

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE (VGE)

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

| | | Valeur | Unité |
|--|---|--------|------------------------|
| OBJECTIFS DE PROTECTION INDIVIDUELS | | | |
| Organismes aquatiques (eau douce) / moyenne annuelle | AA-QS _{water_eco} | 0.3 | µg/L |
| Organismes aquatiques (eau douce) Concentration Maximum Acceptable | MAC | 66 | µg/L |
| Organismes aquatiques (eau marine) / moyenne annuelle | AA-QS _{marine_eco} | 0.03 | µg/L |
| Organismes aquatiques (eau marine) Concentration Maximum Acceptable | MAC _{marine} | 6.6 | µg/L |
| Empoisonnement secondaire des prédateurs | QS _{biota sec pois} | 83 | µg/kg _{biota} |
| valeur correspondante dans l'eau (douce et marine) | QS _{water_sp} QS _{marin_sp} | 45 | µg/L |
| Santé humaine via la consommation de produits de la pêche | QS _{biota hh} | 43 | µg/kg _{biota} |
| valeur correspondante dans l'eau (douce et marine) | QS _{water_hh food} QS _{marine_hh food} | 23 | µg/L |
| Santé humaine via l'eau destinée à l'eau potable | QS _{dw_hh} | 15 | µg/L |

Pour le perchlorate d'ammonium, la valeur guide pour l'eau douce et celle pour l'eau marine sont les valeurs les plus faibles pour l'ensemble des approches considérées. La VGE pour le perchlorate d'ammonium est donc la suivante :

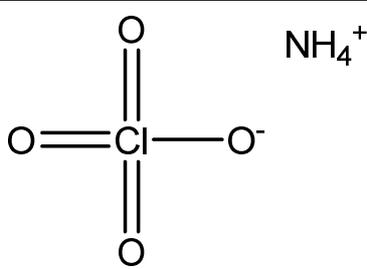
| VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| EAU DOUCE | | |
| Moyenne Annuelle dans l'eau : | VGE_{EAU-DOUCE} = | 0.3 µg/L |
| Concentration Maximale Acceptable dans l'eau: | MAC_{EAU-DOUCE} = | 66 µg/L |
| EAU MARINE | | |
| Moyenne Annuelle dans l'eau : | VGE_{EAU-MARINE} = | 0.03 µg/L |
| Concentration Maximale Acceptable dans l'eau: | MAC_{EAU-MARINE} = | 6.6 µg/L |

VALEURS GUIDES POUR LE SÉDIMENT

Avec un Koc de 86.03 L/kg et un log Kow = -5.84, la mise en œuvre d'un seuil pour le sédiment n'est pas recommandée par le guide européen (E.C., 2011).

Le perchlorate d'ammonium est utilisé comme un oxydant solide dans les navettes spatiales, les missiles balistiques intercontinentaux, et en chimie analytique (HSDB, 2011).

IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE

| | |
|------------------------------|---|
| Substance chimique | Perchlorate d'ammonium |
| Synonymes | Ammonium perchlorate Perchloric acid, ammonium salt |
| Numéro CAS | 7790-98-9 |
| Formule moléculaire | NH ₄ ClO ₄ |
| Code SMILES | Cl(=O)(=O)(=O)[O-][NH4+] |
| Structure moléculaire |  |

EVALUATIONS EXISTANTES ET INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

| | |
|--|---|
| Evaluations existantes | <p><u>US-EPA, 2002</u> : “Perchlorate Environmental Contamination: Toxicological Review and Risk Characterization”</p> <p><u>NRC, 2005</u> : “Health Implications of Perchlorate Ingestion”</p> <p><u>ATSDR, 2008</u> : “Toxicological profile for perchlorate”</p> <p>OCDE, 2011: “Draft v1 Guidance Document (GD) on Standardised Test Guidelines for Evaluating Chemicals for Endocrine Disruption (No. 150). Case Studies using example chemicals (Perchlorate)”</p> <p>REACH : Le perchlorate d'ammonium a été enregistré en 2010</p> |
| Phrases de risque et classification | <p><i>Annexe I Directive 67/548/CEE (C.E., 1967)</i></p> <p>O; R9</p> <p>R44</p> <p><i>Annexe VI Règlement (CE) No 1272/2008 (C.E., 2008)</i></p> <p>Expl. 1. H201</p> <p>Ox. Sol. 1 H271</p> |
| Effets endocriniens | <p>Le perchlorate d'ammonium n'est pas cité dans la stratégie communautaire concernant les perturbateurs endocriniens (E.C., 2004) 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).</p> <p>Cependant, ses effets sur le système endocrinien sont bien connus et la substance fait l'objet d'une des 3 études de cas illustrant le projet de document guide de l'OCDE portant sur les lignes directrice pour l'évaluation de la perturbation endocrinienne (OCDE, 2011).</p> |
| Critères PBT / POP | La substance ne remplit pas les critères PBT/vPvB ¹ (C.E., 2006) ou POP ² (PNUE, 2001). |
| Norme de qualité existante | - |
| Mesures de restriction | - |
| Substance(s) associée(s) | - |

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 PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

| | Valeur | Source |
|---|-------------------------------|------------------------------|
| Poids moléculaire [g/mol] | 117.49 | ATSDR, 2008 |
| Hydrosolubilité [mg/L] | 2.49.10 ⁵ à 25°C | ATSDR, 2008 |
| Pression de vapeur [Pa] | 8.3.10 ⁻¹² à 25°C | US-EPA, 2011a ⁽¹⁾ |
| Constante de Henry [Pa.m3/mol] | 3.9.10 ⁻¹⁵ à 25°C | US-EPA, 2011a ⁽¹⁾ |
| Log du coefficient de partage Octanol-eau (log Kow) | -5.84 (calcul) | US-EPA, 2011a ⁽¹⁾ |
| Coefficient d'adsorption (carbone organique) (Koc) [L/kg] | 86.03 (calcul) | US-EPA, 2011a ⁽¹⁾ |
| Constante de dissociation (pKa) | Pas d'information disponible. | |

(1) Les valeurs calculées avec le logiciel EPISUITE (US-EPA, 2011a) doivent être utilisées avec précaution car cette substance inorganique est en dehors du domaine d'application des modèles utilisés. Ces valeurs sont fournies à titre indicatif.

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

PERSISTANCE

| | | Source |
|-------------------------|---|------------|
| Hydrolyse | Le perchlorate d'ammonium est un sel inorganique ; il ne subit pas d'hydrolyse mais s'ionise en solution aqueuse. | HSDB, 2011 |
| Photolyse | Le perchlorate d'ammonium ne devrait pas subir de photolyse directe dans l'air. | |
| Biodégradabilité | L'ion perchlorate est inerte à la réduction, malgré l'état d'oxydation élevée du chlore (+VII). En solution aqueuse diluée, l'ion perchlorate est très stable et pourrait persister pendant des décennies dans des conditions normales dans les eaux souterraines et les eaux de surface. | |

DISTRIBUTION DANS L'ENVIRONNEMENT

| | | Source |
|--|---|---------------------------|
| Adsorption | A partir de la valeur calculée du Koc, on peut penser que l'adsorption du perchlorate d'ammonium est négligeable sur le sédiment et les particules en suspension. L'ion perchlorate n'est que faiblement adsorbés à la surface des minéraux dans des solutions de force ionique modérée. | ATSDR, 2008 |
| Volatilisation | La pression de vapeur et la constante d'Henry étant très faibles, le perchlorate d'ammonium ne devrait pas se volatiliser. | HSDB, 2011 ATSDR, 2008 |
| Bioaccumulation/ Biomagnification | BCF = 0.70 <i>Lepomis Macrochirus</i> BCF ⁽¹⁾ = 1.85 <i>Corbicula Fluminea</i> La substance n'est pas considérée comme bioaccumulable. Un BCF de 1.85 est utilisé dans la détermination des normes de qualité ce qui correspond à un BMF₁ de 1 et un BMF₂ de 1 pour les organismes marins. | Dean <i>et al.</i> , 2004 |

(1) Mesure effectuée avec du perchlorate de sodium monohydraté NaClO₄ +H₂O (CAS 7791-07-3).

ECOTOXICITÉ ET TOXICITÉ

ORGANISMES AQUATIQUES

Dans les tableaux ci-dessous, sont reportés pour chaque taxon les résultats des tests d'écotoxicité de la substance. Toutes les données présentées ont été validées dans le cadre des travaux réalisés dans le programme HPVC de l'OCDE.

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.

Le perchlorate d'ammonium se dissocie très rapidement dans l'eau pour former l'ion ammonium et l'ion perchlorate. Ainsi, l'ion perchlorate agira indépendamment de l'ion ammonium. L'ion ammonium sera dissipé pour être remplacé par un cation différent, tandis que l'ion perchlorate est conservé dans l'environnement.

L'évaluation des dangers de l'ion perchlorate (sous forme anionique : ClO₄⁻) est menée à partir d'essais réalisés sur différents sels tels que le perchlorate d'ammonium (N°CAS 7790-99-8), le perchlorate de sodium (N°CAS 7601-89-0), le perchlorate de potassium (N°CAS 7778-74-7), et le perchlorate de lithium (N°CAS 7791-03-9) (US-EPA, 1998, US-EPA, 2002) présentés dans le tableau ci-dessous.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

| Formule | Masse molaire (g/mol) | Solubilité à 20°C (10 ³ mg/L) | Source |
|----------------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|
| NH ₄ ClO ₄ | 117.49 | 200 | HSDB, 2011 |
| NaClO ₄ | 122.44 | 2096 | HSDB, 2011 |
| KClO ₄ | 138.55 | 15 | HSDB, 2011 |
| LiClO ₄ | 106.39 | 375 | Srinivasan <i>et al.</i> , 2009 |

Quant à l'ion ammonium, plusieurs études ont montré que sa toxicité pouvait contribuer directement à la létalité des sujets. Le perchlorate réduirait la toxicité de l'ammonium (Sparling et Harvey, 2006, Goleman et Carr, 2006, Goleman *et al.*, 2002a).

On privilégiera donc les données utilisant du perchlorate d'ammonium. Cependant, de nombreuses études utilisent le perchlorate de sodium en raison d'une solubilité dans l'eau plus élevée, et permettant de rendre compte des effets seuls de l'ion perchlorate.

ECOTOXICITE

ECOTOXICITE AQUATIQUE AIGUË

| Organisme | Espèce | Substance | Critère d'effet | Valeur (mg/L) | Validité | Référence |
|-----------------------------|---|----------------------------------|---|---------------|----------|--|
| Algues & plantes aquatiques | <i>Pseudokirchneriel la subcapitata</i> | NH ₄ ClO ₄ | EbC ₅₀ ErC ₅₀ (72h) (statique) | 251 | Valide | CIT, 2010a |
| | | | | >500 | | |
| | | Pas d'information disponible. | | | | |
| Invertébrés | <i>Ceriodaphnia dubia</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (48h) (statique) | 66 | Valide | EA Engineering, Science and Technology, Inc. 1998 cité dans US-EPA, 2002 |
| | <i>Daphnia magna</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (48h) (statique) | 490 | Valide | EA Engineering, Science and Technology, Inc. 1998 cité dans US-EPA, 2002 |
| | <i>Daphnia magna</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (48h) (statique) | > 341* | Valide* | CIT, 2010b |

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

| Organisme | | Espèce | Substance | Critère d'effet | Valeur (mg/L) | Validité | Référence |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------|--|
| | | <i>Corbicula fluminea</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (96h) (continu) | 6680 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |
| | Sédiment | <i>Chironomus tentans</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (48h) (continu) | 8100 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| | | <i>Lumbriculus variegatus</i> | NaClO ₄ | EC ₅₀ (96h) (continu) | 3710 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| Poissons | Eau douce | <i>Pimephales promelas</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (7j) | 270 | Étude supplémentaire | Block Environmental Services, Inc. 1998 cité dans US-EPA, 2002 |
| | | <i>Pimephales promelas</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (96h) (statique) | 614 | Valide | EA Engineering, Science and Technology, Inc. 1998 cité dans Callahan, 1998 et US-EPA, 2002 |
| | | <i>Lepomis macrochirus</i> | NaClO ₄ | EC ₅₀ (96h) (continu) | 1470 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| | | <i>Oncorhynchus mykiss</i> | NaClO ₄ | EC ₅₀ (96h) (continu) | 2010 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| | | <i>Oncorhynchus mykiss</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (96h) (continu) | > 200 | Valide | CIT, 2010c |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |
| Amphibiens | Eau douce | <i>Rana pipiens</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (7j) | 195 | Valide | Sparling et Harvey, 2006 |
| | | <i>Rana pipiens</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (96h) | 378 | Valide | Sparling et Harvey, 2006 |
| | | <i>Xenopus laevis</i> | NH ₄ ClO ₄ | LC ₅₀ (5j) | 510 | Valide | Goleman <i>et al.</i> , 2002 |
| | | <i>Xenopus laevis</i> | NaClO ₄ | LC ₅₀ (5j) | 2780 | Valide | Goleman et Carr, 2006 |
| | | <i>Rana clamitans</i> | NaClO ₄ | EC ₅₀ (96h) (continu) | 5100 | Valide | Dean <i>et al.</i> , 2004 |
| Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | | |

* Les tests préliminaires indiquent une EC₅₀ comprise entre 200 mg/l (inhibition de 15%) et 500 mg/l (inhibition de 60%) mais le test définitif a été réalisé avec des concentrations d'exposition comprises entre 108 et 500 mg/l et l'inhibition observée à 500 mg/l est de seulement 40%.

ECOTOXICITE AQUATIQUE CHRONIQUE

| Organisme | | Espèce | Substance | Critère d'effet | Valeur (mg/L) | Validité | Référence |
|-----------------------------|--------------|---|----------------------------------|---|---|------------------------------|--|
| Algues & plantes aquatiques | Eau douce | <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> | NH ₄ ClO ₄ | EbC ₁₀ ErC ₁₀ (72h) (statique) | 49.832 199.54 | Valide | CIT, 2010a |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |
| Invertébrés | Eau douce | <i>Ceriodaphnia dubia</i> | NH ₄ ClO ₄ | NOEC (6 j) | 9.6 | Étude supplémentaire | Block Environmental Services, Inc. 1998 cité dans US-EPA, 2002 |
| | | <i>Ceriodaphnia dubia</i> | NaClO ₄ | NOEC (7 j) | 10 | Valide | EA Engineering, Science and Technology, Inc. 1998 cité dans Callahan, 1998 et US-EPA, 2002 |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |
| | Sédiment | Pas d'information disponible. | | | | | |
| Poissons | Eau douce | <i>Danio rerio</i> (essai non standardisé) | - | NOEC (12 semaines) | <0.011 (réduction de la colloïde T4) 0.011 (angiogénèse) 0.090 (hypertrophie de la thyroïde) 1.131 (réduction de la colloïde de la thyroïde) | Considéré e comme pertinente | Mukhi et al., 2005 cité dans OCDE, 2011 |
| | | <i>Oryzias latipes</i> | - | NOEC NOEC F0 NOEC F1 | >1.09 0.273 0.545 | Considéré e comme pertinente | ABC, 2009 cité dans OCDE, 2011 |
| | | <i>Pimephales promelas</i> | - | LOEC (21 j) | 5.6 | Considéré e comme pertinente | US-EPA, 2006 cité dans OCDE, 2011 |

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

| Organisme | | Espèce | Substance | Critère d'effet | Valeur (mg/L) | Validité | Référence |
|------------|-----------------------|---|------------|--|---|----------------------------------|---|
| | | <i>Danio rerio</i> (essai non standardisé) | - | NOEC (56 j) | 18 (réduction de la fécondité, anomalies thyroïdiennes) | Considéré e comme pertinente | Patino et al., 2003 cité dans OCDE 2011 |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |
| Amphibiens | Eau douce | <i>Xenopus laevis</i> | - | LOEC (70j) | 0.005 (réduction de l'émergence des membres antérieurs à toutes les concentrations testées) (NOEC < 5 µg/L) | Valide | Goleman et al., 2002b |
| | | | | NOEC (70j) | 0.005 (réduction de la longueur des membres postérieurs et de la résorption de la queue) | | |
| | | <i>Xenopus laevis</i> | - | NOEC(14 j) | <0.016 (effets histologiques) 0.032 (hypertrophie de la thyroïde) 0.063 (retardement de la métamorphose) | Considéré e comme pertinente | Tietge et al., 2005 |
| | <i>Xenopus laevis</i> | - | NOEC(21 j) | <0.062 – 0.062 (altérations histologique de la thyroïde) | Considéré e comme pertinente | OCDE, 2007 cité dans OCDE, 2011. | |
| | Milieu marin | Pas d'information disponible. | | | | | |

De nombreuses études ont étudié de façon plus spécifique les effets du perchlorate d'ammonium sur le système endocrinien et l'OCDE a récemment fait une revue de la littérature portant sur ces effets (OCDE, 2011). L'étude de l'OCDE rapporte à la fois des études sur mammifères et organismes aquatiques, des essais *in vivo* et *in vitro* normalisés ou non, ainsi que des études mécanistiques. Une sélection de ces études, considérées comme pertinentes pour la détermination de la norme de qualité environnementale sont reportées dans le tableau ci-dessus et décrites ci-dessous. On se reportera au rapport de l'OCDE pour une revue plus complète.

Xenopus laevis – Essai non standardisé – Goleman *et al.*, 2002b

Des œufs et larves (stade 4-10) de xénope (*Xenopus laevis*) ont été exposés à des concentrations mesurées de perchlorate comprises entre 5 et 425 000 µg/L durant 70 jours. L'émergence des membres antérieurs a été réduite (environ 50% à la LOEC, $p < 0,05$) à toutes les concentrations testées (NOEC < 5 µg/L), tandis que les NOECs pour la réduction de la longueur des membres postérieurs et de la résorption de la queue sont à 5 µg/L ($p < 0,01$). Cependant dans cette étude un retard de croissance a été observé chez le témoin : 60% des individus ont atteint le stade 58 en 70 jours alors que normalement ce stade doit être atteint en 44 jours. Aussi bien que l'effet sur les pattes antérieures soit significatif à 5 µg/L par rapport au témoin, l'intensité de l'effet est difficilement extrapolable.

Xenopus laevis – Essai non standardisé, similaire OCDE TG 231 – Tietge *et al.*, 2005

Des larves de xénope au stade 51-54 ont été exposées à des concentrations mesurées en perchlorate de 16, 63, 250, 1000 et 4000 µg/L durant 14 jours. Cet essai a été réalisé avec pour objectif d'élaborer un protocole abrégé de la ligne directrice OCDE TG 231 dont l'objectif est d'identifier de potentiels perturbateurs de l'activité thyroïdienne. L'exposition lors de 2 stades distincts de développement (51 et 54) a été testée. La période entre les stades 47 et 52 est considérée comme pré-métamorphose. La métamorphose commence au stade 53 et les hormones thyroïdiennes sont mesurables au stade 54. On observe que la métamorphose est significativement retardée à partir de 250 µg/L (NOEC = 63 µg/L) sans différence entre exposition au stade 51 ou 54, et des effets histologiques ont été observés à la plus faible concentration testée (NOEC < 16 µg/L). Une étude complémentaire avec des larves de stade 51 exposées à des concentrations de 8, 16, 63 et 125 µg/L donne une NOEC pour le retardement de la métamorphose à 63 µg/L et une NOEC à 32 µg/L pour l'hypertrophie de la thyroïde.

Xenopus laevis – OCDE TG 231 – OCDE, 2007 cité dans OCDE, 2011.

Des xénopes (*Xenopus laevis*) ont été exposés à des concentrations nominales de perchlorate de 0, 62.5, 125, 250 et 500 µg/L durant 21 jours (concentration mesurées variant dans la gamme des 20% autour des concentrations nominales). Aux concentrations testées, la longueur du corps, la longueur museau-cloaque, et le poids du corps ont augmenté (de 5 à 20 %) avec des valeurs de NOEC comprises entre 62.5 et 125 µg/L. La longueur des membres postérieurs a diminué de 20 à 30 % (NOEC = 125 µg/L). Des altérations histologiques de la thyroïde ont été observées à toutes les concentrations testées (NOEC < 62.5-62.5 µg/L) incluant une augmentation de la taille des cellules épithéliales de la thyroïde et du volume de la thyroïde.

Les effets observés aux doses les plus basses sont ceux observés dans l'essai non standardisé sur Xénope, de Goleman *et al.*, 2002 dans lequel on observe dès la dose de 5 µg/L une réduction de l'émergence des membres antérieurs et à la dose supérieure une réduction de la taille des membres postérieurs et de la résorption de la queue. Ils sont cohérents avec les effets reportés dans les études de Tietge *et al.*, 2005 et OCDE TG 231 – OCDE 2007. Ces effets sont considérés comme écologiquement pertinents et retenus pour l'évaluation. Les autres effets notés par Tietge *et al.*, 2005, en particulier l'hypertrophie de la thyroïde et les modifications histologiques de la thyroïde sont considérés comme les auteurs comme des effets précoces indicateurs d'une perturbation intervenant en deçà des concentrations causant un retard de métamorphose. Ils suggèrent que la compensation thyroïdienne est suffisante pour permettre un développement normal.

NORMES DE QUALITÉ POUR LA COLONNE D'EAU

Les normes de qualité pour les organismes de la colonne d'eau sont calculées conformément aux recommandations au 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 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 la AA-QS_{marine_eco} doit prendre en compte les incertitudes additionnelles telles que la sous-représentation de taxons clefs 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 perchlorate d'ammonium, on dispose de données valides pour des expositions aiguë et chronique pour les trois niveaux trophiques. A partir de ce jeu de donnée, les effets d'une exposition aiguë sur la mortalité sont observés aux doses les plus faibles chez les crustacés et les effets d'une exposition chronique sur le développement chez les amphibiens. Pour une exposition chronique, on dispose des résultats de trois essais réalisés sur *Xenopus laevis* visant à évaluer les potentiels effets perturbateurs endocriniens de la substance (OCDE, 2011). Le résultat le plus faible a été obtenu par l'étude réalisée par Goleman *et al.*, 2002b avec une LOEC à 5 µg/L (NOEC < 5 µg/L) l'effet pris en compte étant l'émergence des membres antérieurs. Néanmoins du fait d'un retard de développement observé chez le témoin dans cette étude, l'AA-QS est basée sur une autre étude qui porte sur le même effet (retard de métamorphose) chez le même organisme (NOEC = 63 µg/L). Compte tenu du nombre de taxons disponibles, l'application du guide technique européen (E.C., 2011) permettrait l'application d'un facteur de sécurité de 10. Cependant, afin de prendre en compte les effets sur les stades précoces de développement et d'une exposition prolongée, il est proposé d'ajouter un facteur supplémentaire de sécurité de 20³ pour déterminer la AA-QS_{water_eco} :

$$AA-QS_{water_eco} = 0.063 \text{ [mg/L]} / 200 = 0.0003 \text{ mg/L, soit}$$

$$AA-QS_{water_eco} = 0.3 \text{ µg/L}$$

En ce qui concerne les organismes marins, aucun essai n'est disponible. Le jeu de données disponible ne permet pas de montrer une différence de sensibilité. La norme de qualité sera donc déterminée conformément au guide technique européen (E.C., 2011), en appliquant un facteur d'extrapolation de 1000 sur la même donnée que précédemment :

$$AA-QS_{marine_eco} = 0.063 \text{ [mg/L]} / 2000 = 0.00003 \text{ mg/L, soit}$$

$$AA-QS_{marine_eco} = 0.03 \text{ µg/L}$$

- **Concentration Maximale 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).

Pour le perchlorate d'ammonium des données aiguës sont disponibles pour les trois niveaux trophiques. On choisit donc d'appliquer un facteur d'extrapolation de 100 sur la donnée la plus faible. Les invertébrés étant les organismes les plus sensibles, le facteur de 100 est appliqué sur la LC₅₀ (48 h) de 66 mg/L observée pour *Ceriodaphnia dubia*. Du fait de son caractère perturbateur endocrinien, un facteur de sécurité supplémentaire de 10 est appliqué pour calculer la MAC :

$$MAC = 66 \text{ [mg/L]} / 1000 = 0.066 \text{ mg/L, soit}$$

$$MAC = 66 \text{ µg/L}$$

³ L'étude mettant en évidence des effets sur la thyroïde a été réalisée avec des organismes au stade 51-54 exposés pendant 14 jours alors que les effets sur l'émergence des membres antérieurs ont été étudiés avec des organismes de stade 4-10 (soit de 8 cellules au gastrula) exposés pendant 70 jours.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

En ce qui concerne les organismes marins, aucune donnée aiguë n'est disponible. Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour le compartiment eau douce la MAC_{marine} sera déterminée en appliquant un facteur de sécurité de 10000 sur la donnée aiguë la plus faible :

$$MAC_{\text{marine}} = 66 / 10000 = 0.0066 \text{ mg/L, soit}$$
$$MAC_{\text{marine}} = 6.6 \text{ } \mu\text{g/L}$$

| Proposition de norme de qualité pour les organismes de la colonne d'eau (eau douce) | | |
|--|------|-----------------|
| Moyenne annuelle [AA-QS _{water_eco}] | 0.3 | $\mu\text{g/L}$ |
| Concentration Maximum Acceptable [MAC] | 66 | $\mu\text{g/L}$ |
| Proposition de norme de qualité pour les organismes de la colonne d'eau (eau marine) | | |
| Moyenne annuelle [AA-QS _{marine_eco}] | 0.03 | $\mu\text{g/L}$ |
| Concentration Maximum Acceptable [MAC _{marine_eco}] | 6.6 | $\mu\text{g/L}$ |

VALEUR GUIDE DE QUALITÉ POUR LE SÉDIMENT (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).

Des données de toxicité aiguë sur les organismes benthiques sont disponibles. Cependant, la contamination ayant eu lieu par la voie aqueuse, ces essais ne sont pas donc pas pertinents pour déterminer la valeur guide de qualité pour le sédiment. Ainsi, la QS_{sed} est alors calculée à l'aide de la méthode d'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.

Une valeur guide de qualité pour le sédiment peut être alors calculée selon l'équation suivante (E.C., 2011) :

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

Avec :

RHO_{sed} : masse volumique du sédiment en $[\text{kg}_{\text{sed}}/\text{m}^3_{\text{sed}}]$. En l'absence d'une valeur exacte, la valeur générique proposée par le guide technique européen (E.C., 2011) est utilisée : 1300 kg/m^3 .

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

$K_{\text{sed-eau}}$: coefficient de partage sédiment/eau en m^3/m^3 . En l'absence d'une valeur exacte, les valeurs génériques proposées par le guide technique européen (E.C., 2011) sont utilisées. Le coefficient est alors calculé selon la formule suivante : $0.8 + 0.025 * K_{\text{oc}}$ soit $K_{\text{sed-eau}} = 2.95 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Ainsi, on obtient :

$$QS_{\text{sed wet weight}} = \frac{2.95}{1300} * 0.3 * 1000 = 0.68 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg} \text{ (poids humide)}$$

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

$$\frac{RHO_{\text{sed}}}{F_{\text{solide}_{\text{sed}}} * RHO_{\text{solide}}} = \frac{1300}{500} = 2.6$$

Avec :

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

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 le guide technique européen (E.C., 2011) est utilisée : $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Pour le perchlorate d'ammonium, la concentration correspondante en poids sec est :

$$QS_{\text{sed dry weight}} = QS_{\text{sed wet weight}} * 2.6 = 1.77 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoids sec}}$$

Selon la même approche que pour le sédiment d'eau douce, une valeur guide de qualité pour le sédiment marin peut être calculée selon la formule suivante :

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

$$QS_{\text{sed-marin wet weight}} = 0.07 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg} \text{ (poidshumide)}$$

La concentration correspondant au poids sec est alors la suivante :

$$QS_{\text{sed-marin dry weight}} = QS_{\text{sed-marin wet weight}} * 2.6 = 0.18 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoids sec}}$$

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.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

Par ailleurs, certains organismes benthiques peuvent ingérer les particules sédimentaires, et donc être contaminés par la fraction de substance adsorbée sur ces particules, ce qui n'est pas pris en compte par la méthode.

| | | |
|---|---|---|
| Proposition de valeur guide de qualité pour les sédiments (eau douce) | 0.7 | $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoidshumide}}$ |
| | 2 | $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoids sec}}$ |
| Proposition de valeur guide de qualité pour les sédiments (eau marine) | 0.07 | $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoidshumide}}$ |
| | 0.2 | $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{sedpoids sec}}$ |
| Conditions particulières | Avec un Koc de 86.03 L/kg et un Log Kow = - 5.84, la mise en œuvre d'un seuil pour le sédiment n'est pas recommandée par le document 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 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 jugées valides par l'INERIS.

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 (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 $QS_{\text{biota_sec}} \text{ pois}$. 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 VERTÉBRÉS TERRESTRES

D'après l'ensemble de données examinées, il est très peu probable que le perchlorate ait des effets toxicologiques à des doses inférieures à celles qui affectent la fonction thyroïdienne.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

L'évaluation des risques associés à l'exposition au perchlorate est basée sur l'inhibition de l'adsorption de l'iode par la glande thyroïde.

TOXICITE ORALE POUR LES MAMMIFERES

| | Type de test | NOAEL/LOAEL [mg/kg _{corporel} /j] | Source | Facteur de conversion | NOEC [mg/kg _{biota}] |
|---|---|---|---|-----------------------|-----------------------------------|
| Toxicité sub-chronique et/ou chronique | Rat Administration orale (NH ₄ ClO ₄) via l'eau des boissons (10/sexe/lot) Doses administrées : 0.01 – 0.05 – 0.2 – 1 – 10 mg/kg _{corporel} /j Durée du test : 90 jours | 1 | Siglin <i>et al.</i> , 2000 cité dans ATSDR, 2008 | 10 | 10 |
| Toxicité pour la reproduction | Rat Administration orale (NH ₄ ClO ₄) via l'eau potable (30/sexe/lot) Doses administrées : 0.3 – 3 – 30 mg/kg _{corporel} /j Etude sur 2 générations (A) Effet sur la fertilité (B) Effet sur la thyroïde | (A) 30 (B) 0.3 | York <i>et al.</i> , 2001 cité dans ATSDR, 2008 | 8.33 | (A) 250 (B) 2.5 |

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 | Pas d'information disponible. | | | | |

NORME DE QUALITÉ EMPOISONNEMENT SECONDAIRE (QS_{BIOTA_SEC POIS})

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

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 (E.C., 2011).

Pour le perchlorate d'ammonium, un facteur de 30 est appliqué car le test retenu (NOEC de 2.5 mg/kg_{biota}) est une étude de reproduction. On obtient donc :

$$QS_{\text{biota_sec pois}} = 2.5 \text{ [mg/kg}_{\text{biota}}] / 30 = 83 \text{ }\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$$

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

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

$$QS_{\text{watersp}} [\mu\text{g/L}] = \frac{QS_{\text{biota_sec pois}} [\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}]}{\text{BCF [L/kg}_{\text{biota}}] * \text{BMF}_1}$$

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

$$QS_{\text{marinsp}} [\mu\text{g/L}] = \frac{QS_{\text{biota_sec pois}} [\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}]}{\text{BCF [L/kg}_{\text{biota}}] * \text{BMF}_1 * \text{BMF}_2}$$

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 biota. 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 biota.

La bioaccumulation tient compte à la fois du facteur de bioconcentration (BCF, ratio entre la concentration dans le biota 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 BMF₁ et le BMF₂, 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 biota, 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 perchlorate d'ammonium, un BCF de 1.85 (Dean et al, 2003) et un BMF₁ = BMF₂ de 1 (cf. E.C., 2011) ont été retenus. On a donc :

$$QS_{\text{water sp}} = 83 \text{ }[\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}] / (1.85 * 1) = 45 \text{ }\mu\text{g/L}$$

$$QS_{\text{marin sp}} = 83 \text{ }[\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}] / (1.85 * 1 * 1) = 45 \text{ }\mu\text{g/L}$$

| | | |
|--|----|---------------------------------|
| Proposition de norme de qualité pour l'empoisonnement secondaire des prédateurs | 83 | $\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$ |
| valeur correspondante dans l'eau (douce et marine) | 45 | $\mu\text{g/L}$ |

SANTÉ 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 cancérogène ou mutagène sont également pris en compte.

| | Type de test | NOAEL/LOAEL [mg/kg _{corporel} /j] | Source | Valeur toxicologique de référence (VTR) [mg/kg _{corporel} /j] |
|---|--|---|---|--|
| Toxicité sub-chronique et/ou chronique | Humain Administration orale via l'eau des boissons Doses administrées : 0.007 – 0.02 – 0.1 – 0.5 ppm Durée du test : 14 jours Effets : inhibition de l'absorption de l'iodure dans la thyroïde | 0.007 ⁽¹⁾ | Greer <i>et al.</i> , 2002 cité dans NRC, 2005, ATSDR, 2008, US-EPA, 2011bb, INERIS, 2011 | 0.0007 ⁽²⁾ Facteur d'incertitude : - intra-espèce = 10 |
| Toxicité pour la reproduction | Cf. section ci-dessus. | | | |

(1) NOEL : No Observed Effect Level; (2) Cette VTR a été déterminé par NRC (2005) et cité dans ATSDR (2008), US-EPA (2011b) et INERIS (2011). Elle est soutenue par des études cliniques, des études épidémiologiques et environnementales, et des études sur l'administration du perchlorate à long terme pour les patients souffrant d'hyperthyroïdie.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

| | Classement CMR | Source |
|--------------------------------------|--|------------|
| Cancérogène | 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 cancérogénèse. | C.E., 2008 |
| 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. | 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 (E.C., 2011):

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

Ce calcul tient compte de :

- la valeur toxicologique de référence (VTR), correspondant à une dose totale admissible par jour; pour cette substance elle est considérée égale à 0.0007 mg/kg_{corporel}/j (cf. tableau ci-dessus) = 0.7 µg/kg_{corporel}/j,
- 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,
- 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.

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., 2011).

Pour le perchlorate d'ammonium, le calcul aboutit à :

$$QS_{\text{biota hh}} [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}] = \frac{0.1 * 0.7 [\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{corporel}}/\text{j}] * 70 [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{0.115 [\text{kg}_{\text{biota}}/\text{j}]} = 42.6 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{biota}}$$

Comme pour l'empoisonnement secondaire, la concentration correspondante :

- dans l'eau douce peut être estimée en tenant compte de la bioaccumulation de la substance :

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

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

- dans l'eau marine peut être estimée en tenant compte de la bioaccumulation de la substance :

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

Pour le perchlorate d'ammonium, on obtient donc :

$$QS_{\text{water_hh food}} = 42.6 / (1.85 * 1) = 23 \mu\text{g/L}$$

$$QS_{\text{marine_hh food}} = 42.6 / (1.85 * 1 * 1) = 23 \mu\text{g/L}$$

| | | |
|--|----|---------------------------------|
| Proposition de norme de qualité pour la santé humaine via la consommation de produits de la pêche | 43 | $\mu\text{g/kg}_{\text{biota}}$ |
| Valeur correspondante dans l'eau (douce et marine) | 23 | $\mu\text{g/L}$ |

NORME DE QUALITE POUR LA SANTE HUMAINE VIA L'EAU DE BOISSON ($QS_{\text{DW_HH}}$)

La norme de qualité pour l'eau de boisson est calculée de la façon suivante (E.C., 2011) :

$$\text{MPC}_{\text{dw_hh}} [\mu\text{g/L}] = \frac{0.1 * \text{VTR} [\mu\text{g/kg}_{\text{corporel/j}}] * \text{poids corporel} [\text{kg}_{\text{corporel}}]}{\text{Cons.moy.eau} [\text{L/j}]}$$

Ce calcul tient compte de :

- la valeur toxicologique de référence (VTR) ; pour cette substance elle est considérée égale à $0.0007 \text{ mg/kg}_{\text{corporel/j}} = 0.7 \mu\text{g/kg}_{\text{corporel/j}}$,
- une consommation d'eau moyenne de 2 L par jour,
- un poids corporel moyen de 70 kg,
- 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.

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

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 perchlorate d'ammonium, on obtient :

$$QS_{\text{dw_hh}} = \frac{0.1 * 0.7 * 70}{2 * (1 - 0)} = 2.4 \mu\text{g/L}$$

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

Cependant, il existe deux valeurs guides pour l'eau potable :

- l'OEHHA propose une valeur guide de 6 µg/L pour une exposition chronique au perchlorate dans l'eau de boisson (OEHHA, 2004). Cette valeur est établie à partir de la même étude chez le volontaire sain que la VTR décrite ci-dessus (Greer *et al.*, 2002).
- L'US-EPA propose une valeur projet de 15 µg/L pour une exposition chronique au perchlorate dans l'eau de boisson (US-EPA, 2008). L'US EPA utilise la même formule de calcul que celle de l'OEHHA mais la part relative de l'apport de l'eau de boisson et de la nourriture est différente notamment car l'US EPA préfère prendre une valeur qui tient compte de l'exposition réelle des populations qu'une valeur estimée par défaut. Cette valeur n'est pas adoptée à ce jour car de nombreux commentaires ont été formulés en 2009 notamment en ce qui concerne les valeurs réelle de l'exposition qui sont considérées par certains comme non représentatives de l'exposition réelle.

Après expertise de l'ANSES des deux valeurs guides disponibles, le choix s'est porté sur la valeur déterminée par l'US-EPA, soit 15 µg/L. Cette valeur guide devient alors réglementaire et doit être appliquée au niveau national (ANSES, 2011).

| | | |
|--|----|------|
| Proposition de norme de qualité pour l'eau destinée à l'eau potable | 15 | µg/L |
|--|----|------|

BIBLIOGRAPHIE

ABC (2009). Perchlorate: the medaka (*Oryzias latipes*) full life-cycle test. Audited draft report to Battelle-Pacific Northwest Division, ABC Laboratories, Columbia, Missouri. ABC Study no. 64758, 308 pp.

ANSES (2011). Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à la présence d'ions perchlorate dans les eaux destinées à la consommation humaine.

ATSDR (2008). Toxicological profile for perchlorate. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. department of Health and Human Services, Public Health Services., Atlanta, Georgia

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. (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.

Callahan C. (1998). Perchlorate ecological risk studies-a report on literature reviews and studies conducted by the ecological impact/transport and transformation subcommittee of the interagency perchlorate steering committee. INSTITUTE FOR ENVIRONMENT SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH RISK ANALYSIS BROOKSAFB TX RISK ANALYSIS DIRECTORA

CIT (2010a). Unpublished work. Algal growth inhibition test. Perchlorate d'ammonium. CIT confidential GLP study. Laboratory study number: 36367 EAA. Evreux, France, CIT.

CIT (2010b). Unpublished work. *Daphnia magna*., acute immobilization test under static conditions. Perchlorate d'ammonium. CIT confidential GLP study. Laboratory study number: 36368 EAA. Evreux, France, CIT.

CIT (2010c). Unpublished work. Rainbow trout, acute toxicity test under semi-static conditions. Perchlorate d'ammonium. CIT confidential GLP study. Laboratory study number: 36369 EAA. Evreux, France, CIT.

Dean K.E., Palachek R.M., Noel J.M., Warbritton R., Aufderheide J. et Wireman J. (2004). "Development of freshwater water-quality criteria for perchlorate." Environmental Toxicology and Chemistry **23**(6): 1441-1451.

E.C. (2004). 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, Brussels

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.

Goleman, WL, Carr, JA and Anderson, TA (2002a). Environmentally relevant concentrations of ammonium perchlorate inhibit thyroid function and alter sex ratios in developing *Xenopus laevis*. Environ Toxicol Chem **21**, 590-597.

Goleman W.L., Urquidi L.J., Anderson T.A., Smith E.E., Kendall R.J. et Carr J.A. (2002b). "Environmentally relevant concentrations of ammonium perchlorate inhibit development and metamorphosis in *Xenopus laevis*." Environmental Toxicology and Chemistry **21**(2): 424-430.

PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

Goleman W.L. et Carr J.A. (2006). "Contribution of ammonium ions to the lethality and antimetamorphic effects of ammonium perchlorate." *Environmental Toxicology and Chemistry* **25**(4): 1060-1067.

Greer M.A., Goodman G., Pleus R.C. et Greer S.E. (2002). "Health effects assessment for environmental perchlorate contamination: The dose response for inhibition of thyroidal radioiodine uptake in humans." *Environmental Health Perspectives* **110**(9): 927-937.

HSDB (2011). Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine.

INERIS (2011). Profil toxicologique et choix de valeur de référence pour le perchlorate lors d'expositions chroniques par voie orale, DRC-11-119475-02737A. 3 mars 2011.

Mukhi, S, Carr, JA, Anderson, TA and Patiño, R (2005). Novel biomarkers of perchlorate exposure in zebrafish. *Environ Toxicol Chem* **24**, 1107-1115.

NRC (2005). *Health implications of perchlorate ingestion*. Washington, D.C., The National Academies Press.

OECD (2007). Final report of the validation of the amphibian metamorphosis assay: Phase 2 – multichemical interlaboratory study. OECD Series on Testing and Assessment no. 77, ENV/JM/MONO(2007)24, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris. 96 pp.

OCDE (2011). Draft v1. Guidance Document (GD) on Standardised Test Guidelines for Evaluating Chemicals for Endocrine Disruption (No. 150). Case Studies using example chemicals. (Perchlorate). October 2011.

OEHHA (2004). "Public health goal for perchlorate in drinking water. Office of Environmental health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency."

Patiño, R, Wainscott, MR, Cruz-Li, EI, Balakrishnan, S, McMurry, C, Blazer, VS and Anderson, TA (2003). Effects of ammonium perchlorate on the reproductive performance and thyroid follicle histology of zebrafish. *Environ Toxicol Chem* **22**, 1115-1121.

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.

Siglin J.C., Mattie D.R., Dodd D.E., Hildebrandt P.K. et Baker W.H. (2000). "A 90-day drinking water toxicity study in rats of the environmental contaminant ammonium perchlorate." *Toxicological sciences* **57**(1): 61-74.

Sparling D.W. et Harvey G. (2006). "Comparative toxicity of ammonium and perchlorate to amphibians." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **76**(2): 210-217.

Srinivasan R., Sorial G. et Sahle-Demessie E. (2009). "Removal of Perchlorate and Chlorate in Aquatic Systems Using Integrated Technologies." *Environmental Engineering Science* **26**(11): 1661-1671.

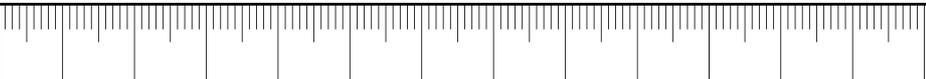
Tietge, JE, Holcombe, GW, Flynn, KM, Kosian, PA, Korte, JJ, Anderson, LE, Wolf, DC and Degitz, SJ (2005). Metamorphic inhibition of *Xenopus laevis* by sodium perchlorate: effects on development and thyroid histology. *Environ Toxicol Chem* **24**, 926-933.

US-EPA (1998). Perchlorate Environmental Contamination: Toxicological Review and Risk Characterization Based on Emerging Information. United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention and Toxic Substances. <http://www.epa.gov/ncea/>.

US-EPA (2002). Perchlorate Environmental Contamination: Toxicological Review and Risk Characterization. United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention and Toxic Substances. <http://www.epa.gov/ncea/>.

USEPA (2006). Multi-chemical evaluation of the short-term reproduction assay with the fathead minnow. Batelle unpublished report, EPA contract no. 68-W-01-023, United States Environmental Protection Agency, Washington DC.

US-EPA (2008). "Drinking water: preliminary regulatory determination on perchlorate Federal Register, 73, 198, 60262-60282."



PERCHLORATE D'AMMONIUM – n° CAS : 7790-98-9

US-EPA (2011a). EPI Suite, v.4.10, EPA's office of pollution prevention toxics and Syracuse Research Corporation (SRC).

US-EPA (2011b). IRIS, Integrated Risk Information System - Perchlorate and Perchlorate Salts.

York R.G., Brown W.R., Girard M.F. et Dollarhide J.S. (2001). "Two-generation reproduction study of ammonium perchlorate in drinking water in rats evaluates thyroid toxicity." International Journal of Toxicology **20**(4): 183-197.