

Distr.: General
4 December 2007

Arabic
Original: English

برنامج الأمم المتحدة للبيئة



اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة
لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة
الاجتماع الثالث
جنيف ٩ - ٢٣ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧

تقرير لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة عن أعمال اجتماعها الثالث

إضافة

موجز بيانات مخاطر بشأن الكلورديكون

استعرضت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة، في اجتماعها الثالث، واعتمدت موجز بيانات مخاطر للكلورديكون، استناداً إلى المشروع الوارد بالوثيقة UNEP/POPS/PORRC.2/17/Add.2. وفيما يلي نص بيان المخاطر بعد تعديله، ولم يتم تحريره بصفة رسمية.

الكلورديكون

بيان مخاطر

اعتمده لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة
في اجتماعها الثالث

تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧

المحتويات

٤	.....	موجز تنفيذي	
٥	.....	المقدمة	١ -
٥	.....	الهوية الكيميائية للمادة المقترحة	١-١
٥	.....	الأسماء والأرقام المسجلة	١-١-١
٦	.....	التركيب	٢-١-١
٦	.....	الخواص الفيزيائية والكيميائية	٣-١-١
		استنتاج لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة من المعلومات الواردة في المرفق دال بشأن الكلورديكون	٢-١
٨	.....	الكلورديكون	
٨	.....	مصادر البيانات	٣-١
٩	.....	وضعية المادة الكيميائية في الاتفاقيات الدولية	٤-١
٩	.....	ملخص المعلومات المهمة في بيان المخاطر	٢ -
٩	.....	المصادر	١-٢
٩	.....	الإنتاج	١-١-٢
١٠	.....	التجارة والمخزونات	٢-١-٢
١١	.....	الاستخدامات	٣-١-٢
١١	.....	الإطلاقات في البيئة	٤-١-٢
١١	.....	المصير البيئي	٢-٢
١٢	.....	الثبات	١-٢-٢
١٣	.....	التراكم الأحيائي	٢-٢-٢
١٥	.....	القدرة على الانتقال البيئي البعيد المدى	٣-٢-٢
١٩	.....	التعرض	٣-٢
١٩	.....	التركيزات البيئية	١-٣-٢
٢٠	.....	التعرض البشري	٢-٣-٢
٢٠	.....	تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للقلق	٤-٢
٢٠	.....	السمية ودرجتها	١-٤-٢
٢٧	.....	السمية الإيكولوجية	٢-٤-٢
٣٢	.....	توليف المعلومات	٣ -
٣٣	.....	بيان ختامي	٤ -
٣٤	.....	المراجع	

موجز تنفيذي

اقترحت الجماعة الأوروبية ودولها الأعضاء، لكونها أطرافاً في اتفاقية استكهولم، إدراج مادة الكلورديكون في الاتفاقية. وخلصت لجنة استعراض المواد الكيميائية في اجتماعها المعقود في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٥ إلى أن هذه المادة ممتثلة لمعايير الفحص الواردة في المرفق دال من الاتفاقية، وأن مشروع بيان مخاطر ينبغي إعداده لمواصلة استعراض المقترح.

ومادة الكلورديكون مركب عضوي اصطناعي مُكلور يستخدم بصورة رئيسية في مبيدات حشرات ومبيد القراد، ومبيدات الفطر. وكان قد أنتج لأول مرة في عام ١٩٥١ ثم طرح في الأسواق التجارية داخل الولايات المتحدة في عام ١٩٥٨ (ولهذا المركب اسمان تجاريان هما: كيبون آر (Kepone®) وجي سي ١١٨٩ (GC-1189)). وكانت هذه المادة متوافرة في الولايات المتحدة حتى ١٩٧٦. وفي فرنسا كانت مادة الكلورديكون تُسوق باسم تجاري هو كيرلون (Curlone) في الفترة من ١٩٨١ إلى ١٩٩٣. ويستخدم الكلورديكون، تاريخياً، في أجزاء عديدة من العالم لمكافحة طائفة واسعة من الآفات. وقد استخدم على نطاق واسع في مزارع الموز لمكافحة حفار جذور الموز، وكمبيد ليرقات الذباب، وكمبيد للفطر ضد حرب التفاح، والقراد الصدئي، ولمكافحة خنفسا بطاطس كلورادو، والدودة الخيطية على السوسنيات وغيرها من النباتات. وبالنظر إلى الاستخدامات المتنوعة للكلورديكون في مكافحة الآفات، فإن من المتوقع أن يتم إطلاق جميع الكميات المصنعة في البيئة في نهاية المطاف.

والكلورديكون لا يتوقع له أن يتحلل في الماء أو يتحلل أحياناً في البيئات المائية، ولا في التربة. أما التحلل الضوئي المباشر فليس كبيراً. لذلك فإن الكلورديكون يعتبر عالي الثبات في البيئة. ونظراً إلى أن قيم معامل التركيز الأحيائي للكلورديكون في الطحالب تصل إلى ٦٠٠٠، وفي اللافقاريات إلى ٢١٦٠٠ وفي الأسماك إلى ٦٠٢٠٠، والأمثلة الموثقة الدالة على تزايد هذا التركيز لدى الكائنات، يعتبر ذا قدرة كبيرة على التراكم الأحيائي، وعلى التزايد داخل الكائنات الحية.

والبيانات المتوافرة لا تكون شاملة عندما يتعلق الأمر بانتقال الكلورديكون عبر الغلاف الجوي في شكل غازي. ومع ذلك فإن الانتقال عبر الغلاف الغازي للمواد المرتبطة بالجزئيات، وانتقال الجزئيات الرسوبية في التيارات البحرية، وكذلك الانتقال الأحيائي يمكن أن تسهم كذلك في الانتقال طويل المدى للكلورديكون في البيئة. وبالنظر إلى نقص بيانات الرصد بشأن الكلورديكون، فقد استند تقييم قدرة الانتقال طويل المدى للكلورديكون إلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية. وتطبيق نماذج الانتقال الجوي بعيد المدى.

ويُمتص الكلورديكون بسهولة في الجسم، ويتراكم بعد العرض له لفترة طويلة. وهذا المبيد ذو سمية حادة ومزمنة، وهو يسبب السمية العصبية، وسمية الجهاز المناعي، الجهاز التناسلي والهيكلي العضلي الهيكلي، وسمية الكبد، كما سببت جرعات تتراوح بين ١-١٠ مغ/كغ/و/ج/يوميًا في سرطان الكبد لحيوانات التجارب التي أجريت عليها الدراسة. وقد أدخل سرطان الكبد في الفئران بجرعة مقدارها ١ مغ/كغ من وزن الجسم يوميًا، كما أن التأثيرات تظهر على الجهاز التناسلي عند مستويات مماثلة من الجرعات. وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) الكلورديكون على أنه مسرطن بشري محتمل (IARC المجموعة 2B). والكلورديكون شديد السمية للكائنات المائية، والمجموعة الأكثر تأثراً به هي اللافقاريات.

واستناداً إلى القرائن المتوافرة، يكون من المحتمل إذن، نتيجة للانتقال بعيد المدى في البيئة، أن يحدث الكلورديكون تأثيرات جسدية ضارة بصحة الإنسان والبيئة بصورة تبرز اتخاذ إجراءات عالمية بشأن هذه المادة الكيميائية.

١ - المقدمة

إن الجماعة الأوروبية ودولها الأعضاء بصفتها أعضاء في اتفاقية استكهولم قد اقترحت إدراج الكلورديكون في المرفق ألف للاتفاقية (UNEP/POPS/POPRC.1/6).

وكان مشروع بيان المخاطر هذا قد تم إعداده بناء على مقرر لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة أثناء اجتماعها الأول في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٥ الذي يقضي بإنشاء فريق عامل مخصص لمواصلة استعراض المقترح (UNEP/POPS/POPRC.1/10).

وتعرض البيانات في هذه الوثيقة طبقاً للنظام الدولي للوحدات (SI)، ومن ثم أعيد حساب الكثير منها من وحدات أخرى موجودة لدى مصادر البيانات. يضاف إلى ذلك، أن جميع التركيزات تنبني على الكغ أو اللتر (مثلاً ميكروغرام/كغ أو مليلتر/لتر).

١-١ الهوية الكيميائية للمادة المقترحة

الكلورديكون مركب عضوي اصطناعي مُكلور، يستخدم بصورة رئيسية في الزراعة كمبيد حشرات، وكمبيد قراد وكمبيد فطر.

١-١-١ الأسماء والأرقام المسجلة

الاسم في دائرة مستخلصات المواد الكيميائية:

6،5b،5a،5،5،4،3a،3،1a،1 - عشري الكلور - ثنائي الهيدرو - ١، ٣، ٤، - ميثينو - ٢ح - سيكوبوتال [ج د] بنتالين - ٢ - واحد.

1,1a,3,3a,4,5,5a,5b,6-decachloro-octahydro-1,3,4-metheno-2H-cyclobuta[cd]pentalen-2-one

الترادفات:

Synonyms:

Decachloro-pentacyclo[5,2,1,0^{2,6},0^{3,9},O^{5,8}]decan-4-one,

Decachloro-octahydro-1,3,4-metheno-2H,5H-cyclobuta[cd]pentalen-2-one

Decachloroketone

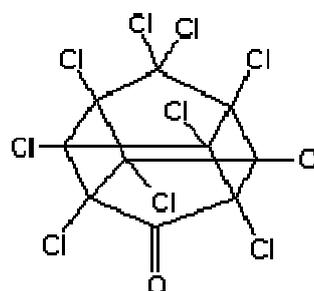
الأسماء التجارية:

GC 1189, Kepone, Merex, ENT 16391, Curlone

اسم التسجيل في دائرة مستخلصات المواد الكيميائية:

143-50-0

٢-١-١ التركيب



المصدر: <http://webbook.nist.gov>, as quoted in <http://ecb.jrc.it>

الكلورديكون قريب الصلة كيميائياً من الميركس، وهو مبيد حشري مدرج بالفعل في اتفاقية استكهولم. ويختلف التركيب الكيميائي للكلورديكون عن الميركس من حيث أن الأوكسجين من مجموعة الكيتو في الكلورديكون يستبدل بذرتين من ذرات الكلور في الميركس.

٣-١-١ الخواص الفيزيائية والكيميائية

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكلورديكون مدرجة في الجدول ١-١. وهي تدل على التفاوت الكبير بين مصادر البيانات عن الخصائص الفيزيائية مثل ضغط البخار والذوبان في الماء. ويتأكد ذلك من حقيقة أن "ثابت قانون هنري" يتفاوت بمقدار درجة واحدة من حجم المادة تبعاً لنوع البيانات الداخلة في الحساب. أما مصدر البيانات المستخدمة، فتعتبر دقيقة بصفة عامة. وقد تم تقييم نوعية البيانات في وثائق الوفاق الدولي/الوطني (IARC, IPCS HSG, IPCS EHC and US ATSDR) أما نوعية البيانات التي نشرها هانسك (Hansch) وغيره، وهوارد، حيث تم تقييمها هي الأخرى (بيدرسون وغيره ١٩٩٥).

الجدول ١-١ الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكلورديكون

المرجع	القيمة	الوحدة	الخصائص
	C ₁₀ Cl ₁₀ O		الصيغة الجزيئية
	490.6	g/mole	الوزن الجزيئي
IARC, 1979 ¹	Tan-white crystalline solid		الشكل عند درجة الحرارة والضغط العادية
Kilzer, l et al., 1979 ² IARC, 1979 ¹ HSG 41, IPCS, 1990	3.0*10 ⁻⁵ (25 °C) < 4.0*10 ⁻⁵ (25 °C) 4.0*10 ⁻⁵ (25 °C)	Pa	ضغط البخار
HSG 41, IPCS, 1990 EHC 43, IPCS, 1990 Kilzer, l et al., 1979 ² Kenaga, 1980	0.35-1.0* 1-2 2.7 (25 °C) 3.0	mg/L	الذوبان في الماء
IARC, 1979 ¹	350، (تتحلل)	درجة مئوية	نقطة الانصهار
	لا توجد بيانات	درجة مئوية	نقطة الغليان
Howard, 1991 ¹ Hansch et al., 1995 ²	4.50 5.41		مكافئ تفريق الماء/أوكتانول Log K _{OW}
Schering et al 2006	-6.69		مكافئ تفريق الماء/الهواء Log K _{aw}
Howard, 1991 ¹	3.38-3.415		معامل تفريق الكربون العضوي/الماء Log K _{oc}
Calculated ² Howard, 1991 ¹ Calculated ³ Calculated ⁴	5.45*10 ⁻³ , (25 °C) 2.53*10 ⁻³ (20 °C) 4.9*10 ⁻³ 2.0*10 ⁻²	Pa m ³ /mol	ثبات قانون هنري
Meylan & Howard, 1993 ²	≈ 0 (25 °C) ^١	cm ³ /molecule-sec	الثبات الجوي OH

* من المحتمل أن يكون الرقم ٠,٣٥ قيمة عزلاء. ولم يقدم المصدر (HSG 41 by IPCS) المرجع ومن ثم يصبح من المستحيل اقتفاء المصدر الذي جاء منه هذا الرقم. أما معيار الصحة البيئية ٤٣ بواسطة IPCS وهو الأكثر متانة، فقد قدم إشارة مرجعية واستخدام ١-٢ مغ/لتر. وهذا يتساوق في المقدار مع القيم الأخرى الموجودة في المواد التي خضعت لاستعراض نظير. وتقتبس وكالة US ATSDR الأمريكية قيمة قدرها ٣ مغ/لتر من كيناغا Kenaga.

١: مأخوذة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥.

٢: مأخوذة من <http://esc.syrres.com/interkow/webprop.exe>.

٣: محسوبة على أساس القيمة القصوى للذوبان في الماء والحد الأدنى من ضغط البخار في هذا الجدول.

٤: حسبت من الحد الأدنى الدقيق للذوبان في الماء (١ مغ/لتر) والحد الأعلى لضغط البخار في هذا الجدول.

٢-١ استنتاج لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة من المعلومات الواردة في المرفق دال بشأن الكلورديكون

طبقت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها الأول ٧ - ١١ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٥^(١) معايير الفحص الواردة في المرفق دال من اتفاقية استكهولم، وقررت بناء على الفقرة ٤ (أ) من المادة ٨ من الاتفاقية أنها مقتنعة بأن معايير الفحص قد استوفيت بشأن الكلورديكون. وقررت، بالإضافة إلى ذلك، بموجب الفقرة ٦ من المادة ٨ من الاتفاقية، والفقرة ٢٩ من مقرر اتفاقية استكهولم - ٧/١ الصادر عن مؤتمر الأطراف في هذه الاتفاقية إنشاء فريق عامل لمواصلة استعراض وإعلان مشروع بيان مخاطر طبقاً للمرفق هاء للاتفاقية. ودعت اللجنة، طبقاً للفقرة ٤ (أ) من المادة ٨ من الاتفاقية، الأطراف والمراقبين إلى أن تقدم إلى الأمانة المعلومات المحددة في المرفق هاء قبل ٢٧ كانون الثاني/يناير ٢٠٠٦.

٣-١ مصادر البيانات

يستند بيان المخاطر هذا بصورة رئيسية إلى المعلومات المستقاة من تقارير الاستعراض التالية:

- معيار الصحة البيئية ٤٣ ٤٣ (EHC): للكلورديكون. IPCS البرنامج الدولي المعني بالسلامة الكيميائية، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، منظمة العمل الدولية، منظمة الصحة العالمية - جنيف ١٩٩٠ (متوفرة على العنوان <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc43.htm>).
 - دليل الصحة والسلامة رقم ٤١، ١٩٩٠، البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، منظمة العمل الدولية، منظمة الصحة العالمية. جنيف ١٩٩٠ (متاحة على: <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg041.htm>).
 - نبذة عن الخصائص السمية للميركس والكلورديكون. وزارة الصحة والخدمات البشرية بالولايات المتحدة، الوكالة المعنية بسجلات المواد السمية والأمراض (ATSDR) آب/أغسطس ١٩٩٥ (متاح على: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp66-p.pdf>).
- استخدمت تقارير الاستعراض الموسعة المشار إليها أعلاه بصفحتها المصدر الرئيسي للمعلومات بشأن هذه المادة الكيميائية الملوثة العضوية الثابتة المرشحة. وقبل صياغة بيان المخاطر هذا أُجري بحث مستفيض في جميع الكتابات التي صدرت بشأن الكلورديكون والتي لم تكشف عن أي تقارير تقييم أخرى بشأن هذه المادة الكيميائية، سواء على المستوى الدولي أو على مستوى البلدان فرادى. وفي الحالات التي تم الاقتباس فيها من الاستعراضات، فقد اشتمل النص المقتبس على إشارات مرجعية واردة في الاستعراض الأصلي. ولا يشار إلى هذه المراجع بصورة فردية في قائمة المراجع.
- ونزولاً على طلب لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة تقديم معلومات إضافية على النحو المحدد في المرفق هاء من الاتفاقية بشأن الكلورديكون، تم تقديم المعلومات التي استندت بصورة أساسية إلى الكتابات المفتوحة. ومع ذلك، قدمت فرنسا تقريراً أعد للجمعية الوطنية Assemblée Nationale ورد به وصف لتاريخ إنتاج واستخدام الكلورديكون في المارتينيك وغواديلوب (بوغاندر، ٢٠٠٥).

(١) أنظر تقرير الاجتماع على www.pops.int/documents/meetings/poprc.

اشتمل البحث للحصول على المعلومات الأكثر حداثة على التنقيب في الكتابات وذلك عن طريق الجامعة التقنية الدانمركية وقاعدة البيانات FINDit (مصطلحات البحث: الكلورديكون، كيبون وميركس) وكذلك بحث في قاعدة بيانات من بين قواعد البيانات الجماهيرية. وتشتمل قواعد البيانات هذه على "ايكوتوكس" (Ecotox) (<http://www.epa.gov/ecotox/US-EPA>)، "NITE" (اليابان المعهد الوطني للتكنولوجيا والتقييم (<http://www.safe.nite.go.jp/english/db.html>) تقارير BUS (<http://www.syrres.com/esc/efdb.htm>) قاعدة بيانات المصير البيئي (<http://www.gdch.de/taetigkeiten/bua/berichte.htm>) وقد انبنى هذا البحث على مصطلحات البحث: كلورديكون، كيبون وعلى الرقم في دائرة المستخلصات الكيميائية 0-50-143. يضاف إلى ذلك أن برنامج الرصد وتقييم القطب الشمالي^(٢) وتقييم برنامج الأمم المتحدة للبيئة والأساس الإقليمي للتقرير العالمي للملوثات العضوية الثابتة^(٣) قد تم الرجوع إليها.

١-٤ وضع المادة الكيميائية في الاتفاقيات الدولية

أدرج الكلورديكون في المرفق ألف من البروتوكول التابع للاتفاقية المعنية بانتقال تلوث الهواء العابر للحدود طويل المدى (CLRTAP). وتُلزم أحكام البروتوكول هذه الأطراف (٢٥ طرفاً حالياً) بالتخلص التدريجي من جميع إنتاج الكلورديكون واستخدامه. وقد أدرج الكلورديكون في اتفاقية أوسبار OSPAR بصفته مادة مثيرة للقلق.^(٤)

وكانت لجنة استعراض المواد الكيميائية (CRC) أثناء اجتماعها الأول. قد استعرضت مقترحاً بإدراج مادة الكلورديكون في اتفاقية روتردام المشتركة بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ ومنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة أثناء اجتماعها الأول في شباط/فبراير ٢٠٠٥. واتفقت لجنة استعراض المواد الكيميائية على أنه استناداً إلى المعلومات المتوافرة حالياً يكون الإخطارين الواردين من سويسرا وتايلند قد استوفيا جميع المعايير الواردة في المرفق الثاني خِلال المعيار (ب) ٣٠^(٥). وبناء عليه، استنتجت لجنة استعراض المواد الكيميائية أنه لا يمكن التوصية بإدراج الكلورديكون في المرفق الثالث لاتفاقية روتردام في هذا الوقت الراهن.

٢ - ملخص المعلومات المهمة في بيان المخاطر

١-٢ المصادر

١-١-٢ الإنتاج

يُنتج الكلورديكون عن التفاعل بين سداسي كلوروسيكلوبنتادين وثالث أكسيد الكبريت في ظروف الحرارة والضغط لخامس كلوريد الأنتيمون كمادة حفازة. ويأتي ناتج هذا التفاعل مُحملاً به مادة قلوية مائية ومتعادلة مع حمض: ويتم

(٢) <http://www.amap.no/>

(٣) http://www.chem.unep.ch/pts/gr/Global_Report.pdf

(٤) مُركب الميركس المرتبط كيميائياً مدرج الآن بالفعل في اتفاقية استكهولم، وكل من الميركس والكلورديكون مدرجان في بروتوكول آرهوس بشأن الملوثات العضوية الثابتة، اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة، ١٩٩٨. وكلتاها مدرجتان في لجنة أسلو وباريس لمنع تلوث البحار كمادتين يُحتمل أن تكونا مثار قلق.

(٥) وهذا يتطلب أن توضح الوثائق المقدمة ضرورة أن يستند الإجراء التنظيمي إلى تقييم مخاطر يشتمل على الظروف السائدة لدى الطرف المتخذ لهذا الإجراء.

استرجاع الكلورديكون عن طريق الطرد المركزي أو الفلترة والتجفيف في الهواء الحار (إبستين، ١٩٧٨) (مقتبس من وكالة ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

وقد أنتج الكلورديكون لأول مرة في عام ١٩٥١، وسجلت براءته في ١٩٥٢، ثم بدأ تداوله تجارياً في الولايات المتحدة على يد اللايدكيميكال Allied Chemical في عام ١٩٥٨ تحت الاسم التجاريين Kepone® و GC-1189 (إبستين ١٩٧٨، هاف وجيرسندر ١٩٧٨). أما الدرجة التقنية للكلورديكون، التي تشمل تقليدياً على ٩٤,٥ في المائة كلورديكون فقد ظلت متوافرة في الولايات المتحدة حتى ١٩٧٦ (الوكالة الدولية لبحوث السرطان IARC، ١٩٧٩). ووجد أن الكلورديكون موجود أيضاً في الدرجة التقنية من الميركس بتركيزات تصل إلى ٢,٥٨ مغ/كغ، وفي تركيبات الطعوم المصنوعة من الميركس بتركيزات تصل إلى ٠,٢٥ مغ/كغ (وكالة حماية البيئة ١٩٧٨ ب، والوكالة الدولية لبحوث السرطان IARC، ١٩٧٩ أ) (مقتبسة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

٢-١-٢ التجارة والمخزونات

خلال الفترة ما بين ١٩٥١ و ١٩٧٥ تم إنتاج قرابة ٣,٦ مليون رطل (١,٦ مليون كغ) من الكلورديكون في الولايات المتحدة (إبستين، ١٩٧٨). (مقتبسة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وقد توقف إنتاج الكلورديكون في الولايات المتحدة في عام ١٩٧٦. وبعد عام أبلغ أن شركة فرنسية تنظر في أمر إنشاء مرافق إنتاج هذه المادة في فرنسا (مصدر مجهول الاسم، ١٩٧٨ ب)، ولكن لا يتوافر المزيد من المعلومات حول هذا المقترح (مقتبس بتصريف من معيار الصحة البيئي ٤٣ (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤)).

ولا تتوافر الآن بيانات عن كميات الكلورديكون. وحتى عام ١٩٧٦ لم يكن الكلورديكون التقني يصدر من الولايات المتحدة، حيث توقف إنتاج ذلك المركب هناك. وكانت الدرجة الفنية المخففة من الكلورديكون (٨٠ في المائة مكون نشط) تُصدر إلى أوروبا وبخاصة ألمانيا بكميات كبيرة من ١٩٥١ إلى ١٩٧٥ من جانب "شركة اللايدكيميكال" (إبستين، ١٩٧٨) حيث كان يتم تحويل هذا المنتج المرقق الفني إلى ناتج إضافة هو (كيليفان Kelevan). والكيليفان مشتق من الكلورديكون ويستخدم لنفس الأغراض. ويتأكسد في الطبيعة ليصبح كلورديكون ويمكن عندئذ النظر في أمره مع الكلورديكون لإدراجه في اتفاقية استكهولم. وكان يصدر ٩٠ في المائة إلى ٩٩ في المائة تقريباً من إجمالي كميات الكلورديكون إلى أوروبا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية وأمريكا وأفريقيا (DHHS 1985; EPA 1978b). (مأخوذة بتصريف من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). ولا توجد معلومات تشير إلى أن الكيليفان يُنتج، أو يستخدم في الوقت الحاضر.

وكان الكلورديكون يُسوق في فرنسا كتركيبة، والكيلولون بواسطة دي لاجو ريك في الفترة من ١٩٨١ إلى ١٩٩٣. وقد استخدمت هذه التركيبة في المارتينيك وغواديلوب في أعقاب العاصفة اللين في ١٩٧٩ ودافيد في ١٩٨٠ اللتين أدتا إلى تفشي الأوبئة بصورة كبيرة. وكان الكلورديكون الداخل في هذه التركيبة يتم تصنيعه في البرازيل. وسُحب الترخيص الممنوح للكيلولون من جانب وزارة الزراعة الفرنسية في ١٩٩٠. واستمر الاستعمال حتى أيلول/سبتمبر ١٩٩٣. (بوغاندر، ٢٠٠٥). أما في كندا فلم يتم تسجيل أي منتج يحتوي على الكلورديكون كمنتج لمكافحة الآفات منذ عام ٢٠٠٠.

٢-١-٣ الاستخدامات

يستخدم الكلورديكون على نطاق واسع في المناطق المدارية لمكافحة حفار جذور الموز (مجهول المؤلف، ١٩٧٨؛ لانغفورد، ١٩٧٨). وكان ذلك هو الاستخدام الوحيد له في الأغذية. وينظر إليه كمبيد آفات فعال للحشرات المهلكة لأوراق الأشجار، وإن كان أقل فعالية في مكافحة الحشرات الماصة (المعلومات كندا، إنفورميشن كندا، ١٩٧٣). ويستخدم الكلورديكون تاريخياً في أجزاء عديدة من العالم لمكافحة طائفة واسعة من الآفات، فيمكن استعماله كمبيد ليرقات الذباب، وكمبيد للفطر ضد حرب التفاح والعفن المسحوق (أنفورميشن كندا، ١٩٧٣)، ويستخدم لمكافحة خنفسة بطاطس كلورادو (موتيل Motl، ١٩٧٧)، والقراد الصدئي في الفاكهة الحمضية، وضد الدودة الخيطية التي تصيب البطاطا والتبغ والسوسنيات وغيرها من النباتات (سوتا، ١٩٧٨). ويستخدم الكلورديكون في المنتجات المترية كمصايد النمل والفئران بتركيزات تقرب من ٠,١٢٥ في المائة (IARC، ١٩٧٩). أما التركيز المستخدم في طعوم اصطياد النمل والصرصير فهو نحو ٢٥ في المائة (إيستين، ١٩٧٨). (مأخوذة بتصرف من معيار الصحة البيئية (EHC 43) (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية IPCS، ١٩٨٤)، وUS ATSDR، ١٩٩٥).

٢-١-٤ الإطلاقات في البيئة

وبالنظر إلى الاستخدامات المحددة للكلورديكون كمبيد للآفات، يكون من المنطقي أن جميع الكميات التي تُصنع يتم إطلاقها في البيئة في نهاية المطاف. وكان استخدام الكلورديكون كمبيد للآفات في الرتينيك وغواديلوب حتى ١٩٩٣ قد نتج عنه تلوث شديد للتربة وللمياه السطحية، وهو ما يجري رصده في الوقت الحاضر (بوكين وفرانكو، ٢٠٠٥، بوغاندر، ٢٠٠٥).

حدثت إطلاقات كبرى من الكلورديكون في الهواء، وفي المياه السطحية وفي التربة المحيطة بموقع تصنيع أمريكي في هوبويل Hopewell، فرجينيا. وقد أدت هذه الإطلاقات الخارجة من هذا المصنع إلى تلوث المياه والرسوبيات والكائنات الحية في نهر جيمس James River وهو من روافد Chesapeake Bay خليج تيشيابيك باي (مقتبسة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

٢-٢ المصير البيئي

وتتحكم قيمة تفريق المياه/الأوكتانول ($\log K_{ow}$) المرتفعة للكلورديكون في تقسيمه في البيئة (٥,٤١ أو ٤,٥٠) والقيمة المنخفضة نسبياً للذوبان في الماء (١-٣,٠ مغ/لتر) مما ينتج عنه من إمتزاز للمادة الجسيمية (التراب، التربة والرسوبيات) والمادة العضوية (الكائنات الحية).

إن اتحاد هذه الخواص مع ضغط البخار (٣,٠ - ٤,٠ × ١٠^{-٥} باسكال) من جانب الكلورديكون يسفر عن قدرة منخفضة نسبياً للتطاير حيث أن ثبات قانون هنري يتراوح بين ٢,٠ × ١٠^{-٢} و ٤,٤٥ × ١٠^{-٣} باسكال م^٣/مول (٢٥) درجة مئوية) وهذا يعتمد على نوع البيانات المستخدمة لإجراء عملية الحساب (الجدول ١-١).

وطبقاً لمعيار صحة البيئة ٤٣ (EHC 43) فإن تطاير الكلورديكون يتم تقييمه بناء على الملاحظات المخبرية والميدانية التي تشير إلى أن الكلورديكون لا يتطاير بأي درجة كبيرة (دواصن، ١٩٧٨) (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤). ومع ذلك، فإن انطلاق كميات وفيرة من غبار الكلورديكون من مرافق إنتاجه يمثل مصدراً رئيسياً لتلوث البشري

والبيئي. ومن المعروف أن ذرات الكلورديكون التي يحملها الهواء تنتشر إلى مسافة ٦٠ ميلاً من نقطة المصدر (فيلدمان، ١٩٧٦)، وهناك احتمالات تبعث وتشتت الجسيمات الدقيقة (لويس، ولي، ١٩٧٦)، (مختصرة من EHC 43 (IPCS)، ١٩٨٤).

وقد خلصت الوكالة الأمريكية المعنية بسجلات السمية والأمراض "US ATSDR" (١٩٩٥) إلى أن الكلورديكون المبعوث في البيئة يتوزع على التربة وعلى الرسوبيات. وقد تبقى هناك مقادير صغيرة متخللة في الماء، كما أن الكلورديكون المبعوث في الغلاف الجوي يستقر في نهاية المطاف على التربة أو في المياه السطحية.

٢-٢-١ الثبات

في معيار الصحة البيئية ٤٣ (البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، (IPCS)، ١٩٨٤)، تم الاقتباس من التقارير المبكرة التي لم تشمل على أي دليل على تحلل الكلورديكون في البيئة الطبيعية (داوون، ١٩٧٨، غير، ١٩٧٨) وتم الاستشهاد أيضاً بدراسة أكثر حداثة سيق في الأداة على أن الميكروبات تؤدي إلى تحويل الكلورديكون إلى مونوهيدرو، وربما إلى دايهيدرو كلورديكون (اورندورف وكولويل، ١٩٨٠).

وقد خلص معيار الصحة البيئية ٤٣ (IPCS، ١٩٨٤) إلى أن الكلورديكون مركب غاية في الثبات، ولا ينتظر له أن يتحلل في البيئة بدرجة كبيرة. ومع ذلك، فقد توافرت تقارير عن وجود كميات نزره من المونوهيدروكلورديكون (Carver، كارفر وغيره، ١٩٧٨، أوندورف وكولويل ١٩٨٠ ب) إلا أن آلية تشكيله غير واضحة. وينتج عن التشعيع الشمسي للكلورديكون في وجود الايثيلنديامين ٧٨ في المائة من التحلل بعد عشرة أيام (داوون، ١٩٧٨) مقتبسة من معيار الصحة البيئية ٤٣ (IPCS، ١٩٨٤). ومع ذلك، فإن الإيثيلنديامين لا يكون موجوداً في العادة في الغلاف الجوي، ولكن لم تكن توجد في ذلك الوقت معلومات متوافرة عن ثبات التحلل الضوئي للكلورديكون في الظروف البيئية.

إن الدراسة الاستقصائية الأخيرة (لووكالة ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥) تخلص إلى أن الكلورديكون لا ينتظر له أن يخضع للتحلل الضوئي المباشر في الغلاف الجوي. يضاف إلى ذلك، أن هذه الوكالة خلصت إلى أن الكلورديكون مقاوم للتحلل الضوئي وإن كان قدر من التحلل الأحيائي الهوائي يحدث له، وأن الكلورديكون شديد الثبات في البيئة. ومن خصائص الكلورديكون أنه يرتبط بقوة بالمادة العضوية في الماء وفي الرسوبيات والتربة. وعندما يرتبط بالتربة العضوية الغنية يصبح غير متحرك بدرجة عالية، ومع ذلك فعند إدمصاصه في أي مادة جسيمية في مياه سطحية، فإن الكلورديكون يمكن أن ينتقل لمسافات كبيرة قبل توزعه على الرسوبيات. والعملية الأساسية لتحلل الكلورديكون في التربة أو الرسوبيات هي عملية تحلل أحيائية لاهوائية (مختصر من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

والمعلومات المتعلقة بثبات الكلورديكون والتي يعود تاريخها إلى ما بعد ١٩٩٥ معلومات قليلة جداً، إلا أن استخدام الكلورديكون حتى ١٩٩٣ في الماريتنيك (جزيرة بالبحر الكاريبي) قد نتج عنه تلوث شديد، وقد بدأت الدراسات الرصدية بشأنه. وقد أفاد بوكين وفرانكو (٢٠٠٥) بوجود تركيزات داخل عينات من عام ٢٠٠٢ في الماء (جسيمات) والرسوبيات في الأهمار بمقادير تصل إلى ٥٧ ميكروغرام/كغ و ٤٤ ميكروغرام/كيلوغرام على التوالي. كما أشارا إلى دراسات أخرى أجريت للإفادة عن التركيزات الموجودة في مياه الأهمار التي أخذت عينات منها في ٢٠٠٠ و ٢٠٠١ في حدود تتراوح بين ١,٢٠ و ٢,١٣ ميكروغرام/لتر.

ومع أنه قد تم حظر الكلورديكون في الأراضي الفرنسية الرئيسية، إلا أنه قد تم منح استثناء مما أدى إلى استخدامه في جزر الهند الفرنسية حتى أيلول/سبتمبر ١٩٩٣. وأوضحت دراسة حديثه أنه لا يزال يكتشف في نظم إيكولوجية مختلفة في مارتينيك (كوت، إس وآخرون ٢٠٠٦). وربما كانت كميات من الكلورديكون قد استخدمت في المارتينيك عقب ١٩٩٣، ولكن من المتوقع أن يكون هذا الاستخدام قد توقف منذ عدة سنوات. ومع ذلك، لا تزال بقايا تلك المادة قابلة للقياس في كل من مياه الأنهار وفي الرسوبيات، حيث تسمح الظروف اللاهوائية السائدة لدى الأخيرة بالتحلل الأحيائي المعروف للكلورديكون فقط. وهذا هو الظاهر حيث أن المناخ في هذه المنطقة مثالي ليس فقد للمحاصيل والآفات ولكن أيضاً للتحلل الأحيائي.

الخلاصة

من غير المنتظر أن يتحلل الكلورديكون أو أن يتحلل أحياناً في البيئات المائية، ولا في التربة. بيد أن هناك بعض الدلائل التي تفيد بتحله في الظروف اللاهوائية ولا يحدث التحلل الضوئي المباشر له بدرجة كبيرة. لذلك فإن الكلورديكون يعتبر عالي الثبات في البيئة طبقاً لجميع البيانات المتاحة.

٢-٢-٢ التراكم الأحيائي

نظراً لطبيعة هذا المركب المُحب للدهون (مكافئ تفريق الماء عالي الأوكتانول ٤,٥٠ - ٥,٤١) وللكلورديكون القدرة على كل من التراكم الأحيائي، بقليل من التطهير المتعلق بالأبيض أو بدونه (metabolic depuration)، وكذلك القدرة على التكاثر البيولوجي في سلسلات الغذاء المائية.

ويوجز الجدول ٢-١ عوامل التركيز الأحيائي المنتقاة من قاعدة البيانات الأمريكية لحماية البيئة البحرية الأمريكية إكوتيكس (٢٠٠٦ US EPA). وتنبئ النتائج المتضمنة على التركيزات المقاسة وعلى كائنات مختلفة وعلى الطحالب، والمستفاة من الاختبارات المنبئية على التدفق عبر التعرض. وبذلك ينبغي للنتائج أن تعكس التركيز الأحيائي المتحصل من تركيزات تُعرض ثابتة ومُعرفة جيداً. وبالنسبة للأسماك فإن نتيجة سلسلة من الاختبارات خلال فترة أربعة أيام - لم تدرج لأنه يبدو من غير المحتمل أن يكون التوازن قد تحقق^(٦) وقد تم إدراج دراستين إضافيتين من معيار لصحة البيئة (IPCS)، EHC 43 (١٩٨٤).

(٦) حسب المبدأ التوجيهي ٣٠٥ لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) تتعد الفترة الزمنية لمرحلة التعرض

في ٢٨ يوماً.

الجدول ٢-١ قيم معامل التركيز الأحيائي للكلورديكون

النوع	مدة الاختبار	التركيز أثناء التعرض بالميكروغرام/لتر	معامل التركيز الأحيائي	المراجع ^(١)
الطحالب الخضراء Green algae (<i>Chlorococcum sp.</i> , <i>Dunaliella tertiolecta</i>)	٢٤ ساعة	١٠٠	٨٠٠-٢٣٠	Walsh <i>et al.</i> , 1977
طحالب خضراء Green alga (<i>Chlorococcum sp.</i>)	٤٨ ساعة	٤٠	٦٠٠٠	Bahner <i>et al.</i> , 1977
طحالب مشطورية Diatoms (<i>Thalassiosira guillardii</i> , <i>Nitzschia sp.</i>)	٢٤ ساعة	١٠٠	٢٥٠-٤١٠	Walsh <i>et al.</i> , 1977
قشريات Crustacean (<i>Callinectes sapidus</i>)	٩٦ ساعة	٢١٠-١١٠	١٠,٤-٦,٢	Schimmel, 1977
قشريات Crustacean (<i>Palaemonetes pugio</i>)	٩٦ ساعة	١٢١-١٢	٩٣٣-٤٢٥	Schimmel, 1977
قشريات Crustacean (<i>Palaemonetes pugio</i> , <i>Americamysis bahia</i>)	٢١-٢٨ يوماً	٠,٤-٠,٢٣	١٣٤٧٣-٥١٢٧	Bahner <i>et al.</i> , 1977
قشريات Crustacean (<i>Palaemonetes pugio</i>)	١٦ يوماً	٠,٠٤١	١٢٠٩٤	Fisher & Clark, 1990
محار Oyster (<i>Crassostrea virginica</i>)	١٩-٢١ يوماً	٠,٣٩-٠,٠٣	٩٣٥٤-٩٢٧٨	Bahner <i>et al.</i> , 1977
ذباب صغير Midge (<i>Chironomus tentans</i>)	١٤ يوماً	١٦٩,٢-١١,٨	٢١٦٠٠	Adams <i>et al.</i> , 1985
سمك Fish (<i>Brevoortia tyrannus</i>)	١-١٨ يوماً	١,٥٥-٠,١٤	٩٧٥٠-٢٣٠٠	Roberts & Fisher, 1985
سمك Fish (<i>Menidia menidia</i>)	١-٢٨ يوماً	٠,٨-٠,٠٨	٦٠٢٠٠-٢١٧٠٠	Roberts & Fisher, 1985
سمك Fish (<i>Cyprinodon variegatus</i>)	٢٨ يوماً	١,٩-٠,٠٢ <	١٧١١٥-٣١٠٠	Bahner <i>et al.</i> , 1977; Hansen <i>et al.</i> 1977
سمك Fish (<i>Leiostomus xanthurus</i>)	٣٠ يوماً	٠,٤-٠,٠٢٩	٣٢١٧-٢٣٤٠	Bahner <i>et al.</i> , 1977
سمك Fish (<i>Pimephales promelas</i>)	٥٦ يوماً	٠,٠٠٤	١٦٦٠٠	Huckins <i>et al.</i> , 1982 ²
سمك Fish (<i>Cyprinodon variegatus</i>)	دورة الحياة	٠,٠٤١	٣٩٠٠-١٨٠٠	Goodman <i>et al.</i> , 1982 ²

١: جميع البيانات مأخوذة من قاعدة بيانات إيكوتكس (US EPA, 2006) ما عدا بيانان مأخوذان من معيار الصحة البيئية EHC 43 (IPCS, 1984)

ولا يوجد إلا قدر محدود من المعلومات عن التراكم الأحيائي من الغذاء، غير أن تقرير معيار الصحة البيئي ٤٣ (IPCS, ١٩٨٤) يشتمل على دراستين لهما صلة بهذا الموضوع، إحداهما عن تعرض الغذاء والأخرى عن سلسلة غذاء مصاب الأنهار. وعندما أدخل الكلورديكون في غذاء السمك المرقط صغير السن لمدة ٢٨ يوماً، ازداد التركيز في جسمه بصورة متزايدة. ولم يعد في الإمكان تحقيق توازن (Stehlik & Merriner, 1983) واشتملت دراسة سلسلة غذاء مصاب الأنهار (Bahner *et al.*, 1977) على الطحالب الخضراء، والمحار، والمائيسيدس، وأربيان الحشائش، والسمك الأمريكي الصغير والسمك المرقط. وكان الانتقال من الطحالب إلى المحار بطيئاً للغاية ولكنه كان واضحاً من الأربيان إلى المائيسيدس ومن

المائيسيدس إلى السمك المنقط، وهو ما يشير إلى أن كمية كبيرة من الكلورديكون تنتقل من خلال المستويات الغذائية. وكانت عملية التخلص من التلوث بطيئة في الأريابان والأسماك، مع انخفاض مستوياته في أنسجتها بنسبة ٣٠-٥٠ في المائة خلال ٢٤-٢٨ يوماً.

ووصفت الوكالة الأمريكية المعنية بسجلات المواد السمية والأمراض ATSDR (١٩٩٥) التراكم الأحيائي للكلورديكون والميركس بقولها إن كلتاها محبتين للدهون بدرجة عالية، ومن ثم فلديهما قدرة عالية على التراكم الأحيائي. وهما تتراكمان في سلسلة الأغذية المائية مع عدم حدوث تحلل فعلي لهذين المكونين من جانب الكائنات المعرضة (دى لا كروز وناكفي ١٩٧٣، إيشتين ١٩٧٨، وهاكتر وغيرها ١٩٨٢، وهاجيت وبندر ١٩٨٠، وكيناغا ١٩٨٠، ولانسفورد وغيرها ١٩٨٧، وناكفي ودى لا كروز ١٩٧٣، ونيكولاس ١٩٩٠، وأوليفر ونيمي ١٩٨٥ و١٩٨٨، وروبرتس وفيشر ١٩٨٥).^(٧)

لا يتوافر غير قدر محدود من المعلومات عن امتصاص الكلورديكون وتراكمه الأحيائي في سلاسل الأغذية الأرضية (ناكفي وديلاكروز ١٩٧٣). وقد لوحظ امتصاص النباتات لقدر ضئيل من الكلورديكون (توب وغيرها ١٩٨٦).

الخلاصة

ومع بلوغ قيم معامل التركيز الأحيائي في الطحالب إلى ٦٠٠٠، وفي اللاقاريات إلى ٢١٦٠٠ وفي السمك إلى ٦٠٢٠٠ ووجود أمثلة موثقة على التزايد البيولوجي، فإن الكلورديكون يعتبر له قدرة عالية على التراكم الأحيائي وعلى التزايد البيولوجي.

٢-٢-٣ القدرة على الانتقال البيئي البعيد المدى

من الممكن توثيق القدرة على الانتقال بعيد المدى في البيئة عن طريق رصد البيانات من المناطق النائية (مثل القطب الشمالي) و/أو من خلال الخصائص الفيزيائية - الكيميائية للجزء والتي تساعد على هذا الانتقال. والآلية المشهورة جداً للانتقال بعيد المدى هو انتقال المواد داخل الغلاف الجوي في مرحلة البخار. ومع ذلك، فإن انتقال المواد المتحددة بالجسيمات داخل الغلاف الجوي، وانتقال جزيئات الرسوبيات في التيارات البحرية وكذلك الانتقال الأحيائي يمكن أن يكون أيضاً له دوره في برنامج الرصد والتقييم لمنطقة القطب الشمالي (AMAP, 2004).

ومن شروط الانتقال بعيد المدى في الغلاف الجوي الصمود أمام التحلل. ويعتبر الكلورديكون عالي المقاومة والثبات في البيئة (أنظر القسم ٢-٢-١) ولا يتكاثر الكلورديكون بقدر كبير (أنظر القسم ٢-٢). أما تفتت الكلورديكون في البيئة فيعزى إلى ارتفاع منحناه التخطيطي (٥,٤١ أو ٤,٥٠) والانخفاض النسبي لقدرته على التحلل في الماء (٣-١ مغ/لتر) الأمر الذي يترتب عليه تحوله إلى جسيمات صغيرة (غبار، تربة، رسوبيات) ومواد عضوية وكائنات حية. لذلك فمن المتوقع أن يحدث الانتقال بعيد المدى من خلال هذه الوسائل.

وتقول وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) إن الانتقال في الغلاف الجوي للغبار المحتوي على جسيمات الكلورديكون قد أُبلغ عنه أثناء سنوات الإنتاج وذلك استناداً إلى النتائج المأخوذة من فلاتر الهواء العينة ذات الحجم الكبير من هوبويل Hopewell: فعلى مبعدة ٢٠٠ ياردة تقريباً من مصنع إنتاج الكلورديكون، تفاوتت المحتويات من ٣,٠ إلى ٥٥

(٧) هذه المراجع تصنف كلا من الميركس والكلورديكون.

ميكروغرام/اللمتر المكعب، تبعاً للأحوال الجوية وموعد جمعها. وفي المواقع الأبعد في أيار/مايو ١٩٧٥، تفاوتت المستويات من ١,٤ - ٢١ نغ/م^٣. وفي جنوب ريتشموند بالتحديد، وعلى مبعده ٦,١٥ ميل شمالاً غرب هوبويل، كان المستوى هو ١,٤١ نغ/م^٣. وفي مطار بيرد Byrd على مبعده ١٢,١٤ ميل شمال هوبويل، وصل المستوى إلى ١,٩٣ نغ/م^٣، وفي بطرسبرغ على بعد ٨,١٩ ميل شمال غرب وصل المستوى إلى ٢٠,٧ نغ/م^٣ (إبستين، ١٩٧٨). وهم يستنتجون كذلك أن الكلورديكون المحمول جواً ينتشر على ما هو معروف ٦٠ ميلاً من نقطة المصدر (فيلدمان، ١٩٧٦)، وأن القدرة تستمر قائمة للمزيد من تشتت الجسيمات الدقيقة (لويس ولي، ١٩٧٦) (وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

أما الانتقال عبر البيئات المائية فتكشف عنه نتائج القياسات في رخويات البطلينوس والمحار المأخوذة من عينات في نهر جيمس من مسافة ٨-٦٤ ميلاً من هوبويل، فرجينيا والتي اشتملت على ٠,٢ - ٠,٨ مغ/كغ كلورديكون (إبستين، ١٩٧٨).

ومع ذلك لم تتوافر سجلات تتعلق بتركيزات الكلورديكون في المناطق الموجودة على مسافات كبيرة من مواقع الإنتاج أو الاستخدام لذلك، فإن تقييم القدرة على الانتقال بعيد المدى للكلورديكون يجب أن يبنى عن الصفات الفيزيائية. ولهذا - وبغض النظر عن الثبات - فإن ضغط البخار و"ثابت قانون هنري" يعتبران أهم الخواص. ولأجل عمل تقييم شامل للقدرة على الانتقال طويل المدى في الغلاف الجوي، فإن الإلمام بضغط البخار عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة أيضاً أمر ضروري (مثل ٢٥ مئوية وصفر مئوية). ولذا، فإن المعلومات متوفرة لعدد ضئيل فقط من المواد (AMAP, 2004)، وهكذا فإن ضغط البخار عند درجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية يستخدم كقياس لقدرة المادة على التطاير.

وبحكم التجربة، فإن كل المواد التي لها ضغط بخار يزيد على ١,٣٣ x ١٠^{-٢} باسكال سوف تكون كلها في مرحلة البخار. أما المواد ذات ضغط بخار أقل ١,٠ x ١٠^{-٤} باسكال فستكون في مرحلة الجسيمات (وكالة US ATSDR الأمريكية، ٢٠٠٤).

وثمة طريقة لتقييم خصائص وتأثيرات مادة لا تتوافر بشأنها معلومات كافية هي مقارنتها بمواد معروفة بدرجة أفضل وذات صفات مماثلة. وهذا النهج المعروف بـ "نهج علامة القياس المعيارية" كان قد اقترحه شيرنجر Schering (١٩٧٧) وبيير Beyer وغيره (٢٠٠٠) واستخدم مؤخراً في بعض الدراسات الحديثة المتعلقة بالثبات وانتقال الملوثات بيئياً (أنظر فوليك Vulykh ٢٠٠٦، وكلاسمير Klasmeier وغيره، ٢٠٠٦). وتستخدم الملوثات العضوية الثابتة الحالية كمقياس لقيم الخصائص التي تؤهل للانتقال بعيد المدى في الغلاف الجوي. ومع ذلك، غالباً ما تتفاوت المعلومات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد الكيميائية تفاوتاً بين المصادر. ولا يمكن مقارنة دقة البيانات بدون إجراء استعراض نوعي للدراسات الإفرادية. وتدلل على ذلك البيانات المتوفرة عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكلورودين الواردة في الجدول ١-١. والقيمتان المتعلقةتان بضغط البخار متمثلتان إلى حد ما (٠,٣، ٠,٤ x ١٠^{-٥}) غير أن القابلية للذوبان في الماء الموجودة في الكتابات فتتفاوت من حيث درجة النطاق (٠,٣٥ - ٣,٠) وتعتبر القيمة الأدنى غير دقيقة ولا يعول عليها.^(٨)

ويرد في الجدول ٢-٢ مقارنة للكلورديكون بملوثات عضوية ثابتة مدرجة بالفعل، وكبداية لإجراء هذه المقارنة، استُخدمت القيمتان الأدنى والأعلى للكلورديكون (الجدول ١-١) وبالنسبة للملوثات العضوية الثابتة المدرجة بالفعل، فقد

(٨) إن توافر بيانات عالية الجودة بشأن الخصائص الفيزيائية - الكيميائية يمكن أن يؤيد النتائج بدرجة أكبر.

تم السعي إلى الحصول على معلومات عنها من الصفحة الرئيسية على الويب (homepage) لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة - الملوثات العضوية الثابتة. ومن بين الملوثات العضوية الثابتة المدرجة حالياً، توافرت الخصائص ذات الصلة للأندرين، والديلدرين والـ دي. دي. تي وسداسي كلورو البترين والميركس والتوكسافين والأندرين وسباعي الكلور. وتم البحث عن المعلومات الناقصة (ذوبان الميركس في الماء) لدى الوكالة الأمريكية US ATSDR (١٩٩٥) و AMAP (٢٠٠٤). وتقدم الوكالة الأمريكية US ATSDR (١٩٩٥) قيماً هي ٠,٦ و ٠,٢ مغ/لتر، بينما برنامج الرصد والتقييم لمنطقة القطب الشمالي AMAP (٢٠٠٤) فينتقل عند ماكاي Mackay درجة منخفضة جداً للذوبان في الماء هي: 1.0×10^{-6} مغ/لتر. ولتفادي إدخال ما يبدو أنه قيمة عزلاء (outlier) في المقارنة فقد استخدمت القيمة الخاصة بـ ذوبان الميركس في الماء المأخوذة من وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥).

ونوجز في الجدول ٢-٢ درجة الذوبان في الماء وضغط البخار وكذلك "ثوابت قانون هنري" المحسوبة من هذه القيم الخاصة بالملوثات العضوية الثابتة المدرجة حالياً، إلى جانب معلومات عن الكلورديكون من الجدول ١-١.

الجدول ٢-٢ الذوبان في الماء، وضغط البخار وثوابت قانون هنري (المحسوب) (عند ٢٥ درجة مئوية) للكلورديكون والملوثات العضوية المدرجة حالياً

المادة	الذوبان في الماء مغ/لتر	ضغط البخار باسكال	ثابت قانون هنري باسكال م ^٣ /مول
كلورديكون - أدنى	١,٠	٠,٠٠٠٠٣	٠,٠٠٠٤٩ ^(١)
كلورديكون - أقصى	٣,٠	٠,٠٠٠٠٤	٠,٠٢ ^(٢)
ملوث عضوي ثابت - أدنى	٠,٠٠١٢ (دي. دي. تي)	٠,٠٠٠٠٢٥ (دي. دي. تي)	٠,٠٤ (إندرين)
ملوث عضوي ثابت - أقصى	٣,٠ (توكسافين)	٢٧ (توكسافين)	٣٧٢٦ (توكسافين)
ملوث عضوي ثابت - أقصى nd	٠,٥ (ديلدرين)	٠,٠٤ (سباعي الكلور)	٢٦٧ (سباعي الكلور)

١: محسوبة من القيمة القصوى للذوبان في الماء والقدر الأدنى لضغط البخار

٢: محسوبة من الحد الأدنى الدقيق للذوبان في الماء والقدر الأقصى لضغط البخار

ويبين الجدول ٢-٢ أن ذوبان الكلورديكون في الماء بمائل في المستوى المواد الأكثر ذوباناً في الماء من بين الملوثات العضوية الثابتة المدرجة حالياً وهي (التوكسافين والديلدرين)، بينما يماثل ضغط البخار ضغط بخار الـ دي. دي. تي. أما الثابت الأعلى من ثابتي قانون هنري الذي دخل في حسابات الكلورديكون فهو على نفس درجة الحجم الخاصة بالأندرين. ويجب ملاحظة أنه لم يستدل عند عرض البيانات في الجدول ٢-٢ على أن أي مادة كيميائية (الكلورديكون في هذه الحالة) تفي بمعيار الانتقال بعيد المدى في البيئة لأنها تدخل في نطاق قيم الملوثات العضوية الثابتة المدرجة حالياً.

يضاف إلى ذلك، أن من الجدير بالذكر أن أحدث تقرير لبرنامج الرصد والتقييم لمنطقة القطب الشمالي AMAP عن الملوثات العضوية الثابتة (AMAP، ٢٠٠٤) يصف إمكانات انتقال المواد عن طريق جسيماتها التي تقترب من ثوابت قانون هنري (HLC) لديها من تلك الثوابت الخاصة بالكلورديكون (ثابت قانون هنري = ٠,٠٠٤٩ أو ٠,٠٥٦). وتأسيساً على قيم ثوابت قانون هنري المأخوذة من AMAP (٢٠٠٤) يمكن أن نخلص إلى نتيجة مؤداها أن المركبات شبه

الطيارة مثل الليندين (γ -HCH) (ث - ق - ه = ٠,٠٠٠١٤٩) والكلورديكون (ث - ق - ه = ٠,٣٤٢) موزعة بين الجسيمات المحمولة هوائياً وبين المرحلة الغازية، تبعاً لدرجة الحرارة. ويمكن لهذه المركبات أن تُغسل بفعل التهطال، وأن ترسب بصورة مؤقتة في مياه البحر أو التربة ويمكن أن تمتص في التربة، والنبات وأسطح التراب وذلك من المرحلة الغازية. أما أثناء الأحوال الجوية الدافئة والمواتية، فإن هذه المركبات تتبخّر مرة ثانية في الغلاف الجوي وتعرض للمزيد من الانتقال في الغلاف الجوي. وهذا التحشد الثاني يسمى "تأثير الجندب". وواضح دور الأحوال الجوية العاصفة في إعادة تحشد المركبات شبه المتطايرة في الغلاف الجوي وأن كانت لا توجد إلا دراسات وبحوث ضئيلة بشأنها. (AMAP, 2004).

وبالإضافة إلى وجود خصائص فيزيائية - كيميائية معينة للكلورديكون مثل مكافئ التفريق log Kow (مكافئ تفريق الأوكتانول - الماء) و log Kow (مكافئ تفريق الهواء - الماء) فهما متشابهان مع نظيريهما الخاصين ببعض مكونات التوكسافين اللذين إذا أُضيفا إلى ثباته في الهواء والماء فإن ذلك يعني أن الانتقال بعيد المدى في كل من الغلاف الجوي والبحار يمكن أن يحدث. (أي أن هذه المادة يجري تبادلها بين المرحلة الغازية الجوية والمرحلة المنحلة في البحار، ويمكن لها أن تنتقل في أي من المرحلتين). (وانيا. ف. ٢٠٠٦ اتصال شخصي). وللكلورديكون ثابت قانون هنري منخفض جداً وله تفتت كتلي عال في الماء، ومن ثم يمكن استنتاج أن الانتقال بفعل التيارات البحرية يسهم في انتقال الكلورديكون بعيد المدى.

في دراسة نمذجة حديثة، فحص شيرنجر وغيره (٢٠٠٦) قدرة هذه الملوثات العضوية الثابتة على الثبات والانتقال بعيد المدى بما في ذلك الكلورديكون وسداسي البروم ثنائي الفينيل باستخدام إحدى وسائل الفرز المستخدمة لدى منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي والتي اعتمدت في تقييم هاتين الخاصيتين على نتائج العديد من نماذج المصير البيئي متعدد الوسائط المتوافرة حالياً (أنظر أيضاً كلاسمير Klasmeier وغيره، ٢٠٠٦ وفينر Fenner وغيره ٢٠٠٥ من أجل الحصول على شرح أكثر تفصيلاً). وقد استنتجنا أن الملوثات العضوية الثابتة الأربعة المرشحة لها صفات تعطيها القدرة على الثبات والانتقال بعيد المدى تماثل تلك الصفات التي يمتلكها العديد من الملوثات العضوية الثابتة المعروفة. يضاف إلى ذلك، أنهما أضافا عدم اليقين الذي يلف نوعية البيانات في تحليل لعدم اليقين، الذي أشار إلى أن النتيجة سليمة على الرغم من وجود أوجه كثيرة لعدم اليقين بشأن الخواص الكيميائية للملوثات العضوية الثابتة الأربعة المرشحة. ويجب ملاحظة أن المصير البيئي لنتائج النمذجة يعتمد على الافتراضات المطروحة، وبخاصة عندما لا تكون البيانات الضرورية مثل أنصاف الحياة الفعالة في البيئة غير معروفة. ويمكن أن يضاف إلى ذلك أن النتائج بالنسبة لمواد مثل الكلورديكون التي ترتبط بالجسيمات ولها قدرة منخفضة جداً على التطاير إنما تعتمد على الوسيلة التي تنبثق منها مثل الهواء أو الماء أو التربة. أما سيناريو الانبعاث في الهواء فله قدرة عالية على الانتقال وتظهر هذه النتيجة في تجارب شيرنجر وغيره، (٢٠٠٦). ومن المحتمل أن تختلف القدرة على الانتقال باختلاف الحجم عندما يجري التقييم طبقاً لسيناريو انبعاثات التربة والماء.

الخلاصة

وخلاصة ما تقدم، أن المناقشة آنفة الذكر تبين أن البيانات المتوافرة بشأن الكلورديكون ليست نهائية حينما يتعلق الأمر بالانتقال طويل المدى في الغلاف الجوي في شكل غازي. ومع ذلك، فإن الانتقال في الغلاف الجوي للمواد المؤتلفة مع الجزيئات وانتقال جسيمات الرسوبيات في التيارات البحرية وكذلك الانتقال الأحيائي يمكن أن يسهم كذلك في انتقال الكلورديكون بعيد المدى في البيئة، كما أن الانتقال المزدوج في الغلاف الجوي - البحار يبدو ممكناً للغاية.

ونظراً لنقص بيانات رصد الكلورديكون، يجب أن يبنى تقييم القدرة على انتقال الكلورديكون بعيد المدى على أساس الصفات الفيزيائية - الكيميائية وعلى بيانات النمذجة. وكذلك دراسة النمذجة التي أجراها شيرنجر وغيره في عام ٢٠٠٦ تبين بوضوح أن الانتقال بعيد المدى في البيئة ممكن (وربما بدرجة أكبر مما هو مقدر فعلياً) حتى مع مراعاة أوجه عدم اليقين التي تحيط بالخصائص الفيزيائية - الكيميائية.

وطبقاً للفقرة ٧ (أ) من المادة ٨ من الاتفاقية، ومع الأخذ في الاعتبار أن عدم توافر اليقين العلمي الكامل لا يجب أن يحول دون المضي في تقديم الاقتراحات. ونظراً لقدرة الكلورديكون على الانتقال بعيد المدى في البيئة فمن المحتمل أن يؤدي ذلك إلى حدوث نتائج عكسية على صحة البشر والبيئة، الأمر الذي يستدعي اتخاذ إجراء عالمي بشأنه.

٣-٢ التعرض

٣-٢-١ التركيزات البيئية

المعلومات المتوفرة عن تركيزات الكلورديكون في البيئة محدودة للغاية وتشمل مناطق قريبة من إنتاجه في (الولايات المتحدة) واستخدامه في (المارتينيك).

وتوضح وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) وجود الكلورديكون في البيئة عقب إنتاج هذه المادة. ففي عام ١٩٧٧، أي بعد ١٢ عاماً من بدء إنتاج الكلورديكون وعامين على توقف إنتاجه، كان متوسط تركيزات الكلورديكون في مياه مصاب الأنهار (المتحللة) أقل من ١٠ نانوغرام/لتر (لكل جزء من الطن) (نيقولاس ١٩٩٠). وفي تشرين الأول/أكتوبر ١٩٨١، أي بعد مرور ست سنوات على توقف الإنتاج، تراوحت تركيزات الكلورديكون في الماء ما بين مقدار لا يمكن ملاحظته وبين ٠,٠٢ ميكروغرام/لتر (لكل جزء من البليون) (لانسفورد وغيره ١٩٨٧ Lunsford). ولا تتوفر بيانات عن رصد المياه الجوفية، ولكن نظراً لأن الكلورديكون يتحد بقوة مع المادة العضوية في التربة، فإن الارتشاح في المياه الجوفية يصبح أمراً غير متوقع الحدوث بصورة واسعة (موجزة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

وتشير بيانات الرصد الحديثة من الولايات المتحدة إلى ثبات الكلورديكون المعروف باسم كيبون في الولايات المتحدة الأمريكية. وهذه المادة مدرجة في الدراسة التي أجرتها وكالة حماية البيئة الأمريكية على أنسجة أسماك البحيرات الوطنية بغرض تقييم توزع مخلفات منتفخة في أنسجة الأسماك على المستوى القطري وذلك من البحيرات والمستودعات الواقعة في الولايات الـ ٤٨ الدنيا. وقد تم جمع ٨٨١ عينة حيث حُللت فيما بين ٢٠٠٠ و ٢٠٠٥. وقد تم الحصول على ١٥٢ بيان عن الكلورديكون (١٧,٢٥ في المائة) تراوحت بين ١٢,٣ و ٢٠٠٨ جزء من البليون. (جينسن، ٢٠٠٦).

وفي المارتينيك أدى الاستعمال الواسع النطاق للكلورديكون حتى ١٩٩٣ إلى تلويث التربة والمياه السطحية داخل معظم الجزيرة (بوكين وفرانكو، ٢٠٠٥). فقد أبلغ هذان الباحثان عن إجراء تحقيق من عام ٢٠٠٢ بشأن وجود سلسلة من المبيدات في الماء عند مصب سبعة أنهر. وقاما بقياس الكلورديكون بصفة خاصة أو الرسوبيات في ستة أنهر من الأنهر السبعة وتدرجت التركيزات حتى ٥٧ ميكروغرام/كغ في المادة الجسيمية، وحتى ٤٤ ميكروغرام/كغ في الرسوبيات.

وأشار بيوكين وفرانكو (٢٠٠٥) إلى تحقيقات تم فيها قياس تركيزات مادة كلورديكون تراوحت بين ١,٢٠ إلى ٢,١٣ ميكروغرام/كيلوغرام في أنهار المارتينيك في ٢٠٠١ - ٢٠٠٢. وذكرنا كذلك أن الكلورديكون "موجود في كل مكان" في مياه الأنهار التي تستخدم كمياه للشرب.

وبالإضافة إلى ذلك، وصف التقرير الذي أُعد للجمعية الوطنية L'Assemblée Nationale (بوغاندر، حزيران/يونيه ٢٠٠٥) تاريخ استخدام كلورديكون في غواديلوب والمارتينيك، وأشار إلى العديد من برامج الرصد التي من المتوقع أن تُعد عنها تقارير في نهاية عام ٢٠٠٥. غير أن هذه التقارير لم تتوافر عند إعداد مسودة هذه الوثيقة.

٢-٣-٢ التعرض البشري

تم في وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)، إيجاز التجربة بشأن إنتاج كلورديكون على النحو التالي: لم يتم العثور على الكلورديكون في الأنسجة الدهنية لجسم الإنسان ولا في عينات الدم المأخوذة من السكان بشكل عام، وذلك على الرغم من وجود سوابق اكتشفت فيها هذه المادة في عينات اللبن البشري التي جمعت من جنوب شرق الولايات المتحدة (وكالة حماية البيئة، ١٩٧٨ ج). وتتوافر معلومات عن مستويات كلورديكون في دم العمال المعرضين مهنيًا وأسرهم خلال الفترة ١٩٧٤ - ١٩٧٥ الذين يعملون في هوبويل Hopewell، موقع فرجينيا (كانون وغيره، ١٩٧٨؛ إيستين ١٩٧٨، كينشكوي وباكر ١٩٨٦، تايلور وغيره، ١٩٧٨). (مأخوذة من وكالة US ATSDR، ١٩٩٥) وهناك المزيد من البيانات عن التعرض البشري وردت في القسم ٢-٤-١.

لا توجد معلومات تتعلق بالتعرض البشري من جراء الاستخدام المباشر للكلورديكون في جزر الكاريبي. غير أن بيانات الرصد في التربة الزراعية، والمحاصيل، والمياه العذبة، والأسماك، والأسمك الساحلية، والمحار توضح أن التعرض البشري منذ أكثر من عشر سنوات بعد استخدام الكلورديكون قد توقف في مارتينيك وغوديلوب، ومع ذلك فهو لا يزال ممكنًا في التربة التي توجد بها مخلفات الكلورديكون في المحاصيل حسب نسبة تلوث التربة، بل أنها يمكن أن تتجاوز نسبة المخلفات الموصى بها (50 µg/kg to 200 µg/kg) وهذا الأمر يتعلق أساساً بالخضروات الجذرية مثل الفجل (الحد الأقصى للتركيز الذي تم قياسه هو 0.055 µg/kg) والبطاطا (الحد الأقصى المقاس للتركيز 0.300 µg/kg) وجذور القلقاس (الحد الأقصى المقاس للتركيز 0.230 µg/kg). وكذلك أجزاء النباتات المعرضة للهواء مثل قصب السكر (الحد الأقصى المقاس للتركيز 0.690 µg/kg) أو الأناناس (الحد الأقصى المقاس للتركيز 0.160 µg/kg). وبالإضافة إلى ذلك يتعرض العمال مباشرة للتربة الملوثة. كما وجدت نسبة تركيز في منتجات مصايد الأسماك (المياه العذبة ومياه مصاب الأنهار) وفي بعض الأحيان تجاوزت الحدود الوطنية للمخلفات معامل ١٠٠٠ (الحد الأقصى المقاس للتركيز 20 mg/kg). وقد تم اتخاذ الاحتياطات الوطنية لمنع إنشاء مصايد الأسماك في المناطق الملوثة (كايدوش وغيره، ٢٠٠٦).

٢-٤ تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للقلق

٢-٤-١ السمية ودرجتها

الحركية السمية في حيوانات الاختبار وفي الإنسان

تسجل كل من وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) وهيئة معايير البيئة الصحية ٤٣ (IPCS، ١٩٨٤) أن كلورديكون يمتص جيداً عقب التعرض له بالبلع أو عن طريق الجلد أو الاستنشاق. وتتوافر بيانات مسار التفاعل السمي (أو الحركية السمية Toxicokinetic) من الدراسات التي أجريت على حيوانات الاختبار (مثلاً بلانك Blanke وغيره ١٩٧٨، وبويلان Boylan وغيره ١٩٧٩، وكهون Cohn وغيره ١٩٧٨، وإيجل Egle وغيره ١٩٧٨، وفوجيموري Fujimori وغيره ١٩٨٢، غوزيليان Guzelian وغيره ١٩٨١، وهال Hall وغيره ١٩٨٨، هيويت Hewitt وغيره ١٩٨٧، وكافلوك Kavlock وغيره، ١٩٨٠، وبلا Plaa ١٩٩٩ وأ وغيره ١٩٨٧، وريختر Richter وغيره ١٩٧٩، وشاه Shah وغيره ١٩٧٨،

وساكالسكي Skalsky وغيره ١٩٨٠ على نحو ما أفاد البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS، ١٩٨٤). ويتوزع في الجسم على نطاق واسع ويتراكم في الكبد عقب الامتصاص، وبدرجة أقل في الدهن، والمخ والكليتين، وقد ثبت ذلك في كل من الدراسات التي أجريت على الحيوانات المختبرية وعلى الإنسان (على نحو ما أفادت وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) و E 115 (IPCS، ١٩٨٤). وعقب تناول الفئران لجرعة واحدة بالفم مقدارها ٤٠ مغ/كغم من وزن الجسم، ظهرت أعلى التركيزات في الغدد الأدرنالية وفي الكبد، تبعهما الدهن والرئة (أيجل Egle وغيره ١٩٧٨، مقتبسة من (IPCS، ١٩٨٤). وتفيد التقارير أن الكلورديكون يتم تمثيله غذائياً عن طريق التحول البيولوجي الاختزالي إلى كحول كلورديكون في الفأر (بلانك Blanke وغيره، ١٩٧٨ على النحو الذي جاء في تقرير EHS 43). وتخلص الجسم منه بطيء، ويصل نصف عمره إلى نحو عدة أشهر، ويختفي كلورديكون من الكبد بصورة أبطأ من اختفائه من الأنسجة الأخرى (أيجل Egle وغيره، ١٩٧٨، مقتبسة من البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤). ويتم التخلص منه بصورة رئيسية عن طريق التبرز، ذلك أن ما مجموعه ٦٦ في المائة من الجرعة في دراسة Egle تمت إزالتها عن طريق التبرز، و ٢ في المائة عن طريق التبول، خلال فترة الـ ٨٤ يوماً اللاحقة على التناول (أيجل وغيره، ١٩٧٨، مأخوذة من IPCS، ١٩٨٤).

وقد جاء في تقرير هيئة معيار الصحة البيئية ٤٣ (EHS 43) أنه تم اكتشاف الكلورديكون بتركيزات عالية في الكبد (تراوحت بين ١٣,٣ - ١٧٣ مغ/كغم) وفي الدم (تراوحت بين ٠,٦ - ٣٢ مغ/لتر)، وفي الدهن تحت الجلد (ما بين ٢,٢ - ٦٢ مغ/كغم) لدى ٣٢ عاملاً من الذكور (كوهن وغيره، ١٩٧٦، (أخذت بتصرف من IPCS، ١٩٨٤). ولدى العمال المعرضين مهنيًا تراوحت تركيزات الكلورديكون في مصل الدم بين ١٢٠-٢١٠٩ ميكروغرام/لتر، وانخفضت إلى ٣٧ - ٤٨٦ ميكروغرام/لتر بعد مرور ٦-٧ أشهر على انتهاء التعرض (أدير Adir وغيره، ١٩٧٨) على نحو ما أفاد به البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية IPCS (١٩٨٤). وذكر أن التقديرات أفادت بأن نصف العمر الفعال للكلورديكون في هؤلاء العمال بلغ ٦٣-١٤٨ يوماً. وذكر كذلك أن التحول البيولوجي الاختزالي إلى الكحول قد حدث لدى البشر (بلانك وغيره، ١٩٧٨، على نحو ما أفاد به تقرير EHS 43). وقد تم التخلص من الكلورديكون بالدرجة الأولى عن طريق التبرز بمعدل يومي قدره ٠,٠٧٥ في المائة من مجموع الكمية المقدرة المختزنة في الجسم (كوهن وغيره، ١٩٧٦، مأخوذة من البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤).

سمية الكلورديكون في الدراسات التي أجريت على الحيوان

دلت الدراسات التي أجريت على حيوانات التجارب على السمية العالية والحادة للكلورديكون، وعلى أن نصف الجرعة المهلكة يبلغ ١٠٠ مغ/كغم تقريباً في الفأر و ٦٥ مغ/كغم في الأرنب و ٢٥٠ مغ/كغم في الكلب (مأخوذة من البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤، الجدول ٢). ومن بين تأثيرات السمية الحادة الارتعاشات التي تشير إلى الأثر السمي العصبي على الجهاز العصبي والجهاز العضلي الهيكلي، وذلك طبقاً للبحوث التي أجراها الكثير من الباحثين وعلى النحو الوارد من وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥). وقد أُبلغ عن حدوث التأثيرات السمية العصبية لدى الكناكيت (نابر ووير، ١٩٦٥)، والسمان (مافالند ولاسن ١٩٦٩)، ولدى الأسماك (كوتشن وغيره، ١٩٧٧)، وفي البرانب hamsters (مارتيز وغيره، ١٩٧٦)، والجُرْد (إيند End وغيره، ١٩٧٩) والفئران (إيستين، ١٩٧٨)، وفي الإنسان (مارتنيز وغيره، ١٩٧٨). ويرتبط التناول الحاد بالفم لمادة الكلورديكون بالتأثيرات التناسلية (خيرا Khera وغيره، ١٩٧٦، يوزودينما Uzodinma

وغيره ، ١٩٨٤؛ وباربوري Yarbrough وغيره، (١٩٨١) والسمية الكبدية في بعض الدراسات (فوجيموري وغيره، ١٩٨٣، ومهينديل وغيره ، ١٩٧٧، ب، ١٩٨١، وتيو وفور Teo & Vore ، ١٩٩١) (المصدر US ATSDR (١٩٩٥).

وتكرار التعرض للكلورديكون يتسبب أيضاً في إحداث سمية في الجهاز التناسلي، والجهاز العصبي، والجهاز العضلي الهيكلي وفي الكبد بجرعات تصل في انخفاضها إلى ١٠ مغ/كغ من وزن الجسم/يومياً، وذلك على الرغم من الإبلاغ عن تأثيرات تلحق بأجهزة أخرى بالجسم بما فيها الكلى، والغدة الدرقية والغدة الكظرية، والخصيتين (US ATSDR، ١٩٩٥، البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤). وقد سجل أقل تأثير ضار ملحوظ (LOAEL) وقدره ١,١٧ مغ/كغ وزن الجسم/يوم أثناء دراسة تغذية لمدة ثلاثة أشهر أجريت على الفئران، وقد اشتملت علامات السمية على تركز بؤري في الكبد، وتضخم بالغدة الكظرية، والارتعاش، والحراك الزائد، والاستجابة الانزعاجية المبالغ فيها (كانون وكيمبرو Cannon and Kimbrough، ١٩٧٩، على النحو المستقى من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وقد أبلغ عن تغيرات مرصية في أنسجة الكبد، وعن انخفاض في حجم تجويغات الغدة الدرقية والمحتوى الغروي، والزيادة في ارتفاع الخلايا الظهارية epithelial في دراسة تغذية بالتزقيم gavage في الفأر مدتها ٢١ شهراً، مع وجود أدنى مستوى ملحوظ للتأثيرات الضارة (LOAEL) قدره ٠,٠٧ مغ/كغ/وزن الجسم/يوم في الذكور (تشو Chu وغيره، ١٩٨١، على النحو المنقول عن وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وقد لوحظت تأثيرات كلوية (البول البروتين، والتصلب الكلوي الكببي glomerulosclerosis) وذلك أثناء دراسة تغذية مدتها سنتان على الفئران، مع مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (NOAEL) وقدره ٠,٠٥ مغ/كغ/يوم. (لارسون وغيره، ١٩٧٩، ب، على النحو المنقول عن وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وقد أدى العلاج الفمي بالكلورديكون إلى انخفاض وزن الطحال والغدة الصعترية thymus، وعدد كرات الدم البيضاء، ونشاط خلايا القتل الطبيعية (في جهاز المناعة) وفي استجابة انقسام الخلايا (وكالة حماية البيئة ١٩٨٦ ج، سميا لويكس وغيره، ١٩٨٥، سوانسن ووولي ١٩٨٢)، وانخفاض نشاط الخلايا القاتلة (في جهاز المناعة) (سميا لويكس، وغيره ١٩٨٥)، وزيادة كبيرة في الخلايا المكونة للمواد البقعية (التي تسبب تصلب الشرايين) (شيتي Chetty، وغيره، ١٩٩٣ ج) (على النحو المبلغ من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وكان مستوى التأثير الضار غير الملاحظ (NOAEL) هو ٥ مغ/كغ وزن الجسم/يوم، وأدنى مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (LOAEL) هو ١٠ مغ/كغ وزن الجسم/يوم.

ودلت الشواهد على التسرطن الكبدي (سرطان خلايا الكبد) الناتج عن الكلورديكون وذلك في الفئران والجُرذ إنثاءً وذكوراً (NCI، ١٩٧٦، وروبرت ١٩٧٨، ١٩٧٩ على النحو المنقول عن البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، ١٩٨٤ ووكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥). وقد لوحظ ظهور الأورام عند تناول جرعات لا تزيد على ١ مغ/كغ وزن الجسم/يوم في الفئران والجُرذ عند جرعة قدرها ٢,٦ ملغم/كلغم/وزن جسم/يوم (NCI، ١٩٧٦، نيساي على النحو المنقول عن وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥). وقد توصلت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC، ١٩٨٧) إلى نتيجة مؤداها أن ثمة دلائل كافية على أن الكلورديكون مُسرطن للفئران والجُرذ وربما كان مسرطناً للبشر (المجموعة باء). وليس الكلورديكون مسرطن جينياً في أرزان assay الطفرات الجينية لدى الثدييات في الرزن الميكروبي المخبري، وفي اختبار للتفتت في رزن التأثير المُميت السائد (dominant lethal assay) (مورت لمان وغيره ١٩٨٦، وبروبست وغيره ١٩٨١، وسكويني Schoeny وغيره ١٩٧٩، وتونغ Tong وغيره، ١٩٨١، ووليامز ١٩٩٠، وخيرا وغيره ١٩٧٦، وسيمون وغيره ١٩٨٦، وذلك على النحو الوارد في تقرير وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥) وإن كان قد أُفيد بأنه يتداخل في التواصل بين الخلايا (تشيشوموتو وغيره Tsushimoto، ١٩٨٢، كالدويل ولوك - كاروزو ١٩٩٢، على

النحو الذي أفادت به وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)). وتقول وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) إن هذه المادة تنتج أوراماً في الكبد عن طريق آلية لابنوية epigenetic تساعد على حدوث الأورام وتشمل السمية الكبدية والتضخم بما في ذلك الصبغية (الستوكروم P-450).

إن تناول الحيوانات الكلورديكون بالفم يؤدي إلى تقليل خصوبتها أو قدرتها على الإنجاب وإلى نقصان في حجم المواليد، ونقص في عدد الحيوانات المنوية وضمور الخصيتين (خيرا وغيره، ١٩٧٦، ليندر وغيره، ١٩٨٣، أوزودينها وغيره ١٩٨٤، أ، وياربرو وغيره ١٩٨١، على النحو الذي أبلغته وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)). وقد تم تسجيل أدنى مستوى ملاحظ للتأثير الضار (LOAEL) قدره ٠,٨٣ مغ/كغ/يوم بالنسبة للتأثير الواقع على الحيوانات المنوية في دراسة تغذوية مدتها ٩٠ يوماً أجريت على الفئران بينما كانت التأثيرات على الحويصلات المنوية البروستاتا واضحة عند ١,٦٧ مغ/كغ وزن الجسم/يوم (ليندر وغيره، ١٩٨٣) (مقتبسة من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

والكلورديكون مادة سمية تظهر آثارها تدريجياً. وكما أفادت الوكالة الأمريكية المعنية بسجلات المواد السمية والأمراض (US ATSDR) (١٩٩٥) ومعيار الصحة البيئية EHC 43 (١٩٨٤، IPCS) فإن تعريض الفئران والجرذ أثناء الحمل لجرعات منخفضة من كلورديكون أسفر عن تزايد المواليد الأموات وانخفاض اللياقة الحياتية بعد الولادة، كما أدى إلى انخفاض وزن الأجنة وحديثي الولادة و/أو تحجر العظام. وحدثت انخفاض للتشوهات مثل اتساع حوض الكلي، وعدم نزول الخصيتين وتضخم بطينات الدماغ cerebral ventricles والقدم المشوهة CLUBFOOT وفقرات الظهر المتحمة أو الففص الصدري المتحتم والتهاب الدماغ renal pelvis. وقد أدى تقدم كلورديكون بمستويات ٢,٦ و ١٠ مغ/كغ وزن الجسم/يوم للفئران، و ٤، ٨ و ١٢ مغ/كغ و/ج/يوم إلى الجرذ خلال ٧-١٦ يوماً من وجودها داخل الرحم أثناء الحمل إلى ١٩ في المائة فوق للأمهات في الفئران عند استعمال الجرعة الأعلى، كما ظهر على الأجنة انخفاض في الوزن، ودرجة منخفضة من تحجر العظام، والأودوما، وعدم نزول الخصيتين، وتضخم حوض الكلي وتضخم بطينات الدماغ (تشيرنوف وروجرز، ١٩٧٦ كما جاء من IPCS، ١٩٨٤). أما إعطاء مستويات أقل من الجرعات فقد أدى إلى انخفاض وزن الجنين وإلى درجة من التحجر. أما الفئران الذكور التي ولدت لأمهات معالجة فلم يظهر عليها أي خلل في أجهزتها التناسلية. وجاء أداء الجرذ التناسلي التي تغذت على ١٠، ٣٠، ٣٧,٥ مغ كلورديكون/كغ منقوصاً من حيث الذرية وحجم المولود (هيوبر، ١٩٦٥، على النحو الوارد في IPCS، ١٩٨٤). والإناث التي تغذت على ٤٠ مغ/كغ لم تلد أي مواليد ولكنها استأنفت إنتاج المواليد خلال ٧ أسابيع بعد سحب كلورديكون، وأن ظلت المواليد أصغر حجماً من تلك التي تخضع لأي رقابة علاجية (مأخوذة من IPCS، ١٩٨٤). ولوحظ حدوث التبويض واستمرار الدورة التزوية في المهبل في إناث الجرذ التي تعاطت كلورديكون بجرعة ٢ مغ/كغ وزن الجسم/يوم (سوارتز وغيره، ١٩٨٨ على نحو ما أبلغ من وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥)، ولوحظت تغييرات مماثلة في المواليد الإناث في فئران (الأمهات) التي أعطيت ١٥ مغ/كغ/يوم من الكلورديكون في أيام الحمل ١٤-٢٠ (جليرت وولسن، ١٩٧٩ على نحو ما أخذ عن US ATSDR (١٩٩٥)، على الرغم من عدم ملاحظة أي تأثيرات على استمرار صلاحية وضع المهبل أو على الخصوبة في الإناث المواليد التي تعاطت أمهاتها ٢٠ مغ/كغ/يوم أثناء أيام الحمل ٨-١٢ أو ١٤-١٨ (غراي وكافلوك، ١٩٨٤، على النحو المأخوذ عن وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

سمية الكلورديكون للإنسان

تدعم البيانات المتوافرة النتيجة القائلة بأن سمية الكلورديكون في الإنسان متشابهة مع سميتها في الدراسات التي أجريت على حيوانات التجارب. وكما أفادت وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥) فقد شوهدت حوادث عديدة لتسمم الجهاز العصبي في مجموعة عمال واحدة تعرضت للكلورديكون أثناء تصنيعه (كانون وغيره، ١٩٧٨، مارتينيز وغيره ١٩٧٨، سانبون وغيره، ١٩٧٩، تايلور، ١٩٨٢، ١٩٨٥، تايلور وغيره ١٩٧٨، وهي مأخوذة من وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)). وقد حدث التعرض لهذه المجموعة من الناس من خلال مسالك شتى مثل الاستنشاق، والتناول بالفم، وحالات التعرض بالجلد، وإن كان قد قيل إن مسلك الجلد كان هو الغالب. وظهرت أعراض التسمم في صورة ارتعاشات، ومصاعب بصرية، ووهن عضلي، والتشوش في سرعة الأداء، وعدم التنسيق، والصداع، وازدياد ضغط السائل في الدماغ والعمود الفقري (وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)). وقد ذكر أن استطالة فترة التعرض لتركيزات الكلورديكون المرتفعة في مكان العمل يؤدي إلى نقص عدد الحيوانات المنوية، ونقص حركية الحيوانات المنوية فيما بين العمال الذكور وإن كانت الخصوبة لم تتأثر (غوزيليان، ١٩٨٢، تايلور ١٩٨٢، ١٩٨٥، وتايلور وغيره، ١٩٧٨ (مأخوذة من وكالة US ATSDR الأمريكية (١٩٩٥)). وكان من الصعب مع ذلك البرهنة بصورة كاملة على وجود ارتباط أو تلازم بين مستويات هذه المادة في الدم، وفي مستويات الغلاف الجوي وفي التأثيرات على الحيوانات المنوية (US ATSDR (١٩٩٥)). والأدلة الباثية على تسبب كلورديكون في التسرطن لدى الأشخاص المعرضين عقب استنشاق الكلورديكون محدودة للغاية (وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥، IPCS، ١٩٨٤). ولم تشر العينات المأخوذة من أكباد ١٢ عاملاً مصابين بالرغامة (تضخم الكبد) الناتجة عن حالات التعرض المتوسطة أو المزمنة لتركيزات الكلورديكون العالية إلى وجود سرطان (غوزيليان وغيره، ١٩٨٠، مأخوذة عن US ATSDR (١٩٩٥)). ومع ذلك فإن النتائج من هذه الدراسة محدودة بسبب العدد الضئيل جداً من العمال الذي أخذت منهم العينات (US ATSDR، ١٩٩٥).

التأثيرات على الغدد الصماء

إن تأثيرات الكلورديكون على التناسل يشير إلى أن مبيد الآفات هذا له تأثيرات على الغدد الصماء في الجسم فقد تم تقييمه في إطار استراتيجية الاتحاد الأوروبي لعوامل اختلال الغدد الصماء.^(٩) كما وضع في الفئة ١ (دليل على النشاط المخل بالغدد الصماء فيما لا يقل عن نوع واحد وذلك باستخدام حيوانات غير مصابة) في قائمة أولويات المواد الكيميائية في إطار استراتيجية الاتحاد الأوروبي. وينبغي هذا التصنيف على دلائل نشاط الغدد الصماء في عدد من النظم التجريبية من بينها الرزن المأخوذ من رحم الجرذان، وازدياد وزن الرحم لدى الفئران التي أعطيت حقنات متعددة من الكلورديكون بعد الولادة، وأرزان ارتباط المستقبلات (receptor binding assays) مما يشير إلى حدوث تأثير على الإستروجين (كما جاء في تقرير BKH، ٢٠٠٠، US ATSDR، ١٩٩٥).

خلاصة بشأن تقييم التأثيرات وسمية الكلورديكون

يمتص الكلورديكون بسرعة في الجسم ثم يتراكم عقب فترة تعرض طويلة. ومبيد الآفات هذا حاد السمية ومزمن السمية معاً ينتج سمية للجهاز العصبي، وسمية للجهاز المناعة، وسمية لجهاز التكاثر والجهاز العضلي الهيكلي والكبد وذلك عند تناول جرعات تتراوح بين ١-١٠ مغ/كغ و/ج/يوم في الدراسات على حيوانات التجارب. وقد استحث حدوث سرطان الكبد في الفئران بإطعامها جرعة مقدارها ١ مغ/كغ/وزن الجسم/يوماً، وفي الجرذان عند تناول جرعة مقدارها ٢,٦

(٩) http://europa.eu.int/comm/environment/endocrine/strategy/substances_en.htm

مغ/كغ و/ج/يوم، وتشاهد التأثيرات التناسلية عند تناول مستويات مماثلة من الجرعات. وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان الكلورديكون على أنه مسرطن محتمل للإنسان (IARC، المجموعة باء).

يوجز الجدول ٢-٣ نتائج الدراسات السمية الرئيسية بشأن الكلورديكون بما في ذلك مستوى التأثير الضار غير الملاحظ/أدنى مستوى للتأثير الضار غير الملاحظ (NOAEL/LONEL) المشتق من كل دراسة، وكانت الدراسات قد أدرجت في هذا الجدول من قاعدة بيانات كبيرة للغاية بشأن الدراسات السمية، على أساس أهمية نهاية سلسلة التفاعل endpoint التي تم بحثها (مثل سمية الجهاز التناسلي، السرطنة، والآثار السمية على أعضاء مستهدفة أخرى)، كما اختبرت على أساس دقة ومتانة الدراسات الواردة بالتقرير ومستوى الجرعات (NOAEL/LONEL) التي أبلغ عن التأثيرات الحاصلة عنده. واعتبرت هذه الدراسات مهمة بصفة خاصة لتوصيف المخاطر السمية لهذه المركبات، وتم استخدام بعض هذه الدراسات من جانب وكالة US ATSDR الأمريكية لتعريف الحدود الدنيا لمخاطر الكلورديكون (وكالة US ATSDR الأمريكية، ١٩٩٥).

الجدول ٢-٣ موجز الدراسات السمية الرئيسية بشأن الكلورديكون

النوع	نوع الدراسة	التأثير	أدنى مستوى تأثير ضار غير ملاحظ/مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (LOAEL/NOAEL) مغ/كغ و.ج/يوم	المرجع
فأر فيشر ٣٤٤	دراسة تكرارية قصيرة الأمد للسمية لمدة ٣ أيام لإدخال الجرعة إلى المعدة بأنبوب	فقدان في وزن الجسم مقداره ٦٥٪ وتغيرات في بارامترات الكيمياء السريرية	١٠ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ٥ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	وكالة حماية البيئة، ١٩٨٦ (على النحو المأخوذ من US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر فيشر ٣٤٤	دراسة تكرارية قصيرة الأجل للسمية الحادة لمدة ١٠ أيام لإدخال الجرعة بأنبوب إلى المعدة	انخفاض في وزن الطحال والغدة الصعترية، وفي إعداد العدلات ونشاط الخلايا القاتلة (في جهاز المناعة) كعرض ثانوي للسمية العامة	١٠ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ٥ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	وكالة حماية البيئة، ١٩٨٦ سمبوليز وغيره، ١٩٨٥ (على النحو المأخوذ من US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر فيشر ٣٤٤	دراسة تكرارية قصيرة الأجل للسمية الحادة لمدة ١٠ أيام لإدخال الجرعة بأنبوب إلى المعدة	ازدياد الاستجابة الانزعاجية (رد فعل ارتبامي)	٢,٥ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ١,٢٥ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	وكالة حماية البيئة، ١٩٨٦ ج، (على النحو المنقول من وكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر (شيرمان)	دراسة تغذوية مدتها ٣ أشهر	موت خلايا بؤري في الكبد، تضخم الغدة الأدرنالية، تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوى hyperplasia وتضخم في الغدد القشرية، ارتعاشات، حراك زائد، ردود الفعل الانزعاجية المبالغ فيها	١,١٧ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)	كانون وكمبرد، ١٩٧٩ (على النحو المنقول من US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر، ويستار	دراسة تغذوية مدتها عامان	تأثيرات كلوية (بول بروتيني وازدياد عنف تصلب كلور كيبين (glomerulosclerosis))	٠,٢٥ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ٠,٠٥ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	لارسون وغيره، (على النحو المنقول عن IPCS، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر، سراغ داوي	دراسة ترقيمية مدتها ٢١ شهراً	تغيرات مرضية في خلايا الكبد، انخفاض في أحجام الأوكياس والتجاويف والمادة الغروية، وزيادة في ارتفاع الخلايا الظهارية في الغدة الدرقية	٠,٠٧ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) في الذكور	تشو وغيره، ١٩٨١ (على النحو المنقول عن IPCS، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).

الجدول ٢-٣ موجز الدراسات السمية الرئيسية بشأن الكلورديكون

النوع	نوع الدراسة	التأثير	أدنى مستوى تأثير ضار غير ملاحظ/مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (LOAEL/NOAEL) مغ/كغ و.ج/يوم	المرجع
فأر، ويستر	دراسة تغذوية مدتها ٣ أشهر	ضمور الخصيتين	٠,٥ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ٠,٢٥ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	لارسون وغيره، ١٩٧٩ ب (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر (اوسبرن منديل) وجرذان (B3C6F1)	دراسة تغذوية مدتها ٨٠ أسبوعاً	ورم غدي في خلايا الكبد (غير خطير) وسرطان	١,٢ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) ٢,٦ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL)	NCI، ١٩٧٦، روبر، ١٩٧٨، ١٩٧٩ (على النحو المنقول عن IPCS، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر	حقنات كثيرة من الكلورديكون للفتران حديثة الولادة	تضخم المهبل كرد فعل - زيادة وزن المهبل بصورة مرتبطة بالجرعة المعطاة	١٠ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)، غيلبرت، ١٩٧٨ ≤ ٦ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)، هاموند، ١٩٧٩	غيلبرت، ١٩٧٨، هاموند، ١٩٧٩ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فأر هوتسمان إجهاد، ولادة إنات غير ناجحة منتشرة المبيض	فوران مخقونة ٣× بكلورديكون قدره صفر -٤٥ مغ/كغ و.ج/يوم + ٠,١، ٠,١، ١ أو ١٠ مغ/كغ و.ج/يوم بمادة استراديول يتروات	تضخم مهبل كرد فعل. وكانت التأثيرات تراكمية فوق تلك الناتجة عن استراديول يتروات خلال نطاق الجرعة الخاضعة للدراسة	بدا أن جرعة كلورديكون قدرها ٢٠ مغ/كغ و.ج/يوم هي عتبة بدء وظائف تثبيت الجنين	جونسون، ١٩٩٦.
فأر	دراسة تغذوية مدتها ٩٠ يوماً	انخفاض في حراك الحيوانات المنوية وقدرتها على البقاء، قلة الحيوانات المنوية، انخفاض وزن القنوات المنوية والبروستاتا.	٠,٨٣ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL) لتأثيرات الحيوانات المنوية ١,٦٧ مغ/كغ و.ج/يوم (NOAEL) على القنوات المنوية والبروستاتا	لندرن وغيره، ١٩٨٣ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
جرذان، باليك	دراسة تغذوية مدتها ١٣٠ يوماً	نسبة انخفاض قدرها ٨% في حجم المواليد و ١٩% زيادة كل يومين لكل مولود (استمرار التزو)	١,٣ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)	هوبر، ١٩٦٥ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
فوران وجرذان	٢، ٦، ١٠ مغ/كغ و.ج/يوم بالتزقيم للفتران ٢، ٤، ٨، ١٢ مغ/كغ و.ج/يوم للحرد في الأيام ٧ - ١٦ من الحمل	انخفاض وزن الجنين، انخفاض نسبة التحجر، بأنه ورم غير ضار، وخصي غير نازلة، وتضخم حوض الكلى، وتضخم بطيئة الدماغ. انخفاض في أوزان الأجنة، ودرجة من التحجر عند المستويات منخفضة الجرعات ووفاء الأمهات عند الجرعة العليا. وفي الجرذ، يحدث موت الأجنة فقط عند بلوغ الجرعة ذروتها وتآلف ذلك من موت الأجنة والقدم الخفاء (المشوهة خلقة).	٢ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)	شيرنوف وروجرز، ١٩٧٦ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).
جرذ باليك	دراسة تغذوية مدتها ١٦٠ يوماً	زيادة التبييض واستمرار الدورة التزوية عند الحيوان	٢ مغ/كغ و.ج/يوم (LOAEL)	سوارتز وغيره، ١٩٨٨ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، ١٩٩٥).

الجدول ٢-٣ موجز الدراسات السمية الرئيسية بشأن الكلورديكون

النوع	نوع الدراسة	التأثير	أدنى مستوى تأثير ضار غير ملاحظ/مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (LOAEL/NOAEL) مع/كغ و.ج/يوم	المرجع
فأر	تسمم تناسلي	زيادة التبويض، استمرار الدورة التزوية في الذرية الإناث للفأرات التي قدم لها الكلورديكون في أيام الحمل ١٤-٢٠	١٥ مع/كغ/يوم (LOAEL)	غلبرت وويلسون، ١٩٧٩، على النحو المأخوذ عن US ATSDR، (١٩٩٥).
الإنسان	التعرض المهني	حالات من الارتعاش، وعصبية بدون سبب أو قلق لا سبب له، ومصاعب بصرية وطفح جلدي أيضاً	مستويات كلورديكون متوسطة لدى العمال الذين يبلغون عن آثار ضارة قدرها ٢,٥٣ جزء من المليون. طفح جلدي لدى العمال الذين توجد في دمانهم مستويات زائدة من الكلورديكون تصل إلى ٢ ميكروغرام/لتر	كانون وغيره، ١٩٧٨ (على النحو المنقول عن IPCS، ١٩٨٤، ووكالة US ATSDR، (١٩٩٥).

٢-٤-٢ السمية الإيكولوجية

يرد في الجدول ٢-٤ موجز لنتائج اختبارات السمية الإيكولوجية المائية على الكلورديكون من قاعدة البيانات عن السمية البيئية Ecotox (وكالة حماية البيئة الأمريكية، ٢٠٠٦).

وبالإضافة إلى ذلك، أوجزت EHC 43 (معيار الصحة البيئية ٤٣) (IPSC، ١٩٨٤) سلسلة من التجارب التي تبحث في تواجد الكلورديكون بيولوجياً، وأشارت إلى أن هذه المادة تمتاز بقوة على الرسوبيات. ويحدث تعرض الكائنات المائية بعدة طرق من بينها المرحلة المائية وعن طريق الرسوبيات. وقد قام D'Asaro & Wilkes (١٩٨٢) بفحص تأثيرات الرسوبيات التي سبق تعرضها للكلورديكون بتركيز معلوم، ورسوبيات من نهر جيمس ملوثة بالكلورديكون على مجموعة حية مأخوذة من مصاب الأنهار ومنشأة داخل أحواض تربية يجري إمدادها بماء بحر غير مفلتر. وقد ظهر على الروبيان من رتبة المبطقات نسبة نفوق مرتبطة بجرعة الكلورديكون عندما تم تعريضه لرسوبيات سبق معايرتها عند ١، ٠، ١٠، أو ١٠٠ ميكروغرام/لتر. ولم تتأثر الروبيان من رتبة المبطقات برسوبيات نهر جيمس. وقد ظهر على المحار نقص في نمو القواقع مرتبط بالجرعة عند تعريضه لرسوبيات ذات مقادير مغايرة من الكلورديكون، وأظهر كذلك تأثيراً متضرراً من رسوبيات النهر. وقد هلكت ديدان لغ *Arenicola cristata* بعد ٢٨ يوماً من معالجتها برسوبيات تعرضت لـ ١٠ ميكروغرام/لتر من الكلورديكون، على الرغم من أن أعداد الديدان النافقة لم تتأثر بانخفاض الجرعات. وقد ركزت كل من ديدان لغ والمحار الكلورديكون من الرسوبيات في أجسامها (مأخوذة من EHC 43 معيار الصحة البيئية ٤٣، IPSC، ١٩٨٤).

الجدول ٢-٤ موجز لنتائج اختبارات السمية الإيكولوجية المائية على الكلورديكون

المجموعة والنوع والتصنيفات	هامة سلسلة التفاعل	المدة	النتيجة مع/لتر	المرجع ^(١)
طحالب Algae <i>Chlorococcum sp.</i> , <i>Dunaliella tertiolecta</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Thalassiosira pseudonana</i>	نصف التركيز الفعال إعاقة النمو	٧ أيام	٠,٣٥ - ٠,٦٠ (تركيبية)	ولسن وغيره، ١٩٧٧

هسنن وغيره، ١٩٩٧	٦٠٠ - ٣٥٠ (تركيبية)	٧ أيام	نصف التركيز الفعال إعاقة النمو	طحالب Algae <i>Chlorococcum sp.</i> , <i>Dunaliella tertiolecta</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Thalassiosira pseudonana</i>
Barera & Adams, 1983; Adams & Heidolph, 1985; Ziegenfuss <i>et al.</i> , 1986	٠,٩٦٠ - ٠,١٢٠	٤٨ ساعة	نصف التركيز الفعال لا حراك	قشريات Crustaceans <i>Daphnia magna</i>
Nimmo <i>et al.</i> , 1977, 1981; Hansen <i>et al.</i> , 1977; Schimmel, 1977; US EPA, 1976	٠,٢١٠ - ٠,٠١	٩٦ ساعة	نصف التركيز المميت	قشريات Crustaceans <i>Americamysis bahia</i> , <i>Callinectes sapidus</i> , <i>Palaemonetes pugio</i>
McKee & Knowles, 1986	٠,٠٢٨٣	٢١ يوماً	مستوى تركيز مؤثر غير ملاحظ تكاثر	قشريات Crustacean <i>Daphnia magna</i>
Adams & Heidolph, 1985	٠,٠٢٥	٢١ يوماً	مستوى تركيز مؤثر غير ملاحظ (نمو)	قشريات Crustacean <i>Daphnia magna</i>
نيمو وغيره، ١٩٨١	- ٠,٠٠٠٠٢٦ ٠,٠٠٠٠٣٤	٢٨ يوماً	مستوى تركيز مؤثر غير ملاحظ (نمو)	قشريات Crustacean <i>Americamysis bahia</i>
Adams <i>et al.</i> , 1985; Ziegenfuss <i>et al.</i> , 1986	٢,٣ - ٠,١٧	٤٨ ساعة	نصف التركيز المميت	اسم الحشرة Insect <i>Chironomus tentans</i>
Roberts & Bendl, 1982; Roberts & Fisher, 1985; Schimmel, 1977; Hansen <i>et al.</i> , 1977; Mallat & Barron, 1988; Buckler <i>et al.</i> , 1981	٠,٥١٢ - ٠,٠٠٦٦	٩٦ ساعة مستمرة	نصف التركيز المميت	أسماك ٩ أنواع Fish 9 species
آدمز وغيره، ١٩٨٥	١٧,٩ مغ/كغ رسوبيات	١٤ يوماً	مستوى تركيز مؤثر غير ملاحظ (نمو)	اسم الحشرة Insect <i>Chironomus tentans</i>

١: جميعها مستفاد من قاعدة بيانات أيكوتوكس، وكالة حماية البيئة الأمريكية.

في مطبوع صادر عن جمعية السمية البيئية والمواد الكيميائية السمية تم عرض وتقييم مقارنة أجريت بشأن مخلفات الترسبات الحرجة في الأنسجة (جارفينين وغيره ١٩٩٩). وتضم قاعدة البيانات ٣٢ قيداً للكلورديكون، وجاءت البيانات من دراسات مختلفة (أنظر الجدول ٢-٥). وجاءت بعض ترسبات الأنسجة من دراسات لم يلاحظ فيها وجود آثار، لذلك فهي لا تمثل مخلفات ترسبات حقيقية في الأنسجة. وجاءت قيم مخلفات الترسبات الحرجة في الأنسجة من دراسات أمكن فيها ملاحظة الآثار وهي تمثل ١٥ من القيم المتعلقة بمخلفات الترسبات الحرجة في الأنسجة في ثلاثة أنواع من الأسماك. وبالنسبة للأسماك الصغيرة كبيرة الرأس توجد دراستان بقيم تتراوح بين ١,٧ و ٣,٨ - ٥,٤ مغ/كغ. أما بالنسبة للأسماك الشبسه الأمريكية فيوجد ١٢ من القيم المتعلقة بمخلفات الترسبات الحرجة في الأنسجة، تتراوح من ٠,١٣ - إلى ١٧ مغ/كغ. وبالإضافة إلى ذلك ظهرت قيمة واحدة تبلغ ٢,٧ مغ/كغ تتعلق بسماك النعاب الأرقط.

الخلاصة

موجز القول إن الكلورديكون سُمي للغاية بالنسبة للكائنات المائية. وأكثر المجموعات حساسية له هي اللافقاريات وهو الأمر الذي لا يثير الدهشة بالنسبة لمادة تمتلك صفات إبادة الحشرات. وحتى وإن أُعتبر أقل تركيز فعال (٠,٠٠٠٠٢٦ مغ/لتر) قيمة عزلاء، فإن أقل تركيز ذي تأثير يكون تحت ١ مغ/لتر مع وجود نتائج الاختبارات قصيرة الأجل (الهلاك) في حدود ٠,٠١ إلى ٠,٦٩ مغ/لتر، ونتائج الاختبارات ذات الأجل الطويل (التكاثر والنمو) عند ٠,٠٠٢٥ و ٠,٠٠٢٨ مغ/لتر.

الجدول ٢-٥ مقارنة الترسبات الحرجة في الأنسجة

الأنواع	مرحلة العمر	مسار التعرض	التركيز أثناء التعرض	النتائج ميكروغرام/غرام (رطب)	الأثر
كلادو كيران، دافينا ماجنا Cladoceran, Daphnia magna (Fw)	الطور الأول	ماء	١٧٥ نانوغرام/لتر	٠,١٣٣	البقاء - التكاثر - لا يوجد أثر
إربيان الحشائش Palaemonetes pugio (Sw)	٠,٩٠ غرام	ماء - غذاء	٠,٠٤ ميكروغرام/لتر، ٠,١١٨ كغ/لتر	٠,١٤٧	النمو - لا يوجد أثر
سرطان أزرق Callinectes sapidus (Sw)	حدّث	غذاء	٢,٥٠-٢,٢٦ ميكروغرام/لتر (وزن رطب)	٤,٦١-٢,٥٤	البقاء، النمو - لا يوجد أثر
أسماك صغيرة كبيرة الرأس Pimephales promelas (Fw)	يرقة - كبير	ماء	٣,١ ميكروغرام/لتر	٥,٤-٣,٨	البقاء - النمو - منخفض
أسماك صغيرة كبيرة الرأس Pimephales promelas (Fw)	يرقة - كبير	ماء	١,٢ ميكروغرام/لتر	٢,٦	البقاء - النمو، لا يوجد أثر
أسماك صغيرة كبيرة الرأس Pimephales promelas (Fw)	جنين، جيل ثان	ماء، سمك كبير	٠,٣١ ميكروغرام/لتر؛ ٠,٢١ - ٠,٣٨ ميكروغرام/لتر	١,٧	البقاء - (انخفاض القدرة على التفريخ)
أسماك صغيرة كبيرة الرأس Pimephales promelas (Fw)	جنين، جيل ثان	ماء، سمك كبير	٠,١٧ ميكروغرام/لتر؛ ٠,١٧ - ٠,٤٦ ميكروغرام/لتر	٠,٢٦	البقاء - لا يوجد أثر
أسماك صغيرة كبيرة الرأس Pimephales promelas (Fw)	برقة، جيل ثان	ماء، سمك كبير	٠,٣١ ميكروغرام/لتر؛ ٠,٢١ - ٠,٣٨ ميكروغرام/لتر	٠,٥٠	البقاء - النمو - لا يوجد أثر
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)	كبير	ماء	٠,٨ ميكروغرام/لتر	٣,٦-٢,٥	البقاء - منخفض بنسبة ٢٢%
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)	كبير	ماء	١,٩ ميكروغرام/لتر	١٢-١١	البقاء - منخفض بنسبة ٨٠%
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)	كبير	ماء	٧,٨ ميكروغرام/لتر	١٧	البقاء - منخفض بنسبة ١٠٠%

الأثر	الناتج ميكروغرام/غرام (رطب)	التركيز أثناء التعرض	مسار التعرض	مرحلة العمر	الأنواع
البقاء - لا يوجد أثر	٠,٩٠-٠,٦٥	٠,١٦ ميكروغرام/لتر	ماء	كبير	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - منخفض بنسبة ٢٥%	١١	١٢-١١ ميكروغرام/لتر	سمك كبير	جنين	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - لا يوجد أثر	٤,٧	٣,٦-٢,٥ ميكروغرام/لتر	سمك كبير	جنين	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - منخفض بنسبة ٦٣%	٨,٤	١,٩ ميكروغرام/لتر، ١٢-١١ ميكروغرام/لتر	ماء، سمك كبير	يرقة - حَدَث	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - منخفض بنسبة ٤٠%	٧,٨	٢,٠ ميكروغرام/لتر	ماء	يرقة - حَدَث	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - لا يوجد أثر	٢,٠	٠,٨ ميكروغرام/لتر	ماء	يرقة - حَدَث	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
النمو - منخفض	٠,١٣	١٢-١١ ميكروغرام/لتر	سمك كبير	يرقة - حَدَث	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
النمو - منخفض	١,١	٠,٠٨ ميكروغرام/لتر	ماء	يرقة - حَدَث	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
البقاء - لا يوجد أثر	*٦,٨,٥	٠,٧٨ ميكروغرام/لتر	ماء	جنين - كبير	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
النمو - منخفض	*٣ ٢,٢	٠,٣٩ ميكروغرام/لتر	ماء	جنين - كبير	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
النمو - لا يوجد أثر	*١,٢,٥,٨٦	٠,١٢ ميكروغرام/لتر	ماء	جنين - كبير	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)
التكاثر - منخفض	*٦,٨,٥	٠,٧٨ ميكروغرام/لتر	ماء	جنين - كبير	أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodonvariegatus (Sw)

الأنواع	مرحلة العمر	مسار التعرض	التركيز أثناء التعرض	النتائج ميكروغرام/غرام (رطب)	الأثر
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	جنين - كبير	ماء	٠,٣٩ ميكروغرام/لتر	٢,٢، ٣*	التكاثر - لا يوجد أثر
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	جنين، جيل ثان	سمك كبير + ماء	٠,٧٨ ميكروغرام/لتر	٢,٣	البقاء - منخفض
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	جنين، جيل ثان	سمك كبير + ماء	٠,٣٩ ميكروغرام/لتر	١,٣	البقاء - لا يوجد أثر
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	سمك صغير، جيل ثان	سمك كبير + ماء	٠,٧٨ ميكروغرام/لتر	٢,٣	البقاء - لا يوجد أثر
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	سمك صغير، جيل ثان	سمك كبير + ماء	٠,١٢ ميكروغرام/لتر	٠,٤١	النمو - منخفض
أسماك الشبشهد الأمريكية Cyprinodon variegatus (Sw)	سمك صغير، جيل ثان	سمك كبير + ماء	٠,٠٧٤ ميكروغرام/لتر	٠,٣٠	النمو - لا يوجد أثر
سمك النعاب الأرقط Leiostomus xanthurus (Sw)	حَدَث	غذاء	٣,٣ ميكروغرام/لتر (وزن رطب)	٢,٧	البقاء - منخفض
سمك النعاب الأرقط Leiostomus xanthurus (Sw)	حَدَث	غذاء	٣,٣ ميكروغرام/لتر (وزن رطب)	٠,٧	البقاء - لا يوجد أثر
سمك النعاب الأرقط Leiostomus xanthurus (Sw)	حَدَث	ماء، غذاء	٠,٠٤ ميكروغرام/لتر؛ ٠,١٠١ ميكروغرام/لتر (وزن رطب)	٠,١٤٤	النمو - لا يوجد أثر

٣ - توليف المعلومات

الكلورديكون مركب اصطناعي عضوي مكلور، يستخدم بصورة رئيسية كمبيد آفات في الزراعة. وهو مرتبط كيميائياً ارتباطاً وثيقاً بالميركس. مبيد آفات مدرج بالفعل في المرفق ألف من اتفاقية استكهولم. والكلورديكون مدرج بالفعل في المرفق ١ من بروتوكول الملوثات العضوية الثابتة التابع للجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (UNECE).

وتفيد البيانات المتوافرة بأن الكلورديكون يمكن اعتباره عالي الثبات في البيئة. ومن غير المنتظر من أن يتحلماً الكلورديكون أو يتحلل أحيائياً في البيئات المائية ولا في التربة. أما التحلل الضوئي فلا يحدث بمقدار كبير. ولا يتطاير الكلورديكون بأي درجة ذات بال.

ومع بلوغ قيم معامل التركيز الأحيائي في الطحالب إلى ٦٠٠٠، وفي اللاقاريات إلى ٢١٦٠٠، وفي الأسماك إلى ٦٠٢٠٠، وطبقاً للأمثلة الموثقة للإكثار الأحيائي يعتبر الكلورديكون من المواد ذات القدرة العالية على التراكم الأحيائي والإكثار الأحيائي.

وفيما يتعلق بالقدرة على إحداث تأثيرات ضارة، فهناك مجموعة من البيانات المقنعة. ويمتص الكلورديكون في الجسم بسهولة، ويتراكم فيه عقب التعرض لفترة طويلة. وهي مادة حادة السمية ومزمنة، وتحدث السمية العصبية، وسمية جهاز المناعة، وسمية الجهاز التناسلي، والجهاز العضلي الهيكلي وسمية الكبد عند الجرعات التي تتراوح بين ١-١٠ مغ/كغ/و/ج/يوم، وتظهر التأثيرات الخاصة بالجهاز التناسلي عند بلوغ مستويات مماثلة من الجرعات. وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان الكلورديكون كمسرطن محتمل للإنسان (IARC، المجموعة ٢ باء). يضاف إلى ذلك أن الكلورديكون مادة عالية السمية للأحياء المائية، وأن أكثر المجموعات حساسية لها هي اللاقاريات.

والبيانات المتوافرة عن الكلورديكون ليست جامعة بصورة تامة عندما يتعلق الأمر بالانتقال طويل المدى في شكل غازي عبر الغلاف الجوي. ومن الجدير بالذكر أن انتقال المواد المتصقة بالجزئيات في الغلاف الجوي وكذا انتقال جزئيات الرسوبيات في التيارات البحرية. والانتقال الأحيائي يمكن أن يدي بدلوه في انتقال الكلورديكون طويل المدى في البيئة.

ونتيجة لنقص بيانات رصد الكلورديكون يعتمد تقييم قدرة هذه المادة على الانتقال طويل المدى على الخصائص المادية الكيميائية، وبصفة خاصة، على بيانات النمذجة. وعلى الرغم من أن النهج الأول من هذين النهجين قد يبدو غير كافٍ إلى حد ما، فإن بيانات النمذجة تذكر بوضوح قدرة مادة الكلورديكون على الانتقال طويل المدى في البيئة.

واستناداً إلى البيانات المتوافرة، ينبغي اعتبار الكلورديكون ملوثاً عضوياً ثابتاً يستأهل اتخاذ إجراء علمي بشأنه.

لقد توقف إنتاج واستخدام الكلورديكون خلال العقود الأخيرة لدى البلدان المتقدمة. ولكن من المفترض أن إنتاجه واستخدامه يمكن أن يستمر كمبيد للآفات الزراعية في بعض البلدان النامية. وإذا استمر استخدامه كمبيد للآفات فسوف تطلق في البيئة مباشرة. يضاف إلى ذلك أن الثبات العالي لهذه المادة قد تسبب في تلوث شديد للتربة وللمياه في المناطق التي استخدمت فيها، وأن هذه المواقع التي تلوثت يمكن أن تغدوا مصدراً للتلوث لزمناً طويلاً.

٤ - بيان ختامي

لقد تبين أن الكلورديكون يفني بجميع المعايير الموضوعية في المرفق دال باتفاقية استكهولم، يضاف إلى ذلك أنه شبيه جداً بالميركس من الناحية الكيميائية، إي أنه مبيد للآفات مُكون من الكلور العضوي، مدرج بالفعل في اتفاقية استكهولم: وهو شديد الثبات في البيئة وله قدرة كبيرة على التراكم الأحيائي، ويضاف إلى ذلك أن ثمة دليلاً واضحاً على تكاثره في أجسام الكائنات الحية. وعلى الرغم من عدم وجود بيانات رصدته من المناطق النائية عن المصادر، فإن الخصائص الفيزيائية والكيميائية وكذلك نتائج النمذجة تشير إلى أن الكلورديكون يمكنه الانتقال إلى مسافات طويلة ملتصقاً بالجسيمات في الهواء والماء، وربما من الطريق المزدوج بين هذين القسمين. والكلورديكون مرتبط بطائفة واسعة من التأثيرات الضارة على كل من الثدييات والكائنات المائية

ولما كان الكلورديكون يستطيع الانتقال في الغلاف الجوي بعيداً عن مصادره، فإنه لا يكون في مقدور بلد واحد ولا مجموعة بلدان إخماد التلوث الذي تحدثه هذه المادة. وقد اتجهت الآراء إلى ضرورة اتخاذ تدابير على الصعيد الإقليمي وأصبح الكلورديكون محظوراً تماماً بموجب البروتوكول المعني بالملوثات العضوية الثابتة التابع لاتفاقية منع تلوث الهواء يعيد المدى عبر الحدود التابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا. وعلى الرغم من أن إنتاج واستخدام الكلورديكون يبدو أنه توقف لدى معظم البلدان. إلا أن إعادة إنتاجه أمراً محتملاً. وهذا قد يؤدي إلى زيادة الإطلاقات وزيادة مستويات تلك الإطلاقات في البيئة.

واستناداً إلى الدلائل المتوافرة، فإن من المحتمل أن يحدث الكلورديكون لما له من قدرة على الانتقال بعيد المدى في البيئة، تأثيرات ضارة على صحة البشر و/أو البيئة مما يجعل اتخاذ إجراءات عالمية بشأن ذلك أمراً له ما يبرره.

المراجع

- AMAP (2004): AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, 2004.
- Beaugendre, M.J. (2005): Rapport d'information déposé en application de l'Article 145 du Règlement par la Commission des Affaires Economiques, de l'Environnement et du Territoire sur l'utilisation du chlordécone et des autres pesticides dans l'agriculture martiniquaise et guadeloupéenne. N° 2430, Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 30 juin 2005.
- Beyer A., D. Mackay, M., Matthies, F., Wania, and E. Webster, (2000): Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants. Environ. Sci. Technol., v.34, pp. 699-703.
- BKH Final Report (2000): Towards the Establishment of a Priority List of Substances for Further Evaluation of their Role in Endocrine Disruption. Prepared for the European Commission, DG Environment. http://europa.eu.int/comm/environment/docum/pdf/bkh_main.pdf
- Bocquené, G. and Franco, A. (2005): Pesticide contamination of the coastline of Martinique. Mar. Poll. Bull. 51, 612-619.
- Cabidoche Y-M., Jannoyer M., Vannié H. (2006): Conclusions du groupe d'étude et de prospective « Pollution par les organochlorés aux Antilles ». Report CIRAD/INRA, pp. 66. (Available at http://www.cirad.fr/fr/prest_produit/services/index.php)
- Coat, S., Bocquené, G. and Godard, E. (2006): Contamination of some aquatic species with the organochlorine pesticide chlordécone in Martinique. Aquat. Living Resour. 19, 181-187.
- Fenner, K., M. Scheringer, M. MacLeod, M. Matthies, T.E. McKone, M. Stroebe, A. Beyer, M. Bonnell, A. C. Le Gall, J. Klasmeier, D. Mackay, D. van de Meent, D. Pennington, B. Scharenberg, N. Suzuki, F. Wania. (2005): Comparing estimates of persistence and long-range transport potential among multimedia models. Environ. Sci. Technol. 39, 1932-1942
- <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc43.htm>
- <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg041.htm>
- IARC (1979): International Agency for Research on Cancer (IARC) - Summaries & Evaluations, Chlordecone, VOL.: 20 (1979) (p. 67)
- IPCS (1984): Environmental Health Criteria 43 (EHC 43): Chlordecone. IPCS International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organisation. World Health Organization. Geneva 1990.
- IPCS (1990): Chlordecone. Health and Safety Guide No. 41 (HSG 41). IPCS International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organisation. World Health Organization. Geneva 1990.
- Jarvinen, A.W., G.T. Ankley, (1999): Linkage of effects to tissue residues: Development of a comprehensive database for aquatic organisms exposed to inorganic and organic chemicals, SETAC Technical Publication 99-1, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Pensacola, FL, USA.
- Jensen, J. (2006): Personal communication between Leanne Stahl, project manager for the USEPA National Lake Fish Tissue Study, and Janice Jensen, USEPA, Office of Pesticide Programs, on January 17, 2006. <http://www.epa.gov/waterscience/fishstudy/> Quoted in US Annex E submission on chlordécone January 27 2006.
- Johnson, D.C. (1996): Estradiol-chlordecone (Kepone) interactions: additive effect of combinations for uterotrophic and embryo implantation functions. Toxicology Letters 89, 57 – 64
- Klasmeier, J., M. Matthies, K. Fenner, M. Scheringer, M. Stroebe, A. Beyer, A.-C. Le Gall, M. MacLeod, T.E. McKone, N. Suzuki, D. van de Meent, F. Wania. (2006): Application of multimedia models for screening assessment of long-range transport potential and overall persistence. Environ. Sci. Technol. 40, 53-60
- Pedersen, F., H. Tyle, J.R. Niemelä, B. Guttmann, L. Lander & A. Wedebrand (1995): Environmental Hazard Classification – data collection and interpretation guide (2nd edition). TemaNord 1995:581. Nordic Council of Ministers. Copenhagen.

Schering M. (1997): Characterization of the environmental distribution behaviour of organic chemicals by means of persistence and spatial range. *Environ. Sci. Technol.*, v. 31, No. 10, pp. 2891-2897.

Schering, M., M. MacLeod & F. Wegmann (2006): Analysis of four current POP candidates with the OECD P_{ov} and LRTP screening tool. Available at: <http://www.sust-chem.ethz.ch/downloads/>

US ATSDR (1995): Toxicological profile for mirex and chlordecone. U.S. Department of Health and Human Services. August 1995 <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp66-p.pdf>

US ATSDR (2004): Toxicological Profile for Polybrominated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers.

US EPA (2006): Ecotox database (formerly known as "AQUIRE"). <http://www.epa.gov/ecotox/>

Vulykh, N., S. Dutchak, E. Mantseva, V. Shatalov (2006): "EMEP contribution to the Preparatory Work for the Review of the CLRTAP Protocol on POPs. New Substances: Model Assessment of Potential for Long-range Transboundary Atmospheric Transport and Persistence of PentaBDE, Endosulfan, Dicofol, HCB, PeCB, PCN" EMEP/MSCEAST Technical Report 1/2006, available at <http://www.msceast.org/publications.html>.

Wania, F. (2006): personal communication on 4th July 2006.
