

1,4-DICHLOROBENZENE - N° CAS : 106-46-7


Le 1,4-dichlorobenzène est produit par chloration directe suivant une méthode continue utilisant du benzène liquide combiné à du chlore gazeux en présence d'un catalyseur (généralement l'oxyde ferrique).

Le 1,4-dichlorobenzène est ou a été en grande partie employé pour la fabrication du 1,4-dichloro-2-nitrobenzène utilisé dans les teintures et les pigments.

Il entre également dans la composition de répulsifs pour les mites et de désodorisants d'air ambiant, en particulier dans des blocs désodorisants utilisés dans les sanitaires.

Il est ou a été aussi utilisé comme insecticide et comme larvicide.

IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE

Substance chimique	1,4-Dichlorobenzène
Synonymes	Paradichlorobenzène p-Dichlorobenzène p-Chlorophenyl chloride Dichlorocide PDB
Numéro CAS	106-46-7
Formule moléculaire	C ₆ H ₄ Cl ₂
Code SMILES	c1(ccc(Cl)cc1)Cl
Structure moléculaire	

EVALUATIONS EXISTANTES ET INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

Evaluation existante	EU règlement 793/93 (E.C., 2004a)
Phrases de risque et classification	<p><i>Annexe I Directive 67/548/CEE (C.E., 1967)</i> Xi ; R36 Carc. Cat 3 ; R40 N ; R50-53</p> <p><i>Annexe VI Règlement (CE) No 1272/2008 (C.E., 2008)</i> Carc. 2 H351 Eye Irrit. 2 H319 Aquatic Acute 1 H400 Aquatic Chronic 1 H410</p>
Effets endocriniens	Le 1,4-dichlorobenzène n'est pas cité dans la stratégie communautaire concernant les perturbateurs endocriniens (E.C., 2004b) et dans le rapport d'étude de la DG ENV sur la mise à jour de la liste prioritaire des perturbateurs endocriniens à faible tonnage (Petersen <i>et al.</i> , 2007).
Critères PBT /POP	La substance ne remplit pas les critères PBT/vPvB ¹ (C.E., 2006) ou POP ² (PNUJ, 2001).
Normes de qualité existantes	<p><u>OMS</u> : norme de qualité dans les eaux potables = 300 µg/L (WHO, 2003).</p> <p><u>Allemagne</u> : Norme de qualité pour les eaux prélevées destinées à la consommation = 10 µg/L (ETOX, 2007³)</p> <p><u>Canada</u> : Critère de qualité pour les organismes aquatiques et l'eau douce = 26 µg/L (ETOX, 2007³)</p> <p><u>Allemagne</u> : Critère de qualité pour les organismes aquatiques et l'eau douce = 10 µg/L (ETOX, 2007³)</p> <p><u>Etats-Unis</u> : Critère de qualité pour la consommation d'eau et de poisson = 400 µg/L (ETOX, 2007³)</p> <p><u>Etats-Unis</u> : Critère de qualité pour la consommation de poisson et la protection de la santé = 2600 µg/L (ETOX, 2007³)</p>
Mesures de restriction et/ou de réduction du risque existantes	<p>La Directive 86/280/EEC (C.E., 1986) a mis en place des seuils concernant l'émission du 1,4-dichlorobenzène par les industries. Ces seuils sont fixés à 1.5 mg/l par mois.</p> <p>L'ordonnance Suédoise sur les pesticides (1985:836) a interdit l'utilisation du 1,4-dichlorobenzène comme pesticide.</p>
Substance(s) associée(s)	-

La substance a fait l'objet d'une évaluation collective par l'Union européenne qui a été réalisée conformément au règlement 793/93 (E.C., 1993) et dont le rapport final est disponible sur le site de l'Ex-Bureau Européen des Substances Chimiques (E.C., 2004a).

Les données issues de ce rapport n'ont pas fait l'objet d'une validation supplémentaire.

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 liposolubles (et donc fortement bioaccumulables), et volatiles (et peuvent donc 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 PNUJ (Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

³ Les données issues de cette source (<http://webetox.uba.de/webETOX/index.do>) ne sont données qu'à titre indicatif ; elles n'ont donc pas fait l'objet d'une validation par l'INERIS.

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

	Valeurs	Source
Poids moléculaire [g/mol]	147.01	-
Hydrosolubilité [mg/L]	60-70 à 20°C	E.C., 2004a
Pression de vapeur [Pa]	160-170 à 20°C	E.C., 2004a
Constante de Henry [Pa.m ³ /mol]	240-262 à 20°C	E.C., 2004a
Log du coefficient de partage Octanol-eau (log Kow)	3.37-3.39	E.C., 2004a
Coefficient de partage carbone organique-eau (Koc) [L/kg]	450	E.C., 2004a
Constante de dissociation	Pas d'information disponible.	

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT**PERSISTANCE**

		Source
Hydrolyse	Aucune donnée expérimentale sur la dégradation du 1,4-dichlorobenzène par hydrolyse n'est disponible. Cependant, d'après sa structure moléculaire, aucune hydrolyse n'est attendue.	E.C., 2004a
Photolyse	Pas d'information disponible.	
Biodégradabilité	D'après les études réalisées, le 1,4-dichlorobenzène peut être considéré comme facilement biodégradable.	E.C., 2004a

DISTRIBUTION DANS L'ENVIRONNEMENT

		Source
Adsorption	D'après la valeur de Koc du 1,4-dichlorobenzène (450 L/kg), on peut conclure que cette substance est peu mobile dans les sols. En effet, le 1,4-dichlorobenzène va avoir tendance à s'adsorber sur les sols, les particules en suspension ainsi que sur les sédiments.	E.C., 2004a
Volatilisation	D'après la constante de Henry, on peut conclure que le 1,4-dichlorobenzène est volatile et sera principalement présent dans le compartiment atmosphérique.	E.C., 2004a
Bioaccumulation	Les BCF obtenus expérimentalement varient de 55 à 1400 (<i>Oncorhynchus mykiss</i>). Le BCF calculé à partir du log de Kow est de 154. Le BCF de 296 retenu pour l'évaluation des risques européenne est utilisé dans la détermination des normes de qualité.	E.C., 2004a

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 considérées comme valides puisqu'elles sont issues de l'évaluation des risques européenne (E.C., 2004a). 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**

			Source
Algues & plantes aquatiques	Eau douce	1.6 mg/L <i>Selenastrum capricornutum</i> , EC ₅₀ (96 h)	Calamari <i>et al.</i> , 1983 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	
Invertébrés	Eau douce	0.7 mg/L <i>Daphnia magna</i> , EC ₅₀ (48 h), immobilisation, concentration mesurée	Canton <i>et al.</i> , 1985 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	
	Sédiment	Pas d'information disponible.	
Poissons	Eau douce	1.12 mg/L <i>Oncorhynchus mykiss</i> , LC ₅₀ (96 h), flux continu, concentration mesurée	Call <i>et al.</i> , 1983 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	

ECOTOXICITE AQUATIQUE CHRONIQUE

			Source
Algues & plantes aquatiques	Eau douce	0.57 mg/L <i>Selenastrum capricornutum</i> , EC ₀ (96 h)	Calamari <i>et al.</i> , 1983 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	
Invertébrés	Eau douce	0.22 mg/L <i>Daphnia magna</i> , NOEC (28 j), test sur la fertilité	Calamari <i>et al.</i> , 1982 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	
	Sédiment	Pas d'information disponible.	
Poissons	Eau douce	0.20-0.23 mg/L <i>Jordanella promelas</i> , NOEC (14-16 j), flux continu, concentration mesurée	Smith <i>et al.</i> , 1991 cité dans E.C., 2004a
	Milieu marin	Pas d'information disponible.	

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 l'évaluation des risques dus aux substances chimiques (E.C., 2003) et au projet de guide technique européen pour la détermination des normes de qualité environnementale (E.C., 2009). 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 tableau 16, page 101, du guide technique européen (E.C., 2003).

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

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

Pour le 1,4-dichlorobenzène, on dispose de données valides pour 3 niveaux trophiques à la fois en aigu et en chronique. Le résultat le plus faible a été obtenu sur *Jordanella promelas*, avec une valeur de NOEC sur 14-16 jours égale à 0.20 mg/L. Conformément à la table 16 du TGD (E.C., 2003) la norme de qualité est déterminée en appliquant à la plus faible NOEC un facteur d'extrapolation de 10.

$$AA-QS_{water_eco} = 0.20 \text{ [mg/L]} / 10 = 20 \text{ } \mu\text{g/L}$$

Cette valeur a été retenue comme PNEC_{aqua} (concentration prédite sans effet) lors de l'évaluation européenne de la substance (E.C., 2004a).

- **Concentration Maximum Acceptable (MAC)**

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. Pour la détermination de la MAC, le document guide pour l'évaluation des effets des substances avec des rejets intermittents est utilisée (ECHA, 2008, E.C., 2009)

On dispose de données aiguës sur les trois niveaux trophiques (algues, invertébrés, poissons), la plus faible étant celle sur *Daphnia magna*, EC₅₀ (48 h) = 0.7 mg/L.

Par défaut, un facteur d'extrapolation de 100 s'applique pour calculer la MAC. Cependant, selon le projet de document guide technique pour la détermination des normes de qualité environnementales (E.C., 2009), pour les substances qui n'ont pas de mode d'action spécifique et pour lesquelles les données disponibles montrent que la variation interspécifique est faible, le facteur peut être diminué. Pour le 1,4-dichlorobenzène, l'écart-type des valeurs de L(E)C50 est < 0.5 et cette variation peut être considérée comme faible. En conséquence, il est proposé d'utiliser un facteur d'extrapolation de 10.

$$MAC = 0.7/10 = 0.07 \text{ mg/L, soit } 70 \text{ } \mu\text{g/L}$$

Proposition de norme de qualité pour les organismes de la colonne d'eau (eau douce)		
Moyenne annuelle [AA-QS _{water_eco}]	20	µg/L
Concentration Maximum Acceptable [MAC]	70	µg/L

VALEUR GUIDE DE QUALITE POUR LE SEDIMENT (QS_{SED})

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).

Aucune information d'écotoxicité pour les organismes benthiques n'a été trouvée dans la littérature.

A défaut, une valeur guide pour le sédiment peut être calculée à partir du modèle de l'équilibre de partage. Ce modèle suppose que :

- il existe un équilibre entre la fraction de substances adsorbées sur les particules sédimentaires et la fraction de substances dissoutes dans l'eau interstitielle du sédiment,
- la fraction de substances adsorbées sur les particules sédimentaires n'est pas biodisponible pour les organismes et que seule la fraction de substances dissoutes dans l'eau interstitielle est susceptible d'impacter les organismes,
- la sensibilité intrinsèque des organismes benthiques aux toxiques est équivalente à celle des organismes vivant dans la colonne d'eau. Ainsi, la norme de qualité pour la colonne d'eau peut être utilisée pour définir la concentration à ne pas dépasser dans l'eau interstitielle.

NB : La pollution actuelle peut être suivie dans les matières en suspension et les couches superficielles du sédiment. Les couches profondes intègrent la contamination historique sur des dizaines voire des centaines d'années et ne sont pas jugées pertinentes pour caractériser la pollution actuelle. Les paramètres par défaut préconisés par Lepper (2002) et le guide technique européen (E.C., 2003) ont été choisis empiriquement pour caractériser les matières en suspension et les couches superficielles. Matières en suspension et couches superficielles contiennent relativement plus d'eau et de matière organique que les couches profondes du sédiment.

Une valeur guide de qualité pour le sédiment peut être alors calculée selon l'équation suivante (adaptation de l'équation 70 page 113 du guide technique européen, E.C., 2003) :

$$QS_{\text{sed wet weight}} [\mu\text{g}/\text{kg}] = \frac{K_{\text{susp-eau}}}{RHO_{\text{susp}}} * AA-QS_{\text{water_eco}} [\mu\text{g}/\text{L}] * 1000$$

Avec :

RHO_{susp} : masse volumique de la matière en suspension en $[\text{kg}_{\text{sed}}/\text{m}^3_{\text{sed}}]$. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par Lepper, 2002) et le guide technique européen (équation 18 page 44, E.C., 2003) est utilisée : $1150 \text{ kg}/\text{m}^3$.

$K_{\text{susp-eau}}$: coefficient de partage matière en suspension/eau en m^3/m^3 . En l'absence d'une valeur exacte, les valeurs génériques proposées par Lepper, 2002) et le guide technique européen (équation 24 page 47, E.C., 2003) sont utilisées. Le coefficient est alors calculé selon la formule suivante : $0.9 + 0.025 * Koc$ soit $K_{\text{susp-eau}} = 12.15 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Ainsi, on obtient :

$$QS_{\text{sed wet weight}} = 211.3 \mu\text{g}/\text{kg} \text{ (poids humide)}$$

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

$$\frac{RHO_{\text{susp}}}{F_{\text{solide_susp}} * RHO_{\text{solide}}} = \frac{1150}{250} = 4.6$$

Avec :

$F_{\text{solide_susp}}$: fraction volumique en solide dans les matières en suspension en $[\text{m}^3_{\text{solide}}/\text{m}^3_{\text{susp}}]$. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par Lepper (2002) et le guide technique européen (tableau 5 page 43, E.C., 2003) est utilisée : $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

RHO_{solide} : masse volumique de la partie sèche en $[\text{kg}_{\text{solide}}/\text{m}^3_{\text{solide}}]$. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par Lepper (2002) et le guide technique européen (tableau 5 page 43, E.C., 2003) est utilisée : $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Pour le 1,4-dichlorobenzène, la concentration correspondante en poids sec est :

$$QS_{\text{sed dry_weight}} = QS_{\text{sed wet weight}} * 4.6 = 971.98 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sed}} \text{ poids sec}$$

Validation groupe d'experts : Juillet 2009

Le LogKow de la substance étant inférieur à 5, un facteur additionnel de 10 n'est pas jugé nécessaire.

Il faut rappeler que les incertitudes liées à l'application du modèle de l'équilibre de partage sont importantes. Les sédiments naturels peuvent avoir des propriétés très variables en termes de composition (nature et quantité de matières organiques, composition minéralogique), de granulométrie, de conditions physico-chimiques, de conditions dynamiques (taux de déposition/taux de resuspension). Par ailleurs ces propriétés peuvent évoluer dans le temps en fonction notamment des conditions météorologiques et de la morphologie de la masse d'eau. Si bien que le partage entre la fraction de substance adsorbée et la fraction de substances dissoute peut être extrêmement variable d'un sédiment à un autre et l'hypothèse d'un équilibre entre ces deux fractions ne semble pas très réaliste pour des conditions naturelles.

Cette valeur a été retenue comme PNEC_{sed} (concentration prédite sans effet) lors de l'évaluation des risques européenne de la substance (E.C., 2004a).

Proposition de valeur guide de qualité pour les sédiments (eau douce)	211	µg/kg _{sed} poids humide
	972	µg/kg _{sed} poids sec
Conditions particulières	<p>Avec un Koc de 450 L/kg et un Log Pow = 3.4, la mise en œuvre d'un seuil pour le sédiment est recommandée par le projet de guide européen (E.C., 2009).</p> <p>Le seuil proposé n'est fondé que sur la méthode du coefficient de partage à l'équilibre : il est calculé à partir de la norme de qualité dans l'eau et du Koc. L'incertitude de cette méthode devrait être prise en compte lors la mise en application du seuil sédiment</p>	

EMPOISONNEMENT SECONDAIRE

Ce chapitre traite de la toxicité chronique induite par la substance sur les prédateurs *via* la consommation d'organismes aquatiques contaminés (appelés biote, 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 ont été considérées comme valides puisqu'elles sont issues de l'évaluation des risques européenne.

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 (Tableau 22, page 129, E.C., 2003) et le projet de guide technique européen pour la détermination de normes de qualité (E.C., 2009). 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 (tableau 23, page 130, E.C., 2003). 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	Chien 1 an Adm. orale (capsules), 5 jours/semaine Effets: augmentation du poids du foie, altération enzymatique et histopathologique.	NOAEL= 10 NOAEL _{ajustée} = 7.1 pour tenir compte de l'exposition 5 j/semaine.	Naylor, 1996 cité dans E.C., 2004a	40	284
Toxicité sur la reproduction	Rat Etude 2 générations (OCDE 416) Adm. orale (gavage) Effets sur le développement	NOAEL = 30	Bornatowicz <i>et al.</i> , 1994 cité dans E.C., 2004a	20	600

TOXICITE ORALE POUR LES OISEAUX

	Type de test	LOAEL/NOAEL [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	Pas d'information disponible.				

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., 2003). Elle est obtenue en divisant la plus faible valeur de NOEC valide par les facteurs d'extrapolation recommandés dans le tableau 23 page 130 du guide (E.C., 2003).

Pour le 1,4-dichlorobenzène, un facteur de 90 est appliqué car la durée du test retenu (NOAEL à 7.1 mg/kg_{corporel}/j sur le chien, soit une NOEC de 284 mg/kg_{biota}) est de 1 an. On obtient donc :

$$QS_{\text{biota_sec_pois}} = 284 \text{ [mg/kg}_{\text{biota}}] / 90 = 3.15 \text{ mg/kg}_{\text{biota}} = 3150 \text{ }\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$$

Cette valeur de norme de qualité pour l'empoisonnement secondaire peut être ramenée à une concentration dans l'eau selon la formule suivante :

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

Avec :

BCF : facteur de bioconcentration,
BMF : facteur de biomagnification.

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). Les valeurs de BCF peuvent être couramment trouvées dans la littérature. En l'absence de valeurs mesurées pour le BMF, celles-ci peuvent être estimées à partir du BCF selon le tableau 29, page 160, du guide technique européen (E.C., 2003).

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 1,4-dichlorobenzène, un BCF de 296 (E.C., 2004a) et un BMF de 1 (cf. E.C., 2003) ont été retenus. On a donc :

$$QS_{\text{water sp}} = 3.15 [\text{mg/kg}_{\text{biota}}] / (296 * 1) = 0.0106 \text{ mg/L} = 10.6 \mu\text{g/L}$$

Proposition de norme de qualité pour l'empoisonnement secondaire des prédateurs	3150	$\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$
valeur correspondante dans l'eau	11	$\mu\text{g/L}$

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 envisagée, 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 cancérigène ou mutagène sont également pris en compte.

	Type de test	LOAEL/NOAEL [mg/kg _{corporel} /j]	Source	Valeur toxicologique de référence (VTR) [mg/kg _{corporel} /j]
Toxicité sub-chronique et/ou chronique	Chien étude réalisée sur 1 an Adm. Orale (capsules), 5 jours/semaine Effets observés : augmentation du poids du foie, altération enzymatique et histopathologique.	NOAEL= 10 NOAEL _{ajustée} = 7.1 pour tenir compte de l'exposition 5 j/semaine.	Naylor, 1996 cité dans E.C., 2004a	0.07 ⁽¹⁾ Facteur d'incertitude: 100 AF inter-espèce = 10 AF intra-espèce = 10

(1) Cette VTR a été déterminée par ATSDR.

	Classement CMR	Source
Cancérogénèse	Selon l'IARC, le 1,4-dichlorobenzène pourrait être cancérigène pour l'homme (classification 2B). La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) No 1272/2008 et est classée Carc. 2 (H351)	- C.E., 2008
Mutagénèse	Différentes études in vitro et in vivo ont été réalisées. D'après les résultats de ces études et selon la Directive 67/548/EEC (C.E., 1967) le 1,4-dichlorobenzène n'est pas classé comme étant une substance mutagène. 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.	E.C., 2004a C.E., 2008
Toxicité pour la reproduction	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 reproduction.	C.E., 2008

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 (Lepper, 2005) :

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

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 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 0.07 mg/Kg_{corporel}/j (Cf. tableau ci-dessus),
- F_{sécurité} : facteur de sécurité supplémentaire de 10 pour tenir compte du fait que la substance peut présenter des effets cancérigènes possibles,
- Cons. Journ. Moy : une consommation moyenne de produits de la pêche (poissons, mollusques, crustacés) égale à 115 g par jour,
- un poids corporel moyen de 70 kg.

Ce calcul n'est donné qu'à titre indicatif. Il peut être inadapté pour couvrir les risques pour les individus plus sensibles ou plus vulnérables (masse corporelle plus faible, forte consommation de produits de la pêche, voies d'exposition individuelles particulières). Le facteur correctif de 10% n'est donné que 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., 2009).

Pour le 1,4-dichlorobenzène, le calcul aboutit à :

$$QS_{\text{biota hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}] = \frac{0.1 * 0.07 [\text{mg}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}] * 70 [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{0.115 [\text{kg}_{\text{biota}}/\text{j}]} * \frac{1}{10} = 0.426 \text{ mg}/\text{kg}_{\text{biota}}$$

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 :

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

Pour le 1,4-dichlorobenzène, on obtient donc :

$$QS_{\text{water_hh food}} = 426 / (296 * 1) = 1.44 \mu\text{g}/\text{L}$$

Proposition de norme de qualité pour la santé humaine via la consommation de produits de la pêche	426	μg/kg _{biota}
Valeur correspondante dans l'eau	1	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'OMS⁴, 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 1,4-dichlorobenzène, l'OMS préconise une valeur de 300 µg/L (WHO, 2003).

A titre de comparaison, la norme de qualité pour l'eau de boisson est calculée de la façon suivante (Lepper, 2005) :

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

Ce calcul tient compte de :

- la valeur toxicologique de référence (VTR), pour cette substance, elle sera considérée égale à 0.07 mg/Kg_{corporel}/j (Cf. tableau ci-dessus),
- une consommation d'eau moyenne de 2 L par jour,
- F_{sécurité} : facteur de sécurité supplémentaire de 10 pour tenir compte du fait que la substance peut présenter des effets cancérogènes possibles,
- un poids corporel moyen de 70 kg,
- un facteur 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.

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

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 1,4-dichlorobenzène, on obtient :

$$QS_{\text{dw_hh}} = \frac{0.1 \cdot 0.07 \cdot 70}{2 \cdot (1 - 0)} \cdot \frac{1}{10} = 0.0245 \text{ mg/L} = 24.5 \text{ µg/L}$$

La valeur calculée selon Lepper, 2005) est plus faible que celle recommandée par l'OMS. Elle est donc proposée comme norme de qualité pour l'eau de boisson.

Proposition de norme de qualité pour l'eau destinée à l'eau potable	24	µg/L
--	----	------

⁴ http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506_12.pdf

PROPOSITION DE NORME DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE (NQE)

La NQE 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}	20	µg/L
Organismes aquatiques (eau douce) Concentration Maximum Acceptable	MAC	70	µg/L
Empoisonnement secondaire des prédateurs valeur correspondante dans l'eau	QS _{biota sec pois}	3150	µg/kg _{biota}
	QS _{water_sp}	11	µg/L
Santé humaine via la consommation de produits de la pêche valeur correspondante dans l'eau	QS _{biota hh}	426	µg/kg _{biota}
	QS _{water hh food}	1	µg/L
Santé humaine via l'eau destinée à l'eau potable	QS _{dw_hh}	24	µg/L

Pour le 1,4-dichlorobenzène, la norme de qualité pour la santé humaine via la consommation des produits de la pêche est la valeur la plus faible pour l'ensemble des approches considérées. La proposition de NQE pour le 1,4-dichlorobenzène est donc la suivante :

PROPOSITION DE NORME DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE		
Moyenne Annuelle dans l'eau :	NQE_{EAU} =	1 µg/L
fondée sur la proposition norme de qualité pour la protection de l'empoisonnement secondaire des prédateurs :	NQE_{BIOTE} =	426 µg/kg_{biota}
Concentration Maximale Acceptable dans l'eau :	MAC =	70 µg/L

VALEURS GUIDES POUR LE SEDIMENT

Avec un Koc de 450 L/kg et un Log Kow = 3.4, la mise en œuvre d'un seuil pour le sédiment est recommandée par le projet de guide européen (E.C., 2009).

Néanmoins, le seuil proposé n'est fondé que sur la méthode du coefficient de partage à l'équilibre : il est calculé à partir de la norme de qualité dans l'eau et du Koc. L'incertitude de cette méthode devrait être prise en compte lors la mise en application du seuil sédiment

Sédiments (eau douce)	QS_{sed}	211	µg/kg_{sed} poids humide
		972	µg/kg_{sed} poids sec

BIBLIOGRAPHIE

Bornatowicz, N., A. Antes, *et al.* (1994). "2-Generationen-Fertilitätsstudie mit 1,4-Dichlorbenzol an Ratten." Wien. Klin. Wochenschr. **106**: 345-353.

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. (1986). Directive 86/280/CEE du Conseil du 12 juin 1986 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de certaines substances dangereuses relevant de la liste I de l'annexe de la directive 76/464/CEE., Journal officiel n° L 181 du 04/07/1986: p. 0016 - 0027.

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. (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 o 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.

Calamari, D., S. Galassi, *et al.* (1982). "Evaluating the hazard of organic substances on aquatic life: The paradichlorobenzene example." Ecotoxicology and Environmental Safety, **6**: 369-378.

Calamari, D., S. Galassi, *et al.* (1983). "Toxicity of selected chlorobenzenes to aquatic organisms." Chemosphere, **12**(2): 253-262.

Call, D. J., L. T. Brooke, *et al.* (1983). Toxicity and metabolism studies with EPA priority pollutants and related chemicals in freshwater organisms. Duluth, Minnesota, Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin-Superior, Environmental Research Laboratory.

Canton, J. H., W. Sloof, *et al.* (1985). "Toxicity, biodegradability and accumulation of a number of Cl/N-containing compounds for classification and establishing water quality criteria." Regulatory Toxicology and Pharmacology **5**: 123-131.

E.C. (1993). Règlement (CEE) du Conseil, du 23 mars 1993, concernant l'évaluation et le contrôle des risques présentés par les substances existantes (CE/793/93), Journal officiel n°L 084 du 05/04/1993: 0001-0075.

E.C. (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) N° 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

E.C. (2004a). "European Union Risk Assessment Report. 1,4-Dichlorobenzene. Final report."

E.C. (2004b). Commission staff working document on implementation of the Community Strategy for Endocrine Disrupters - a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife (COM(1999) 706)). SEC(2004) 1372., European Commission.

E.C. (2009). Draft Technical Guidance Document for deriving Environmental Quality Standards (July 2009 version). Not yet published.

ECHA (2008). Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment. Guidance on information requirements and chemical safety assessment., European Chemicals Agency: 65.

ETOX. (2007). "ETOX: Datenbank für ökotoxikologische Wirkungsdaten und Qualitätsziele." from <http://webetox.uba.de/webETOX/index.do>.

Lepper, P. (2002). Towards the derivation of quality standards for priority substances in the context of the water framework directive., Fraunhofer-Institute Molecular Biology and Applied Ecology.

Lepper, P. (2005). Manual on the Methodological Framework to Derive Environmental Quality Standards for Priority Substances in accordance with Article 16 of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Schmallenberg, Germany., Fraunhofer-Institute Molecular Biology and Applied Ecology.

Naylor, M. W. (1996). "Monsanto Company Environmental Health Laboratory, one year study of p-dichlorobenzene administered orally via capsule to beagle dogs, March 25 (cited in US EPA Data evaluation report)."

Petersen, G., D. Rasmussen, *et al.* (2007). Study on enhancing the Endocrine Disrupter priority list with a focus on low production volume chemicals, DHI: 252.

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

Smith, A. D., A. Bharath, *et al.* (1991). "The acute and chronic toxicity of ten chlorinated organic compounds to the american flagfish (*Jordanella floridae*)."
Arch. Environ. Contam. Toxicol. **20**: 94-102.

WHO (2003). Dichlorobenzenes in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking water quality., Geneva, World Health Organization. (WHO, SDE, WSH, 03.04/28).