

CHLORDECONE– n° CAS : 143-50-0**VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE**

Pour le chlordécone, les valeurs pour la protection des prédateurs supérieurs et de la santé humaine via la consommation des produits de la pêche sont les plus faibles pour l'ensemble des approches considérées.

VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE**EAU DOUCE****Moyenne Annuelle dans l'eau :**

$$\text{NQE}_{\text{EAU DOUCE}} = 5 \cdot 10^{-6} \mu\text{g/L}$$

fondée sur la proposition norme de qualité pour la protection des prédateurs par empoisonnement secondaire et de la santé humaine via la consommation des produits de la pêche :

$$\text{NQE}_{\text{BIOTE}} = 3 \mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$$

Concentration Maximale Acceptable dans l'eau :

$$\text{MAC} = 0.07 \mu\text{g/L}$$

EAU MARINE**Moyenne Annuelle dans l'eau :**

$$\text{NQE}_{\text{EAU-MARINE}} = 5 \cdot 10^{-7} \mu\text{g/L}$$

fondée sur la proposition norme de qualité pour la protection des prédateurs par empoisonnement secondaire et de la santé humaine via la consommation des produits de la pêche :

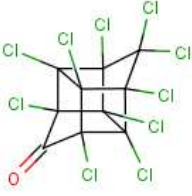
$$\text{NQE}_{\text{BIOTE}} = 3 \mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$$

Concentration Maximale Acceptable dans l'eau:

$$\text{MAC}_{\text{EAU-MARINE}} = 0.01 \mu\text{g/L}$$

Le chlordécone est un insecticide organochloré, utilisé sous la forme d'une poudre à épandre. Il était utilisé en bananeraie (en tant que produit antiparasitaire pour lutter contre le charançon) mais aussi sur le tabac et les agrumes. L'usage de cette substance est interdit en agriculture en France (interdiction d'usage depuis 1993 pour la Martinique et la Guadeloupe). La convention de Stockholm sur les polluants Organiques Persistant (POP) prohibe la production et l'utilisation de cette substance.

IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE

Substance chimique	Chlordécone
Synonymes	Kepone Merex GC 1189
Numéro CAS	143-50-0
Formule moléculaire	C ₁₀ Cl ₁₀ O
Code SMILES	C12([COO]3([COO]4(C([COO]5(Cl)C4(Cl)C(C3(Cl)[COO]15Cl)=O)(Cl)C2(Cl)Cl)Cl)Cl)Cl
Structure moléculaire	

EVALUATIONS EXISTANTES ET INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

Evaluations existantes	-
Phrases de risque et classification	<p><i>Annexe I Directive 67/548/CEE (C.E., 1967)</i></p> <p>Carc. Cat. 3 ; R40 T ; R24/25 N ; R50-53</p> <p><i>Annexe VI Règlement (CE) No 1272/2008 (C.E., 2008)</i></p> <p>Carc. 2 H351 Acute Tox. 3 H311 Acute Tox. 3 H301 Aquatic Acute 1 H400 Aquatic Chronic1 H410</p>
Effets endocriniens	<p>Le chlordécone fait partie des substances pour lesquelles des effets endocriniens ont été mis en évidence (catégorie 1) (Petersen <i>et al.</i>, 2007).</p> <p><i>Pour l'homme</i></p> <p>La substance est classée en catégorie 1 (voir ci-dessus).</p> <p><i>Pour la faune sauvage</i></p> <p>La substance est classée en catégorie 2 : la substance fait partie des substances à effets perturbateurs endocriniens démontrés ou potentiels.</p>
Critères PBT/vPvB¹ (C.E., 2006) ou POP² (PNUE, 2001).	La substance est classée comme POP. Elle fait l'objet d'interdictions via le règlement 850-2004 (C.E., 2004) et le protocole d'Aarhus.
Normes de qualité existantes	<u>Union Européenne (C.E., 1998)</u> : 0.1 µg/L (pesticide) pour l'eau destinée à la production d'eau potable.
Mesure de restriction	Le chlordécone fait l'objet d'interdictions via le règlement 850-2004 (C.E., 2004) et le protocole d'Aarhus.
Substance(s) associée(s)	Métabolites : monohydro- et éventuellement en dihydrochlordécone

¹ Les PBT sont des substances persistantes, bioaccumulables et toxiques et les vPvB sont des substances très persistantes et très bioaccumulables. Les critères utilisés pour la classification des PBT sont ceux fixés par l'Annexe XIII du règlement n° 1907/2006 (REACH).

² Les Polluants Organiques Persistants (POP) sont des substances persistantes (aux dégradations biotiques et abiotiques), fortement bioaccumulables, et qui peuvent être transportées sur de longues distances et être retrouvée de façon ubiquitaire dans l'environnement. Les critères utilisés pour la classification POP sont ceux fixés par l'Annexe 5 de la Convention de Stockholm placée sous l'égide du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

	Valeurs	Source
Poids moléculaire [g/mol]	490.68	IPCS, 1990
Hydrosolubilité [mg/L]	0.35 – 1 3	IPCS, 1990 Bonvallet et Dor, 2004
Pression de vapeur [Pa]	4.10 ⁻⁵ à 25°C	IPCS, 1990
Constante de Henry [Pa.m ³ /mol]	0.0025	Bonvallet et Dor, 2004
Log du coefficient de partage octanol-eau (log Kow)	4.5 – 6	US-EPA, 2008
Coefficient d'adsorption (carbone organique) (Koc) [L/kg]	15849 (mesuré)	UNEP, 2005
Constante de dissociation (pKa)	Pas de dissociation attendue aux pH environnementaux.	

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT**PERSISTANCE**

		Source
Hydrolyse	Le chlordécone est une substance extrêmement stable : aucune réaction de dégradation n'est attendue en conditions environnementales.	IPCS, 1990
Photolyse	78% de dégradation du chlordécone est observé après 10 jours sous une irradiation solaire en présence d'éthylènediamine. Cependant, la photolyse directe du chlordécone n'est pas significative.	IPCS, 1984 UNEP, 2005
Biodégradabilité	Le chlordécone n'est pas facilement biodégradable. Le chlordécone peut être biotransformé en monohydro- et éventuellement en dihydrochlordécone. En condition aérobie, la dégradation du chlordécone par des boues activées est inférieure à 0.1% après 5 jours.	IPCS, 1990 ATSDR, 1995

DISTRIBUTION DANS L'ENVIRONNEMENT

Dans l'eau le chlordécone a tendance à se concentrer dans les sols et les sédiments. Toutefois, l'eau superficielle peut être contaminée à partir du ruissellement et de l'érosion de sols contaminés. La contamination sera alors associée aux matières particulaires présentes en suspension dans l'eau. On peut également observer un transfert vers les eaux profondes si le sol est très argileux ou très pauvre en matière organique ou encore si les sols ont été fortement contaminés (Bonvallot et Dor, 2004).

		Source
Adsorption	D'après le Koc (15849 L/kg), la substance est très adsorbable. Le chlordécone est extrêmement persistant dans les sols et les sédiments (temps de demi-vie attendu à environ 10 ans) qui jouent un rôle de réservoir pour le chlordécone.	IPCS, 1990 ATSDR, 1995
Volatilisation	Au vu de la valeur de sa constante de Henry (0.0025 Pa.m ³ /mol), le chlordécone semble peu volatile en solution aqueuse.	Bonvallot et Dor, 2004
Bioaccumulation/ Biomagnification	Pour le chlordécone les BCF suivants ont été mesurés : - 230 - 800 pour les algues unicellulaires après une exposition de 24 h à 100 µg/L de chlordécone, - 5127 - 11425 pour <i>Palaemonetes pugio</i> après 28 jours d'exposition à 0.023 et 0.4 µg/L de chlordécone, - 16600 pour <i>Pimephales promelas</i> après 56 jours d'exposition à 0.004 µg/L de chlordécone. - -60200 (après 28 jours d'exposition) chez un poisson estuarien (Atlantic silver-sides : <i>Menidia menidiu</i>). Ces résultats indiquent un fort potentiel de bioconcentration du chlordécone chez les organismes aquatiques. Un BCF de 60200 est utilisé dans la détermination des normes de qualité. Le document guide technique européen (E.C., 2011) pour la dérivation des NQE recommande l'utilisation des valeurs par défaut suivantes pour ce qui est de la prise en compte de la biomagnification : $BMF_1 = BMF_2 = 10$.	IPCS, 1984 ATSDR, 1995
Transport	Le transport atmosphérique du chlordécone peut être envisagé s'il existe des sources de pollution atmosphérique, ce qui n'est plus le cas. Le chlordécone se répartit préférentiellement dans les sols et dans les sédiments riches en matières organiques. Il peut toutefois être transporté sur de longues distances par les réseaux d'eaux superficielles, via le ruissellement et l'érosion.	Bonvallot et Dor, 2004

ECOTOXICITE ET TOXICITE

ORGANISMES AQUATIQUES

Dans les tableaux ci-dessous, sont reportés pour chaque taxon uniquement les résultats des tests d'écotoxicité montrant la plus forte sensibilité à la substance. Toutes les données présentées ont été validées.

Ces résultats d'écotoxicité sont principalement exprimés sous forme de NOEC (*No Observed Effect Concentration*), concentration sans effet observé, d'EC₁₀ concentration produisant 10% d'effets et équivalente à la NOEC, ou de EC₅₀, concentration produisant 50% d'effets. Les NOEC sont principalement rattachées à des tests chroniques, qui mesurent l'apparition d'effets sub-létaux à long terme, alors que les EC₅₀ sont plutôt utilisées pour caractériser les effets à court terme.

ECOTOXICITE

ECOTOXICITE AQUATIQUE AIGUË

Organisme		Espèce	Critère d'effet	Valeur [mg/L]	Source
Algues & plantes aquatiques	Eau douce / Milieu marin	<i>Chlorococcum sp.</i> , <i>Dunaliella tertiolecta</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Thalassiosira pseudonana</i>	EC ₅₀ croissance 7 jours	0.35 – 0.60 (préparation)	Walsh <i>et al.</i> , 1977 cité dans PNUE, 2007
	Eau douce	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ (48 h) immobilité	0.120 – 0.690	Barera & Adams, 1983; Adams & Heidolph, 1985; Ziegenfuss <i>et al.</i> , 1986 cité dans PNUE, 2007
Invertébrés	Milieu marin	<i>Crassostrea virginica</i>	EC ₅₀ (96 h)	0.011	Office of Pesticide Programs, 1986
		<i>Americamysis bahia</i> , <i>Callinectes sapidus</i> , <i>Palaemonetes pugio</i>	LC ₅₀ (96 h)	0.01 – 0.210	Nimmo <i>et al.</i> , 1977, 1981; Hansen <i>et al.</i> , 1977; Schimmel, 1977; US EPA, 1976 cité dans PNUE, 2007
	Sédiment	<i>Chironomus tentans</i>	LC ₅₀ (48 h)	0.17 – 2.3	Adams <i>et al.</i> , 1985; Ziegenfuss <i>et al.</i> , 1986 cité dans PNUE, 2007
Poissons	Eau douce	Poissons 9 espèces	LC ₅₀ (96 h), système continu	0.0066 – 0.512	Roberts & Bendl, 1982; Roberts & Fisher, 1985; Schimmel, 1977; Hansen <i>et al.</i> , 1977; Mallat & Barron, 1988; Buckler <i>et al.</i> , 1981 cité dans PNUE, 2007
	Milieu marin	<i>Leiostomus xanthurus</i>	LC ₅₀ (96 h)	0.0066	US-EPA, 1976

ECOTOXICITE AQUATIQUE CHRONIQUE

Organisme	Espèce	Critère d'effet	Valeur [mg/L]	Source	
Algues & plantes aquatiques	Eau douce	Pas d'information disponible.			
	Milieu marin	Pas d'information disponible.			
Invertébrés	Eau douce	<i>Daphnia magna</i>	NOEC (21 j) (reproduction)	0.0283	McKee & Knowles, 1986 cité dans PNUE, 2007
		<i>Daphnia magna</i>	NOEC (21 j) (croissance)	0.025	Adams & Heidolph, 1985 cité dans PNUE, 2007
	Milieu marin	<i>Callinectes sapidus</i>	NOEC (cycle de vie)	0.0001	Office of Pesticide Programs, 1979
		<i>Americamysis bahia</i>	MATC ² (28 j) croissance	0.000026 – 0.00034 ¹⁾	Nimmo et al., 1981 cité dans PNUE, 2007
Sédiment	<i>Chironomus tentans</i>	NOEC (14 j) développement	17.9 mg/kg de sédiments	Adams et al., 1985 cité dans PNUE, 2007	
Poissons	Eau douce	Pas d'information disponible.			
	Milieu marin	Pas d'information disponible.			

1) Le rapport du PNUE, (2007) suggère que la valeur obtenue sur *Americamysis bahia* est aberrante.

2) MATC : Maximum acceptable toxicant concentration.

Le rapport du PNUE, 2007 cite en outre le rapport EHC 43 (IPCS, 1984) qui contient le résumé d'une série d'expériences portant sur la biodisponibilité du chlordécone qui, selon ce document, s'attache fortement aux sédiments. En conditions naturelles, l'exposition des organismes aquatiques se fait donc en partie par l'intermédiaire de la phase aqueuse et en partie par celui des sédiments. D'Asaro & Wilkes (1982) ont étudié les effets, d'une part, de sédiments qui ont été exposés à du chlordécone à une concentration donnée et, d'autre part, de sédiments contaminés provenant de la James River sur une communauté estuarienne établie dans des aquariums remplis d'eau de mer non filtrée. Exposées à des sédiments à teneur en chlordécone préalablement équilibrée à 0.1, 1.0 et 10 µg/l, les mysides ont présenté un taux de mortalité en rapport avec la concentration. Elles n'ont pas été affectées par les sédiments provenant de la James River. Les huîtres ont montré un ralentissement de la croissance de leur coquille lorsqu'on les a exposées aux sédiments prétraités et ont également réagi de façon négative aux sédiments extraits de la James River. Les vers ammophiles *Arenicola cristata* (arénicoles étirées) exposés à des sédiments contenant 10 µg de chlordécone par litre sont morts après 28 jours de traitement mais les doses inférieures n'ont eu aucune répercussion sur les effectifs. Ces deux dernières espèces bioconcentrent le chlordécone contenu dans les sédiments (d'après le rapport EHC 43 (IPCS, 1984).

NORMES DE QUALITE POUR LA COLONNE D'EAU

Les normes de qualité pour les organismes de la colonne d'eau sont calculées conformément aux recommandations du guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011). Elles sont obtenues en divisant la plus faible valeur de NOEC ou d'EC₅₀ valide par un facteur d'extrapolation (AF, *Assessment Factor*).

La valeur de ce facteur d'extrapolation dépend du nombre et du type de tests pour lesquels des résultats valides sont disponibles. Les règles détaillées pour le choix des facteurs sont données dans le guide technique européen (E.C., 2011).

En ce qui concerne les organismes marins, selon le guide technique pour la détermination de normes de qualité environnementale (E.C., 2011), la sensibilité des espèces marines à la toxicité des

substances organiques peut être considérée comme équivalente à celle des espèces dulçaquicoles, à moins qu'une différence ne soit montrée.

Néanmoins, le facteur d'extrapolation appliqué pour déterminer les normes de qualité pour le milieu marin doit prendre en compte les incertitudes additionnelles telles que la sous-représentation des taxons clés et une diversité d'espèces plus complexe en milieu marin.

- **Moyenne annuelle (AA-QS_{water_eco} et AA-QS_{marine_eco}) :**

Une concentration annuelle moyenne est déterminée pour protéger les organismes de la colonne d'eau d'une possible exposition prolongée.

Pour le chlordécone, nous disposons de données pour trois niveaux trophiques en aiguë et pour un niveau trophique en chronique (crustacés). Les poissons qui sont les plus sensibles en aiguë n'ont, comme les algues, pas été testés en chronique. On notera toutefois que les données aiguës obtenues sur les poissons sont approximativement du même ordre de grandeur que les données aiguës obtenues sur les crustacés. En chronique, la plus faible donnée est obtenue pour le crabe bleu *Callinectes sapidus*, avec une NOEC basée sur le cycle de vie égale à 0.1 µg/L. Le mode d'action de cet insecticide organochloré laisse penser que les algues ne constituent pas le niveau trophique le plus sensible. Aussi, l'INERIS propose l'application d'un facteur de 100 (E.C., 2011) sur la valeur de NOEC obtenue pour *Callinectes sapidus* pour dériver la AA-QS_{water_eco}. Ainsi, on obtient :

$$AA-QS_{water_eco} = 0.0001 / 100 = 0.000001 \text{ mg/L soit } 0.001 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$AA-QS_{water_eco} = 0.001 \text{ } \mu\text{g/L}$$

En ce qui concerne les organismes marins, seule une donnée sur invertébrés est disponible. Aussi, en application de l'argumentaire déjà proposé pour la détermination du facteur d'extrapolation pour le calcul de l'AA-QS_{water_eco} et conformément au document guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011), on appliquera un facteur d'extrapolation de 1000 sur la plus faible NOEC disponible de 0.0001 mg/L déterminée pour *Callinectes sapidus* :

$$AA-QS_{marine_eco} = 0.0001 / 1000 = 0.0000001 \text{ mg/L soit}$$

$$AA-QS_{marine_eco} = 0.0001 \text{ } \mu\text{g/L}$$

- **Concentration Maximum Acceptable (MAC et MAC_{marine})**

La concentration maximale acceptable est calculée afin de protéger les organismes de la colonne d'eau de possibles effets de pics de concentrations de courtes durées (E.C., 2011).

On dispose de données aiguës pour 3 niveaux trophiques (algues, invertébrés et poissons). La donnée la plus faible a été obtenue sur poissons pour *Leiostomus xanthurus* avec une LC₅₀ (96 h) à 6.6 µg/L. Aucune donnée n'est disponible pour les algues avec la substance seule. Toutefois, le mode d'action de cet insecticide organochloré laisse penser que les algues ne constituent pas le niveau trophique le plus sensible. C'est pourquoi, en supposant que l'espèce la plus sensible a été testée, un facteur de 100 est appliqué à la donnée d'effet aiguë la plus faible pour calculer la MAC.

$$MAC = 6.6/100 = 0.066 \text{ } \mu\text{g/L}$$

Pour le milieu marin, on dispose des mêmes données valides et un taxon marin additionnel est représenté, avec le mollusque *Crassostrea virginica*. Conformément au guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011), un facteur d'extrapolation de 500 est appliqué à la donnée d'effet aiguë la plus faible (NOEC de 0.0066 mg/L) pour calculer la MAC :

$$\text{MAC}_{\text{marine}} = 6.6 / 500 = 0.01 \text{ } \mu\text{g/L},$$

Proposition de norme de qualité pour les organismes de la colonne d'eau (eau douce)		
Moyenne annuelle [AA-QS _{water_eco}]	0.001	μg/L
Concentration Maximum Acceptable [MAC]	0.066	μg/L
Proposition de norme de qualité pour les organismes de la colonne d'eau (eau marine)		
Moyenne annuelle [AA-QS _{marine_eco}]	0.0001	μg/L
Concentration Maximum Acceptable [MAC _{marine}]	0.01	μg/L

VALEUR GUIDE POUR LES ORGANISMES BENTHIQUES (QS_{SED} ET QS_{SED-MARIN})

Un seuil de qualité dans le sédiment est nécessaire (i) pour protéger les espèces benthiques et (ii) protéger les autres organismes d'un risque d'empoisonnement secondaire résultant de la consommation de proies provenant du benthos. Les principaux rôles des normes de qualité pour les sédiments sont de :

1. Identifier les sites soumis à un risque de détérioration chimique (la norme sédiment est dépassée)
2. Déclencher des études pour l'évaluation qui peuvent conduire à des études plus poussées et potentiellement à des programmes de mesures
3. Identifier des tendances à long terme de la qualité environnementale (Art. 4 Directive 2000/60/CE) (C.E., 2000).

La valeur guide de qualité pour les organismes benthiques (QS_{sed}) est calculée conformément aux recommandations du guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011). Elle est obtenue en divisant la plus faible valeur de NOEC ou d'EC₅₀ valide par un facteur d'extrapolation (AF, *Assessment Factor*).

La valeur de ce facteur d'extrapolation dépend du nombre et du type de tests pour lesquels des résultats valides sont disponibles. Les règles détaillées pour le choix des facteurs sont données dans le guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011).

Différents résultats sont disponibles pour des organismes sédimentaires, benthiques ou pélagiques exposés à des sédiments contaminés en chlordécone. Seul le résultat du test de toxicité réalisé sur *Chironomus tentans* durant 14 jours pour les organismes benthiques est exprimé en mg/kg de sédiment. Une NOEC_{développement} (14j) à 17.9 mg/kg de sédiment a été déterminée au cours de ce test (PNUE, 2007). Afin de déterminer une QS_{sed} le guide technique européen préconise d'appliquer un facteur d'extrapolation de 100 (E.C., 2011) pour déterminer la QS_{sed} pour la protection des organismes benthiques d'eau douce et un facteur d'extrapolation de 1000 pour déterminer la QS_{sed, marin} pour la protection des organismes benthiques d'eau marine, soit :

$$\text{QS}_{\text{sed dry weight}} = 17.9 \text{ [mg/kg]} / 100 = 179 \text{ } \mu\text{g/kg}$$

$$\text{QS}_{\text{sed, marin dry weight}} = 17.9 \text{ [mg/kg]} / 1000 = 17.9 \text{ } \mu\text{g/kg}$$

La concentration correspondante en poids humide peut être estimée en tenant compte du facteur de conversion suivant :

$$\frac{RHO_{sed} \quad 1300}{F_{solide_{sed}} * RHO_{solide} \quad 500} = 2.6$$

Avec :

$F_{solide_{sed}}$: fraction volumique en solide dans les sédiments en [m^3_{solide}/m^3_{susp}]. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par le document guide technique européen (E.C., 2011) est utilisée : $0.2 m^3/m^3$.

RHO_{solide} : masse volumique de la partie sèche en [kg_{solide}/m^3_{solide}]. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par le document guide technique européen (E.C., 2011) est utilisée : $2500 kg/m^3$.

Pour le chlordécone, la concentration correspondante en poids humide est :

$$QS_{sed \text{ poids humide}} = QS_{sed \text{ poids sec}} / 2.6 = 69 \mu g/kg_{sed \text{ poids humide}}$$

$$QS_{sed \text{ marine poids humide}} = QS_{sed \text{ poids sec}} / 2.6 = 6.9 \mu g/kg_{sed \text{ marine poids humide}}$$

Proposition de valeur guide pour les organismes benthiques (eau douce)	69	$\mu g/kg_{sed \text{ poids humide}}$
	179	$\mu g/kg_{sed \text{ poids sec}}$
Proposition de valeur guide pour les organismes benthiques (eau marine)	6.9	$\mu g/kg_{sed \text{ poids humide}}$
	17.9	$\mu g/kg_{sed \text{ poids sec}}$
Conditions particulières	Avec un Koc de 15849 L/kg et un log Kow de 4,5-6, la mise en œuvre d'un seuil pour le sédiment peut être recommandée selon le guide européen (E.C., 2011).	

EMPOISONNEMENT SECONDAIRE

Ce chapitre traite de la toxicité chronique induite par la substance sur les prédateurs *via* la consommation d'organismes aquatiques contaminés (appelés biota, i.e. poissons ou invertébrés vivant dans la colonne d'eau ou dans les sédiments). Il s'agit donc d'évaluer la toxicité chronique de la substance par la voie d'exposition orale uniquement.

Dans les tableaux ci-dessous, ne sont reportés pour chaque type de test que les résultats permettant d'obtenir les NOEC ou la valeur toxicologique de référence (VTR) les plus protectrices. N'ont été recherchés que des tests sur mammifères ou oiseaux exposés par voie orale (exposition par l'alimentation ou par gavage). Toutes les données présentées n'ont pas fait l'objet d'une validation supplémentaire puisqu'elles étaient issues d'une source jugée valide.

Les résultats de toxicité sont principalement donnés sous forme de doses journalières : NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), ou LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*). NOAEL et LOAEL sont exprimées en termes de quantité de substance administrée par unité de masse corporelle de l'animal testé, et par jour.

Pour calculer la norme de qualité liée à l'empoisonnement secondaire des prédateurs, il est nécessaire de connaître la concentration de substance dans le biote n'induisant pas d'effets observés pour les prédateurs (exprimée sous forme de NOEC). Il est possible de déduire une NOEC à partir d'une NOAEL grâce à des facteurs de conversion empiriques variables selon les espèces testées. Les facteurs utilisés ici sont ceux recommandés par le guide technique européen pour la détermination de normes de qualité environnementale (E.C., 2011). Les valeurs de ces facteurs de conversion dépendent de la masse corporelle des animaux et de leur consommation journalière de nourriture. Celles-ci peuvent donc varier d'une façon importante selon le niveau d'activité et le métabolisme de

l'animal, la valeur nutritive de sa nourriture, etc. En particulier elles peuvent être très différentes entre un animal élevé en laboratoire et un animal sauvage.

Afin de couvrir ces sources de variabilité, mais aussi pour tenir compte des autres sources de variabilité ou d'incertitude (variabilité inter et intra-espèces, extrapolation du court terme au long terme, etc.) des facteurs d'extrapolation sont nécessaires pour le calcul de la $QS_{\text{biota_sec\ pois}}$. Les valeurs recommandées pour ces facteurs d'extrapolation sont données dans le guide technique européen (E.C., 2011). Un facteur d'extrapolation supplémentaire ($AF_{\text{dose-réponse}}$) est utilisé dans le cas où la toxicité a été établie à partir d'une LOAEL plutôt que d'une NOAEL.

ECOTOXICITE POUR LES VERTEBRES TERRESTRES

TOXICITE ORALE POUR LES MAMMIFERES

	Type de test	NOAEL [mg/kg _{corporel} /j]	Source	Facteur de conversion	NOEC [mg/kg _{biota}]
Toxicité sub-chronique et/ou chronique	Rat Durée : 2 ans Effet sur le rein (glomérulosclérose)	0.05	Larson et al., 1979	20	1
Toxicité sur la reproduction	Rat Materno-toxicité et réduction du poids fœtal Exposition entre le 7 ^{ème} et le 16 ^{ème} jour de la gestation	LOAEL = 2 mg/kg _{corporel} /j NOAEL _{corr} ⁽¹⁾ = 0.2 avec AF dose-réponse = 10	Afssa, 2003	20	4

(1) La NOAEL_{corr} correspond à la NOAEL déduite à partir de la LOAEL disponible.

TOXICITE ORALE POUR LES OISEAUX

	Type de test	NOAEL/LOAEL [mg/kg _{corporel} /j]	Source	Facteur de conversion	NOEC [mg/kg _{biota}]
Toxicité sub-chronique et/ou chronique	Pas d'information disponible.				
Toxicité pour la reproduction	Plusieurs essais ont montré un effet significatif sur la reproduction des oiseaux. Cependant, aucune NOAEL/LOAEL ou NOEC n'a pu en être dérivée.		IPCS, 1984	-	-

NORME DE QUALITE EMPOISONNEMENT SECONDAIRE ($QS_{\text{BIOTA_SEC\ POIS}}$)

La norme de qualité pour l'empoisonnement secondaire ($QS_{\text{biota_sec\ pois}}$) est calculée conformément aux recommandations du guide technique européen (E.C., 2011). Elle est obtenue en divisant la plus faible valeur de NOEC valide par les facteurs d'extrapolation recommandés dans le document guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011).

Pour le chlordécone, un facteur de 30 est appliqué car la durée du test retenu (NOAEL à 0.05 mg/kg_{corporel}/j sur le rat, soit une NOEC de 1 mg/kg_{biota}) est 2 ans.

Un facteur de sécurité supplémentaire de 10 est ajouté pour tenir compte des effets perturbateurs endocriniens de la substance sur la faune.

On obtient donc :

$$QS_{biota_sec\ pois} = 1 \text{ [mg/kg}_{biota}] / (30 * 10) = 0.0033 \text{ mg/kg}_{biota} = 3.333 \text{ }\mu\text{g/kg}_{biota}$$

Cette valeur de norme de qualité pour l’empoisonnement secondaire peut être ramenée :

- à une concentration dans l’eau douce selon la formule suivante :

$$QS_{water\ sp} \text{ [}\mu\text{g/L]} = \frac{QS_{biota_sec\ pois} \text{ [}\mu\text{g/kg}_{biota}]}{BCF \text{ [L/kg}_{biota}] * BMF_1}$$

- à une concentration dans l’eau marine selon la formule suivante :

$$QS_{marin\ sp} \text{ [}\mu\text{g/L]} = \frac{QS_{biota_sec\ pois} \text{ [}\mu\text{g/kg}_{biota}]}{BCF \text{ [L/kg}_{biota}] * BMF_1 * BMF_2}$$

Avec :

BCF : facteur de bioconcentration,

BMF₁ : facteur de biomagnification,

BMF₂ : facteur de biomagnification additionnel pour les organismes marins.

Ce calcul tient compte du fait que la substance présente dans l’eau du milieu peut se bioaccumuler dans le biote. Il donne la concentration à ne pas dépasser dans l’eau afin de respecter la valeur de la norme de qualité pour l’empoisonnement secondaire déterminée dans le biote.

La bioaccumulation tient compte à la fois du facteur de bioconcentration (BCF, ratio entre la concentration dans le biote et la concentration dans l’eau) et du facteur de biomagnification (BMF, ratio entre la concentration dans l’organisme du prédateur en bout de chaîne alimentaire, et la concentration dans l’organisme de la proie au début de la chaîne alimentaire). En l’absence de valeurs mesurées pour le BMF, celles-ci peuvent être estimées à partir du BCF selon le guide technique européen (E.C., 2011).

Ce calcul n’est donné qu’à titre indicatif. Il fait en effet l’hypothèse qu’un équilibre a été atteint entre l’eau et le biote, ce qui n’est pas véritablement réaliste dans les conditions du milieu naturel. Par ailleurs il repose sur un facteur de bioaccumulation qui peut varier de façon importante entre les espèces considérées.

Pour le chlordécone, un BCF de 60200 (valeur maximale) observé chez *Menidia menidia* (ATSDR, 1995) et un BMF₁ = BMF₂ de 10 (cf.E.C., 2011) ont été retenus. On a donc :

$$QS_{water\ sp} = 3.333 \text{ [}\mu\text{g/kg}_{biota}] / (60200*10) = 5.53.10^{-6} \text{ }\mu\text{g/L}$$

$$QS_{marin\ sp} = 3.333 \text{ [}\mu\text{g/kg}_{biota}] / (60200*10*10) = 5.53.10^{-7} \text{ }\mu\text{g/L}$$

Proposition de norme de qualité pour l’empoisonnement secondaire des prédateurs	3	$\mu\text{g/kg}_{biota}$
valeur correspondante dans l’eau douce	5.10^{-6}	$\mu\text{g/L}$
valeur correspondante dans l’eau marine	5.10^{-7}	$\mu\text{g/L}$

SANTE HUMAINE

Ce chapitre traite de la toxicité chronique induite par la substance sur l'homme soit *via* la consommation d'organismes aquatiques contaminés, soit *via* l'eau de boisson.

Dans les tableaux ci-dessous, ne sont reportés pour chaque type de test que les résultats permettant d'obtenir les NOEC ou la valeur toxicologique de référence (VTR) les plus protectrices. Compte tenu du mode d'exposition envisagé, seuls les tests sur mammifères exposés par voie orale (dans l'alimentation ou par gavage) ont été recherchés.

Toutes les données présentées ont été validées.

Les résultats de toxicité sont principalement donnés sous forme de doses journalières : NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), ou LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*). NOAEL et LOAEL sont exprimées en termes de quantité de substance administrée par unité de masse corporelle de l'animal testé, et par jour.

TOXICITE

Pour l'évaluation des effets sur la santé humaine, seuls les résultats sur mammifères sont considérés comme pertinents. Contrairement à l'évaluation des effets pour les prédateurs, les effets de type cancérogène ou mutagène sont également pris en compte.

	Type de test	NOAEL/LOAEL [mg/kg _{corporel} /j]	Source	Valeur toxicologique de référence (VTR) [µg/kg _{corporel} /j]
Toxicité sub-chronique ou chronique	Rat Effet sur le rein (glomérulosclérose) 2 ans	NOAEL = 0.05	Larson <i>et al.</i> , 1979	0.5⁽¹⁾ Facteur d'incertitude utilisé : 100 - AF inter-espèces = 10 - AF intra-espèces = 10

(1) Cette VTR a été déterminée par ATSDR (1995)

	Classement CMR	Source
Cancérogénèse	Le chlordécone pourrait être cancérigène pour l'homme (Groupe 2B selon le CIRC). Chez le rongeur (rat et souris), le chlordécone est cancérogène, par induction de carcinomes hépatocellulaires. La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) No 1272/2008 et est classée Carc. 2	Bonvallet et Dor, 2004 IPCS, 1990 C.E., 2008
Mutagénèse	D'après les informations sur la toxicodynamie et les résultats des tests de génotoxicité, il semblerait que le chlordécone ne soit pas génotoxique. La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) No 1272/2008 mais ne fait pas l'objet d'un classement pour la mutagénèse.	Bonvallet et Dor, 2004 C.E., 2008
Toxicité pour la reproduction	Le chlordécone réduit la fertilité et induit des effets embryo/foetotoxiques.	Afssa, 2003

NORME DE QUALITE POUR LA SANTE HUMAINE VIA LA CONSOMMATION DES PRODUITS DE LA PECHE (QS_{BIOTA_HH})

La norme de qualité pour la santé humaine est calculée de la façon suivante (E.C., 2011) :

$$QS_{\text{biota hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}] = \frac{0.1 * VTR [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}] * \text{poids corporel} [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{\text{Cons. Journ. Moy.} [\text{kg}_{\text{biota}}/\text{j}]} * \frac{1}{F_{\text{sécurité}}}$$

Ce calcul tient compte de :

- un facteur correctif de 10% (soit 0.1) : la VTR donnée ne tient compte en effet que d'une exposition par voie orale, et pour la consommation de produits de la pêche uniquement. Mais la contamination peut aussi se faire par la consommation d'autres sources de nourriture, par la consommation d'eau, et d'autres voies d'exposition sont possibles (inhalation ou contact cutané). Le facteur correctif de 10% (soit 0.1) permet de rendre l'objectif de qualité plus sévère d'un facteur 10 afin de tenir compte de ces autres sources de contamination possibles.
- la valeur toxicologique de référence (VTR), correspondant à une dose totale admissible par jour ; pour cette substance elle sera considérée égale à 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}$ (cf. tableau ci-dessus),
- un poids corporel moyen de 70 kg,
- F_{sécurité} : facteur de sécurité supplémentaire pour tenir compte de possibles effets de la substance sur la santé humaine et qui ne seraient pas pris en compte dans l'étude à partir de laquelle est déterminée la VTR. Ici, un facteur de sécurité de 10 est ajouté pour tenir compte de l'effet cancérigène de la substance,
- Cons. Journ. Moy : une consommation journalière moyenne de produits de la pêche (poissons, mollusques, crustacés) égale à 115 g par jour.

Ce calcul est donné de façon générique pour la population générale et pourrait Il être inadapté pour couvrir les risques pour les individus plus sensibles ou vulnérables (masse corporelle plus faible, forte consommation de produits de la pêche, voies d'exposition individuelles particulières). Le facteur correctif de 10% est donné par défaut, car la contribution des différentes voies d'exposition varie selon les propriétés de la substance (et en particulier sa distribution entre les différents compartiments de l'environnement), ainsi que selon les populations considérées (travailleurs exposés, exposition pour les consommateurs/utilisateurs, exposition via l'environnement uniquement). L'hypothèse cependant que la consommation des produits de la pêche ne représente pas plus de 10% des apports journalier contribuant à la dose journalière tolérable apporte une certaine marge de sécurité (E.C., 2011).

Pour le chlordécone, le calcul aboutit à :

$$QS_{\text{biota hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}] = \frac{0.1 * 0.5 [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}] * 70 [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{0.115 [\text{kg}_{\text{biota}}/\text{j}]} * \frac{1}{10} = 3.04 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}$$

Comme pour l’empoisonnement secondaire, la concentration correspondante dans l’eau du milieu peut être estimée en tenant compte de la bioaccumulation de la substance :

- à une concentration dans l’eau douce selon la formule suivante :

$$QS_{\text{water_hh food}} [\mu\text{g}/\text{L}] = \frac{QS_{\text{biota hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}]}{\text{BCF} [\text{L}/\text{kg}_{\text{biota}}] * \text{BMF}_1}$$

- à une concentration dans l’eau marine selon la formule suivante :

$$QS_{\text{marine_hh food}} [\mu\text{g}/\text{L}] = \frac{QS_{\text{biota_hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}]}{\text{BCF} [\text{L}/\text{kg}_{\text{biota}}] * \text{BMF}_1 * \text{BMF}_2}$$

Pour le chlordécone, on obtient donc :

$$QS_{\text{water_hh food}} = 3.04 / (60200 * 10) = 5.06 * 10^{-6} \mu\text{g}/\text{L}$$

$$QS_{\text{marine_hh food}} = 3.04 / (60200 * 10 * 10) = 5.06 * 10^{-7} \mu\text{g}/\text{L}$$

”

Proposition de norme de qualité pour la santé humaine via la consommation de produits de la pêche	3*	μg/kg _{biota}
Valeur correspondante dans l’eau douce	5.10 ⁻⁶ *	μg/L
Valeur correspondante dans l’eau marine	5.10 ⁻⁷ *	μg/L

* L’arrêté du 5 octobre 2005 du ministère de l’agriculture et de la pêche et de l’outre-mer fixe la teneur maximale en chlordécone à ne pas dépasser dans certaines denrées d’origine animale pour être reconnues propres à la consommation humaine (Ministère de l’agriculture et de la pêche et Ministère de l’outre-mer, 2005). La concentration maximale en chlordécone à ne pas dépasser dans les denrées alimentaires d’origine animale est de 200 μg/kg de poids à l’état frais (soit 200 μg/kg_{biota}). Toutefois, le gouvernement a voulu aller plus loin, afin de réduire l’exposition de la population et restaurer la confiance des consommateurs dans la qualité des produits. Ainsi, dans le cadre de la réglementation européenne et sur proposition des autorités françaises, la Commission européenne a retenu le 24 octobre 2007 une valeur de concentration maximale inférieure à celle de 2005 soit 20 μg/kg de poids à l’état frais (20 μg/kg_{biota}) (Direction Générale de la santé Coordination interministérielle chlordécone, 2008). La valeur correspondante dans l’eau est donc : 20 / (60200*10) = 0.000033 μg/L.

NORME DE QUALITE POUR LA SANTE HUMAINE VIA L’EAU DE BOISSON (QS_{DW_HH})

En principe, lorsque des normes de qualité réglementaires dans l’eau de boisson existent, soit dans la Directive 98/83/CE (C.E., 1998), soit déterminées par l’OMS, elles peuvent être adoptées. Les valeurs réglementaires de la Directive 98/83/CE doivent être privilégiées par rapport aux valeurs de l’OMS qui ne sont que de simples recommandations.

Il faut signaler que ces normes réglementaires ne sont pas nécessairement établies sur la base de critères (éco)toxicologiques (par exemple les normes pour les pesticides avaient été établies par rapport à la limite de quantification analytique de l’époque pour ce type de substance, soit 0.1 μg/L).

Pour le chlordécone, la Directive 98/83/CE fixe une valeur de 0.1 μg/L.

A titre de comparaison, la norme de qualité pour l’eau de boisson est calculée de la façon suivante (E.C., 2011) :

$$QS_{\text{eau brute}} [\mu\text{g/L}] = \frac{0.1 \cdot VTR [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}] \cdot \text{poids corporel} [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{\text{Cons.moy.eau} [\text{L/j}]} \cdot \frac{1}{F_{\text{sécurité}}}$$

Ce calcul tient compte de :

- la valeur toxicologique de référence (VTR), correspondant à une dose totale admissible par jour ; pour cette substance elle sera considérée égale à 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}$ (Cf.tableau ci-dessus),
- Cons.moy.eau [L/j] : une consommation d'eau moyenne de 2 L par jour,
- un poids corporel moyen de 70 kg,
- $F_{\text{sécurité}}$: facteur de sécurité supplémentaire pour tenir compte de possibles effets de la substance sur la santé humaine et qui ne seraient pas pris en compte dans l'étude à partir de laquelle est déterminée la VTR. Ici, un facteur de sécurité de 10 est ajouté pour tenir compte de l'effet cancérigène de la substance,
- un facteur correctif de 10% (soit 0.1) afin de tenir compte de ces autres sources de contamination possibles.

L'eau de boisson est obtenue à partir de l'eau brute du milieu après traitement pour la rendre potable. La fraction éliminée lors du traitement dépend de la technologie utilisée ainsi que des propriétés de la substance.

$$QS_{\text{dw_hh}} [\mu\text{g/L}] = \frac{QS_{\text{eau brute}} [\mu\text{g/L}]}{1 - \text{fraction éliminée}}$$

En l'absence d'information, on considèrera que la fraction éliminée est nulle et le critère pour l'eau de boisson s'appliquera alors à l'eau brute du milieu. Par ailleurs, on rappellera que ce calcul n'est donné qu'à titre indicatif et peut s'avérer inadéquat pour certaines substances et certaines populations.

Pour le chlordécone, on obtient :

$$QS_{\text{dw_hh}} = \frac{0.1 \cdot 0.5 \cdot 70}{2 \cdot (1 - 0)} \cdot \frac{1}{10} = 0.175 \mu\text{g/L}$$

La valeur la plus protectrice, fixée par la directive 98/83/CE est proposée comme norme de qualité pour l'eau destinée à la production d'eau potable.

Proposition de norme de qualité pour l'eau destinée à l'eau potable	0.1	$\mu\text{g/L}$
--	-----	-----------------

SELECTION DE LA VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE

La VGE est définie à partir de la valeur de la norme de qualité la plus protectrice parmi tous les compartiments étudiés.

		Valeur)	Unité
PROPOSITION DE NORMES DE QUALITE			
Organismes aquatiques (eau douce) moyenne annuelle	AA-QS _{water_eco}	0.001	µg/L
Organismes aquatiques (eau douce) Concentration Maximum Acceptable	MAC	0.066	µg/L
Organismes aquatiques (eau marine) moyenne annuelle	AA-QS _{marine_eco}	0.0001	µg/L
Organismes aquatiques (eau marine) Concentration Maximum Acceptable	MAC _{marine}	0.01	µg/L
Empoisonnement secondaire des prédateurs	QS _{biota sec pois}	3	µg/kg_{biota}
valeur correspondante dans l'eau (douce et marine)	QS _{water_sp}	5.10⁻⁶	µg/L
	QS _{marine_sp}	5.10⁻⁷	
Santé humaine via la consommation de produits de la pêche	QS _{biota hh}	3	µg/kg_{biota}
valeur correspondante dans l'eau (douce et marine)	QS _{water hh food}	5.10⁻⁶	µg/L
	QS _{marine hh food}	5.10⁻⁷	
Santé humaine via l'eau destinée à l'eau potable	QS _{dw_hh}	0.1	µg/L

Pour le chlordécone, la norme de qualité santé humaine est la valeur la plus faible pour l'ensemble des approches considérées.

VALEURS GUIDES POUR LES ORGANISMES BENTHIQUES

Avec un Koc de 15849 L/kg et un log Kow de 4.5 – 6, la détermination d'un seuil pour les organismes benthiques est recommandée par le guide européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2011)

Proposition de valeur guide pour les organismes benthiques (eau douce)	70	µg/kg_{sed poids humide}
	180	µg/kg_{sed poids sec}
Proposition de valeur guide pour les organismes benthiques (eau marine)	7	µg/kg_{sed poids humide}
	18	µg/kg_{sed poids sec}

BIBLIOGRAPHIE

Afssa (2003). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des risques liés à la consommation de denrées alimentaires contaminées par le chlordécone en Martinique et en Guadeloupe. Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Maisons-Alfort

ATSDR (1995). Toxicological profile for mirex and chlordécone. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, Georgia. August 1995.

Bonvallet N. et Dor F. (2004). Insecticides organochlorés aux Antilles: identification des dangers et valeurs toxicologiques de référence (VTR) - Etat des connaissances. Département santé environnement de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS). Juin 2004.

C.E. (1967). Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. Journal officiel n° 196 du 16/08/1967 p. 0001 - 0098.

C.E. (1998). Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Journal Officiel L 330/32 du 5.12.1998: 32-54.

C.E. (2000). Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, JO L 327 du 22.12.2000: 1-86.

C.E. (2004). Règlement (CE) n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les polluants organiques persistants et modifiant la directive 79/117/CEE, Journal Officiel L 158 du 30.4.2004: 7-49.

C.E. (2006). Règlement (CE) N° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) N° 793/93 du Conseil et le règlement (CE) N° 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission, JO L 396 du 30.12.2006: p. 1-849.

C.E. (2008). Règlement (CE) no 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) no 1907/2006.

Direction Générale de la santé Coordination interministérielle chlordécone (2008). Plan d'action chlordécone en Martinique et en Guadeloupe 2008-2010. 5 mai 2008.

E.C. (2011). Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Guidance Document No. 27 for the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report - 2011 - 055.
[http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/tgd-
eqs_cis-wfd/EN_1.0_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/tgd-eqs_cis-wfd/EN_1.0_&a=d).

IPCS (1984). Environmental Health Criteria n°43 for chordecone. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, Geneva

IPCS (1990). Health and Safety Guide No. 41 for chlordecone. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, Geneva

Larson P.S., Egle J.L., Hennigar G.R. et al. (1979). "Acute, subchronic, and chronic toxicity of chlordecone." Toxicol Appl Pharmacol **49**: 271-277.

Ministère de l'agriculture et de la pêche et Ministère de l'outre-mer (2005). Arrêté du 5 octobre 2005 relatif à la teneur maximale en chlordécone que ne doivent pas dépasser certaines denrées d'origine animale pour être reconnues propres à la consommation humaine, Journal Officiel RF n°238 du 12 octobre 2005 (Texte n°31). **NOR: AGRG0502222A**.

Office of Pesticide Programs (1979). Office of Pesticide Programs Pesticide Ecotoxicity Database (Formerly: Environmental Effects Database (EEDB)), Environmental Fate and Effects Division, U.S.EPA, Washington, D.C.

Office of Pesticide Programs (1986). Office of Pesticide Programs Pesticide Ecotoxicity Database (Formerly: Environmental Effects Database (EEDB)), Environmental Fate and Effects Division, U.S.EPA, Washington, D.C.

Petersen G., Rasmussen D. et Gustavson K. (2007). Study on enhancing the Endocrine Disrupter priority list with a focus on low production volume chemicals. DHI, 53559

PNUE (2001). Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants: pp 47.

PNUE (2007). Descriptif révisé des risques liés au chlordécone. Rapport du Comité d'étude des polluants organiques persistants sur les travaux de sa troisième réunion. Geneva.

UNEP (2005). Proposal for listing chlordecone in Annex A of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (UNEP/POPS/POPRC.1/INF/6). United Nations Environment Programme, Geneva, UNEP/POPS/POPRC.1/INF/6. 26 July 2005.

US-EPA (1976). Semi-Annual Report. April -September 1976. U.S.EPA, Gulf Breeze, FL

US-EPA (2008). EPI Suite, v.4.0, EPA's office of pollution prevention toxics and Syracuse Research Corporation (SRC).

Walsh G.E., Ainsworth K. et Wilson A.J. (1977). "Toxicity and Uptake of Kepone in Marine Unicellular Algae (contribution No. 292 from the Environmental Research Laboratory - Gulf Breeze)." Chesapeake Science **18**(2): 222-223.