ ميكروغرام/كيلوغرام)، والسكر، والحلوى، والوجبات الخفيفة والتوابل، والمشروبات الخفيفة (٤٢٤ ميكروغرام/كيلوغرام)، والدهون (مثل المزغرين والزيوت وغيرها ٤٠١ ميكروغرام/كيلوغرام)، والفاصلية، والخضر الخضراء، والخضروات الأخرى، والفطر والأعشاب البحرية (٧١٦ ميكروغرام/كيلوغرام)، والفاكهة (٥١٥ ميكروغرام/كيلوغرام)، والأسماك (٦١٦ ميكروغرام/كيلوغرام)، والقواقع (٨١٨ ميكروغرام/كيلوغرام)، واللحوم (٧٧٥ ميكروغرام/كيلوغرام) والبيض (٢٢ ميكروغرام/كيلوغرام) واللبن (٥٧٥ ميكروغرام/كيلوغرام). وحسبت المقادير اليومية الإجمالية من البارافينات SCCP التي يتناولها السكان من مختلف الفئات العمرية في اليابان استناداً إلى الاستهلاك الموزع للأغذية وبيانات مسوحات وزن الجسم. ونظراً لانخفاض وزن الجسم عموماً، فكلما انخفض عمر الشخص، ارتفعت المقادير اليومية الإجمالية التي يتناولها. وتعادل نسبة ٩٥ في المائة من المقدار اليومي الإجمالي الذي تتناوله طفولة عمرها سنة واحدة (٦٨٠ ميكروغرام/كيلوغرام. وخلص لينو وآخرون (٢٠٠٥) إلى أن الغذاء هو مسار التعرض الرئيسي لبارافينات_s SCCPs في البشر إلا أنه لم يشكل أي مخاطر صحية في اليابان في ٢٠٠٣.

١٣١ - وقامت وزارة الصحة في كندا في عام ٢٠٠٣ بحساب التقديرات العليا لمقادير البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة التي يتناولها عموم السكان في كندا. ووجد أن الغذاء يشكل مصدر كافة الجرعات المقدرة تقريباً من هذه البارافينات في كل فئة عمرية من السكان في كندا. وكان الحد الأعلى للجرعة المقدرة التي يتناولها الرضع الذين يتغذون على لبن الأم هي ١٠٠٠١ ميكروغرام/كيلوغرام من وزن الجسم يومياً أما بالنسبة للفئات العمرية الباقي فقد تراوح المقدار من ١٧٠ ميكروغرام/كيلوغرام من وزن الجسم يومياً للبالغين فوق سن الستين و٢٦٠٠ ميكروغرام/كيلوغرام من وزن الجسم بالنسبة للرضع الذين لا يتغذون على الألبان الصناعية.

١٣٢ - وتظهر البيانات الواردة مؤخراً من آسيا أنه في حين أن كميات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الأغذية لم تزد إلا زيادة طفيفة في غضون عقد في اليابان، فقد ازدادت بأكثر من مئة ضعف في بيعين، الصين. وفي عام ١٩٩٣، كان نطاق مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في العينات الغذائية يتراوح بين مستوى غير قابل للرصد و٣٦٠ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف في حين تبين وجود ٣٩٠-١٠٠٠٠ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف في عام ٢٠٠٩. وقدرت الشريحة المئوية البالغة ٩٥ في المائة في حدود ١٢٠٠ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف يومياً في حين كانت ٧٢ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف يومياً في اليابان في تسعينات القرن الماضي و٨١ نانوغرام/كيلوغرام بالوزن الجاف يومياً في ٢٠٠٩ (Harada وآخرون ٢٠١١).

١٣٣ - وعلى الرغم من الاشتباه في أن الأغذية تمثل المسار الرئيسي للتعرض، فإن استنشاق البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة والامتصاص عن طريق الجلد قد يكونان أيضاً من المسارات الهامة للتعرض. وفي فرنسا تم الكشف عن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة باعتبارها ثانية أكثر المركبات وفرة في الهواء داخل المباني، إذ بلغ متوسط تركيزها ٤٤ ميكروغرام/غرام من الأتربة (Bonvallot وآخرون ٢٠١٠). وتبلغ دراسات من بلجيكا عن قيمة وسيطة قدرها ٢٠٠٨ ميكروغرام/غرام وحد أقصى قدره ١٢٠٨ ميكروغرام/غرام للتركيزات في الأتربة المنزلية (D'Hollander وآخرون ٢٠١٠). وفي السويد، قيست مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في الهواء داخل المباني في استكهولم (Friden وآخرون وجامعة استكهولم ٢٠١٠). وأجري تقييم لعرض أحجج البالغين وأحد الأطفال الدارجين لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة. وقدر تعرض شاب يبلغ ٢٥ عاماً لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة عن طريق الاستنشاق وابتلاع الأتربة وتناول الأغذية بمقدار ٣

ميکروغرام/يومياً و ٩٨٠، ١٢ ميکروغرام/يومياً (٩٥ شريحة في المائة من التعرض) على التوالي مع اعتبار الغذاء المصدر الرئيسي للتعرض لمركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة (قرابة ٨٥ في المائة). وفي حين أن تعرّض الأطفال لمركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة عن طريق الاستنشاق، وابتلاع الأترية وتناول الأغذية قدر بـ١٠٤ ميکروغرام/غرام/يومياً، و٣٦٠ ميکروغرام/يومياً و٦٨٠ ميکروغرام/يومياً مع مساهمة كبيرة للتعرض لهذه المركبات عن طريق المضم (نحو ٣٠ في المائة). وخلص الباحثان إلى أن هذه البيانات تمثل تلوثاً للبيئة المحيطة موزعاً بصورة عامة ولا تمثل سيناريوهات للتعرض الشديد. وتتوافق أيضاً البيانات من غبار المنازل في ألمانيا. وبلغت المعدلات الوسيطة (والقصوى) لتركيزات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة ٦ ميکروغرام/غرام (٢٠٥٠ ميکروغرام/غرام) في ٢٠١٣ (Hilger وآخرون ٢٠١٣).

١٣٤ - وقد يحدث المزيد من التعرض من خلال المواد الاستهلاكية. فقد وجدت الوكالة السويدية للمواد الكيميائية مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة في عدد من المواد وخاصة في السلع البلاستيكية اللينة المصنوعة من (PVC) (أي الدببة اللينة المصنوعة من البلاستيك، ومحافظ الزينة، وحصير التمارين المصنوع من الكلوريد متعدد الفايبل (PVC)، والملصقات المستخدمة لتزيين الجدران، وملابس المهرجانات، وأسماك اللعب البلاستيكية). ويمكن الاطلاع في موقع Rapex^(٥) على المزيد من المعلومات عن السلع التي تحتوي على مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة. كما وردت تقارير تفيد بأن الخلطات اليدوية التي تستخدم في إعداد الأغذية في السويد تسرب البارافينات المكثفه خلال الاستخدام العادي. ويمثل وجود البارافينات المكثفه في الأجهزة المنزليه التي تلوث الأغذية خلال إعدادها، مساراً غير متوقع للتعرض ويتبع علاجه (Strid وآخرون ٢٠١٤).

٥-٢ تقييم المخاطر في النقاط الطرفية المثيرة للقلق

١-٥-٢ السمية في الشدييات

١٣٥ - جرى تقييم سمية مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة بواسطة البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية ١٩٨٦، والوكالة الدولية لبحوث السرطان ١٩٩٠، والمفوضية الأوروبية ٢٠٠٥ و٢٠٠٨ و٢٠٠٨ و٢٠١٣. وكشفت عن سمية حادة منخفضة للبارافينات المكثفه القصيرة السلسلة التي قد تسبب تهييجات للجلد والعين عند تكرار التعرض لها.

١٣٦ - في عام ١٩٩٣ (Wyatt) عرض ويات (Wyatt) آخر عن ذكور حزادان لنوعين من البارافينات (نسبة الكلور فيهما ٥٨٪ و ٥٦٪ على التوالي) لدى ١٤ يوماً عن طريق التغذية الأنبوية (التزرق). وقد حدثت زيادة كبيرة مرتبطة بالجرعة المتناوله في الوزن المطلق والنسيجي للكلور بلغت ١٠٠ مليغرام/كيلوغرام من وزن الجسم في اليوم وأعلى من ذلك في حالة البارافين المكثفه القصيرة السلسلة بنسبة ٥٨ في المائة كلور. أما بالنسبة للبارافين المكثفه القصيرة السلسلة الذي تبلغ نسبة الكلور فيه ٥٦٪ فقد حدثت زيادة كبيرة في الوزن النسيجي للكلور بلغت ٥٠ مليغرام/كغ من وزن الجسم في اليوم وأعلى من ذلك، وكانت الزيادة أيضاً ذات نمط مرتبط بالجرعة المتناوله.

١٣٧ - وقد أجريت عدة دراسات أخرى للسمية دون المزمنة. وفي دراسة استمرت لمدة ١٣ أسبوعاً (IRDC، دراسة لم تنشر عام ١٩٨٤ - سيريون وآخرون عام ١٩٨٧) أعطيت الحزادان بارافينات مكثفه قصيرة السلسلة

.<http://ec.europa.eu/consumers/archive/safety/rapex/> (٥)

عبر الطعام أو عبر أنبوب واصل للمعدة (في دراسات منفصلة) بجرعات ١٠ أو ١٠٠ أو ٦٢٥ مليغرام/كغ/يوم، فلوحظ بدءاً من الجرعة ١٠٠ مليغرام/كغ/يوم حدوث زيادات في الوزن المطلق والنسيجي للكبد والكلية، وكانت هذه الزيادات مرتبطة بالجرعة المتناولة. وفي التفسير الأولى لهذه الزيادة أعتبرت هذه الآثار تأقلمية، لكن التفسير الأحدث اعتبر أنها آثار ضارة، حيث لوحظ عند هذه الجرعة أيضاً حدوث تغييرات مورفولوجية في الكبد والكلية والغدة الدرقية. وأجرى البرنامج الوطني للسموم في الولايات المتحدة الأمريكية أيضاً عدة دراسات تتعلق بالبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الجرذان والفئران. وفي دراسة استغرقت ١٣ أسبوعاً أعطيت فيها الجرذان جرعات من مركبات SCCPs من خلال أنبوب واصل للمعدة، لوحظت زيادة ذات صلة بالجرعة في الوزن النسيجي للكبد ابتداء من أقل جرعة تبلغ ٣١٣ مليغرام/كغ يومياً. ووفقاً للبرنامج الوطني للسموم، هناك أدلة واضحة على التحولات السرطانية نتيجة لزيادة حدوث أورام الخلايا الكبدية (العقيدات الورمية في المقام الأول) في ذكور وإناث الجرذان من الأورام الغدية الحميدة أو الخبيثة (أو منهما معاً) في الخلايا الكلوية الأنوية لذكور الجرذان، ومن الأورام الغدية أو السرطانية للخلايا الحربيّة (أو منهما معاً) في الغدد الدرقية لإناث الجرذان. وقد عزى اللوكيميا في ذكور الجرذان إلى التعرض لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (البرنامج الوطني للسموم، ١٩٨٦). كما أجرى البرنامج أيضاً دراستين إحداهما على مدى ١٣ أسبوعاً والأخرى على فترة الحياة لستين على الفئران (البرنامج الوطني للسموم، ١٩٨٦). وفي الدراسة التي استغرقت ١٣ أسبوعاً، لوحظ حدوث زيادة كبيرة في الوزن النسيجي للكبد عند الجرعات ٢٥٠ مليغرام/كغم يومياً والجرعات الأعلى. وفي دراسة التأثيرات السرطانية التي استغرقت عامين، أنتج مستويات الجرعات ١٢٥ و ٢٥٠ مليغرام/كغ يومياً دلائل إيكليبيكية على التسمم (انخفاض النشاط، وبروز عظام الظهر، والتنفس غير الطبيعي) عند كلا المستويين، وانخفشت معدلات البقاء على قيد الحياة في الإناث التي حققت بأعلى الجرعات. وتضمنت التأثيرات الأخرى زيادات ذات صلة بالجرعات في الأورام الغدية والسرطانات في الخلايا الكبدية، وفي السرطانات والأورام الغدية للخلايا الحربيّة في الغدد الدرقية لدى الإناث.

١٣٨ - واستناداً إلى هذه الدراسات أكدت الوكالة الدولية لبحوث السرطان عام ١٩٩٠ أن هناك دليل كافي على كون منتجات البارافينات المكثورة التجارية التي جرى اختبارها مواد مسرطنة (السرطانات المحتملة- المجموعات ٢ باء)، وهي منتجات وصفت بأنها ذات سلسلة كربونية متوسطة الطول C₁₂ ودرجة كثافة متوسطة قدرها ٦٠٪ (الوكالة الدولية لبحوث السرطان ١٩٩٠). وفي التقرير الثالث عشر عن المسرطّنات^(١) تصنّف مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة كمواد يتوقع بصورة معقولة أن تكون مسرطنة بالنسبة للبشر. وأجريت عدة دراسات لفهم آليات حدوث هذه الأورام وتحديد ما إذا كانت ذات صلة بصحة البشر (الجامعة الأوروبية عام ٢٠٠٠). وترد البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في قائمة المقترن ٦٥ لمكتب ولاية كاليفورنيا لتقييم المخاطر الصحية والبيئية، التي تتضمن المواد الكيميائية المعروفة لدى الولاية بأنها تسبب السرطان وقد تم إدراج هذه البارافينات في القائمة عام ١٩٩٩.

١٣٩ - وقد راجعت اللجنة العلمية المعنية بالسمية والسمية الإيكولوجية والبيئة (CSTEE) مشروع تقييم المخاطر الذي أجراه الاتحاد الأوروبي وخلصت إلى أن:

.Chlorinated Paraffins (C12, 60% Chlorine) CAS No. 108171-26-2 (٦)

"يمثل الكبد والغدة الدرقية أعضاء مستهدفة في دراسات التعرض المتكرر التي أجريت على الجرذان والفئران. ويرتبط التلف في الكبد بزيادة البيروكسيسوم بينما يرتبط التأثير على الغدة الدرقية بتغيير وضع هرمون الغدة الدرقية وتحفيز إفراز جلوكورونيل ترانسفريز. أما البشر فهم أقل حساسية بكثير لزيادة البيروكسيسوم وللاضطرابات في إفراز هرمون الغدة الدرقية مقارنة بالجرذان والفئران."

وذكرت اللجنة العلمية المعنية بالسمية والإيكولوجية والبيئة (CSTEE) التي دعيت إلى استعراض تقرير تقييم المخاطر للاتحاد الأوروبي بشأن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أنه لا يجب تجاهل السرطانات السنخية/الشعبية التي حدثت في ذكور الفئران بشكل كلي، ولكنها أقرت بأنه "لم تظهر أي دلائل على حدوث أورام في الرئة عند الحيوانات التي استخدمت في هذه التجارب إلا أن نسبة حدوثها المرجعية التاريخية بلغت ٥,٨ %. وقد لوحظ اتجاه مرتبط بالجرعة مع أعلى جرعة فعالة تبلغ ١٢٥ مليغرام/كيلوغرام يومياً. ولم تُعرف الآلية المسببة لهذه النتيجة على الرغم من ضرورة ملاحظة أن البارافينات المكثورة ليست سامة جينياً. وكان من رأي اللجنة CSTEE أن النتيجة التي تفيد بوجود أورام في رئة ذكور الفئران قد تكون ذات أهمية للبشر (1998). وأشار التقييم النهائي للمخاطر الذي أجراه الاتحاد الأوروبي (EC 2000) إلى أنه على الرغم من حدوث زيادة في السرطانات السنخية/الشعبية في الفئران إلا أن النتائج كانت ضمن النطاق المرجعي المعروف، كما أن عدد حالات الأورام الغذية في الرئة عند الكائنات المرجعية كان أكبر من عددها لدى الكائنات التي خضعت للعلاج. وخلاص الاتحاد الأوروبي إلى أن القوارض التي خضعت للدراسة حدثت عندها زيادات مرتبطة بالجرعة في الأورام الغذية والسرطانات في الكبد والغدة الدرقية والكليتين. وأكدوا أنه ليس هناك دليل كافي للقول بأن الملاحظات بشأن نشوء السرطانات في الكبد والغدة الدرقية عند الفئران وكذلك نشوء الأورام الخميدة في كلية ذكور الجرذان هي ملاحظات تتعلق حصرياً بذكور الجرذان، وعليه فليس من الممكن استبعاد حدوث هذه الأورام في البشر. ويصنف الاتحاد الأوروبي البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة على أنها مواد مسرطنة من الفئة الثالثة وذلك لوجود دليل محدود على تأثيرها المسرطن، بينما تُصنف على أنها مواد خطيرة في أستراليا. ووفقاً للنظام المتخانس عالمياً (GHS) الذي ينفذ بمقتضى قاعدة المفوضية الأوروبية رقم ٢٠٠٨/١٢٧٢ في الاتحاد الأوروبي، سوف تصنف مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة بالفئة المسرطنة ٢، H 351: المشكوك في أنها تتسبب في الإصابة بالسرطان.

١٤٠ - وقد زاد فهم التأثيرات البيولوجية لانتشار البيروكسيسوم. وتقوم المستقبلات المنشطة بعامل نشر البيروكسيسوم (PPAR) بأدوار هامة في تنظيم مجموعة من العمليات البيولوجية مثل انتشار الدهون وتتنوعها، والاتزان السكري وانتقال الدهون من الخلايا وتمثيلها الغذائي، والاستجابات الالتهابية، ووظائف الأوعية الدموية ونمو الأجنحة (Lau وآخرون ٢٠١٠). ولذا يتعين دراسة التأثيرات الأخرى لتحفيز انتشار البيروكسيسوم فضلاً عن تقلبها في البشر بما في ذلك الأجنحة فيما يتعلق بالكمية المعتصرة في مستقبل (PPAR).

١٤١ - وفحضت دراسة حديثة أجريت في المختبر على خلايا كبدية بشرية مختصة بعملية التمثيل الغذائي (الأيض) (Hep G2) تأثير البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة على نقاط طرفية مختلفة. وتؤدي التركيزات المهمة بيئياً التي تبلغ ١ ميكروغرام/لتر و ١٠ ميكروغرام/لتر إلى انخفاض كبير في صلاحية الخلية للبقاء، واضطرابات في إنتاج الطاقة، وتخليق البروتين الحيوي، والتتمثل الغذائي للأحماض الدهنية، وإعادة تدوير الأمونيا (Geng جنح وآخرون، ٢٠١٥).

١٤٢ - وتبين دراسة حديثة بشأن حد الأورام الكلوية في ذكور الجرذان بواسطة البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (Warnasuriya et al. ٢٠١٠) قدمتها الشبكة الدولية للتخلص من الملوثات العضوية الثابتة كمعلومات

مقدمة في ٢٠١٠ بموجب المرفق هاء) أن الآلية التي تستحث بها الآثار المسرطنة الكلوية بواسطة البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة معقدة ولا تتبع الملامع التقليدية لاعتلال الكلية بالغلوبلين البولي ألفا-٢ (α_{2u}) المخصوص بذكور الجرذان، أي تراكم α_{2u} الكلوي وزيادة تكاثر الخلايا المتعددة. ورغم أنه تبين أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تلتاح مع α_{2u}، فإن التعرض للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يسفر عن انتظام α_{2u} هبوطاً في الكبد الأمر الذي يفضي إلى عدم ملاحظة تراكم لـ α_{2u} الكلوي أو زيادة في تكاثر الخلايا الكلوية. ييد أنه يبدو أن الكم القليل من α_{2u} الذي اعتصر في الكبد يتراكم في الكلية؛ ويشير ذلك، بالإضافة إلى التحام البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة مع α_{2u}، أن الاعتلال الكلوي بفعل α_{2u} لا يمكن استبعاده. ومن الافتراضات النظرية أن انتشار البيروكسيسوم في الكبد قد يكون السبب في كبح اعتصار α_{2u}. وحيث أن انتشار البيروكسيسوم يعتمد على مقدار الجرعة من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة، فالجرعة الأقل من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة قد تسفر عن اعتصار كمية أقل من α_{2u}، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الاعتلال الكلوي بفعل α_{2u} واستجابة متناسبة عكسيًا مع الجرعة في حالات حدوث أورام الكلى، حسبما تمت ملاحظته في احدى الدراسات (البرنامج الوطني للسموم، ١٩٨٦). وثمة حاجة إلى دراسات أخرى لتحديد الآلية الدقيقة لحد الأورام الكلوية بواسطة البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة قبل التوصل إلى نتيجة أنها مخصوصة بذكور الجرذان.

١٤٣ - وقد استخلص أحد تقييم للاتحاد الأوروبي مستوى انعدام التأثير الملحوظ NOAEL البالغ ١٠ مليغرام/كيلوغرام يومياً بالنسبة للتعرض غير المؤمن وخلص إلى أن التأثيرات السمية المحتملة لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الثدييات هي على الكبد والنظام المرموني للغدة الدرقية وعلى الكلى، على سبيل المثال من خلال التسبب في استشارة الأنزيم الكلبي وفرط نشاط الغدة الدرقية مما قد يؤدي في المدى الطويل إلى تحولات سرطانية في تلك الأجهزة. واستناداً إلى قاعدة البيانات المتوفرة، جرى استخلاص مستوى انعدام التأثير الملحوظ البالغ ١٠ مليغرام/كيلوغرام/يومياً. وذكر أن هذا المستوى لأنعدام التأثير الملحوظ لا يغطي حالات التعرض المزمنة. ولا يمكن الحصول على مستوى انعدام التأثير الملحوظ من دراسات التعرض المؤمن (ECHA، ٢٠٠٨).

١٤٤ - وأجريت دراسة مراقبة الحالات تستند إلى سجلات الأمراض المعديّة فيما يتعلق بسرطان الكبد وقناة الصفراء لدى عمال السيارات الذين يتعرضون للبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة (Bardin وآخرون ٢٠٠٥). وقد أدرجت دراسة مراقبة الحالات في دراسة مجاعة منغلقة عن عمال السيارات الذين يتعرضون لسوائل الأشغال المعديّة. وجرى تقييم التعرض لعناصر ومواد إضافية محددة تتالف منها سوائل الأشغال المعديّة، وكان أي تعرض للبارافينات المكثورة (لم يحدد النمط) يرتبط بارتفاع خطر الإصابة بسرطان قناة الصفراء استناداً إلى عدد صغير من الحالات. ولم يرتفع خطر الإصابة بسرطان الكبد إلا أن الدراسة لم تتضمن سوى عامل متعرض واحد مصاب بسرطان الكبد (البرنامج الوطني للسموم ٢٠١٤).

١٤٥ - ولم يلاحظ في دراسة استغرقت ١٣ أسبوعاً أي تغيرات في أعضاء التكاثر عند الجرذان والغثيان التي أعطيت جرعات قدرها ٥,٠٠٠ و ٢,٠٠٠ مليغرام من البارافينات المكثورة/كغ/يوم. وقد لوحظت آثار على تطور الأجنة في الجرذان عند التركيزات التي تسببت في حدوث تسمم حاد لدى الأمهات (٢,٠٠٠ مليغرام/كغ/يومياً) لكن هذه الآثار لم تظهر عند إعطاء جرعات أقل (٢,٠٠٠، الجماعة الأوروبية).

١٤٦ - ولم يجر أي دراسات تتعلق بالخصوصية عند التعرض للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ولذلك توجد ثغرة في البيانات المتعلقة بالآثار التي قد تحدث لصغار الحيوانات (مثلاً أثناء فترة الرضاعة). وعلى كل حال فقد

تبين أن نظائر البارافينات المكلورة المتوسطة السلسلة (C_{14-17} بنسبة كلور ٥٢٪) ذات تأثير مثبط خاص جداً على نظام تخثر الدم في الجرذان، وهو تأثير ظهر خلال المراحل الحساسة من الحياة عند الولادة وبعدها في شكل نزف حاد تسبب في حدوث حالات نفوق بين الصغار والحيوانات اليافعة على حد سواء (IRDC، ١٩٨٥) (سي اكس آر بيوسينز المحدودة - ٢٠٠٦، تقرير تقييم مخاطر البارافينات المكلورة المتوسطة السلسلة الذي أجراه الاتحاد الأوروبي عام ٢٠٠٨). ولوحظت حالات نفوق بين الصغار عند إعطائهما جرعة قدرها ٧٤ مليغرام/كغ/يوم مما يدل على أن مستوى انعدام التأثير الملاحظ هو بشكل عام ٤٧ مليغرام/كغ/يوم بالنسبة للصغار. أما بالنسبة للحيوانات اليافعة فقد كان مستوى انعدام التأثير الملاحظ هو ١٠٠ مليغرام/كغ/يوم. وقد ناقش الفريق المعنى بالتصنيف والتوصيم التابع للاتحاد الأوروبي النتائج المستخلصة لهذا التأثير من البارافينات المكلورة المتوسطة السلسلة إلى القصيرة السلسلة. وفي ضوء عدم اليقين الذي لا يزال قائماً بخصوص آليات حدوث التسمم الناتج عن التعرض لهذه البارافينات المكلورة، فقد اتفق الفريق على أن هذه النتائج المستخلصة هي نتائج غير مبررة. وقد خلق هذا الأمر فجوة محتملة في البيانات المتعلقة بالبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة فيما يتعلق بهذه النقطة الظرفية.

١٤٧ - وأجري تقييم مخاطر للبارافينات المكلورة وخلص إلى أن المأمور بين تقدير حد التعرض الأعلى للفئة العمرية الأكثر تعرضًا لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة والجرعة المسيبة للأورام (TD05) ليس كافياً بالنظر إلى عدم اليقين بشأن طريقة استثارة الأورام (وكالة البيئة في كندا، ٢٠١٣).

١٤٨ - فيما يتعلق بالآثار السمية الممكنة للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (في الثدييات البحرية على سبيل المثال) فخلاصة القول أن هذه البارافينات يمكن أن تؤثر على الكبد ونظام إفراز هرمونات الغدة الدرقية والكليتين، وذلك مثلاً من خلال تحفيز إفراز إنزيمات الكبد وفرط نشاط الغدة الدرقية ما سيؤدي على المدى الطويل إلى نشوء أورام سرطانية في هذه الأعضاء. وتصنف البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة على أنها موضع شك في أنها تسبب السرطان (الاتحاد الأوروبي فحة ٢؛ لوكالة الدولة لبحوث السرطان) وتدرج على أنها تحدث اضطرابات في الغدد الصماء من الفئة ١ لصحة البشر وفقاً للمعايير الأولية السابقة بشأن ترتيب الأولوية للمواد المحتمل أن تضر بالغدد الصماء (الاتحاد الأوروبي ٢٠١٥).

٢-٥-٢ السمية الإيكولوجية

الكائنات المجهرية

١٤٩ - أجري عدد من الاختبارات باستخدام أعداد مختلفة من الأنواع، والنماط الظرفية والبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة، بهدف استقصاء سمية البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بالنسبة للكائنات المجهرية (Thiemann، ١٩٧٢، Birtley وآخرون. ١٩٨٠، Madeley وآخرون ١٩٨٣، Koh وHildebrecht ٢٠٠١، Sverdrup وآخرون ٢٠٠٦). وكانت أقل القيم للتراكيز انعدام التأثير الملاحظ/التركيز الفعال لعشرين في المائة من الكائنات (EC20) تبلغ ١٠٠ مليغرام/لتر بالنسبة لصيغة C_{10-13} من البارافينات المكلورة ذات المحتوى الكلوري البالغ ٦٢٪ و٥٥٪ مليغرام/لتر بالنسبة لصيغة البارافينات المكلورة C_{10-13} مع بكيريا Vibrio fischeri (Koh وThiemann ٢٠٠١). وفي الأترة، لاحظ (Sverdrup et al. (2006)) أقل قيمة لتركيز انعدام التأثير الملاحظ حيث توصلوا إلى قيمة التركيز الفعال لعشرين في المائة (EC10) من الكائنات التي بلغت ٥٧٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف للبارافينات SCCPs التي تحتوي على ٦٠٪ من الكلور.

كائنات المياه السطحية

١٥٠ - هناك عدد محدود من الدراسات بشأن السمية المائية للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة منذ إجراء الاستعراضات التي قام بها Tomy وآخرون (١٩٩٨) وتقدير مخاطر البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة الذي أجراه الاتحاد الأوروبي (المفوضية الأوروبية ٢٠٠٠). إن أقل مستوى تأثير سمي للأنواع في المياه العذبة السطحية هو ٨,٩ ميكروغرام/لتر وذلك استناداً إلى أقل مستوى تأثير ملاحظ مزمن لمدة ٢١ يوماً على برغوث الماء (Madeley Thompson Daphnia magna) و كان التأثير على نفوق النسل. وبلغ مستوى انعدام التأثير الملاحظ ٥ ميكروغرام/لتر. وأبلغ عن تأثيرات أخرى على برغوث الماء "دافنيا" بتركيزات مماثلة. وفي دراسة تحديد ثابتة مدتها ١٤ يوماً لوحظ نفوق ٥٪ بعد مرور ٦ أيام عند جرعة قدرها ١٠ ميكروغرام/لتر (Madeley Thompson ١٩٨٣). وتحميم على الشبكة الغذائية للمياه العذبة اللافقاريات مثل الحشرات البالغة واليرقات وكثير منها آكل للحوم.

١٥١ - وكانت أكثر قياسات النقاط الطرفية حساسية التي تم التعرف عليها في الأنواع البحرية أكبر من ٧,٣ ميكروغرام/لتر وذلك استناداً إلى مستوى انعدام التأثير الملاحظ، في ٢٨ يوماً من التعرض المزمن بالنسبة لروبيان مايسيد (Mysis bahia) (Mysidopsis bahia) (Madeley Thompson ١٩٨٣ ج) عن تركيز لأنعدام التأثير الملاحظ (NOEC) قدره ١٢,١ ميكروغرام/لتر في دراسة على الطحالب البحرية Skeletonema costatum استمرت عشرة أيام فكانت التأثيرات السمية عابرة مؤقتة ولم تظهر لها أي تأثيرات عند أي تركيز بعد ٧ أيام. وقام Shillabeer و Thompson (١٩٨٣) بتعريف ٣٠ محارة (Mytilus edulis) لبارافين مكلور قصير السلسلة نسبة الكلور فيه ٥٨٪ (٢,٣ ميكروغرام/لتر و ٩,٣ ميكروغرام/لتر) في شكل دفق عبر نظام مياه البحر وذلك لمدة ١٢ ساعة، ولم يلاحظ حدوث أي نفوق ولكن نمو المحار انخفض عند تعرضه لمستوى ٩,٣ ميكروغرام/لتر.

١٥٢ - ودرس Fisk وآخرون (١٩٩٩) سمية أربع من مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة هي C_{10} و C_{11} و C_{12} (أطوال سلسلة منفردة مع خلائط من الآيسومرات) بالنسبة لأجنحة الميداكا اليابانية (Oryzias latipes). ورغم وجود شيء من عدم اليقين فيما يتعلق بنتائج الدراسة خصوصاً تلك المتصلة بالكائنات المرجعية غير الخاضعة للمعالجة، فقد تراوحت أقل التركيزات ذات التأثيرات الملاحظة (LOECs) بين ٥٥ ميكروغرام/لتر بالنسبة للصيغة $Cl_{12}H_{20}C_7$ و ٤٦٠ ميكروغرام/لتر بالنسبة للصيغة $C_{10}H_{16}Cl_7$. وشملت التأثيرات في البيض واليرقات خلال العشرين يوماً الأولى بعد وضع البيض، كبر حجم صفار البيض أو بطء الحركة أو سكونها التام مع وجود لبعضات القلب. وقد لوحظت هذه التأثيرات في الصيغة C_{10-12} من البارافينات SCCPs ولم تظهر استجابة للحرعات في C_{12} حيث لوحظ تركيز لأنعدام التأثير الملاحظ قدره ٩,٦ ميكروغرام/لتر. وكانت السمية مستقلة عن طول سلسلة الكربون والمحتوى من الكلور. وأشار إلى أن آلية السمية في الأجنحة كانت التحدّر.

١٥٣ - ودرس Fisk وآخرون (١٩٩٦، ٢٠٠٠) تراكم العديد من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بالصيغة ^{14}C - Cl (٪ ٦٩ - ٥٦ كلور حسب الوزن) لدى أسماك تراوت قوس قرح اليافعة (الأوزان المبدئية ٢-٧ غ) وذلك أثناء فترة تعرُّض مدتها ٤ يوماً. وكان معدل التغذية اليومي ١,٥٪ من متوسط وزن الجسم. ولم يثبت أن لأيٍ من المركبات تأثيرات سلبية على النمو أو على الرقم الدليلي لنسيج الكبد في أسماك تراوت قوس قرح اليافعة.

٤١٥ - وقد فحص Cooley وآخرون (٢٠٠١) سلوك سمكة من أسماك تراوت قوس قرخ اليافعة وأنسجة الكبد والغدد الدرقية فيها عقب تعريضها لنفس الصيغ الأربع من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة وهي C₁₀ وC₁₁ وC₁₂ كما هو الحال في Fisk وآخرون (١٩٩٩) وذلك عن طريق التعريض من خلال التغذية. وأظهر سمك التراوت، استجابات تدل على وجود مخدر في جسمه مثل تأخر أو غياب الاستجابة الإجفالية ونقص تناول الغذاء. ولوحظت إصابات مرضية حادة في الكبد في سمك التراوت الذي تعرض للمركبات C₁₀H₁₅Cl₇ وC₁₁H₁₈Cl₆. وتمثل هذه الآفات المرضية في تليف واسع النطاق في الأنسجة ونَخْرُ في الكيس الكبدي لم تلاحظ في الأسماك المرجعية التي لم تحصل على جرعات أو تلك التي تعرضت لجرعات منخفضة. ولوحظ تأثير البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (C₁₀,C₁₂) عند تركيزات تراوحت من ٥,٥ إلى ٥٠,٧٩ ميكروغرام/غرام في كل أنسجة السمكة عقب تناولها غذاء يحتوي على بارافينات بتركيزات تتراوح من ١٣ إلى ٧٤ ميكروغرام/غرام. ولم يتبيّن من الدراسة ما إذا كانت تلك التأثيرات المشاهدة هي تأثيرات مباشرة على الغدة الدرقية. ولاحظ بورسكتوفا وآخرون (٢٠٠٦) تشوّهات في النمو ونقص في نمو الأجنحة في ضفدع Xenopus laevis عند تركيزات ٥ مليغرام/لتر، وعند تركيزات أعلى من المزيج التجاري للبارافينات SCCPs (٥٦٪ كلور وC₁₂). ولم تكن النتائج مرتبطة بنمط الكلورة.

كائنات القاع

١٥٥ - تضطّلع الحيوانات اللافقارية الدقيقة القاعية بدور رئيسي في تحويل المادة العضوية إلى عناصرها المعدنية وتوفير الغذاء لأنواع الأسماك والواقع المأمة اقتصادياً في بعض البيئات المائية (Olomukoro وEbehiremhen، ٢٠٠٥). واستخدم نجح التفريقي المتوازن (Di Toro وآخرون ١٩٩١) بالاستعانة بالنقطة الطرفية الأكثر حساسية في القياسات المزمنة والتي جرى تحديدها للأنواع المائية من لاققاريات المياه العذبة السطحية (٨,٩ ميكروغرام/لتر) وذلك لتقدير السمّية بالنسبة للكائنات القاعية، نظراً لعدم توفر نقطة قياس طرفية بالنسبة للاققاريات التي تعيش في الرواسب. وجرى تقدير أدنى تركيز للتأثير الملاحظ في الأعماق بمقدار ٣٥,٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف (هيئة البيئة في كندا ٢٠٠٤).

كائنات التربة

١٥٦ - فحص Bechlebová وآخرون (٢٠٠٧) تأثيرات مركبات البارافينات (ذات محتوى ٦٤٪ كلور) على خمسة أنواع من كائنات التربة هي (حشرات الكهدليات (collembola)، وديدان الأرض، والديدان الخيطية النيماتودات) وعلى الكائنات البجهورية في التربة (التحول الكربوني). وتم تحديد Folsomia candida (كهدليات) بأنها أكثر الكائنات حساسية، حيث بلغت قيم التركيز الوسطي القاتل LC₅₀ (استمرار حياة السمك اليافع) ونصف التركيز الوسطي الفعال (EC₅₀) والتركيز الفعال بالنسبة لعشرة في المائة من الكائنات (EC₁₀) (التكاثر) ٥٧٣٣ مليغرام/كغ، ١٢٣٠ مليغرام/كغ، و ٦٦٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف على التوالي بعد التعرض لمدة ٢٨ يوماً. وأبلغ Bechlebová وآخرون (٢٠٠٧) عن تركيز فعال لنسبة ٥٠ في المائة للتكاثر EC₅₀s قدره ٢٨٤٩ مليغرام/كغ بالوزن الجاف (التعرض لمدة ٢٨ يوماً) و ٦٠٢٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف (التعرض لمدة ٤٢ يوماً) و ٧٨٠٩ مغ/كغ (التعرض لمدة ٢٨ يوماً) بالنسبة للأنواع Enchytraeus albidus و Eisenia fetida و Enchytraeus Crypticus على التوالي. وفحص Sverdrup وآخرون (٢٠٠٦) تأثيرات البارافينات SCCPs (بمحتوى كلور ٦٠٪) على ديدان الأرض، والبكتيريا التي تصفيف الأزوٰت للتربة، والبرسيم الأحمر. وقد وجد هؤلاء الباحثون أن البكتيريا الأزوٰتية هي الأكثر حساسية عند نسبة تركيز فعال لعشرة في المائة قدرها ٥٧٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف.

١٥٧ - وفي دراسة أجرتها Sochová وآخرون (٢٠٠٧) استخدم الدودة الخيطية (nematodes) التي تعيش بحرية في التربة *Caenorhabditis elegans* كأداة فحص سمية سبع ملوثات من بينها البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (من النوع C_{12} ، ٦٤٪ كلور Cl)، واحتسبت على أجزاء صغيرة جداً من البارافينات قصيرة السلسلة C_{10} (٪٦، ٪٣٧ C_{11} ، ٪٣٢ C_{12} ، ٪٢٥ C_{13}) وبلغ التركيز القاتل لـ٥٠ في المائة في مدة ٤٨ ساعة (48h-LC50) ٨٨٣٣ مليغرام/كغ بالوزن الجاف و٥٠ مليغرام/لتر للتعرض في التربة وفي وسط مائي على التوالي. وبالنسبة للوسط المائي 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 امتصاص قدر أكبر من السمية بمدورة الوقت.

الطيور

١٥٨ - تصف الجماعة الأوروبية (٢٠٠٠) دراسة تم فيها تعريض بط مالارد لتركيزات من مركبات البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة C_{10-12} (٪٥٨ كلور) لمعرفة التأثيرات على التكاثر. وقد أجريت الدراسة المعتمدة على التغذية لمدة ٢٢ أسبوعاً شملت فترة ٩ أسابيع سابقة لوضع البيض بدون تحفيز ضوئي، وفترة ٣ أسابيع قبل وضع البيض مصحوبة بتحفيز ضوئي، وفترة ١٠ أسابيع لوضع البيض مصحوبة بتحفيز ضوئي. وقد حُثت الطيور (عن طريق التحكم في فترات التعرض للضوء) على وضع البيض. وتم جمع البيض خلال فترة ١٠ أسابيع، ووضع الصغار الذين لم يتم تغذيتهم بالمادة الاختبارية تحت الملاحظة لمدة ١٤ يوماً. وكانت التركيزات المتوسطة المقاومة هي ٢٩، ١٦٨ و ٩٥٤ مليغرام/كغ في الغذاء. وكان أقل مستوى وُجد أنه يسبب تأثيرات طفيفة في هذه الدراسة هو ٩٥٤ مليغرام/كغ غذاء، وهو المستوى الذي تسبب في انخفاض طفيف غير ذي قيمة من الناحية الإحصائية (بمقدار ٢٠،٠٠ مليغرام) في متوسط كثافة قشرة البيضة. وعلى الرغم من أن هذا الانخفاض مهم، فإن متوسط كثافة قشرة البيض بقى في حدود القيمة الطبيعية الواردة في المبادئ التوجيهية لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (بمقدار ٣٥،٣٩-٠،٠ مليميتر)، ولم يلاحظ حدوث زيادة في البيض المكسور عند هذه الجرعة. ولم يحدث فارق ذو بال في عدد البيض الموضوع، أو عدد البيضات المكسورة أو في متوسط وزن البيضة في أي مجموعة معالجة عند مقارنتها بالمجموعات المرجعية. ونظرًا لحدوث تأثيرات طفيفة على التكاثر عند جرعة قدرها ٩٥٤ مليغرام/كغ من الغذاء فقد اعتبر مستوى انعدام التأثير الملاحظ هو ١٦٨ مليغرام/كغ في الغذاء.

١٥٩ - وفي دراسة أجرتها Ueberschär وآخرون (٢٠٠٧)، تمت تغذية الدجاج من عمر ٢٤ - ٣٢ أسبوعاً على تركيبة (٪٦٠ كلور و ٪١٣-١٠) من البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة التقنية بتركيزات متزايدة تصل إلى ١٠٠ مليغرام/كغ علف. ولم تلاحظ أي تأثيرات تذكر على صحة الدجاج، أو الأوزان النسبية لأعضائها أو أدائها (مثل كثافة وضع البيض، وزن البيضة، واستهلاك العلف). كذلك لم تتأثر الأوزان النسبية للأعضاء تأثيراً كبيراً وذلك باستثناء بنكرياس الدجاجات التي تغذت على علف يحتوي على المركبات بتركيز ٧٧ مليغرام/كغ من وزن الجسم الرطب، حيث نقص وزنه. وقد بقي في الجسم أقل من ١٪ من البارافينات التي ابتلت، بينما تم التخلص من ١,٥٪ منها مع مَعْ البيض وأُخرجت نسبة ٣٠٪ مع البول والبراز.

موجز للسمية الإيكولوجية للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة

١٦٠ - يحتوي الجدول ١-٢-٥-٢ على موجز لأكثر النقاط الطرفية حساسية للسمية، ويبين أن مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة شديدة السمية للكائنات المائية. وعلاوة على ذلك، تجدر الملاحظة أن اختبارات السمية للمواد الكيميائية المشكوك في إحداثها اضطرابات في الغدد الصماء قد تفشل في رصد تأثيرات الجرعة المنخفضة والاستجابة للجرعات غير الرتيبة (Vandenberg وآخرون ٢٠١٢).

الجدول ١-٢-٥-٢ : عرض عام لبيانات السمية الإيكولوجية الأكثـر حساسية للأمد الطويل في أدنى تركيز للتأثير الملاحظ (LOEC) وتركيز انعدام التأثير الملاحظ (NOEC)، بالنسبة للبارافينات المكثورة قصيرة السلسلة

المرجع	أدنى تركيز ذي تأثير ملاحظ أو التركيز المؤثر	تركيز انعدام التأثير الملاحظ أو مستوى انعدام التأثير الضار الملاحظ	التأثير	النوع/النقطة الطرفية
Madeley و Thompson (١٩٨٣)	٨,٩ ميكروغرام/لتر	٥ ميكروغرام/لتر	نفوق النسل، ٢١ يوماً	الكائنات في المياه السطحية برغوث الماء (<i>Daphnia magna</i>)
هيئة البيئة في كندا ٤، ٢٠٠٠، استناداً إلى البيانات من Madeley و Thompson (١٩٨٣)	٣٥,٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف	البيانات غير متوفرة	التفريق التوازن استناداً إلى دراسة مدتها ٢١ يوماً باستخدام برغوث الماء (<i>Daphnia magna</i>)	الكائنات في المياه العميقة
Fisk و آخرون (١٩٩٩)	٥٥ ميكروغرام/لتر	٩,٦ ميكروغرام/لتر	دراسة لمدة ٢٠ يوماً، كيس محي كبير مع خمول أو انعدام الحركة لكن القلب يتبض	سمك (أحياء الميداكا اليابانية، التأثيرات على مرحلة الحياة المبكرة)
Cooley و آخرون (٢٠٠١)	٥,٥ إلى ٧٩ ميكروغرام/كغ بالوزن الرطب (السمكة بأكملها) التركيزات في الأغذية من ١٣ إلى ٧٤ ميكروغرام/كغ		التضخم الشديد في الكبد والآفات الليفية الكبدية واسعة النطاق وخر الأنسجة الكبدية بعد التعرض لمدة ٢١ يوماً	تراوت قوس الفرج اليافع
Madeley و Thompson (١٩٨٣)		٧,٣ ميكروغرام/لتر	التعرض المزمن لمدة ٢٨ يوماً لتركيز انعدام التأثير الملاحظ	روبيان الميسيد (<i>Mysidopsis bahia</i>)
Bezchlebová ٢٠٠٧	التركيزات الفعالة على ٥٠ في المائة من الكائنات = ١٢٣٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف	٦٢٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف	التكلاثر، بعد التعرض لمدة ٢٨ يوماً	Folsomia candida (collembola) كائنات التربة
Sverdrup و آخرون (٢٠٠٦)	التركيز الفعال = ١٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف - قيمة اسمية	٣٠٠ مليغرام/كغ بالوزن الجاف - قيمة اسمية	إضافة الأذوت للتربة	الكائنات الدقيقة (إضافة الأذوت للتربة بواسطة البكتيريا)
EC-2000	٩٥٤ مليغرام/كغ في الطعام	١٦٨ مليغرام/كغ في الطعام	ترقق قشرة البيضة	الطيور - البط البري
(١٩٨٤)، IRDC الصحة والبيئة، كندا ٢٠٠٨	١٠٠ مليغرام/كغ من وزن الجسم يومياً	-	تضخم الكبد والغدة الدرقية وزيادة في وزن الكبد والكلى	الثدييات - الجرذان

النوع/النقطة الطرفية	التأثير	التركيز انعدام التأثير الملاحظ أو مستوى انعدام التأثير الضار الملاحظ	أدنى تركيز ذي تأثير ملاحظ أو التركيز المؤثر	المرجع
الشدييات	تحفيز إفراز هرمونات الكبد - فرط نشاط نظام هرمونات الغدة الدرقية - نشوء الأورام السرطانية ونفوق الصغار	١٠ مليغرام/كغ/يوم (وربما أقل من ذلك في حالات التعرض المزمن)	٥٠ مليغرام/كغ/يوم (وربما أقل من ذلك في حالات التعرض المزمن)	تقرير تقييم مخاطر البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة الذي أعدده الاتحاد الأوروبي (EC-2000) - سبي إكس أر بيوسينس المحدودة - ٢٠٠٦
البالغة - التعالب المائية	تضخم الكبد والغدة الدرقية وزيادة في وزن الكبد والكلى	١٠٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الرطب للطعام	الأرقام مستقاة من آي آر دي سى (١٩٨٤)	

٦-٢ التفاعلات السمية المتضمنة موادًّا كيميائية متعددة

٦٦- ما زالت المخاطر الكيميائية على البيئة تقييم على أساس كل مادة على حدة مع إهمال تأثيرات الخلاطات. وقد يقلل ذلك من شأن المخاطر/الأخطار بالنظر إلى أن التعرض المعتمد يتعلق بخلط من المواد الكيميائية المتعددة المكونات (مثل Backhaus وآخرون ٢٠١٢ و Kortenkamp وآخرون ٢٠٠٩، و Vighi ٢٠١١ والاتحاد الأوروبي ٢٠١٢). وتعمل المنطقة القطبية الشمالية كبالوعة لطاقة عرضة من الملوثات من بينها الكثير من الملوثات العضوية الثابتة المعروفة أو المحتملة (مثل AMAP ٢٠٠٩). وعلاوة على ذلك رصد عبر مختلف المصروفات البيئية أكثر من ٨٠ ملوثاً عضوياً مختلفاً. وكما بين Vighi و Villag (٢٠١١) فإن التأثيرات المجتمعية للملوثات العضوية الثابتة الموجودة في المناطق النائية قد تكون مبعث قلق شديد للأوساط البيولوجية وخاصة بالنسبة للمفترسات العليا وقد تسهم في إحداث اضطرابات في نمو الأجيال الصغيرة القطبية كما أشير إلى ذلك في السابق في الدراسات (Vos وآخرون ٢٠٠٠ و Wiig وآخرون ١٩٩٨).

- ١٦٢ - ولا تتوفر دراسات بشأن سمية البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة للتناسل. وتصنف البارافينات المكثفه متوسطة السلسلة في الاتحاد الأوروبي على أنها سامة الأثر على الأجيال اللاحقة "حيث يمكن أن تتسبب في أضرار للأطفال الذين يعتمدون على الرضاعة الطبيعية" (ECHA 2008) H362.

١٦٣ - وقد توجد مركبات البارافينات أيضاً في البيئة بجانب الأنواع الأخرى من البارافينات المكثفه، والبارافينات المكثفه الطويلة السلسلة (LCCPs) والبارافينات المكثفه متوسطة السلسلة (MCCPs) (هيئة البيئة في كندا ٢٠٠٨، ٢٠١٣، و Brooke Crookes ٢٠١١ ووكاله البيئة النرويجية ٢٠١٣). وهذه المجموعات الثلاث لا تشكل نفسها مادة واحدة بل مواد متعددة المكونات ذات تشكييات متغيرة وربما تكون أيضاً من خواص مختلفة. وعند إدراك اختلاف مستويات التوافر البيولوجي بين مركبات البارافينات المكثفه، يفترض أن التعرض المشترك لبعض مستويات البارافينات المتوسطة السلسلة والبارافينات المكثفه الطويلة السلسلة قد يزيد من مخاطر أي تأثيرات ضارة أو تأثيرات ضارة محتملة تلاحظ مع مركبات البارافينات المكثفه القصيرة السلسلة. وعلى وجه الخصوص بالنسبة للمفترسات والبشر الذين يتعرضون عن طريق الأغذية، تشير البيانات المتوفرة إلى أن الأنواع الثلاثة من البارافينات المكثفه قد تقدم إسهامات كبيرة في السمية المتوقعة (Brooke Crookes ٢٠١١).

١٦٤ - وقد أظهرت مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أنها تؤثر في الغدة الدرقية، وهي مدرجة في قاعدة البيانات الخاصة بوضع أولويات للعوامل التي يحتمل أن تسبب اضطرابات في الغدد استناداً إلى حالات

أورام الغدة الدرقية وتضخم الغدة الدرقية في العديد من الدراسات (الاتحاد الأوروبي ٢٠١٥). وخلال العقود الأخيرة زادت الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بصورة مطردة وشديدة في كافة أنحاء العالم (Pellegriti وآخرون ٢٠١٣). ووفقاً لما ذكره الباحثون فإن أسباب هذه الزيادة ما زالت غير واضحة إلا أن بعض المسرطفات البيئية قد تكون أثرت بصورة خاصة على الغدة الدرقية.

١٦٥ - وقد أظهرت الدراسات الوبائية في المناطق شديدة التلوث أن التعرض طويل الأمد لمركبات الكلور العضوية يؤدي إلى اضطرابات في الغدة الدرقية والتمثيل الغذائي (Langer ٢٠١٠). ويوفر تحليل فوقي أجري أخيراً دلائل كمية تؤيد نتيجة مفادها أن التعرض للملوثات من الكلور العضوي يرتبط بتزايد مخاطر الإصابة بمرض السكري (Tang وآخرون ٢٠١٤). كذلك فإن ملوثات الماولجين العضوي قد تساهم في الإصابة بالسمنة بين السكان الأكثر تعرضاً (Hansen وآخرون ٢٠١٤).

١٦٦ - ويتعرض الجمهور العام وخاصة الشعوب الأصلية في القطب الشمالي لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة بالإضافة إلى طائفة عريضة من الملوثات الأخرى بما في ذلك المركبات المماثلة للديوكسين التي تم تنظيمها بالفعل مثل المركبات ثنائية الفينيل متعددة الكلور، مما يضيف إلى الحمل الإجمالي في الجسم. والكثير من هذه الملوثات (بما في ذلك المركبات ثنائية الفينيل متعددة الكلور) تجاوز بالفعل مستويات المبادئ التوجيهية لدى الشعوب الأصلية في القطب الشمالي، وتشير القرائن الجديدة إلى أن الملوثات العضوية الثابتة والمعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص يمكن أن تكون لها تأثيرات على صحة السكان وخاصة الأطفال عند مستويات تعرض أخفض مما كان معتقداً في السابق (AMAP، ٢٠٠٩). وقد تبين أن السكان الأصليين في القطب الشمالي قد تضرروا نتيجة للتعرض لطائفة من الملوثات العضوية الثابتة وأن الأجنة التي في مرحلة النمو والأطفال والنساء في سن الإنجاب وكبار السن هم أكثر الفئات تعرضاً (AMAP، ٢٠١٤). وأخيراً ينبغي إدراك أنه بالإضافة إلى المواد الكيميائية الأخرى، هناك عوامل إجهاد أخرى مثل حالات المجاعة وحالة الإنجاب أو النمو فضلاً عن التأثيرات الناشئة عن تغير المناخ التي قد تعمل بشكل منفرد أو مشترك لتزيد من شدة التأثيرات الضارة ومخاطرها في مناطق الألب وخاصة في القطب الشمالي (Sagerup وآخرون ٢٠١٠ وفريق الخبراء المعنى ببرنامج الرصد والتقييم لمنطقة القطب الشمالي التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ٢٠١٠، Letcher وآخرون ٢٠١٠ وSchröder وآخرون ٢٠١٤). ونظراً للتغيرات الحالية في المناخ، فمن المهم للغاية حماية تنوع الموارد في المناطق النائية من عوامل الإجهاد الإضافية مثل الملوثات العضوية.

٣ - تجميع المعلومات

١٦٧ - لا يزال إجمالي الإنتاج والاستخدام السنوي المبلغ عنه لمركبات البارافينات مرتفعاً عالمياً. وعلى الرغم من التحفيضات الملحوظة في السنوات الأخيرة في بعض البلدان، فقد ازداد في بعضها الآخر حجم إنتاج خلائق البارافينات المكلورة المحتوية على البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة. ويمكن أن تحدث الإطلاقات خلال الإنتاج والتخزين والنقل والاستخدام والخلص من مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة والمنتجات المحتوية على هذه المركبات. ويعتبر غسيل المراافق وسائل أشغال المعادن أو قطعها وغيرها مصادر لهذه المركبات في النظم الإيكولوجية المائية. ففي المناطق الصناعية ومناطق إعادة تدوير النفايات الإلكترونية فضلاً عن في المناطق الكثيفة السكان، تعتبر الانبعاثات المرتفعة في البيئة أمراً محتملاً (Yuan وآخرون ٢٠١٠، Chen وآخرون ٢٠١١، Luo وآخرون ٢٠١٥ وجão وآخرون ٢٠١٢). وعلى الرغم من أن البيانات محدودة، فإن من المحتمل أن تمثل المصادر الرئيسية لإطلاقات مركبات البارافينات في تشكيل وتصنيع المنتجات المحتوية على هذه المركبات مثل لدائن الكلوريد المتعدد الفينيل (PVC) والاستخدام في سوائل الأشغال المعدنية.

١٦٨ - ولا يتوقع أن تتحلل مركبات البارافينات المكثورة في الماء بدرجة كبيرة عن طريق التميؤ، وتشير دراسات التحلل البيولوجي والعينات المؤرخة من قلب الرواسب إلى أن هذه البارافينات تظل ثابتة في الرواسب لمدة أطول بكثير من عام واحد. وتتراوح أنصاف أعمار البارافينات المكثورة قصيرة السلسلة في الغلاف الجوي بين ٥٠,٨١ و ١٠,٥ أيام مما يشير إلى ثباتها النسبي أيضاً في الهواء. وتشير البيانات المنمذجة (أداة الفرز للانتقال البعيد المدى التي وضعتها منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي) إلى أن البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة لها خصائص شبيهة بخصائص الملوثات العضوية الثابتة المعروفة التي تم بانتقال بعيد المدى. وقد تبين مؤخراً من خلال البيانات المنمذجة أن العديد من متجانسات مركبات البارافينات لديها إمكانية كبيرة للتلوث القطبي الشمالي. وتفيد التركيزات المقاومة في الهواء، والكائنات الحية والرواسب المأخوذة من الواقع النائي في القطبين الشمالي والجنوبي حدوث الانتقال بعيد المدى للبارافينات المكثورة القصيرة السلسلة.

١٦٩ - وتشير عوامل التراكم الأحيائي البالغة ٤٤٠-٦٥٠ لتر/كيلوغرام بالوزن الرطب في أسماك التراوت من بحيرة أونتاريو وعوامل التراكم الأحيائي التي تتراوح بين ١١٩ إلى ٥٠٠ لتر/كيلوغرام بالوزن الرطب من ثمانية أنواع من الأسماك من خليج لياودونغ إلى أن مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يمكن أن تتراكم أحياياً إلى درجة كبيرة في الأحياء المائية. وفي القشريات (الروبيان) الشديدة الحساسية للتأثيرات السمية الناتجة عن مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة وصلت عوامل التراكم الأحيائي المقاومة ميدانياً إلى ٣٩,٨١٠ لتر/كيلوغرام بالوزن الرطب و ٦٣,٠٩٦ لتر/كيلوغرام بالوزن الرطب. وتبين إمكانيات التراكم الأحيائي المرتفعة أيضاً بيانات النمذجة الخاصة بلوغاریتم معامل تفريغ الأوكتانول-الماء ومعاملات التراكم الأحيائي. وحسبت قيم معاملات التراكم الأحيائي لأحياء الرواسب في الحيوانات ذات الصمامين من بحر بوهاري فكانت مماثلة لمعاملات تراكم الملوثات العضوية الثابتة الأخرى. وعلاوة على ذلك تبين أن عوامل التضخيم الأحيائي والتضخيم الغذائي لبعض مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة تزيد على ١ في الشبكات الغذائية المائية (بالنسبة لبعض المتجانسات أبلغ عن عوامل تضخيم غذائي تقل عن ١). وهناك أيضاً مؤشرات إلى التضخيم الأحيائي على اليابسة في الطيور وإن كانت البيانات محدودة.

١٧٠ - ورصدت مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في المناطق النائية مثل القطب الشمالي (وخاصة في الهواء والرواسب والكائنات الحية) وفي القطب الجنوبي (في الهواء حتى ٢٠,٨ بيكوغرام/متر مكعب). ووجدت مركبات البارافينات في دهن حيتان البيلوغوا والفقمة الحلقية والفظ بمتوسط تركيزات يبلغ ٠,٥٠٠ و ٠,٢٠٠ ميكروغرام/غرام بوزن الدهن على التوالي (Tomy وآخرون ٢٠٠٠). وبين الجدولان ١-٣ و ٢-٣ أن هذه التركيزات تماثل تركيزات الملوثات العضوية الثابتة المعروفة مثل المكسان الحلقي السادس الكلور، وثنائي الفينيل المتعدد الكلور، والـ دـيـ. دـيـ. تـيـ والإثـرـ الشـائـيـ الفـينـيلـ المتـعـدـدـ الـبـرـومـ والـتـوكـسـافـينـ (برنامج الرصد والتقييم لمنطقة القطب الشمالي ٢٠٠٤، وStrid ٢٠١٣ وآخرون ٢٠١٠ Letcher وآخرون ٢٠١٠). وبالنسبة للهباء، وجد أن تركيزات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة أعلى من تركيزات الملوثات العضوية الثابتة المذكورة. ويتضمن الجدولان ١-٣ و ٢-٣ على التوالي مقارنات أكثر تفصيلاً بين تركيزات الملوثات العضوية الثابتة في الثدييات البحريـةـ فيـ القـطـبـ الشـمـالـيـ،ـ وـ فـيـ الأـسـمـاـكـ وـ الطـيـورـ.ـ وـ جـرـىـ قـيـاسـ مـرـكـبـاتـ الـبارـافـينـاتـ المـكـثـورـةـ القـصـيرـةـ السـلـسـلـةـ فيـ دـهـونـ الثـديـاتـ الـبـحـرـيـةـ منـ العـدـيدـ مـنـ المـوـاـقـعـ فيـ القـطـبـ الشـمـالـيـ بـتـرـكـيزـاتـ تـتـرـاـوـحـ بـيـنـ ٩٥ و ٦٢٠ نـانـوـغـرـامـ/ـغـرـامـ.ـ وـ عـلـاـوـةـ عـلـىـ ذـلـكـ رـُصـدـتـ مـرـكـبـاتـ الـبارـافـينـاتـ المـكـثـورـةـ القـصـيرـةـ السـلـسـلـةـ فيـ جـسـمـ الدـبـ القـطـيـ وـ الـفـقـمـةـ الـحـلـقـيـةـ وـ الطـيـورـ الـبـحـرـيـةـ الـمـأـخـوذـةـ مـنـ الـقـطـبـ الشـمـالـيـ مـاـ يـشـيرـ إـلـىـ الـاـنـتـشـارـ الـوـاسـعـ لـلـتـلـوـثـ.

الجدول ١-٣ : مقارنة بحسب نسبة متوسط مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (SCCPs) والملوثات العضوية الثابتة في أنواع القطب الشمالي (Tomy et al, 2000; AMAP 2004)

الأنواع	[مقدار الملوثات العضوية الثابتة/مركبات SCCPs] [SCCP _S]	[مقدار الـ دـيـ.ـدـيـ.ـتـيـ/ـبـاـرـاـفـيـنـاتـ]	توكسافين/بارافينات
حيتان البيلوغما	٢٤-١٩	١٨-١١	١٥
الفقمة الحلقية	٢,٣	١,٣	٠,٩
الفظ	٠,٤	٠,١	٠,٦

الجدول ٢-٣ : مقارنة بين تركيزات البارافينات SCCPs والملوثات العضوية الثابتة (نانوغرام/غرام بوزن الدهن) في نورس الكيتبيوك (Kittiwake) وببيضه، وفي سمك قرش غرينلاند في القطب الشمالي (Reth) وأخرون ٢٠٠٦ و ٢٠٠٤ و ٢٠٠٣ و آخرون ٢٠١٠ (Strid و Letcher و AMAP)

الأنواع	مركبات SCCPs _S	الـ دـيـ.ـدـيـ.ـتـيـ	مقدار ثانوي الفينيل متعدد الكلور	ثاني الفينيل متعدد البروم	مركبات ثنائية الكلور متعددة الفينيل
Kittiwake النورس	٨٨٠-١١٠ (ن=٢)	١,٩٠٠-٥٠٠	٢١,٠٠٠-١,٠٠٠	-	-
بيض النورس	١٠٠ (ن=١٢)	١,٥٦٢-٨٠٦	٧,٩٣٨-٧,٢٥٤	-	٣٠-٢٠
بيض الإيدر الشائع	١٧ (ن=١٢)	-	٢٦٢	صفار البيض	-
كبد سمك القرش في غرينلاند	٥٢٠ (ن=١٥)	٧١٩٥	١٠,٠٠٠-٩٩٠	٢٠٠-٩,٩	٥٣
القد القطبي	١٠,٣ (ن=١٠)	-	-	'٢	-

١٧١ - وتعتبر البيانات المتعلقة بالعرض البشري في القطب الشمالي محدودة، فحتى الآن لم يتضمن برنامج رصد مناطق القطب الشمالي قياسات لمركبات البارافينات في العينات البشرية (برنامج رصد وتقدير مناطق القطب الشمالي ٢٠١٤ ، ٢٠٠٩ ب) غير أنه تم رصد هذه المركبات في لبن الأم بين نساء الإنويت في شمالي كيبك. وعلاوة على ذلك رصدت هذه المركبات في لبن الأم لدى نساء من المملكة المتحدة والسويد. ولم يمكن ملاحظة اتجاهات واضحة من برنامج الرصد السنوي في السويد. فمتوسط التركيز من متوسط القيم السنوية من الفترة ١٩٩٨-٢٠١٠ يبلغ ١٠٧ ميكروغرام/كيلوغرام دهون، وتتراوح التركيزات بين ٤٥ و ١٥٧ ميكروغرام/كيلوغرام دهون (Darnerud ٢٠١٢)؛ في حين كانت متوسطات التركيز في المملكة المتحدة في ٢٠٠٢ تبلغ ١٨٠ ميكروغرام/كيلوغرام في الدهون (في نطاق ٤٩-٨٢٠) (Thomas and Jones ٢٠٠٦). وذكرت الدراسة الوحيدة المتوافرة عن مستويات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في لبن الأم لدى البشر الذين يعيشون في القطب الشمالي (Tomy ١٩٩٧) أن التركيزات تتراوح بين ١١ و ١٧ نانوغرام/غرام (متوسط ١٣ نانوغرام/غرام دهون) في لبن الأمهات في القطب الشمالي في شمالي كيبك، كندا، (الجدول ٣-٣) ويوجد لدى الشعوب الأصلية أحمال جسدية أعلى من الفئات السكانية الروسية ومن ثم قد يكون لديهم أحمال جسدية أكبر من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (برنامج رصد وتقدير مناطق القطب الشمالي ٢٠١٤).

الجدول ٣-٣ مقارنة بين متوسط تركيزات مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة وبعض الملوثات العضوية الثابتة في عينات من لبن الأم

الفئة السكانية ووقت أخذ العينة	المادة	المادة
ال المتوسط نانوغرام/غرام من الدهون في لبن الأم (نطاق)	الدهون في لبن الأم (نطاق)	الدهون في لبن الأم (نطاق)
قبائل الإنويت، كندا (Tomy 1997)	(١٧-١١) ١٣	مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة
القطب الشمالي финский (AMAP 2014) ٢٠٠٥	٤,٧٢	ثنائي الفينيل المتعدد البروم (Σ47,99,100, 153, 183)
أرخانجلجيكس (منطقة روسية) ٢٠٠٣ (AMAP 2014)	٤,٩ (١٠-٢)	الأوكسيكلوردين
مورمانسك (منطقة روسية) ٢٠٠٢-٢٠٠٠ (AMAP 2014)	٥,٢	
شوكوتوكو (منطقة روسية) ٢٠٠٢-٢٠٠١ (AMAP 2014)	٤١ (١٠٧٠-٢)	
أرخانجلجيكس (منطقة روسية) ٢٠٠٣ (AMAP 2014)	٥	التوكسافين
مورمانسك (منطقة روسية) ٢٠٠٢-٢٠٠٠ (AMAP 2014)	٧,٣	
شوكوتوكو (سكان أصليين) ٢٠٠٢-٢٠٠١ (AMAP 2014)	٩ (١١٢-٠,٥)	

١٧٢ - ويبدو أن اللافقاريات البحرية والفاييرات المياه العذبة حساسة بصفة خاصة لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة (SCCPs) حيث أبلغ عن تركيز مزمن لانعدام التأثير الملاحظ NOEC قدره ٥ مليغرايم/لتر في *Daphnia magna* وقدره ٧,٣ مليغرايم/لتر في روبيان الميسيد. ولوحظ تضخم شديد في كبد التراوات، وتراوح أقل تركيز للتأثير الملاحظ بين ٠,٧٩ و ٥,٥ مليغرايم/كغ في كامل نسيج السمكة.

١٧٣ - وقيست مركبات البارافينات في المياه السطحية والبحرية والرواسب والتربة وحمة المخاري والهواء وكانت معظم البيانات المتاحة من أوروبا وأمريكا الشمالية وشرق آسيا. وفي حين تأخذ التركيزات في بعض المناطق في الانخفاض لوحظت الزيادة مؤخرًا في المصفوفات البيئية لمناطق أخرى. ولا يمكن تحديد أي اتجاه زمني للمناطق النائية. وعلى الرغم من الإبلاغ عن التقدم الذي حدث مؤخرًا في تحليل مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ما زالت قياسات هذه المركبات تشكل تحديًّا.

١٧٤ - وترت في الجدول ٣-٤ قيم تعرض الكائنات للبارافينات في موقع قريبة من مصادر الإطلاق المختلقة، وفي موقع أبعد متأثرة بالمصادر الإقليمية، وكذلك في موقع بعيدة عن المصادر المعروفة أو المهمة. كما ترد في الجدول قيم السمية المتصلة بنوع التعرض المعنى - فيُعبَّر عنها مثلاً كتعرض في البيئة المحيطة أو كجرعات في الطعام أو كحمولة في الجسم. وهناك عوامل لا تتعكس في هذه الدراسات ومن بينها توقيت التعرض، والتأثيرات فيما بين الأجيال، واحتمالات العوامل المسيبة لاضطراب الغدد الصماء فضلاً تأثيرات الخلايا، ويمكنها أن تتسبب في تأثيرات على مستويات أدنى بكثير، ولا تبيّنها هذه الجداول. وقد تكون بعض النقاط الطرفية ذات

أهمية أيضاً مثل التأثيرات السلوكية التي لم يجر بحثها في الدراسات المدرجة. ووفقاً لوكالة البيئة في كندا فإن المخاطر بالنسبة للثبات التراكم الأحيائي للمواد بما تكون قد قدرت بأقل من مستواها باستخدام طرائق تقييم المخاطر الموحدة (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٨).

الجدول ٣-٤: تعرُّض الكائنات/المستقبلات في موقع قريبة من مصادر الإطلاقات المحتملة (مصادر محلية)، وموقع أبعد متأثرة بالمصادر الإقليمية (مصادر إقليمية)، وموقع بعيدة عن المصادر المهمة أو المعروفة (مصادر بعيدة)، وقيم السمية ذات الصلة

المستقبلات	تركيز التعرض	العينة	قيم السمية ذات الصلة	ملاحظات
مصادر محلية				
- بافتراض أن التركيز في سمك الشبوط مماثل للتركيز في الطعام المتناول. قيَّسَت البارافينات المكلورة التقصيرة السلسلة في أسماك الشبوط المأخوذة من بحيرة أونتاريو عام ١٩٩٦ و ٢٠٠١ (موير وأخرون - ٢٠٠١). - انظر القسم ٢-٥-٢ لحساب قيم السمية ذات الصلة - أشارت إلى التعرض للتركيزات وعامل التقييم وكالة البيئة في كندا (٢٠٠٨)	٢,٦٣ مليغرام/كغ من الوزن الطرь ١٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الطرь ١٠٠ مليغرام/كغ بالوزن الرطب (عامل تقييم ١٠٠)	سمك شبوط من ميناء هاملتون على بحيرة أونتاريو	١٠٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الطرь تقديرات قيمة التعرض ١٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الطرь الرطب (عامل تقييم ١٠٠)	- بافتراض أن التركيز في سمك الشبوط مماثل للتركيز في الطعام المتناول. قيَّسَت البارافينات المكلورة التقصيرة السلسلة في أسماك الشبوط المأخوذة من بحيرة أونتاريو عام ١٩٩٦ و ٢٠٠١ (موير وأخرون - ٢٠٠١). - انظر القسم ٢-٥-٢ لحساب قيم السمية ذات الصلة - أشارت إلى التعرض للتركيزات وعامل التقييم وكالة البيئة في كندا (٢٠٠٨)
اللافقاريات في المياه السطحية				
- لافقاريات المياه السطحية المعرضة لمياه البحيرة (Zeng وآخرون ٢٠١١). - قيمة أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء Daphnia magna عند التعرض المزمن لمدة ٢١ يوماً (طومسون ومادلي ١٩٨٣). - مرجع عامل التقييم (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٨)	١٧٦ نانوغرام/لتر ٨,٩٠٠ نانوغرام/لتر ٨٩٠ نانوغرام/لتر (عامل تقييم ١٠)	مياه البحيرات التي تستقبل الفضلات السائلة من منشآت معالجة مياه الصرف (بيجين، الصين)	٨,٩٠٠ نانوغرام/لتر تقديرات قيمة التعرض ٨٩٠ نانوغرام/لتر (عامل تقييم ١٠)	- لافقاريات المياه السطحية المعرضة لمياه البحيرة (Zeng وآخرون ٢٠١١). - قيمة أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء Daphnia magna عند التعرض المزمن لمدة ٢١ يوماً (طومسون ومادلي ١٩٨٣). - مرجع عامل التقييم (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٨)
أسماك المياه السطحية				
- مقارنة التركيزات المقاومة في أسماك الشبوط في ميناء هاملتون - أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ يسبب إصابات حادة في أنسجة الكبد. آفات تليف شديد ونخر في كبد أسماك تراوت قوس قزح (كولي وآخرون ٢٠٠١)	٢,٦٣ مليغرام/كغ من الوزن الطرь ٠,٧٩ مليغرام/كغ من الوزن الطرь	سمك شبوط من ميناء هاملتون على بحيرة أونتاريو	٠,٧٩ مليغرام/كغ من الوزن الطرь	- مقارنة التركيزات المقاومة في أسماك الشبوط في ميناء هاملتون - أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ يسبب إصابات حادة في أنسجة الكبد. آفات تليف شديد ونخر في كبد أسماك تراوت قوس قزح (كولي وآخرون ٢٠٠١)
مصادر إقليمية				
- بافتراض تعرُّض لافقاريات المياه السطحية لمياه بحيرة أونتاريو (Houde et al. 2008) - قيمة أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء عند التعرض المزمن لمدة ٢١ يوماً (طومسون ومادلي ١٩٨٣)	١,١٩ نانوغرام/لتر ٨,٩٠٠ نانوغرام/لتر القيمة المقدرة لعدم التعرض: انظر أعلى	مياه من وسط بحيرة أونتاريو	٨,٩٠٠ نانوغرام/لتر القيمة المقدرة لعدم التعرض: انظر أعلى	- بافتراض تعرُّض لافقاريات المياه السطحية لمياه بحيرة أونتاريو (Houde et al. 2008) - قيمة أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء عند التعرض المزمن لمدة ٢١ يوماً (طومسون ومادلي ١٩٨٣)

المستقبلات	تركيز التعرض	العينة	قيم السمية ذات الصلة	ملاحظات
اللافقاريات البحرية	١٣,١ نانوغرام/لتر روبيان طين الساحل ٥٠٢ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب	المياه البحرية من خليج لياودونغ الصين القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير (PNEC) بالنسبة للمياه البحرية يبلغ ١٠٠,١ ميكروغرام/لتر معامل التقييم (٥٠) (معامل التقييم ٥٠) ـ تركيز انعدام التأثير الملاحظ على برغوث الماء ٥ ميكروغرام/لتر: القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير (PNEC) بالنسبة للمياه البحرية يبلغ ٥٠,١ ميكروغرام/لتر معامل التقييم (٥٠) (وفقاً لوكالة البيئة في المملكة المتحدة (٢٠٠٧))	٥ ميكروغرام/لتر القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير: ١٠٠ نانوغرام/لتر (معامل التقييم ٥٠)	- تركيز انعدام التأثير الملاحظ على برغوث الماء ٥ ميكروغرام/لتر: ـ القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير (PNEC) بالنسبة للمياه البحرية يبلغ ٥٠,١ ميكروغرام/لتر معامل التقييم (٥٠) ـ تركيز انعدام التأثير الملاحظ على برغوث الماء ٥ ميكروغرام/لتر: القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير (PNEC) بالنسبة للمياه البحرية يبلغ ٥٠,١ ميكروغرام/لتر معامل التقييم (٥٠) (وفقاً لوكالة البيئة في المملكة المتحدة (٢٠٠٧))
أسماك المياه السطحية	٢,٩ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	سمك الداب الياباني من خليج ليودانغ الصين	٠,٧٩ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	- مقارنة التركيزات في <i>Lateolabrax japonicus</i> (Ma وآخرون ٢٠١٤) ـ أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ يسبب إصابات حادة في أنسجة الكبد وأفات ليفية شديدة ونخر في كبد أسماك تروتة قوس المطر (كولي وآخرون (٢٠٠١))
اللافقاريات القاعية	١,٨ مليغرام/كغ	الرواسب السطحية في بحر بوهای	٣٥,٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف، القيمة التقديرية لعدم التعرض: ٣,٥٥ (معامل التقييم ١٠)	- القيم العليا للتركيز في الرواسب السطحية المأخوذة من بحر بوهای (Ma et al. 2014a) ـ حسب أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ باستخدام أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء <i>Daphnia magna</i> وكذلك باستخدام طريقة تقسيم التوازن (وكالة البيئة كندا (٢٠٠٤)) ـ مرجع معامل التقييم: Environment Canada (2008)
أسماك المياه العميقة	٠,٦٩ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	سمك مسطح الرأس (Flathead fish) من خليج لياودونغ في الصين	٠,٧٩ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	- القيم العليا للتركيز في <i>Platycephalus indicus</i> المأخوذة من خليج لياودونغ في الصين (Ma et al. 2014b) ـ أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ يسبب إصابات حادة في أنسجة الكبد وأفات ليفية شديدة ونخر في كبد أسماك تروتة قوس قزح (كولي وآخرون (٢٠٠١))
مصادر بعيدة				
لافقاريات القاع	٠,٠١٧٦ مليغرام/كغ من الوزن الجاف	الرواسب السطحية في البحيرة DV09 في منطقة القطب الشمالي في كندا	٣٥,٥ مليغرام/كغ بالوزن الجاف، القيمة التقديرية لعدم التعرض: أنظر أعلى	- حسب باستخدام أقل تركيز ذي تأثير ملاحظ في برغوث الماء <i>Daphnia magna</i> وكذلك باستخدام طريقة تقسيم التوازن (البيئة كندا (٢٠٠٤))
الفقمة الحلقتية في القطب الشمالي	٠,٥٢ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	الطبقة الدهنية السميكة في الفقمة الحلقتية	١٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	استقيمت النتائج عن الفقمة من تومي وآخرون - ١٩٩٩ ـ PNEC _{oral} من وكالة البيئة في المملكة المتحدة (٢٠٠٧) استناداً إلى تركيز انعدام التأثير الملاحظ البالغ ١٦٦ مغ/كغ من الأغذية من

المستقبلات	تركيز التعرض	العينة	قيم السمية ذات الصلة	ملاحظات
			الفم (PNEC _{oral}) ٥,٥ مع/كغ من الأغذية	البط، دراسة إنجابية ومعامل تقييم قدره .٣٠
الفعمة الحلقة في شرق غرينلاند	٥٢,٥ مليغرام/كغ من الوزن الرطب	الطبقة الدهنية السمية في الفقمة الحلقة	١٠٠ مليغرام/كغ من الوزن الرطب القيمة المتوقعة لتركيز انعدام التأثير عن طريق الفم مع/كغ PNEC _{oral} ٥,٥ من الأغذية PNEC ٥,٥ مع/كغ من الأغذية	استقيمت النتائج من تومي وآخرين، ١٩٩٩ PNEC _{oral} من وكالة البيئة في المملكة المتحدة (٢٠٠٧) استناداً إلى تركيز انعدام التأثير الملاحظ البالغ ٦٦ مع/كغ من الأغذية من البط، دراسة إنجابية ومعامل تقييم قدره .٣٠.

١٧٥ - وترد في الجدول ٣-٥ سيناريوهات تُعرض البشر للبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة. ويفترض في المشهدتين الأوليين تناول طعام تقليدي. وقد قيست مستويات التعرض باستخدام تركيزات البارافينات المذكورة التي قيست في الطبقة الدهنية السمية في الفعمة الحلقة وحوت البيلوغا والفظ (تومي وآخرون ١٩٩٩ وموير وآخرون، خلاصة تقرير NCP لعام ٢٠١٣)، وكذلك باستخدام مقادير الطعام المتناولة التي أوردها كوهنلين وآخرون (١٩٩٥ ب). أما السيناريوهات المتعلقة بالأطفال الرضع ففترض أن المقدار المتناول من الحليب هو ٧٥٠ مليلتر/يوم بمحتوى دهن قدره %.٣ (فان اوستدام وآخرون - ١٩٩٩). وبالإضافة إلى ذلك، فقد أبلغ عن مستويات مرتفعة من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في لبن الأمهات المرضعات في المجتمعات النائية. وكان الحد الأعلى للتقدير لدى السكان الكنديين من البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة للمأخذوذ من هذه البارافينات يتجاوز المأخذوذ اليومي الذي يمكن تحمله فيما يتعلق بالتأثيرات في الأمد البعيد (وكالة البيئة الكندية ٢٠٠٨ و ٢٠١٣). ويعد تعرض الأطفال على المدى الطويل أمراً مثيراً للقلق بالنسبة للمأخذوذ اليومي البالغة ٢٤,٦ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم. وحتى لو كانت هناك ثقة أقل في التقدير للحد الأعلى لمركبات البارافينات، فإنها كانت أساساً لاستخلاص أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة تشكل أو قد تشكل خطراً على حياة الإنسان أو صحته في كندا (وكالة البيئة في كندا، ٢٠٠٨). وعلاوة على ذلك، يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن الأطفال يتأثرون بشدة من التعرض للمواد الكيميائية نتيجة لعميات الطور والنمو.

الجدول ٥-٣: سيناريوهات تعرض البشر، وقيم السمية ذات الصلة

الملاحظات	قيم السمية ذات الصلة	العينة	التعرض	المستقبلات
أقل مستوى ذي تأثير ضار ملحوظ، دراسة على الجرذان استغرقت سنتين (البرنامج الوطني لدراسة السموم - ١٩٨٦)	١٢٥,٠٠٠ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم في اليوم	النسبة المقدرة للتعرض الغذائي بجزيره بافين لذكور الانوث في الطعام المتناول	٠,١٥ - ٠,٣٧ ميكروغرام/كغ /وزن الجسم/يوم	البشر (٧٥ كغ)
الجرعة اليومية التي يمكن تحملها، تأثيرات غير ورمية، دراسة استغرقت ١٣ أسبوعاً على الجرذان، معامل التقييم: ١٠٠ (IPCS, ١٩٩٢)	١٠٠ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم في اليوم	النسبة المقدرة للتعرض الغذائي بجزيره بافين لذكور الانوث في الطعام المتناول	٠,١٥ - ٠,٣٧ ميكروغرام/كغ/وزن الجسم/يوم	البشر (٧٥ كغ)
تم الوصول إلى المقدار ١١ ميكروغرام/غرام من وزن الجسم/اليوم باستخدام معامل سلامه قدره ١٠٠٠ جرى تطبيقه على قيمة قدرها ١١ مليغرام/كغ من وزن الجسم استناداً إلى نمذجة متعددة المراحل للأورام ذات نسبة الحدوث الأعلى أثناء التحاليل المختبرية الأحيائية المتعلقة بنشوء الأورام السرطانية في ذكور الفئران، والتي تتجزء عنها زيادة قدرها ٥٪ في نسبة حدوث تلك الأورام (IPCS, EHC181, 1996)	١١ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم يومياً	النسبة المقدرة للتعرض ذكر الانوث	٠,١٥ - ٠,٣٧ ميكروغرام/كغ /وزن الجسم/يوم	البشر (٧٥ كغ)
أقل مستوى للتأثير الملحوظ، دراسة على الجرذان استغرقت سنتين (NTP, 1986)	١٢٥,٠٠٠ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم يومياً	لبن الأم: ١٣ ميكروغرام/كغ من وزن الدهن	٠,٠٥٨٥ ميكروغرام/كغ /وزن الجسم/يوم	طفل رضيع من لبن الأم (٥ كغ)
الجرعة اليومية التي يمكن تحملها، تأثيرات غير ورمية، دراسة على الجرذان استغرقت ١٣ أسبوعاً، معامل التقييم: ١٠٠ (IPCS, 1992)	١٠٠ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم يومياً	لبن الأم: ١٣ ميكروغرام/كغ من وزن الدهن	٠,٠٥٨٥ ميكروغرام/كغ /وزن الجسم/يوم	طفل رضيع من لبن الأم (٥ كغ)
تم الوصول إلى المقدار ١١ ميكروغرام/غرام من وزن الجسم/اليوم باستخدام معامل سلامه قدره ١٠٠٠ تم تطبيقه على قيمة قدرها ١١ مليغرام/كغ من وزن الجسم استناداً إلى نمذجة متعددة المراحل للأورام ذات نسبة الحدوث الأعلى أثناء التحاليل المختبرية الأحيائية المتعلقة بنشوء الأورام السرطانية في ذكور الفئران، والتي تتجزء عنها زيادة قدرها ٥٪ في نسبة حدوث تلك الأورام (IPCS, EHC181, 1996)	١١ ميكروغرام/كغ من وزن الجسم يومياً	لبن الأم: ١٣ ميكروغرام/كغ من وزن الدهن	٠,٠٥٨٥ ميكروغرام/كغ /وزن الجسم/يوم	طفل رضيع من لبن الأم (٥ كغ)

١٧٦ - ورأت الوكالة الدولية لبحوث السرطان أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة (SCCPs) (متوسط C_{12}) ومتوسط ٦٠ في المائة كلور) من المواد المسرونة المحتملة (المجموعات ٢ باء)، وإن كانت قد أثارت تساؤلات فيما يتعلق بآليات استشارة الأورام ومدى صلة الدراسات التي استمد منها هذا التصنيف بصحة البشر. وفي التقرير الثالث عشر بشأن المسرطّنات أدرج البرنامج الوطني للسموم مركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة

(C12)، ٦٠ في المائة كلور) كمركبات يتوقع بصورة معقولة أن تكون مسرطنة للبشر وقد وضع البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (١٩٩٦) المأخذ اليومي القابل للتحمّل (TDI) لمركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة البالغ ١٠٠ ميكروغرام/كيلوغرام بوزن الجسم يومياً، وبالنسبة للتأثيرات الورمية لا ينبغي تجاوز الجرعة ١١ ميكروغرام/كيلوغرام بوزن الجسم يومياً (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية ١٩٩٦). وذكر أحدث تقييم أجراء الاتحاد الأوروبي أنه لا يمكن الحصول على أي مستوى لأنعدام التأثير الملاحظ من الدراسات التاريخية عن الشدييات. وخلصت وكالة البيئة في كندا إلى أن التقديرات العليا للمأخذ من مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة يتجاوز المأخذ اليومي القابل للتحمّل بالنسبة للتأثيرات الطويلة الأجل ورأى أن هامش الأمان ليس كافياً. وأشار أيضاً إلى أن هناك بعض المبررات للنظر في قيمة أدنى بعض الشيء من المأخذ اليومي القابل للتحمّل لكي تأخذ في الاعتبار التطور المحتمل للآفات في الدراسات الطويلة الأجل (وكالة البيئة في كندا ٢٠٠٨ و ٢٠١٣). وعلاوة على ذلك ينبغي النظر في أن السكان الأصليين في القطب الشمالي يتعرضون لأنواع مختلفة من الملوثات العضوية الثابتة صنف بعضها على أنه مسرطن.

البيان الختامي

- ٤

١٧٧ - استخدمت مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في كافة أنحاء العالم في طائفه عريضة من التطبيقات مثل استخدامها كمواد ملدنّة في صنع اللدائن، وفي سوائل الأشغال المعدنية، ومشبّطات اللهب، والمواد المضافة في الطلاء. ويرجح أن استخداماتها الصناعية الواسعة النطاق تقدم المصدر الرئيسي للتلوث البيئي بهذه المركبات. وتحدث الإطلاقات في البيئة أثناء إنتاج مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة وأثناء استخدامها وعند التخلص منها ومن المنتجات المحتوية عليها.

١٧٨ - وتنقل مركبات البارافينات في الغلاف الجوي عن طريق الماء وأنواع المهاجرة إلى القطب الجنوبي والقطب الشمالي والمناطق دون القطب الشمالي إلى مسافات بعيدة عن المصادر المحلية. والكثير من متاجنسات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة ثابت في البيئة، وتؤكد الدراسات التي أجريت على الشبكات الغذائية والسلسل الغذائية أن العديد من مركبات البارافينات يتراكم بمستويات مرتفعة في اللافقاريات والأسمك البحري وأسماك المياه العذبة. وبينت الدراسات المختبرية وجود أضرار على الأسماك في التركيزات المنخفضة. وتتراكم بعض مركبات البارافينات وتتضخم أحياياً في حيوانات ونباتات القطب الشمالي بما في ذلك أنواع الشدييات. وفي الشدييات، تؤثر هذه المركبات على الكبد وجهاز هرمونات الغدة الدرقية والكلوي.

١٧٩ - وقد قيست مركبات البارافينات أيضاً في رواسب بحيرات القطب الشمالي. وتعتبر هذه المركبات مواد سامة بالنسبة لللافقاريات المائية على وجه الخصوص. وبالنظر إلى الدور الهام الذي تؤديه اللافقاريات المائية في الأنشطة الإيكولوجية المائية، فإنها مبعث لقلق كبير فيما يتعلق باثارها المحتملة على الكائنات التي تعيش في هذه الرواسب واللافقاريات الأخرى.

١٨٠ - وعلى الرغم من أن التركيزات منخفضة في المناطق النائية، قيست مركبات البارافينات المكثورة القصيرة السلسلة في الكائنات الحية مناطق القطب الشمالي بمستويات مماثلة لمستويات الملوثات العضوية الثابتة المدرجة بالفعل. وعلى وجه الخصوص توجد مركبات البارافينات القصيرة السلسلة في أحياء القطب الشمالي التي تمثل بدورها غذاء الشعوب الأصلية في الشمال. وتوجد مركبات البارافينات في لب الأم بين سكان المناطق المعتدلة ومناطق القطب الشمالي.

١٨١ - وقد تبين أن مركبات البارافينات تؤثر في الغدة الدرقية والكبد والكلى مما يمكن أن يؤدى في المدى الطويل إلى تحولات سرطانية في هذه الأجهزة مثلما شوهد في التجارب الحيوانية التي أجريت على قوارض المختبرات. ويشك في أن هذه المركبات تتسبب في إصابة البشر بالسرطان وتحدث اختلالاً في وظائف الغدد الصماء أيضاً. وتجاوز تركيزات التعرض العليا مستويات التعرض المقبول لكل منها.

١٨٢ - وقد قيست مركبات البارافينات في الكائنات الحية في القطب الشمالي بتركيزات تماثل الملوثات العضوية الثابتة الأخرى المعروفة. وقد يكون التعرض المتزامن للملوثات العضوية الثابتة معثلاً على القلق. ولا يمكن في الوقت الحاضر تحديد اتجاه زمني لمركبات البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في المناطق النائية. ونظراً لما تبين من انتقالها بعيد المدى وقدرتها على التراكم، هناك احتمالات لازدياد مستوياتها في البيئة في حالة استمرار الإطلاقات أو ازديادها.

١٨٣ - واستناداً إلى الدلائل المتوفرة، يستنتج أن البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة يمكن أن تحدث آثاراً ضارة كبيرة على البيئة وصحة البشر بسبب انتقالها البيئي بعيد المدى، مما يستوجب اتخاذ إجراء عالمي بشأنها.

- Adielsson, S.; Graaf, S.; Andersson, M.; Kreuger, J. 2012. Resultat Från Miljöövervakningen Av Bekämpningsmedel (Växtskyddsmedel) (Data from Environmental Monitoring of Pesticides); Swedish University of Agricultural Sciences. Cited in Backhaus et al. 2012.
- AMAP 2004. AMAP Assessment. 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xvi+310 pp.
- AMAP 2009a. AMAP Assessment: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Levels, trends and effects of legacy and new persistent organic pollutants in the Arctic: Special Issue. *Science of the Total Environment*. Volume 408/15 (2010).
- AMAP 2009b. AMAP Assessment: Human Health in the Arctic, ISBN 978-82-7971-051-6 [http://www.apam.no/documents/doc/amap-assessment-2009-human-health-in-the-arctic/98]
- AMAP 2014. Trends in Stockholm Convention Persistent Organic Pollutants (POPs) in Arctic Air, Human media and Biota. AMAP Technical Report to the Stockholm Convention. AMAP Technical Report No. 7 (2014), Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
- 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.
- Backhaus, T., Faust, M. 2012. Predictive environmental risk assessment of chemical mixtures: a conceptual framework. *Environ Sci Technol.* 2012 Mar 6;46(5):2564-73.
- 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., Braekevelt, E., Stern, G.A., Jones, K.C. 2005. Spatial and temporal variability in air concentrations of short-chain (C10-C13) ad medium-chain (C14-C17) chlorinated n-alkanes measured in the U.K. atmosphere. *Environ. Sci. Technol.* 39: 4407-4415.
- Bardin, J.A., Gore, R.J., Wegman, D.H., Kriebel, D., Woskie, S.R., Eisen, E.A. 2005. Registry-based case-control studies of liver cancer and cancers of the biliary tract nested in a cohort of autoworkers exposed to metalworking fluids. *Scand J Work Environ Health* 31(3): 205-211.
- Basconcillo SL, Backus SM, McGoldrick DJ, Zaruk D, Sverko E, Muir DC, 2015. Current status of short- and medium chain polychlorinated n-alkanes in top predatory fish across Canada. *Chemosphere*. 2015 Feb 6;127C:93-100.
- 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.
- Bennie D.T., C.A. Sullivan, R.J. Maguire. 2000. Occurrence of chlorinated paraffins in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and carp (*Cyprinus carpio*) from Lake Ontario. *Water Qual Res J Can* 35:263–81.
- Bezchlebová, J., J. Černohláková, K. Kobetíčová, 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.
- Bonvallot, N., Mandin, C., Mercier, F., Le Bot, B., Glorenne P. (2010) Health ranking of ingested semivolatile organic compounds in house dust: an application to France, *Indoor Air*, 20: 458-472.
- 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.
- Braune, B.M., P.M. Outridge, A.T. Fisk, D.C.G. Muir, P.A. Helm, K. Hobbs, P.F. Hoekstra, Z.A.

- Kuzyk, M. Kwan, R.J. Letcher, W.L. Lockhart, R.J. Norstrom, G.A. Stern and I. Stirling. 2005. Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. *Sci. Total Env.* 351-352: 4-56.
- [Brooke, D.N. and Crookes M.J. 2011. Intersectoral working group on toxicological interactions. Study 1. Case study on toxicological interactions of chlorinated paraffins. Environmental Evaluation, Building Research Establishment, Watford, UK. Draft of 25 July 2011. Persistent Organic Pollutants Review Committee, Seventh meeting. Geneva, 10–14 October 2011. UNEP/POPS/POPRC.7/INF/15.]
- 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 Alstoffs). 1992. Chlorinated paraffins. German Chemical Society (GDCh) Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance, June (BUA Report 93).
- Burýšková, B., L. Bláha, D. Vršková, K. Šimkova and B. Maršalek. 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.
- Campbell, I. and G. McConnell. 1980. Chlorinated paraffins in the environment. 1. Environmental occurrence. *Environ. Sci. Technol.* 10: 1209–1214.
- Chaemfa, C., Xu, Y., Li, J., Chakraborty, P., Syed, Jh., Malik, RN., Wang, Y., Tian, CG., Zhang, G., Jones, Kc. 2014. Screening of Atmospheric Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in India and Pakistan using Polyurethane Foam Based Passive Air Sampler, *Environmental Science & Technology*, 2014 May 6, Vol.48(9), pp.4799-4808
- Castells P., F.J. Santos, M.T. Galceran. 2003. Solid-phase microextraction for the analysis of short-chain chlorinated paraffins in water samples. *J Chromatogr A* 984:1–8.
- Castells P., F.J. Santos, M.T. Galceran. 2004. Solid-phase extraction versus solid-phase microextraction for the determination of chlorinated paraffins in water using gas chromatography-negative chemical ionisation mass spectrometry. *J Chromatogr A* 1025:157–62.
- Castells, P., J. Parera, F.J. Santos and M.T. Galceran. 2008. Occurrence of polychlorinated naphthalenes, polychlorinated biphenyls and short-chain chlorinated paraffins in marine sediments from Barcelona (Spain). *Chemosphere* 70(9): 1552-1562.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1998. Protocol for the derivation of Canadian tissue residue guidelines for the protection of wildlife that consume aquatic biota. Winnipeg, Manitoba [reprinted in CCME. 1999. Canadian environmental quality guidelines. Chapter 8. Winnipeg, Manitoba].
- 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].
- Chen, M.Y., Luo, X.J., Zhang, X.L., He, M.J., Chen, S.J., Mai, B.X., 2011. Chlorinated paraffins in sediments from the Pearl River Delta, South China: spatial and temporal distributions and implication for processes. *Environ. Sci. Technol.* 45, 5964 - 5971.
- Chen, L., Huang, Y., Han, S., Feng, Y., Jiang, G., Tang, C., Ye, Z., Zhan, W., Liu, M. and Zhang, S. (2013) Sample pretreatment optimization for the analysis of short chain chlorinated paraffins in soil with gas chromatography-electron capture negative ion-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1274, 36-43
- COMMISSION REGULATION (EU) No 519/2012 of 19 June 2012 amending Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants as regards Annex I, available at <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=en>

COMMISSION REGULATION (EC) No 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 (REACH). It implements the 2nd edition of the United Nations Globally Harmonised System of classification and labelling of chemicals (GHS) into EU law, <http://www.echa.europa.eu/regulations/clp/legislation>, 2015-03-5

COMMISSION REGULATION (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC, available at <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=en>

Cooley, H.M., A.T. Fisk, S.C. Weins, 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 C₁₀, C₁₁, C₁₂ and C₁₄ polychlorinated alkanes. *Aquat. Toxicol.* 54: 81–99.

Climate and Pollution Agency, Norway 2012. Compilation of Norwegian Screening Data for Selected Contaminants (2002 –2012). Report TA-2982/201

<http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2982/ta2982.pdf>, 2015-03-05

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.

CSTEE 1998. Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment opinion on the risk assessment of short chain length chlorinated paraffins (Available at http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/docshtml/sct_out23_en.htm)

CXR Biosciences Ltd. 2006. Stamp SL. C14-17 n-alkane, 52% chlorinated study of post-natal offspring mortality following dietary administration to CD rats. DAR0001/062390. Huntingdon Life Sciences Ltd., Huntingdon, UK. Unpublished report.

Darnerud, P.O., Aune, M., Glynn, A., Borgen, A., 2012. Paraffins in Swedish breast milk. A report of the Swedish Chemicals Agency:

http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM%2018_12.pdf

De Boer, J., El-Sayed Ali, T., Fiedler, H., Legler, J., Muir, D., Nikiforov, V.A., Tomy, G.T., Tsunemi, K., de Boer, J., 2010. Chlorinated paraffins. In: The Handbook of Environmental Chemistry. Chlorinated Paraffins, vol. 10. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.

D'Hollander, W., Roosens, L., Covaci, A., Cornelis, C., Reynders, H., Campenhout, K.V., Voogt, P.D., Bervoets, L., 2010. Brominated flame retardants and perfluorinated compounds in indoor dust from homes and offices in Flanders, Belgium. *Chemosphere* 1, 478-487.

Dick, T.A., C.P. Gallagher and G.T. Tomy. 2010. Short- and medium-chain chlorinated paraffins in fish, water and soils from the Iqaluit, Nunavut (Canada), area. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development.* 7: 387-401.

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.

Directive 2002/45/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 amending for the twentieth time Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (short-chain chlorinated paraffins) [<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0045>, 2015-02-03]

Drouillard, K.G., G.T. Tomy, D.C.G. Muir and K.J. Friesen. 1998a. Volatility of chlorinated n-alkanes (C₁₀₋₁₂): 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 (C₁₀₋₁₂) from measurements of chlorinated alkane mixtures. *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 1261–1267.

- EC, 2000. European Union risk assessment report. 1st Priority List Vol. 4: alkanes, C_{10–13}, chloro-. European Commission. European Chemicals Bureau, Luxembourg. 166 pp. (EUR 19010; ISBN 92-828-8451-1).
- EC, 2003. Technical guidance document on risk assessment. Part II: Environmental risk assessment. European Commission, Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances. European Chemical Bureau, Luxembourg. [cited in Bezhlebová et al. 2007]
- EC, 2005. Risk profile and summary report for short-chained chlorinated paraffins (SCCPs), European Commission. Dossier prepared from the UNECE Convention on Long range Transboundary Air Pollution, Protocol on Persistent Organic Pollutants. European Commission, DG Environment.
- EC, 2008 European Union risk assessment report. Updated Version 1st Priority List Vol. 4: alkanes, C_{10–13}, chloro-. European Commission 23396 EN. ISSN 1018-5593 Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- ECHA, 2008. Support document for identification of alkanes C_{10–13}Chloro as substances of very high concern. SVHC support document. Member States Committee, adapted on October 8th, European Chemicals Agency.
- Evenset, A., Carroll J., Christensen, GN., Kallenborn, R., Gregor, D., Gabrielsen, GW. 2007. Seabird Guano Is an Efficient Conveyer of Persistent Organic Pollutants (POPs) to Arctic Lake Ecosystems. Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 1173-1179.
- 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.
- Environment Canada. 2008. Follow-up report on PSL1 substance for which data were insufficient to conclude whether the substances were “toxic” to the environment and to human health; Chlorinated Paraffins. August 2008. <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=D7D84872-1>
- Environment Canada. 2013. Chlorinated Paraffins. Follow-up Report on a PSL1 Assessment for WhichData Were Insufficient to Conclude Whether the Substances Were “Toxic” to the Environment and to the Human Health. Date modified: 2013-11-07; <https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=D7D84872-1&printfullpage=true>, Assessed: 2015-03-13.
- EU (European Union). 2002. European Commission DG ENV Endocrine Disrupting Substances (man-made chemicals) B4-3040/2001/325850/MAR/C2. RPS BKH Project number: M0355037 Report: Endocrine disrupters: study on gathering information on 435 substances with insufficient data. Final report by bkh consulting engineers.
- 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).
- EU (European Union). 2012. Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures. European Union, 2012, Scientific Committee on Health and Environmental Risks SCHER, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, Scientific Committee on Consumer Safety SCCS 2012 ISB N 978- 92-79-3 0700-3.
- EU (European Union). 2015 Endocrine Disrupters: Database. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/endocrine/strategy/being_en.htm (Assessed: 2015.03.13)
- Euro Chlor. 1995. As reported in letter from ICI dated 12/7/95 [cited in EC 2000].
- Fiedler, H. 2010. Short-Chain Chlorinated Paraffins: Production, Use and International Regulations in De Boer, J., El-Sayed Ali, T., Fiedler, H., Legler, J., Muir, D., Nikiforov, V.A., Tomy, G.T., Tsunemi, K., de Boer, J., 2010. Chlorinated paraffins. In: The Handbook of Environmental Chemistry. Chlorinated Paraffins, vol. 10. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- Fisk, A., C. Cymbalisty, A. Bergman and D.C.G. Muir. 1996. Dietary accumulation of C₁₂- and C₁₆chlorinated 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 C₁₂ and C₁₆ polychlorinated alkanes by oligochaetes (*Lumbriculus variegatus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 2019–2026.
- Fisk, A.T., C.D. Cymbalisty, G.T. Tomy and D.C.G. Muir. 1998b. Dietary accumulation and depuration of C₁₀-, C₁₁- and C₁₄-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 C₁₀-, C₁₁-, C₁₂- and C₁₄-polychlorinated alkanes to Japanese medaka (*Oryzias latipes*) embryos. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 2894–2902.
- Fisk, A.T., G.T. Tomy, C.D. Cymbalisty 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.
- Friden, U., Mc Lachlan, M., Berger U. 2010 Human exposure to chlorinated paraffins via indoor air and dust. Final report. Stockholm University.
- Gao Y., Zhang H., Su F., Tian Y., Chen J. 2012. Environmental Occurrence and Distribution of Short Chain Chlorinated Paraffins in Sediments and Soils from the Liaohe River Basin, China, *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 3771–3778.
- Gasperi, J.; Zgheib, S.; Cladière, M.; Rocher, V.; Moilleron, R.; Chebbo, G. (2012): Priority pollutants in urban stormwater: Part 2 – Case of combined sewers, *Water Research*, 2012, Vol.46(20), pp.6693-6703
- Gawor, A. and Wania, F. 2013. Using quantitative structural property relationships, chemical fate models, and the chemical partitioning space to investigate the potential for long range transport and bioaccumulation of complex halogenated chemical mixtures. *Environmental Science: Processes & Impacts* 15(9): 1671-1684.
- Geng N., Zhang, H, Zhang B, Wu, P, Wang F, Yu, Z, Chen, J (2015) Effects of short-chain chlorinated paraffins exposure on the viability and metabolism of human hepatoma HepG2 Cells. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 3076–3083.
- Gilliom, R. J.; Barbash, J. E.; Crawford, G. C.; Hamilton, P. A.; Martin, J. D.; Nakagaki, N. Pesticides in the Nation's Streams and Ground Water, 1992–2001; USGS Circular 1291, Revised Edition, 2007.
- 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.
- Halse, AK; Schlabach, M.; Schuster, J. K ; Jones, K C ; Steinnes, E.; Breivik, K. (2015): Endosulfan, pentachlorobenzene and short-chain chlorinated paraffins in background soils from Western Europe, *Environmental pollution* (Barking, Essex : 1987), 2015, Vol.196, pp.21-8
- Hansen, J.C., Gilman, A.P., and Odland, J. Ø 2014 The Seven Pillars of Obesity: Development of a holistic understanding of a complex problem AMAP Technical Report No. 8 Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. ISBN – 978-82-7971-085-1.
- Harada, K.H., Takasuga, T., Hitomi, T., Wang, P., Matsukami, H., Koizumi, A. 2011 Dietary exposure to short-chain chlorinated paraffins has increased in Beijing, China. *Environ Sci Technol.* 15;45(16):7019-27.
- Harner, T., M. Mitrovic, L. Ahrens, and J. Schuster, 2014. Characterization of PUF disk passive air samplers for new priority chemicals: a review. *Organohalogen Compounds*, 76:11-29.
- Hildebrecht, C.O. 1972. Biodegradability study on chlorinated waxes. Environlab Inc., Plainesville, 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 B. G. Maddock., 1983b. Effect of a chlorinated paraffin on embryos and larvae of the sheepshead minnow *Cyprinodon variegatus* – study 2. ICI Confidential Report BL/B/2327.
- Hilger, B., Fromme, H., Völkel, W., Coelhan, M., 2011. Effects of chain length, chlorination degree,

and structure on the octanolewater partition coefficients of polychlorinated n-alkanes. Environmental Science and Technology 45, 2842-2849.

Hilger, B., Friomme, H., Völkel, W., Coelhan, M. 2013. Occurrence of chlorinated paraffins in house dust samples from Bavaria, Germany. Environmental Pollution 175, 16 -21. Houde, M., D.C.G.Muir, G.T.Tomy, D.M. Whittle, C. Teixeira, and S. Morre. 2008. Bioaccumulation and Trophic Magnification of Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Food Webs from Lake Ontario and Lake Michigan. Environ. Sci. Technol. 42: 3893-3899.

Huber S., Warner N.A., Nygård T., Remberger M., Harju M., Uggerud H.T., Kaj L., Hanssen L. 2015. A broad cocktail of environmental pollutants found in eggs of three seabird species from remote colonies in Norway. Environ Toxicol Chem. 2015 Jun;34(6):1296-308.

Hung et al., in press: Northern Contaminants Air Monitoring: Organic Pollutant Measurements. In: NCP, 2015. Synopsis of Research conducted under the 2014-2015 Northern Contaminants Program. Aboriginal Affairs and Northern Development Canada, Ottawa, ON

Hüttig, J. 2006. Determination of the “new” problem group chloro-paraffins in sediments by HRGC-LRMS. Ph.D. Thesis, University of Basel, Basel, Switzerland.

IARC (International Agency for Research on Cancer). 1990. Summaries and Evaluations CHLORINATED PARAFFINS (Group 2B) Vol. 48. p 55.

Iino F., T. Takasuga, K. Senthilkumar, N. Nakamura and J. Nakanish. 2005. Risk assessment of shortchain chlorinated paraffins in Japan based on the first market basket study and species sensitivity -distributions. Environ. Sci. Technol. 39:859-866

Iozza, S., C.E. Müller, P. Schmid, C. Bogdal and M. Oehme. 2008. Historical profiles of chlorinated paraffins and polychlorinated biphenyls in a dated sediment core from Lake Thun (Switzerland). Environ. Sci. Technol. 42 (4):1045–1050.

Iozza, S., P. Schmid, M. Oehme, R. Bassan, C. Belis, G. Jakobi, M. Kirchner, K-W. Schramm, N. Kräuchi, W. Moche, I. Offenthaler, P. Weiss, P. Simončič and W. Knoth. 2009. Altitude profiles of total chlorinated paraffins in humus and spruce needles from the Alps (MONARPOP). Environ. Pollut. 157: 3225-3231.

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).

IPEN 2015. Comments on the draft risk profile SCCP. International POPs Elimination Network, February, 2015.

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; ¹⁴C labeled CP. Mattawan, Michigan. 350 pp. (Report No. 438-029/022) [cited in IPCS 1996].

IRDC (International Research and Development Corporation). 1985. Chlorinated paraffin: Reproduction range-finding study in rats. IRDC Report No. 438/049. International Research and Development Corporation, Mattawan, Michigan, USA 49071.

Ismail, N., S.B. Gewurtz, K. Pleskach, D.M. Whittle, P.A. Helm, C.H. Marvin, and G.T. Tomy. 2009. Brominated and chlorinated flame retardants in Lake Ontario, Canada, lake trout (*Salvelinus namaycush*) between 1979 and 2004 and possible influences of food-web changes. Environ. Toxicol. Chem. 28: 910-920.

IVL, Environmental Research Institute. 2015. Miljöövervakningsdata, <http://dvss.ivl.se/registersida.aspx>

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.

- Johansen, P. D. Muir, G. Asmund and F. Riget. 2004. Contaminants in the Traditional Greenland Diet. NERI Technical Report, No. 492, National Environmental Research Institute, Roskilde DK. 77 pp.
- 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].
- Klecka, J. 2014. The role of a water bug, *Sigara striata*, in freshwater food webs. *PeerJ* 2:e389 <https://dx.doi.org/10.7717/peerj.389>
- 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.
- Kolpin, D. W.; Furlong, E. T.; Meyer, M. T.; Thurman, E. M.; Zaugg, S. D.; Barber, L. B.; Buxton, H. T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999–2000--A national reconnaissance. *Environ. Sci. Technol.* 2002, 36 (6), 1202–1211.
- Kortenkamp A, Backhaus T, Faust M. State of the Art Report on Mixture Toxicity. 2009. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/report_Mixture%20toxicity.pdf
- Kuhnlein, H. M. (1995a). "Benefits and risks of traditional food for Indigenous Peoples: focus on dietary intakes of Arctic men." *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 73: 765 -771.
- Kuhnlein, H. V., O. Receveur, D. C. Muir, H. M. Chan and R. Soueida (1995b). "Arctic indigenous women consume greater than acceptable levels of organochlorines." *J Nutr* 125(10): 2501-10.
- 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.
- Langer, P., 2010. The impacts of organochlorines and other persistent pollutants on thyroid and metabolic health. *Front Neuroendocrinol.* 31(4):497-518. doi: 10.1016/j.yfrne.2010.08.001.
- Lau, C., Abbott, B.D., Corton, C.J., Cunningham, M.L. 2010 PPARs and Xenobiotic-Induced Adverse Effects: Relevance to Human Health. *PPAR Research Volume 2010*, Article ID 954639, doi:10.1155/2010/954639
- Letcher RJ, Bustnes JO, Dietz R, Jenssen BM, Jørgensen EH, Sonne C, Verreault J, Vijayan MM, Gabrielsen GW. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Sci Total Environ.* 2010 Jul 1;408(15):2995-3043.
- Letcher, R. 2013. Temporal and Spatial Trends of Legacy and Emerging Organic and Metal/Elemental Contaminants in Canadian Polar Bears. In: Synopsis of Research Conducted under the 2013-2014 Northern Contaminants Program. Aboriginal Affairs and Northern Development Canada, 2013
- Li, Xm ; Gao, Y, Wang, Yw, Pan, Yy. 2014a: Emerging Persistent Organic Pollutants in Chinese Bohai Sea and Its Coastal Regions, *Scientific World Journal*, 2014
- Li, C, Xie, Hb, Chen, JW, Yang, Xh, Zhang, Yf, Qiao, XL. 2014b. Predicting Gaseous Reaction Rates of Short Chain Chlorinated Paraffins with center dot OH: Overcoming the Difficulty in Experimental Determination, *Environmental Science & Technology*, 2014 Dec 2, Vol.48(23), pp.13808-13816
- Li Q, Li J, Wang Y, Xu Y, Pan X, Zhang G, Luo C, Kobara Y, Nam JJ, Jones KC. 2012. Atmospheric short-chain chlorinated paraffins in China, Japan, and South Korea. *Environ Sci Technol.* 2012 Nov 6;46(21):11948-54.
- Lu, M. 2013. Degradation of short chain polychlorinated paraffins by a new isolate: tests in pure culture and sewage sludge, *Journal Of Chemical Technology And Biotechnology*, 2013 Jul, Vol.88(7), pp.1273-1279
- Luo, Xiao-Jun, Sun, Yu-Xin, Wu, Jiang-Ping, Chen, She-Jun, Mai, Bi-Xian 2015. Short-chain chlorinated paraffins in terrestrial bird species inhabiting an e-waste recycling site in South China, *Environmental Pollution*, March 2015, Vol.198, pp.41-46
- Ma, Xd, Zhang, Hj, Zhou, HQ, Na, Gs, Wang, Z, Chen, C, Chen, JW, Chen, JP. 2014c. Occurrence and gas/particle partitioning of short- and medium-chain chlorinated paraffins in the atmosphere of Fildes Peninsula of Antarctica, *Atmospheric Environment*, 2014 Jun, Vol.90, pp.10-15
- Ma, Xd, Zhang, Hj, Wang, Z, Yao, Zw, Chen, JW, Chen, JP. 2014a. Bioaccumulation and Trophic Transfer of Short Chain Chlorinated Paraffins in a Marine Food Web from Liaodong Bay, North China, *Environmental Science & Technology*, Vol.48(10), pp.5964-5971
- Ma, Xd; Chen, Jn, Ma, X, Wang, Z, Yao, Z, Ma, X, Zhang, H, Gao, Y; Chen, J; Chen, C. 2014b. Congener-specific distribution and bioaccumulation of short-chain chlorinated paraffins in sediments

- and bivalves of the Bohai Sea, China, *Marine Pollution Bulletin*, 2013
- 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.
- MOE (Ontario Ministry of the Environment). 1998. Guidelines for the utilization of biosolids and other wastes on agricultural land. January revision.
- Moore S., L. Vromet, B. Rondeau. 2003. Comparison of metastable atom bombardment and electron capture negative ionization for the analysis of polychloroalkanes. *Chemosphere* 54:453–9.
- Morales, L., Martrat, MG., Olmos, J.; Parera, J.; Vicente, J.; Bertolero, A.; Abalos, M., Lacorte, S.; Santos, Fj., Abad, E. 2012: Persistent Organic Pollutants in gull eggs of two species (*Larus michahellis* and *Larus audouinii*) from the Ebro delta Natural Park, *Chemosphere*, 2012 Sep, Vol.88(11), pp.1306-1316
- Muir, D.C.G., M. Alaee and G.A. Stern. 1999a. Polychlorinated (C₁₀–C₁₃) 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, T.F. Bidleman and G.A. Stern. 1999b. New persistent and bioaccumulative chemicals in arctic air, water/snow, and biota. In: Kalhok S, editor. Synopsis of research conducted under the 1997/98 Northern Contaminants Program, vol. 75. Environmental Studies. Ottawa, Indian and Northern Affairs Canada, p. 165–9.
- 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. Patreas (eds.), Persistent, bioaccumulative and toxic substances. Vol. 2. ACS Books, Washington, D.C. pp. 184–202.
- Muir, D., E. Braekevelt, 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. Braekevelt, G. Tomy and M. Whittle. 2003. Medium chain chlorinated paraffins in Great Lakes food webs. *Organohalogen Compd.* 64: 166–169.
- Muir, D. C. G., M. Alaee, C. Butt, B. Braune, P. Helm, S. Mabury, G. Tomy and X. Wang. 2004. New contaminants in Arctic biota. Synopsis of research conducted under the 2003-2004, Northern Contaminants Program, . Ottawa, Indian and Northern Affairs Canada: 139-148.

- Murray, T.M., D.H. Frankenberg, 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).
- NCP 2013. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report On Persistent Organic Pollutants – 2013. Muir D, Kurt-Karakus P, Stow J. (Eds). Northern Contaminants Program, Aboriginal Affairs and Northern Development Canada, Ottawa ON. xxiii + 487 pp + Annex
- Nicholls, C.R., C.R. Alchin 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.
- NILU (2015) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, M-368|2015 annual report 2014.– Norwegian Institute for Air Research, Norwegian Environment Agency
- Norwegian Environment Agency 2014a. Emission reductions for priority hazardous chemicals (2020 target). Status report. Report M 210-2014 (available in Norwegian only). See [http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M210/m210.pdf,2015-03-05]
- Norwegian Environment Agency 2014b. Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, annual report 2013. Report M202-2014. [http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M202/M202.pdf,2015-03-05]
- Norwegian Environment Agency 2014c. Contaminants in coastal waters of Norway 2013. Report M-250/2014. [http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M250/M250.pdf, 2015-03-05]
- Norwegian Environment Agency 2014d. Environmental Contaminants in an Urban Fjord. Report M-205/2014
- Norwegian Environment Agency 2013. Perfluorinated alkylated substances, brominated flame retardants and chlorinated paraffins in the Norwegian Environment - Screening 2013. Report M400-2013. [http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M-40/M40.pdf, 2015-03-05]
- NTP (National Toxicology Program) 1986. Technical Report Series, No. 308. Toxicology and carcinogenesis studies of chlorinated paraffins (C12, 60% chlorine) (CAS No. 63449-39-8) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies).
- NTP (National Toxicology Program). 2014. National Toxicology Program. Department of Health and Human Services. 13th Report on Carcinogens, U.S. Department of Health and Human Services. Thirteenth Edition. Chlorinated Paraffins. Chlorinated Paraffins (C12, 60% Chlorine) CAS No. 108171-26-2 Reasonably anticipated to be human carcinogens. First listed in the Fifth Annual Report on Carcinogens (1989): <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/chlorinatedparaffins.pdf>
- Nyberg E., Faxneld, S., Danielsson, S., Bignert, A., Eriksson, U., Holm, K., Borg H., Berger U., 2012. National Swedish Contaminant Monitoring Programme for Freshwater Biota, 2012. Swedish Museum of Natural History, http://www.nrm.se/download/18.551d33ba13a8a19ad04264a/13_2012+Limniska2012.pdf
- Omori, T., T. Kimura and T. Kodama. 1987. Bacterial cometabolic degradation of chlorinated paraffins. Appl. Microbiol. Biotechnol. 25: 553–557.
- OECD guideline for testing of chemicals, Phototransformation of Chemicals in water – direct and Indirect Photolysis (draft document 2000)
- Olomukoro, OJ., Ebehiremen.O. 2015. Diversity and Distribution of Benthic Macroinvertebrate Fauna of Obazuwa Lake in Benin City, Nigeria. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, Vol.5, No.1, 2015, p. 94 [www.iiste.org]
- 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).
- OSPAR (Oslo-Paris Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic). 2006. Overview Assessment: Implementation of PARCOM Decision 95/1 on Short Chained Chlorinated Paraffin.

- Parera, J., F.J. Santos and M.T. Galceran. 2004. Microwave-assisted extraction versus soxhlet extraction for the analysis of short-chain chlorinated alkanes in sediments. *J. Chromatogr. A* 1046 (1-2) 19-26.
- Pellegriti, G., Frasca, F., 2 Squarrito, S., Vigneri, R. 2013. Worldwide Increasing Incidence of Thyroid Cancer: Update on Epidemiology and Risk Factors, *Journal of Cancer Epidemiology*. Volume 2013, 965212, 10 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/965212>
- 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.
- Petersen, 2012. Short and medium chained chlorinated paraffins in buildings and constructions in the EU. [part of the Annex E 2015 submission, Netherlands; <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC10/POPRC10Followup/Shortchainedchlorinatedparaffins/tabid/4295/Default.aspx>, 2015-02-03]
- 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 dibenz-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., Ceric, 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.
- Sagerup K, Helgason LB, Polder A, Strøm H, Josefsen TD, Skåre JU, Gabrielsen GW. Persistent organic pollutants and mercury in dead and dying glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) at Bjørnøya (Svalbard). *Sci Total Environ.* 2009 Nov 15;407(23):6009-16.
- SCHER Scientific Committee on Health and Environmental Risks. 2008. Scientific opinion on the risk assessment report on alkanes, C14-17, chloro MCCP human health part. CAS 85535-85-9, 15 January 2008.
- Schröder, P. ; Belis, C. ; Schnelle-Kreis, J. ; Herzig, R. ; Prevot, A. ; Raveton, M. ; Kirchner, M. ; Catinon, M. 2014. Why air quality in the Alps remains a matter of concern. The impact of organic pollutants in the alpine area, *Environmental Science and Pollution Research*, 2014, Vol.21(1), pp.252-267
- Serrone D. M., Birtley R. D. N. Weigand, W., Millischer R., (1987). Summaries of toxicological data. Toxicology of chlorinated paraffins. *Food Chem. Toxicol.*, 25, (7), 553-562SFT. 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.
- Sjöberg, K., Brorström-Lundén, E., Pihl Karlsson G., Danielsson, H., Hansson, K., Wängberg, I., Potter A., Kreuger, J., Lindström, B., Areskoug, H., Alpfjord H., Andersson C., (2014). *Sakrapport 2013, Data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. år 2013.* IVL Svenska Miljöinstitutet 2014. <http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/miljoovervakning/Luft/nationell-luftovervakning-sakrapport-2013.pdf>
- Sochová, I., J. Hofman, and I. Holoubek. 2007. Effects of seven organic pollutants on soil nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environment International.* 33:798-804.
- Štejnarová, P., M. Coelhan, R. Kostrhourová, H. Parlar and Ivan Holoubek. 2005. Analysis of short chain chlorinated paraffins in sediment samples from the Czech Republic by short-column GC/ECNI-MS. *Chemosphere* 58:253-262.
- 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.

Stern, GA, Braekevelt, E, Helm, PA, Bidleman, TF, Outridge, PM, Lockhart, WL, McNeeley, R, Rosenberg B, Ikonomou MG, Hamilton P, Tomy GT, Wilkinson P. 2005. Modern and historical fluxes of halogenated organic contaminants to a lake in the Canadian arctic, as determined from annually laminated sediment cores. *Sci. Total Environ.* 342: 223-243

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.

Stiehl, T., Pfördt, J., Ende, M. 2008. Globale Destillation. I. Evaluierung von Schadstoffen aufgrund ihrer Persistenz, ihres Bioakkumulationspotentials und ihrer Toxizität im Hinblick auf ihren potentiellen Eintrag in das arktische Ökosystem. *J. Consumer Prot. Food Saf.* 3, 61–81.

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.

Strid, A., Athanassiadis, J., Bergman, A. 2014 Hand blenders available on the Swedish market may contaminate food with chlorinated paraffins. Annex E submission Pamela Miller, Alaska Community Action on Toxics and IPEN.

Strid, A., Bruhn, C., Sverko, E., Svavarsson, J., Tomy, G., Bergman, A. 2013. Brominated and chlorinated flame retardants in liver of Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) *Chemosphere*, 2013 Apr, Vol.91(2), pp.222-228.

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.

Sverko, E., Tomy, GT, Marvin, CH, Muir DCG. 2012. Improving the Quality of Environmental Measurements on Short Chain Chlorinated Paraffins to Support Global Regulatory Efforts, *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 4697–4698.

Takasuga T., A. Hayashi, M. Yamashita, H. Takemori, K. Senthilkumar. 2003. Preliminary study of polychlorinated n-alkanes in standard mixtures, river water samples from Japan by HRGC-HRMS with negative ion chemical ionization. *Organohalog Compd* 60:424–7.

Takasuga T., Nakano T., Shibata Y., 2012. Unintentional POPs (PCBs, PCBz, PCNs) contamination in articles containing chlorinated paraffins and related impacted chlorinated paraffin products. *Organohalogen Compd*, 2012.

Tang M., Chen K., Yang F., Liu W., 2014 Exposure to Organochlorine Pollutants and Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plos one.* 10, 9, e85556.

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].

Thomas G.O., D. Farrar, E. Braekevelt, G. Stern, O.I. Kalantzi, F.L. Martin and K.C. Jones. 2006. Short and medium chain length chlorinated paraffins in UK human milk fat. *Environmental International* 141:30-41

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 (C10-13, 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 C₁₀-C₁₃ 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 C₁₀-C₁₃ 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 C₁₀-C₁₃ 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. ²¹⁰Pb 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, C₁₄₋₁₇, chlоро. 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, C₁₀₋₁₃, chlоро.
- 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, C10-13, Chlоро. CAS Number: 85535-84-8. EINECS Number: 287-476-5. Combined Draft of April 2007. UK Environment Agency, Oxfordshire, U.K. 139 pp.
- UNECE-LRTAP POPs Protocol, 2007. Summary Of The Independent Track A Technical Peer Reviews On Short Chained Chlorinated Paraffins (SCCPs) Dossier Submitted Under The UNECE-LRTAP POPs Protocol, 16/1/08 Available at <http://www.unece.org.net4all.ch/fileadmin/DAM/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2006/5th meeting/Final Summary Report SCCP May 1.doc>
- [UNEP/AMAP Expert Group. 2009. Climate Change and POPs: Predicting Impacts. <http://chm.pops.int/Programmes/GlobalMonitoringPlan/ClimateChangeandPOPsPredictingtheImpacts/tabid/1580/language/en-US/Default.aspx>]
- UK REACH Competent Authority 2008. Proposal for identification of a substance as a CMR, PBT, vPvB or a substance of an equivalent level of concern, Annex XV, June 2008, [available at <http://echa.europa.eu/>, 2015-03-06]
- US EPA. 2009. Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCPs) and Other Chlorinated Paraffins Action Plan, U.S. Environmental Protection Agency, 12/30/2009
[http://www.epa.gov/opptintr/existingchemicals/pubs/actionplans/sccps_ap_2009_1230_final.pdf, 2015-03-06]

- Van Oostdam, J., A. Gilman, É. Dewailly, P. Usher, B. Wheatley, H. Kuhnlein, S. Neve, J. Walker, B. Tracy, M. Feeley, V. Jerome and B. Kwavnick (1999). Human Health Implications of Environmental Contaminants in Arctic Canada: A Review. *Sci. Tot. Environ.* 230: 1-82.
- Vandenberg LN, Colborn T, Hayes TB, Heindel JJ, Jacobs DR Jr, Lee DH, Shioda T, Soto AM, vom Saal FS, Welshons WV, Zoeller RT, Myers JP. 2012. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses. *Endocr Rev.* 2012 Jun;33(3):378-455.
- Vighi, M and S. Villa. 2011. Risk for POP mixtures in an Arctic food chain. Presentation. Stockholm Convention on POPs.
- Vorkamp, K., Rigét F.F. 2014 A review of new and current-use contaminants in the Arctic environment: evidence of long-range transport and indications of bioaccumulation. *Chemosphere.* 111:379-95.
- Vos, JG., Dybing E, Greim H.A., Ladefoged O., Lambre C, Tarazona J.V., Brandt I, Vethaak AD 2000. Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife with special reference to the European situation. *Crit.Rev.Toxicol.* 30, 71–133.
- Wang, T., Han, S., Yuan, B., Zeng, L., Li, Y., Wang, Y. and Jiang, G. 2012. Summer–winter concentrations and gas-particle partitioning of short chain chlorinated paraffins in the atmosphere of an urban setting, *Environmental Pollution*, 171, 38-45.
- Wang, Xue-Tong ; Zhang, Yuan ; Miao, Yi ; Li, Yuan-Cheng ; Chang, Yue-Ya ; Wu, Ming-Hong ; Ma, Ling-Ling 2013a. Short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) in surface soil from a background area in China: Occurrence, distribution, and congener profiles, *Environmental Science and Pollution Research*, July 2013, Vol.20(7), pp.4742-4749
- Wang, Yan; Li, Jun; Cheng, Zhineng; Li, Qilu; Pan, Xiaohui; Zhang, Ruijie; Liu, Di; Luo, Chunling; Liu, Xiang; Katsoyiannis, Athanasios; Zhang, Gan. 2013b: Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Air and Soil of Subtropical Terrestrial Environment in the Pearl River Delta, South China: Distribution, Composition, Atmospheric Deposition Fluxes, and Environmental Fate, *Environmental Science & Technology*, 2013, Vol.47(6), pp.2679-2687
- Wang, X-T., Wang, X-K., Zhang, Y., Chen, L., Sun,Y-F., Li, M. and Wu, M-H. 2014. Short- and medium-chain chlorinated paraffins in urban soils of Shanghai: Spatial distribution, homologue group patterns and ecological risk assessment, *Science of The Total Environment*, 490, 144-152.
- Wang, Thanh; Yu, Junchao; Han, Shanlong; Wang, Yawei ; Jiang, Guibin 2015. Levels of short chain chlorinated paraffins in pine needles and bark and their vegetation-air partitioning in urban areas, *Environmental Pollution*, January 2015, Vol.196, pp.309-312
- 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.
- Warnasuriya, G.D., B.M. Elcombe, J.R. Foster and C.R. Elcombe. 2010. A mechanism for the induction of renal tumours in male Fischer 344 rats by short-chain chlorinated paraffins. *Arch Toxicol.* 84: 233-243.
- 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>.
- WHO World Health Organisation. 2012. State of the science of endocrine disrupting chemicals – 2012 An assessment of the state of the science of endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme (UNEP) and WHO. ISBN: 978 92 4 150503 1.
- Wiig, O. 1998. Survival and reproductive rates of polar bears at Svalbard. *Ursus* 10: 25 -32.
- 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.
- Yuan, B.; Wang, Y. W.; Fu, J. J.; Zhang, Q. H.; Jiang, G. B. 2010. An analytical method for chlorinated paraffins and their determination in soil samples. *Chin. Sci. Bull.* 2010, 55, 2395–2401.
- Yuan, Bo; Wang, Thanh; Zhu, Nali; Zhang, Kegang; Zeng, Lixi; Fu, Jianjie; Wang, Yawei; Jiang, Guibin 2012: Short chain chlorinated paraffins in mollusks from coastal waters in the Chinese Bohai Sea, *Environmental Science and Technology*, Vol.46(12), pp.6489-6496
- Zeng, Lixi; Wang, Thanh; Wang, Pu; Liu, Qian ; Han, Shanlong ; Yuan, Bo; Zhu, Nali; Wang, Yawei; Jiang, Guibin 2011a: Distribution and trophic transfer of short-chain chlorinated paraffins in an

aquatic ecosystem receiving effluents from a sewage treatment plant, Environmental Science and Technology, Vol.45(13), pp.5529-5535

Zeng, Lixi; Wang, Thanh; Yuan, Bo; Liu, Qian; Wang, Yawei; Jiang, Guibin; Han, Wenya 2011b: Spatial and vertical distribution of short chain chlorinated paraffins in soils from wastewater irrigated farmlands, Environmental Science and Technology, Vol.45(6), pp.2100-2106

Zeng L, Li H, Wang T, Gao Y, Xiao K, Du Y, Wang Y, Jiang G. 2012a. Behavior, fate, and mass loading of short chain chlorinated paraffins in an advanced municipal sewage treatment plant, Environ Sci Technol. 2013 Jan 15;47(2):732-40.

Zeng, Lixi ; Wang, Thanh ; Ruan, Ting ; Liu, Qian ; Wang, Yawei ; Jiang, Guibin ; Zeng, Lixi 2012b: Levels and distribution patterns of short chain chlorinated paraffins in sewage sludge of wastewater treatment plants in China, Environmental Pollution, January 2012, Vol.160(1), pp.88-94

Zeng L., Zhao Z., Li, H., Wang T., Liu Q., Xiao, K., Du, Y., Wang Y., Jiang G. 2012c. Distribution of Short Chain Chlorinated Paraffins in Marine Sediments of the East China Sea: Influencing Factors, Transport and Implications, Environ. Sci. Technol., 2012, 46 (18), pp 9898–9906

Zeng, Lixi, Chen, Ru, Wang, Thanh, Gao, Yan, Wang, Yawei, Jiang, Guibin, Zeng, Lixi, Chen, Ru, Zhao, Zongshan, Li, An Sun, Liguang 2013. Spatial distributions and deposition chronology of short chain chlorinated paraffins in marine sediments across the Chinese Bohai and Yellow Seas, Environmental Science and Technology, 15 October 2013, Vol.47(20), pp.11449-11456

Zhao, Zongshan; Li, Huijuan; Wang, Yawei; Li, Guoliang; Zeng, Lixi; Wang, Thanh; Jiang, Guibin; 2013. Source and migration of short-chain chlorinated paraffins in the coastal East China Sea using multiproxies of marine organic geochemistry, Environmental Science and Technology, 21 May 2013, Vol.47(10), pp.5013-5022

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).
