

**ANNEXE B1 : LISTE DES VALEURS LIMITES ( $VS_H$ ,  $VS_{nappe}$ ,  $VS_{nappe}$   
[volatilisation]) RELATIVES A LA PROTECTION DE LA SANTE  
HUMAINE A UTILISER AU STADE DE L'ESR-SH POUR  
LES POLLUANTS NORMES ET LEURS PRINCIPES  
D'ETABLISSEMENT**



## TABLE DES MATIERES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PREAMBULE .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>B1-1. VALEURS LIMITEES .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>B1-2. PRINCIPES D'ETABLISSEMENT DES VS<sub>H</sub> .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| B1-2.1. CALCUL DES VS <sub>H</sub> AVEC L'APPLICATION 1 DU LOGICIEL S-RISK® VERSION WALLONNE ..... | 10        |
| B1-2.2. USAGES ET SCENARIOS D'EXPOSITION STANDARDS .....   | 11        |
| B1-2.3. PROPRIETES DU SOL GENERIQUE .....  | 14        |
| B1-2.4. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE .....                  | 15        |
| B1-2.5. CAS PARTICULIERS .....   | 15        |
| <i>B1-2.5.1. Hydrocarbures pétroliers .....</i>  | <i>15</i> |
| <i>B1-2.5.2. Mercure .....</i>   | <i>17</i> |
| <i>B1-2.5.3. Isomères du xylène et du 1,2-dichloroéthène .....</i>                                 | <i>18</i> |
| <b>B1-3. LISTE DES POLLUANTS VOLATILS.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>RÉFÉRENCES .....</b>  | <b>20</b> |



## PREAMBULE

L'Annexe B1 reprend les valeurs limites ( $VS_H$ ,  $VS_{nappe}$ ,  $VS_{nappe [volatilisation]}$ ) relatives à la protection de la santé humaine et leurs principes d'établissement, et ce uniquement pour les polluants repris dans l'Annexe 1 du décret sols. Les valeurs limites définies pour les eaux souterraines sont explicitées à l'Annexe C1 (cf. GRER-Partie C).

Il est à noter que ces valeurs limites ne sont pas des valeurs normatives et peuvent exclusivement être utilisées soit dans le cadre de l'ESR-SH relative à une pollution historique, soit dans le cas d'une analyse des risques résiduels, ou encore, dans le cas d'une pollution nouvelle, pour déterminer l'urgence de l'assainissement. L'utilisation de ces valeurs doit respecter les règles définies à la section 2.3 du GRER partie B.

Les valeurs seuil pour la santé humaine ( $VS_H$ ) ont été calculées en utilisant l'outil d'évaluation des risques pour la santé humaine, S-Risk® WAL.

Les différences observées dans les valeurs des  $VS_H$  qui sous-tendent les normes du décret sols 2018 peuvent notamment s'expliquer par :

- la définition d'un nouveau **sol standard wallon** (dans le GRER partie B v.02 : 3 sols standards proposés, définis sur base de 3 usages différents) ;
- l'utilisation d'un autre logiciel d'évaluation des risques pour la santé humaine qui diffère légèrement des outils précédents :
  - o Les paramètres d'exposition utilisés dans les différents scénarios d'exposition ont été actualisés (taux d'ingestion de particules de sol, ....) ;
  - o Les équations de transfert permettant d'appréhender les transferts sol-plante et sol-air sont différentes ;
  - o La prise en compte des enfants à partir de 1 an (et non 4 ans) ;
  - o ...
- Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été révisées et sont harmonisées en Wallonie, notamment au niveau de la cancérogénicité de certaines substances ;
- La prise en compte séparée des effets « à seuil » et des effets « sans seuil » pour les polluants présentant ces deux types d'effets ; la valeur la plus contraignante ayant été retenue.

### B1-1. Valeurs limites

Les valeurs seuil pour la santé humaine définies pour les sols (Tableau 1) sont précisées pour les cinq usages du « décret sols » :

- type I : **naturel** ;
- type II : **agricole** ;
- type III : **résidentiel** ;
- type IV : **récréatif ou commercial** ;
- type V : **industriel**



Les scénarios représentant ces différents usages sont décrits au Chapitre 9 « *Human exposure* » du guide technique du logiciel S-Risk®, disponible sur <https://www.s-risk.be/documents>.

La **concentration à saturation** dans le sol ( $C_{sat}$ ) est également mentionnée dans ce tableau. La  $C_{sat}$  correspond à une concentration théorique en polluant dans le sol à laquelle les limites d'adsorption aux particules du sol, de solubilité dans l'eau interstitielle du sol et de saturation des gaz dans l'air du sol sont atteintes. Au-dessus de  $C_{sat}$ , du produit en phase libre est susceptible d'être présent. La concentration saturante va permettre, d'une part, de déterminer par exemple la présence de produit en phase libre sur le terrain et, d'autre part, de déterminer à quelle concentration dans le sol ( $C_{sol}$ ) la dose d'exposition par inhalation est maximale<sup>1</sup>.

Ces valeurs sont calculées sur base des caractéristiques du sol standard (repris au point B1-2.3 et décrit à l'Annexe B4) selon l'équation suivante (US-EPA, 2013) :

$$C_{sat_i} = \left( \frac{S_i^E}{\rho_b} \right) * (K_{oc} * f_{oc} * \rho_b + \theta_w + H' * \theta_a) \quad [mg/kg]$$

Avec

|             |   |
|-------------|---|
| $C_{sat_i}$ | La concentration à saturation du polluant i (mg/kg)   |
| $S_i^E$     | La solubilité dans l'eau du polluant i (mg/L)   |
| $\rho_b$    | La densité apparente du sol sec (kg/L)<br>soit 1,236 kg/L pour le sol standard wallon                     |
| $K_{oc}$    | Le coefficient de partition carbone organique-eau (L/kg)  |
| $f_{oc}$    | La fraction de carbone organique du sol<br>soit 0,0133 (g/g) pour le sol standard wallon                  |
| $\theta_w$  | La teneur volumétrique en eau (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )<br>soit 0,287 pour le sol standard wallon |
| $H'$        | La constante de Henry sans dimension  |
| $\theta_a$  | La teneur volumétrique en air (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )<br>soit 0,247 pour le sol standard wallon |

#### **Remarque importante pour les fractions d'huiles minérales :**

La Concentration à saturation ( $C_{sat}$ ) est souvent dépassée pour les fractions d'huiles minérales. La  $C_{sat}$  dépend fortement du type de sol (et du contenu en matières organiques) et de la solubilité des différentes fractions d'huiles minérales. Il est difficile de fixer une  $C_{sat}$  applicable à chaque situation. Pour le calcul des flux d'intrusion de vapeurs des composés organiques volatils, l'outil S-Risk® ne tient plus compte d'une augmentation de la concentration au-delà de la  $C_{sat}$  (limitation à la solubilité du polluant), il est d'ailleurs précisé que le modèle ne couvre pas la présence de produit en phase libre. Des recommandations sont formulées dans le GRER partie B, section 2.4.3.2.

<sup>1</sup> La dose d'exposition par inhalation n'augmentera plus malgré une augmentation de la concentration dans le sol car ce-dernier est théoriquement saturé.



**Tableau 1.** Valeurs seuil pour la santé humaine (VS<sub>H</sub>) et concentration à saturation

| Valeurs limites  | VS <sub>H</sub>          |                |                   |                               |                  | C <sub>sat</sub><br>(mg/kg) |
|--|--------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | (mg/kg <sub>m.s.</sub> ) |                |                   |                               |                  |                             |
|  | I                        | II             | III               | IV                            | V                |                             |
| Type d'usage   | Usage naturel            | Usage agricole | Usage résidentiel | Usage récréatif ou commercial | Usage industriel |                             |
| <b>Métaux lourds et métalloïdes</b>                          |                          |                |                   |                               |                  |                             |
| Arsenic  | 30,00                    | 30,00          | 40,00             | 40,00                         | 65,00            | -                           |
| Cadmium  | 2052,00                  | 10,85          | 32,52             | 1192,00                       | 1192,00          | -                           |
| Chrome   | 3204,00                  | 178,30         | 290,70            | 3204,00                       | 7043,00          | -                           |
| Chrome VI  | 250,20                   | 8,53           | 25,96             | 95,04                         | 95,04            | -                           |
| Cuivre   | 87880,0                  | 1516,00        | 2504,00           | 87880,00                      | 182000,00        | -                           |
| Mercuré  | 37,38                    | 1,1            | 1,75              | 37,38                         | 572,43           | -                           |
| Nickel   | 3978,00                  | 264,80         | 349,50            | 3803,00                       | 3803,00          | -                           |
| Plomb  | 120,00                   | 200,00         | 200,00            | 390,00                        | 1840,00          | -                           |
| Zinc   | 186200                   | 259,00         | 5222,00           | 186200                        | 374000           | -                           |
| <b>Hydrocarbures aromatiques monocycliques non halogénés</b> |                          |                |                   |                               |                  |                             |
| Benzène  | 143,60                   | 0,10           | 0,10              | 0,7                           | 0,7              | 2373,06                     |
| Ethylbenzène   | 1930,00                  | 0,32           | 0,35              | 3,21                          | 3,21             | 486,66                      |
| Toluène  | 50050                    | 9,16           | 9,75              | 125,00                        | 126,10           | 1066,04                     |
| Xylènes  | 125600                   | 6,36           | 6,45              | 74,94                         | 76,63            | 544,61 <sup>2</sup>         |
| Styrène  | 127300                   | 18,11          | 18,11             | 143,70                        | 143,70           | 2689,82                     |
| Phénol   | 18970,0                  | 10,79          | 16,23             | 9927,00                       | 9927,00          | 55150,72                    |
| <b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>               |                          |                |                   |                               |                  |                             |
| Naphtalène   | 278100                   | 3,72           | 3,72              | 29,56                         | 29,56            | 597,25                      |
| Acénaphylène   | 91700                    | 1154,00        | 4267,00           | 91700                         | 176900           | 1324,05                     |
| Acénaphène   | 27400,0                  | 3323,00        | 4183,00           | 27400,00                      | 176800           | 930,41                      |
| Fluorène   | 18270,0                  | 2272,00        | 2922,00           | 18270,00                      | 119400           | 646,88                      |
| Phénanthrène   | 18270,0                  | 2147,00        | 3006,00           | 18270,00                      | 119500           | 867,28                      |
| Anthracène   | 9170,00                  | 964,60         | 1225,00           | 9170,00                       | 17700,00         | 38,83                       |
| Fluoranthène   | 9171,00                  | 448,60         | 1329,00           | 9171,00                       | 17760,00         | 571,67                      |
| Pyrène   | 13700,0                  | 1136,00        | 2653,00           | 13700,00                      | 89620            | 136,23                      |
| Benzo(a)anthracène   | 917,10                   | 35,09          | 149,10            | 917,10                        | 1776,00          | 145,83                      |
| Chrysène   | 9171,00                  | 80,56          | 1588,00           | 9171,00                       | 17760,00         | 10,47                       |
| Benzo(b)fluoranthène   | 917,10                   | 12,99          | 157,80            | 917,10                        | 1776,00          | 1,82                        |
| Benzo(k)fluoranthène   | 917,10                   | 7,94           | 158,20            | 917,10                        | 1776,00          | 4,62                        |
| benzo(a)pyrène   | 91,71                    | 0,87           | 15,33             | 91,71                         | 177,60           | 81,47                       |
| Dibenzo(ah)anthracène  | 91,62                    | 0,81           | 15,37             | 91,62                         | 176,80           | 13,58                       |
| Benzo(g,h,i)pérylène   | 9171,00                  | 170,20         | 1589,00           | 9171,00                       | 17760,00         | 0,32                        |
| Indéno(1,2,3-c,d)pyrène                                      | 917,10                   | 8,07           | 158,80            | 917,10                        | 1776,00          | 1,75                        |
| <b>Hydrocarbures halogénés</b>                               |                          |                |                   |                               |                  |                             |
| Dichlorométhane  | 2789,00                  | 0,44           | 0,57              | 10,59                         | 10,59            | 10904,26                    |
| Trichlorométhane   | 20,38                    | 0,10           | 0,10              | 0,1                           | 0,1              | 9400,99                     |
| Tetrachlorométhane   | 108,50                   | 0,05           | 0,05              | 0,5                           | 0,50             | 2022,44                     |
| Tetrachloroéthène (PCE)                                      | 442,90                   | 0,20           | 0,20              | 1,45                          | 1,45             | 570,85                      |
| Trichloroéthène (TCE)  | 112,80                   | 0,05           | 0,06              | 0,77                          | 0,77             | 1994,84                     |

<sup>2</sup> Valeur moyenne des C<sub>sat</sub> obtenues pour les différents isomères (m-xylène : C<sub>sat</sub> = 478,54mg/kg / o-xylène : C<sub>sat</sub> = 400,84mg/kg / p-xylène : C<sub>sat</sub> = 754,45mg/kg)



| Valeurs limites                       | V <sub>SH</sub>         |                |                   |                               |                  | C <sub>sat</sub><br>(mg/kg) |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|                                       | (mg/kg <sub>m,s</sub> ) |                |                   |                               |                  |                             |
| Type d'usage                          | I                       | II             | III               | IV                            | V                |                             |
|                                       | Usage naturel           | Usage agricole | Usage résidentiel | Usage récréatif ou commercial | Usage industriel |                             |
| 1,2-Dichloroéthène (somme) (DCE)      | 129,74                  | 0,10           | 0,10              | 0,58                          | 0,60             | 621,47 <sup>3</sup>         |
| Chloroéthène (VC)                     | 0,46                    | 0,10           | 0,10              | 0,10                          | 0,10             | 2151,84                     |
| 1,1,1 - trichloroéthane (1,1,1-TCA)   | -                       | 5,78           | 5,79              | 65,73                         | 67,42            | 1687,94                     |
| 1,1,2 - trichloroéthane (1,1,2 - TCA) | 315,30                  | 0,10           | 0,10              | 1,20                          | 1,20             | 4786,04                     |
| 1,2 - dichloroéthane (1,2 - DCA)      | 119,20                  | 0,10           | 0,10              | 0,32                          | 0,32             | 5060,52                     |
| <b>Cyanures</b>                       |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| Cyanures libres                       | 160,00                  | 2,00           | 2,00              | 2,00                          | 2,00             | -                           |
| <b>Autres composés organiques</b>     |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| Methyl-tert-butyl-éther (MTBE)        | 7378,00                 | 1,51           | 2,24              | 43,48                         | 43,48            | 13645,95                    |
| <b>Hydrocarbures pétroliers</b>       |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| <b>Fractions EC aliphatiques</b>      |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| EC <sub>5-6</sub> alip                | -                       | 36,31          | 36,34             | 411,70                        | 422,50           | 626,12                      |
| EC <sub>6-8</sub> alip                | -                       | 90,83          | 90,87             | -                             | -                | 341,22                      |
| EC <sub>8-10</sub> alip               | <b>50010</b>            | 21,78          | 21,80             | <b>50010</b>                  | <b>195100</b>    | 187,83                      |
| EC <sub>10-12</sub> alip              | <b>50150,0</b>          | 111,60         | 111,80            | <b>50150</b>                  | <b>300800</b>    | 114,41                      |
| EC <sub>12-16</sub> alip              | <b>50170,0</b>          | <b>8191,00</b> | <b>8757,00</b>    | <b>50170</b>                  | <b>304200</b>    | 50,74                       |
| EC <sub>16-21</sub> alip              | -                       | <b>178000</b>  | <b>194000</b>     | -                             | -                | 20,98                       |
| EC <sub>21-35</sub> alip              | -                       | <b>9753,00</b> | <b>194100</b>     | -                             | -                | 2,15                        |
| <b>Fractions EC aromatiques</b>       |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| EC <sub>6-7</sub> arom (benzène)      | 143,60                  | 0,10           | 0,10              | 0,70                          | 0,70             | 2373,06                     |
| EC <sub>7-8</sub> arom (toluène)      | <b>50050,0</b>          | 9,16           | 9,75              | 125,00                        | 126,10           | 1066,04                     |
| EC <sub>8-10</sub> arom               | <b>25680,0</b>          | 29,86          | 31,57             | 406,70                        | 409,10           | 1391,47                     |
| EC <sub>10-12</sub> arom              | <b>20030,0</b>          | 111,90         | 128,90            | <b>20030,00</b>               | <b>112100</b>    | 841,71                      |
| EC <sub>12-16</sub> arom              | <b>20060,0</b>          | 328,80         | 601,00            | <b>20060,00</b>               | <b>120400</b>    | 388,02                      |
| EC <sub>16-21</sub> arom              | <b>15050,0</b>          | <b>2443,00</b> | <b>2657,00</b>    | <b>15050,00</b>               | <b>91160</b>     | 137,17                      |
| EC <sub>21-35</sub> arom              | <b>15050,0</b>          | <b>2758,00</b> | <b>2909,00</b>    | <b>15050,00</b>               | <b>91190</b>     | 11,05                       |
| <b>Fractions EC globales</b>          |                         |                |                   |                               |                  |                             |
| Fraction EC <sub>5-8</sub>            | 953,96                  | 6,00           | 6,00              | 6,00                          | 9,00             |                             |
| Fraction EC <sub>8-10</sub>           | 38941,65                | 24,00          | 24,03             | 1330,42                       | 1357,03          |                             |
| Fraction EC <sub>10-12</sub>          | 34559,43                | 111,69         | 116,43            | 34559,43                      | 199867,70        |                             |
| Fraction EC <sub>12-16</sub>          | 34592,86                | 1002,14        | 1726,81           | 34592,86                      | 208645,78        |                             |
| Fraction EC <sub>16-21</sub>          | 48464,75                | 7890,64        | 8582,40           | 48464,75                      | 250568,98        |                             |
| Fraction EC <sub>21-35</sub>          | 48464,75                | 5538,72        | 9369,03           | 48464,75                      | 250636,97        |                             |

**En gras, les valeurs dépassent la C<sub>SAT</sub> (concentration à saturation)**

Le tiret "-" signifie que les concentrations dépassent le kg de polluant par kg de sol.

Valeurs surlignées en gris = VS du décret sols (car V<sub>SH</sub> calculée < VS)

<sup>3</sup> Valeur moyenne des C<sub>SAT</sub> obtenues pour les différents isomères (cis- : C<sub>SAT</sub> = 698,79mg/kg / trans- : C<sub>SAT</sub> = 544,15mg/kg)



Les valeurs limites pour les eaux souterraines sont indépendantes de l'usage considéré et sont reprises au Tableau 2.

**Tableau 2.** Valeurs limites définies pour les eaux souterraines (relatives à la protection de la santé humaine)

| Valeurs limites  | EAUX SOUTERRAINES                         |   |
|--|---|---|
|  | Annexe 1 du "décret sols"<br>$VS_{nappe}$ | Propositions GRER (via S-Risk® WAL)<br>$VS_{nappe[volatilisation]}^{(1)}$ |
|  | µg/L                                      |   |
| <b>Métaux/métalloïdes</b>                                    |   |   |
| Arsenic  | 10  | NP  |
| Cadmium  | 5   | NP  |
| Chrome   | 50  | NP  |
| Chrome VI  | 9   | NP  |
| Cuivre   | 100                                       | NP  |
| Mercure  | 1   | NP  |
| <i>Mercure inorganique</i>                                   | <i>non précisé</i>                        | NP  |
| <i>Monométhylmercure</i>                                     | <i>non précisé</i>                        | 1300  |
| <i>Mercure élémentaire</i>                                   | <i>non précisé</i>                        | 2,182   |
| Nickel   | 20  | NP  |
| Plomb  | 10  | NP  |
| Zinc   | 200                                       | NP  |
| <b>Hydrocarbures aromatiques monocycliques non halogénés</b> |   |   |
| Benzène  | 10  | 255,4   |
| Ethylbenzène   | 300                                       | 517,8   |
| Toluène  | 700                                       | 19770,0   |
| Xylènes (somme)  | 500                                       | 7245,0 <sup>(2)</sup>   |
| <i>o-xylène</i>  | <i>non précisé</i>                        | <i>7967,0</i>   |
| <i>p-xylène</i>  | <i>non précisé</i>                        | <i>7245,0</i>   |
| <i>m-xylène</i>  | <i>non précisé</i>                        | <i>8485,0</i>   |
| Styrène  | 20  | 6525  |
| Phénol   | 120                                       | 1752000,0   |
| <b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques non halogénés</b> |   |   |
| Naphtalène   | 60  | 596,2   |
| Acénaphthylène   | 70  | <b>279500</b>   |
| Acénaphthène   | 180                                       | <b>47870</b>  |
| Fluorène   | 120                                       | <b>66130</b>  |
| Phénanthrène   | 120                                       | <b>131200</b>   |
| Anthracène   | 75  | <b>1280</b>   |
| Fluoranthène   | 4   | <b>42750</b>  |
| Pyrène   | 90  | <b>326900</b>   |
| Benzo(a)anthracène   | 7   | <b>4225</b>   |
| Chrysène   | 1,5                                       | <b>322200</b>   |
| Benzo(b)fluoranthène   | 1,5                                       | <b>33390</b>  |



| Valeurs limites                      | EAUX SOUTERRAINES                 |   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
|                                      | Annexe 1 du "décret sols"         | Propositions GRER (via S-Risk® WAL)                 |
|                                      | VS <sub>nappe</sub>               | VS <sub>nappe</sub> [volatilisation] <sup>(1)</sup> |
| Benzo(k)fluoranthène                 | 0,8                               | <b>34190</b>  |
| Benzo(a)pyrène                       | 0,7                               | <b>4761</b>   |
| Dibenzo(a,h)anthracène               | 0,7                               | <b>19900</b>  |
| Benzo(g,h,i)pérylène                 | 0,3                               | <b>549400</b>                                       |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyrène              | 0,22                              | <b>51530</b>  |
| <b>Hydrocarbures chlorés</b>         |                                   |   |
| Dichlorométhane                      | 20                                | 10030   |
| Trichlorométhane                     | 200                               | 200   |
| Tétrachlorométhane                   | 2                                 | 69,47   |
| Tétrachloroéthène (PCE)              | 40                                | 172,4   |
| Trichloroéthène (TCE)                | 70                                | 173,6   |
| 1,2-Dichloroéthène (DCE) (somme)     | 50                                | 142,6 <sup>(2)</sup>                                |
| 1,2-Dichloroéthène (cis)             | <i>non précisé</i>                | 280,7   |
| 1,2-Dichloroéthène (trans)           | <i>non précisé</i>                | 142,6   |
| Chloroéthène (VC)                    | 5                                 | 5   |
| 1,1,1-Trichloroéthane (1,1,1-TCA)    | 500                               | 12650   |
| 1,1,2-Trichloroéthane (1,1,2-TCA)    | 12                                | 640,2   |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCA)         | 30                                | 249,2   |
| <b>Cyanures</b>                      |                                   |   |
| Cyanures libres                      | 70                                | 70  |
| <b>Autres composés organiques</b>    |                                   |   |
| Methyl-tert-butyl-éther (MTBE)       | 300                               | 57510   |
| <b>Hydrocarbures pétroliers</b>      |                                   |   |
| <b>Fractions EC aliphatiques</b>     |                                   |   |
| EC <sub>5-6</sub> alip               | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 8464  |
| EC <sub>&gt;6-8</sub> alip           | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | <b>5578</b>   |
| EC <sub>&gt;8-10</sub> alip          | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 189,7   |
| EC <sub>&gt;10-12</sub> alip         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | <b>126,7</b>  |
| EC <sub>&gt;12-16</sub> alip         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |
| EC <sub>&gt;16-21</sub> alip         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |
| EC <sub>&gt;21-35</sub> alip         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |
| <b>Fractions EC aromatiques</b>      |                                   |   |
| EC <sub>&gt;6-7</sub> arom (benzène) | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 255,4   |
| EC <sub>&gt;7-8</sub> arom (toluène) | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 19770   |
| EC <sub>&gt;8-10</sub> arom          | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 6294  |
| EC <sub>&gt;10-12</sub> arom         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | 21360   |
| EC <sub>&gt;12-16</sub> arom         | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |



| Valeurs limites                             | EAUX SOUTERRAINES                 |   |
|---|-----------------------------------|---|
|   | Annexe 1 du "décret sols"         | Propositions GRER (via S-Risk® WAL)         |
|   | $VS_{nappe}$                      | $VS_{nappe[volatilisation]}$ <sup>(1)</sup> |
| EC>16-21 arom                               | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |
| EC>21-35 arom                               | <i>non précisé</i> <sup>(3)</sup> | ■   |
| <b>Fractions EC globales</b> <sup>(4)</sup> |                                   |   |
| Fraction EC 5-8                             | 60                                | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |
| Fraction EC > 8-10                          | 200                               | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |
| Fraction EC > 10-12                         | 200                               | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |
| Fraction EC > 12-16                         | 200                               | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |
| Fraction EC > 16-21                         | 300                               | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |
| Fraction EC > 21-35                         | 300                               | <i>non précisé</i> <sup>(5)</sup>           |

NP - non pertinent - s'applique aux métaux lourds.

**En gras, les valeurs dépassent la solubilité de la substance (ces substances ne sont par conséquent pas susceptibles de poser un risque pour la santé humaine par volatilisation)**

(1) Les valeurs de  $VS_{nappe[volatilisation]}$  sont calculées en utilisant l'application 3 du logiciel S-Risk® WAL (utilise le module VOLASOIL). Ces valeurs sont calculées pour un scénario résidentiel (III). Ces valeurs correspondent à la concentration dans l'eau souterraine assurant un indice de risque (ou excès de risque individuel pour les polluants présentant des effets sans seuil) lié à l'inhalation ( $IR_{inh}$  ou  $ERI_{inh}$ ) égal à 1 (ou à  $10^{-5}$  pour les polluants présentant des effets sans seuil). Les seules voies d'exposition considérées sont l'inhalation d'air intérieur, extérieur et l'inhalation de vapeurs durant la douche (voie d'exposition minoritaire). Pour les polluants présentant les deux types d'effets (à seuil et sans seuil), la  $VS_{nappe[volatilisation]}$  a été estimée pour les différents effets, la valeur la plus contraignante a été retenue.

(2) La  $VS_{nappe[volatilisation]}$  de la somme des xylènes et du 1,2-dichloroéthène retenue correspond à la  $VS_{nappe[volatilisation]}$  de l'isomère présentant la  $VS_{nappe[volatilisation]}$  la plus contraignante.

(3) Les  $VS_{nappe}$  pour les fractions aromatiques et aliphatiques ne sont pas reprises dans le décret sols. Les  $VS_{nappe}$  sont toutefois disponibles dans le GRER partie C Annexe C-1.

(4) En considérant que chaque fraction exprimée en EC est constituée de 70 % de composés aliphatiques et 30 % d'aromatiques.

(5) Les consignes à suivre pour procéder à la comparaison aux  $VS_{nappe\_volatilisation}$  en l'absence de split aromatique/aliphatique sont reprises dans l'Annexe A1 du GRER partie A

Valeurs surlignées en gris =  $VS_{nappe}$  du décret sols (car  $VS_{nappe[volatilisation]}$  recalculée <  $VS_{nappe}$ )

## B1-2. Principes d'établissement des $VS_H$

Dans le cadre de l'utilisation des méthodes de l'ESR-SH, les hypothèses à la base des calculs des valeurs seuil pour la santé humaine pour chaque type d'usage (I à V) doivent être connues de



manière à pouvoir vérifier si elles sont applicables au site étudié ou si les écarts observés s'inscrivent dans le sens de la précaution<sup>4</sup>. Ces hypothèses sont présentées ci-dessous.

Les  $VS_H$  sont estimées sur base :

- des algorithmes et paramètres par défaut repris dans S-Risk® pour chaque voie d'exposition.
- d'un usage repris dans le décret sols. A chaque usage correspond un scénario d'exposition standard. Celui-ci précise les voies, les durées et les fréquences d'exposition.
- du sol générique défini pour la Wallonie.
- des propriétés physico-chimiques et des valeurs toxicologiques de référence définies pour chaque substance.

### B1-2.1. Calcul des $VS_H$ avec l'application 1 du logiciel S-Risk® WAL

Les équations reprises dans le logiciel S-Risk®, logiciel d'évaluation des risques pour la santé humaine liés aux cas de pollution des sols, ont été utilisées pour le calcul des  $VS_H$ . Une version wallonne prenant en compte les paramètres de sols wallons ainsi que des VTR à utiliser en Wallonie est disponible. L'application 1 de ce logiciel permet de calculer, sur base du sol générique pour un scénario standard défini, la concentration dans le sol en un polluant correspondant à un niveau de risque fixé ( $IR=1$ , pour les polluants présentant des effets « à seuil », ou  $ERI=10^{-5}$ , pour les polluants présentant des effets « sans seuil »). Cette application a été utilisée pour calculer les  $VS_H$  en Région Wallonne.

Les équations de transfert ainsi que les valeurs des paramètres de transfert et d'exposition sont détaillées dans le *Technical Guideline* du logiciel S-Risk® (Cornelis & al, 2017) et dans son Annexe III (Cornelis, 2017).

Pour rappel, les risques sont estimés par polluant, pour chaque scénario d'exposition pour les effets « à seuil » et pour les effets « sans seuil ».

Les risques pour un polluant présentant des effets « à seuil » sont estimés par catégorie d'âge : de 1 à 6 ans, de 6 à 15 ans et > 15 ans (adulte). Dans ce cas, la concentration dans le sol correspondant à un niveau de risque de 1 est calculée pour chaque catégorie d'âge, et la valeur la plus basse est retenue<sup>5</sup>.

Pour les polluants présentant des effets « sans seuil », les risques sont calculés sur la vie entière (70 ans). Ainsi, la concentration en polluant correspondant à un excès de risque individuel de  $10^{-5}$  est retenue.

Le logiciel S-Risk® distingue les effets systémiques des effets locaux. Pour un polluant présentant des effets systémiques, les risques estimés pour les différentes voies d'exposition (par inhalation, orale et

---

<sup>4</sup> Il est à noter à ce titre que les types d'usage à considérer en fonction de l'utilisation du terrain qui sont repris à l'Annexe 2 du décret sols ont été établis en combinant différentes logiques de classement dont celles – mais pas exclusivement – de l'analyse des risques. Il en résulte que les types d'usage inscrits (et scénarios standards correspondants) peuvent dans certains cas ne pas être suffisamment précautionneux. Ils sont donc à vérifier de façon systématique sur base des informations figurant dans le guide technique du logiciel S-Risk® WAL.

<sup>5</sup> À l'exception du scénario industriel pour lequel l'exposition des adultes est uniquement prise en compte.



cutanée) sont additionnés. Par contre, pour les polluants présentant des effets locaux, les risques sont fournis pour chacune des voies d'exposition.

Pour un polluant présentant plusieurs types d'effets (cancérogène et non cancérogène, local et systémique), les calculs sont réalisés pour les différents types d'effets. La concentration dans le sol la plus basse est retenue comme  $VS_H$ . Ce choix permet de s'assurer que les  $VS_H$  calculées sont suffisamment protectrices de la santé humaine.

Les  $VS_H$  recalculées à l'aide de l'application 1 du logiciel S-Risk® WAL n'ont pas toujours été conservées car elles étaient parfois plus contraignantes que les VS du décret sols. Les règles générales suivantes ont donc été appliquées :

- Si la  $VS_H$  recalculée par S-Risk® WAL est moins contraignante que la  $VS_H$  du GRER partie B v.02 → Conservation de la valeur recalculée par S-Risk®.
- Si la  $VS_H$  recalculée par S-Risk® WAL est plus contraignante que la  $VS_H$  du GRER partie B v.02 MAIS moins contraignante que la VS du décret sols → Conservation de la valeur recalculée par S-Risk®.
- Si la  $VS_H$  recalculée est plus contraignante que la  $VS_H$  du GRER partie B v.02 ET plus contraignante que la VS du décret sols → Utilisation de la VS du décret sols.

### B1-2.2. Usages et scénarios d'exposition standards

Les scénarios standards qui ont été retenus dans le logiciel S-Risk® WAL pour calculer les  $VS_H$  pour chacun des 5 usages du décret sols sont repris au Tableau 3.

**Tableau 3.** Scénarios standards à utiliser dans le logiciel S-Risk® WAL pour chaque usage repris dans le décret sols pour le calcul des  $VS_H$

| Usages décret sols                | Scénarios standards logiciel S-Risk® WAL   |
|-----------------------------------|--|
| Type I – Naturel                  | Récréatif (dont sport) ( $REC_{out}$ )   |
| Type II – Agricole                | Agricole (AGR)   |
| Type III – Résidentiel            | Résidentiel avec jardin potager ( $RES_{veg}$ )  |
| Type IV – Récréatif et commercial | Récréatif sport intérieur ( $REC_{in}$ )<br>Récréatif sport extérieur ( $REC_{out}$ )<br>Industriel léger ( $IND_{light}$ - scénario commercial) |
| Type V – Industriel               | Industriel léger ( $IND_{light}$ – activités intérieures)<br>Industriel lourd ( $IND_{heavy}$ – activités extérieures)                           |

Pour l'usage de type IV et de type V du décret sols, une seule  $VS_H$  est retenue. La valeur la plus contraignante obtenue avec les différents scénarios possibles a été conservée. Le Tableau 4 reprend le scénario le plus contraignant pour l'usage de type IV et l'usage de type V pour chaque polluant repris dans le décret sols.



**Tableau 4.** Scénario le plus contraignant pour les usages IV et V selon le polluant normé considéré

| Type d'usage   | Scénario le plus contraignant selon le type d'usage |                    |                      |                      |                      |
|--|---|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | IV (Récréatif/commercial)                           |                    |                      | V (industriel)       |                      |
|  | REC <sub>in</sub>                                   | REC <sub>out</sub> | IND <sub>light</sub> | IND <sub>light</sub> | IND <sub>heavy</sub> |
| <b>Métaux/métalloïdes</b>                                    |   |                    |                      |                      |                      |
| Arsenic  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Cadmium  |   |                    | X                    |                      | X                    |
| Chrome   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Chrome VI  |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Cuivre   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Mercure  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Nickel   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Plomb  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Zinc   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| <b>Hydrocarbures aromatiques monocycliques non halogénés</b> |   |                    |                      |                      |                      |
| Benzène  |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Ethylbenzène   |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Toluène  | X   |                    |                      | X                    |                      |
| Xylènes  | X   |                    |                      | X                    |                      |
| Styrène  |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Phénol   |   |                    | X                    | X                    |                      |
| <b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques non halogénés</b> |   |                    |                      |                      |                      |
| Naphtalène   |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Acénaphthylène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Acénaphène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Fluorène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Phénanthrène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Anthracène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Fluoranthène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Pyrène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Benzo(a)anthracène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Chrysène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Benzo(b)fluoranthène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Benzo(k)fluoranthène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| benzo(a)pyrène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Dibenzo(ah)anthracène  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Benzo(g,h,i)pérylène   |   | X                  |                      |                      | X                    |
| Indéno(1,2,3-c,d)pyrène                                      |   | X                  |                      |                      | X                    |
| <b>Hydrocarbures chlorés</b>                                 |   |                    |                      |                      |                      |
| Dichlorométhane  |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Trichlorométhane   | X   |                    |                      | X                    |                      |
| Tetrachlorométhane   |   |                    | X                    | X                    |                      |



| Type d'usage                             | Scénario le plus contraignant selon le type d'usage |                    |                      |                      |                      |
|--|---|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | IV (Récréatif/commercial)                           |                    |                      | V (industriel)       |                      |
|  | REC <sub>in</sub>                                   | REC <sub>out</sub> | IND <sub>light</sub> | IND <sub>light</sub> | IND <sub>heavy</sub> |
| Tetrachloroéthène (PCE)                  |   |                    | X                    | X                    |                      |
| Trichloroéthène (TCE)                    |   |                    | X                    | X                    |                      |
| 1,2-Dichloroéthène (somme) (DCE)         | X   |                    |                      | X                    |                      |
| Chloroéthène (VC)                        | X   |                    |                      | X                    |                      |
| 1,1,1 - trichloroéthane (1,1,1-TCA)      | X   |                    |                      | X                    |                      |
| 1,1,2 - trichloroéthane (1,1,2 - TCA)    |   |                    | X                    | X                    |                      |
| 1,2 - dichloroéthane (1,2 - DCA)         |   |                    | X                    | X                    |                      |
| <b>Cyanures</b>                          |   |                    |                      |                      |                      |
| Cyanures libres                          | X   |                    |                      | X                    |                      |
| <b>Autres composés organiques</b>        |   |                    |                      |                      |                      |
| Methyl-tert-butyl-éther (MTBE)           |   |                    | X                    | X                    |                      |
| <b>Hydrocarbures pétroliers</b>          |   |                    |                      |                      |                      |
| <b>Fractions EC aliphatiques</b>         |   |                    |                      |                      |                      |
| EC <sub>5-6</sub> alip                   | X   |                    |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;6-8</sub> alip               |   |                    | X                    | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;8-10</sub> alip <sup>6</sup> |   |                    |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;10-12</sub> alip             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;12-16</sub> alip             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;16-21</sub> alip             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;21-35</sub> alip             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| <b>Fractions EC aromatiques</b>          |   |                    |                      |                      |                      |
| EC <sub>6-7</sub> arom (benzène)         |   |                    | X                    | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;7-8</sub> arom (toluène)     | X   |                    |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;8-10</sub> arom              | X   |                    |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;10-12</sub> arom             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;12-16</sub> arom             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;16-21</sub> arom             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;21-35</sub> arom             |   | X                  |                      |                      | X                    |
| <b>Fractions EC globales</b>             |   |                    |                      |                      |                      |
| EC <sub>5-8</sub>                        | X   |                    |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;8-10</sub>                   |   | X                  |                      | X                    |                      |
| EC <sub>&gt;10-12</sub>                  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;12-16</sub>                  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;16-21</sub>                  |   | X                  |                      |                      | X                    |
| EC <sub>&gt;21-35</sub>                  |   | X                  |                      |                      | X                    |

<sup>6</sup> Réaliser les 3 scénarios pour l'usage de Type IV.



Les voies d'exposition retenues pour les différents scénarios d'exposition standards repris au Tableau 3 sont indiquées dans le Tableau 5.

**Tableau 5.** Voies d'exposition par défaut considérées pour les différents scénarios standards.

| Voie d'exposition                            | Scénario standard  |     |                    |                   |                                     |
|--|--------------------|-----|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
|  | REC <sub>out</sub> | AGR | RES <sub>veg</sub> | REC <sub>in</sub> | IND <sub>i</sub> & IND <sub>h</sub> |
| <b>Orale</b>                                 |                    |     |                    |                   |                                     |
| Ingestion de sol                             | X                  | X   | X                  |                   | X                                   |
| Ingestion de poussières intérieures          |                    | X   | X                  | X                 | X                                   |
| Ingestion de légumes                         |                    | X   | X                  |                   |                                     |
| Ingestion de viande et de lait               |                    | X   |                    |                   |                                     |
| Ingestion d'eau de boisson                   |                    | X   | X                  |                   | X                                   |
| <b>Par contact cutané</b>                    |                    |     |                    |                   |                                     |
| Contact cutané avec le sol                   | X                  | X   | X                  |                   | X                                   |
| Contact cutané avec poussières intérieures   |                    | X   | X                  | X                 | X                                   |
| Contact cutané avec l'eau (douche et bain)   |                    | X   | X                  |                   |                                     |
| <b>Par inhalation</b>                        |                    |     |                    |                   |                                     |
| Inhalation air extérieur (gaz et particules) | X                  | X   | X                  |                   | X                                   |
| Inhalation air intérieur (gaz et particules) |                    | X   | X                  | X                 | X                                   |
| Inhalation de vapeurs (douche)               |                    | X   | X                  |                   |                                     |

Pour évaluer l'inhalation d'air intérieur, le scénario utilisé par défaut dans le logiciel S-Risk® est la présence d'une cave avec sol fissuré (et non présence d'un vide-ventilé, utilisé dans la version 2 du GRER partie B).

### B1-2.3. Propriétés du sol générique

Le calcul des contributions de chaque voie d'exposition à la dose totale fait intervenir des paramètres spécifiques au sol (pH, teneur en matière organique, densité apparente, ...) ou au site (profondeur de la nappe, profondeur moyenne de la pollution, ...).

Pour le calcul des VS<sub>H</sub>, des valeurs par défaut ont été fixées pour ces paramètres. Ces valeurs par défaut sont issues d'un traitement statistique des caractéristiques pédologiques des sols wallons repris dans la base de données AARDEWERK, contenant les propriétés des profils pédologiques décrits lors de la caractérisation des unités de la carte des sols de Belgique. Les « propriétés du sol standard » issues de ce travail statistique sont données à l'**Annexe B4**.



## B1-2.4. Propriétés physico-chimiques et valeurs toxicologiques de référence

Pour le calcul des  $VS_H$ , les propriétés physico-chimiques caractérisant les substances listées à l'Annexe 1 du décret sols sont reprises dans les « *substances data sheets* » publiées sur le site <https://www.s-risk.be/> ainsi que dans le logiciel S-Risk® WAL. Les paramètres physico-chimiques des polluants sont identiques dans les différentes versions du logiciel S-Risk® (version Flandre/Bruxelles et version wallonne).

Les valeurs toxicologiques de référence caractérisant ces polluants ont été définies pour la Wallonie. La procédure de sélection est décrite à l'Annexe B3. Les VTR sélectionnées sont reprises dans cette annexe mais également dans les « *substances data sheets* ».

Ces données ont une influence sur le calcul de la valeur seuil pour la santé humaine.

## B1-2.5. Cas particuliers

### B1-2.5.1. Hydrocarbures pétroliers

La méthodologie suivie pour l'établissement des valeurs seuil pour la santé humaine pour les hydrocarbures pétroliers (HP) diffère de celle suivie pour d'autres polluants organiques dans la mesure où ils sont constitués d'un mélange de polluants aux propriétés physico-chimiques et toxicologiques distinctes. Ils comprennent notamment les carburants (essence, diesel, kérosène), les combustibles (mazout léger et lourd) et les lubrifiants (huiles neuves ou usées, graisses).

La méthodologie se fonde sur les travaux existants émanant :

- du *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group* (TPHCWG) (1997, 1999) ;
- du *US State of Massachusetts Department of Environmental Protection Approach* (MaDEP, 2002) ;
- de l'*American Petroleum Institute* (API, 2001) ;
- du RIVM, plus spécifiquement les travaux de Franken *et al.* (1999), Lijzen *et al.* (2001), Baars *et al.* (2001) ;
- de la Flandre (Nouwen *et al.*, 2001 ; OVAM, 2004).

De façon générale, la méthodologie est basée sur l'utilisation conventionnelle de différentes fractions - exprimées en équivalent carbone<sup>7</sup> - constitutives des hydrocarbures pétroliers en les distinguant selon leur nature aliphatique et aromatique.

Les principes pour la sélection de ces **différentes fractions**, sont détaillés à l'annexe A1. Pour chacune des fractions considérées, les valeurs seuil pour la santé humaine – notées  $VS_{H-fraction\ ali\ ECi}$  et  $VS_{H-fraction\ arom\ ECi}$  - sont obtenues par l'application de la procédure de calcul des normes pour le sol

---

<sup>7</sup> Le nombre d'équivalent carbone (EC) d'un composé organique donné fournit le nombre d'atomes de carbone d'un n-alcane hypothétique qui aurait le même point d'ébullition et le même temps de rétention dans une colonne chromatographique que celui dudit composé organique.



telle que définie précédemment, en tenant compte des propriétés physico-chimiques et des valeurs toxicologiques de référence qui leur sont propres.

S'agissant plus particulièrement des valeurs toxicologiques de référence proposées par le TPHCWG (*Reference Dose* - RfD ; *Reference Concentration* - RfC) spécifiques aux fractions, il est à noter que leur utilisation est associée aux limitations suivantes :

- la toxicité des fractions est supposée ne pas changer significativement avec l'« altération » du produit ;
- la composition des fractions est supposée ne pas varier significativement du substitut testé (composé indicateur ou mélange de composés spécifique à une fraction) ;
- les interactions toxicologiques des différentes fractions sont supposées être additives.

Sur base des valeurs seuil pour la santé humaine établies pour chacune des fractions aromatiques et aliphatiques ( $VS_{H-fraction\ ECi-arom}$  et  $VS_{H-fraction\ ECi-ali}$ ), une valeur seuil pour une fraction globale ( $VS_{H-fraction\ ECi}$ ) – exprimée également en EC – est déterminée sur base des hypothèses suivantes :

- 6 fractions globales (fraction  $EC_{>5-8}$ , fraction  $EC_{>8-10}$ , fraction  $EC_{>10-12}$ , fraction  $EC_{>12-16}$ , fraction  $EC_{>16-21}$  et fraction  $EC_{>21-35}$ ) sont considérées, regroupant sans distinction des composés de types aliphatiques et aromatiques, qui pourront être obtenues sur la base d'un « découpage » de chromatogrammes<sup>8</sup> ;
- chaque fraction globale est constituée conventionnellement de 70 % de composés aliphatiques et 30 % d'aromatiques ;
- au sein de chaque fraction globale, l'additivité des risques pour les composés aromatique(s) et aliphatique(s) (non carcinogènes)<sup>9</sup> est supposée.

Le tableau ci-dessous précise les fractions aromatiques et aliphatiques constitutives de chacune des fractions globales (Tableau 6).

<sup>8</sup> Il s'agit des chromatogrammes obtenus, d'une part, pour la plage  $C_{10-40}$  correspondant aux « huiles minérales » et, d'autre part, pour la plage  $C_{5-10}$  correspondant aux « huiles volatiles ». Le chromatogramme est découpé en fractions exprimées en équivalent carbone (EC) :  $EC_{>5-8}$ ,  $EC_{>8-10}$ ,  $EC_{>10-12}$ ,  $EC_{>12-16}$ ,  $EC_{>16-21}$  et  $EC_{>21-35}$  en prenant comme bornes les n-alcanes  $C_5$ ,  $C_8$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{16}$ ,  $C_{21}$  et  $C_{35}$  (utilisés comme composés marqueurs). Ainsi, l'ensemble des composés aliphatiques et aromatiques ayant des temps de rétention semblables aux n-alcanes est quantifié entre les bornes desdits alcanes. Par exemple, dans la fraction délimitée par les n-alcanes  $C_{>12-16}$ , seront quantifiés les composés aliphatiques  $C_{>12-16}$  et les composés aromatiques  $EC_{>12-16}$ .

<sup>9</sup> Les avis sont partagés à ce sujet. Le MaDEP (*US State of Massachusetts Department of Environmental Protection Approach*), le TPHCWG, l'ADSTR, le RIVM considèrent que l'additivité des effets qui pourraient affecter différents organes constitue une approche conservatrice. A l'inverse, l'OVAM (2004) et le *Canada-Wide Standard for Petroleum Hydrocarbons in Soils (PHC CWS) Development Committee* n'acceptent pas l'hypothèse d'additivité des risques dès lors que les composés/fractions n'agissent pas sur un même organe ou selon le même mécanisme de toxicité.



**Tableau 6.** Composition des fractions globales

| Fraction globale EC     | Composition des fractions globales   |
|-------------------------|--|
| EC <sub>5-8</sub>       | EC <sub>5-6</sub> ali<br>EC <sub>&gt;6-8</sub> ali<br>EC <sub>&gt;6-7</sub> arom<br>EC <sub>&gt;7-8</sub> arom |
| EC <sub>&gt;8-10</sub>  | EC <sub>&gt;8-10</sub> ali<br>EC <sub>&gt;8-10</sub> arom  |
| EC <sub>&gt;10-12</sub> | EC <sub>&gt;10-12</sub> ali<br>EC <sub>&gt;10-12</sub> arom  |
| EC <sub>&gt;12-16</sub> | EC <sub>&gt;12-16</sub> ali<br>EC <sub>&gt;12-16</sub> arom  |
| EC <sub>&gt;16-21</sub> | EC <sub>&gt;16-21</sub> ali<br>EC <sub>&gt;16-21</sub> arom  |
| EC <sub>&gt;21-35</sub> | EC <sub>&gt;21-35</sub> ali<br>EC <sub>&gt;21-35</sub> arom  |

Pour les **fractions globales** constituées d'une seule fraction aliphatique et aromatique, la  $VS_{H-fraction\ ECi}$  se calcule comme suit :

$$\frac{1}{VS_{H-fraction\ ECi}} = \left( \frac{0,3}{VS_{H-fraction\ ECi-arom}} + \frac{0,7}{VS_{H-fraction\ ECi-ali}} \right)$$

Dans la mesure où une fraction globale comprendrait deux fractions aromatiques et deux fractions aliphatiques, la  $VS_{H-fraction\ ECi}$  se calcule comme suit :

$$\frac{1}{VS_{H-fraction\ ECi}} = 0,15 \times \left( \sum \frac{1}{VS_{H-fraction\ ECi-arom}} \right) + 0,35 \times \left( \sum \frac{1}{VS_{H-fraction\ ECi-ali}} \right)$$

### B1-2.5.2. Mercure

L'annexe A1 (GRER partie A) présente les deux formes de mercure considérées dans l'étude de risque. Concernant l'élaboration des  $VS_H$ , il est à noter

- que le mercure inorganique est représenté par le chlorure mercurique  $HgCl_2$  (CAS n°7487-94-7), qui est couramment utilisé dans les études sur la toxicologie et le comportement dans l'environnement du mercure ;
- que le mono-méthylmercure est modélisé sur la base des propriétés du méthylmercure (CAS n°22967-92-6) ;
- que le mercure métallique (c'est-à-dire le mercure élémentaire  $Hg^0$ ) n'a pas été considéré dans l'élaboration des  $VS_H$  ;
- qu'en l'absence de VTR pour le diméthylmercure, cette forme n'a pu être prise en compte dans l'élaboration de la  $VS_H$  du mercure total.



**Remarque importante**

Le mercure élémentaire devrait être pris en compte – au stade de l'évaluation des risques - dans le cas où les sols auraient été pollués par du mercure métallique compte tenu de ses propriétés de volatilisation dans l'air et de sa toxicité particulièrement importante par inhalation.

**B1-2.5.3. Isomères du xylène et du 1,2-dichloroéthène**

Etant donné que les isomères ortho-, para- et méta-xylène ont le même mode d'action, une toxicité équivalente et des propriétés physico-chimiques relativement proches, les  $VS_H$  déduites pour la somme des xylènes sont une moyenne arithmétique des  $VS_H$  des isomères.

La même approche a été retenue pour le calcul des  $VS_H$  du 1,2-dichloroéthène à partir des valeurs calculées séparément pour les isomères cis- et trans-1,2-dichloroéthène.

**B1-3. Liste des polluants volatils**

Les polluants normés et non normés repris dans le logiciel S-Risk® qui sont à considérer comme volatils au sens du GRER sont listés ci-dessous (Tableau 7). Par convention, un polluant présentant une pression de vapeur supérieure à 10Pa à 20°C est considéré comme volatil<sup>10</sup>.

**Tableau 7. Polluants volatils (normés et non normés) présents dans le logiciel S-Risk®**

| Polluant                | pression vapeur (Pa) | temp (°C) | source    |
|-------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| <b>Polluants Normés</b> |                      |           |           |
| Méthylmercure           | 1,76 <sup>11</sup>   | 25        | (EC 2001) |
| Mercure élémentaire     | 0,18 <sup>11</sup>   | 20        | (EC 2001) |
| Benzène                 | 12516                | 25        | moyenne   |
| Toluène                 | 3802                 | 25        | moyenne   |
| Éthylbenzène            | 1280                 | 25        | moyenne   |
| o-xylène                | 889                  | 25        | moyenne   |
| m-xylène                | 1121                 | 25        | moyenne   |
| p-xylène                | 1173                 | 25        | moyenne   |
| Styrène                 | 850                  | 25        | moyenne   |
| Phénol                  | 46,3                 | 10        | moyenne   |
| 2-chlorophénol          | 294                  | 25        | moyenne   |

<sup>10</sup> Convention retenue sur base de la définition d'un COV dans les directives européennes : « composé organique volatil (COV) : tout composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus à une température de 293,15 K ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières. » (Directive 1999/13/CE du conseil du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations)

<sup>11</sup> La norme européenne ne s'applique qu'aux COVs. La convention de 10Pa ne s'applique pas aux composés inorganiques d'autant plus que le méthyl mercure et le mercure élémentaire sont très toxiques par inhalation (OEHHA, 2008).



| Polluant  | pression vapeur (Pa) | temp (°C) | source                    |
|---|----------------------|-----------|---------------------------|
| <b>Polluants Normés</b>                           |                      |           |                           |
| 2,4-dichlorophénol                                | 25,5                 | 25        | moyenne                   |
| Dichlorométhane                                   | 46518                | 20        | Verschueren (1983)        |
| Tétrachlorométhane                                | 12000                | 20        | Van den Berg (1994)       |
| Trichloroéthène (TCE)                             | 8000                 | 20        | Verschueren (1983)        |
| Tétrachloroéthène (PCE)                           | 2483                 | 25        | Verschueren (1983)        |
| 1,1,1-trichloroéthane (1,1,1 TCA)                 | 14346                | 20        | moyenne                   |
| 1,1,2-trichloroéthane (1,1,2 TCA)                 | 2533                 | 20        | moyenne                   |
| 1,2-dichloroéthane (1,2 DCA)                      | 8528                 | 20        | moyenne géométrique       |
| Cis-1,2-dichloroéthène (cis-DCE)                  | 20990                | 20        | régression sur 9 données  |
| Trans-1,2-dichloroéthène (trans-DCE)              | 34438                | 20        | régression sur 9 données  |
| Chloroéthène (CV)                                 | 332678               | 20        | moyenne géométrique       |
| Trichlorométhane                                  | 20064                | 20        | moyenne géométrique       |
| Naphtalène  | 32                   | 25        | Perry & Green (1984)      |
| Méthyl-ter-butyléther                             | 26800                | ?         | ECB (2000)                |
| Cyanure libre                                     | 83993                | 20        | ATSDR (1997)              |
| Fraction EC 5-6 aliphatique                       | 35463                | 20        | TPHCWG (1999)             |
| Fraction EC>6-8 aliphatique                       | 6383                 | 20        | TPHCWG (1999)             |
| Fraction EC>8-10 aliphatique                      | 638,3                | 20        | TPHCWG (1999)             |
| Fraction EC>10-12 aliphatique                     | 63,83                | 20        | TPHCWG (1999)             |
| Fraction EC>8-10 aromatique                       | 638                  | 20        | TPHCWG (1999)             |
| Fraction EC>10-12 aromatique                      | 63,8                 | 20        | TPHCWG (1999)             |
| <b>Polluants Non Normés présents dans S-Risk®</b> |                      |           |                           |
| 1,2,3-triméthylbenzène                            | 225                  | 25        | moyenne géométrique       |
| 1,2,4-triméthylbenzène                            | 225                  | 25        | moyenne géométrique       |
| 1,3,5-triméthylbenzène                            | 326                  | 25        | moyenne géométrique       |
| 1,1-dichloroéthane                                | 25771                | 20        | régression sur 13 données |
| Monochlorobenzène                                 | 1173                 | 20        | Verschueren (1983)        |
| 1,2-dichlorobenzène                               | 200                  | 20        | Verschueren (1983)        |
| 1,3-dichlorobenzène                               | 200                  | 25        | Verschueren (1983)        |
| 1,4-dichlorobenzène                               | 80                   | 20        | Verschueren (1983)        |
| 1,2,4-trichlorobenzène                            | 18,7                 | 20        | Van den Berg (1994)       |
| Hexane  | 16000                | 20        | Verschueren (1983)        |
| Heptane   | 4700                 | 20        | Verschueren (1983)        |
| Octane  | 1470                 | 20        | Verschueren (1983)        |



## Références

API (2001). Risk-based methodologies for evaluating petroleum hydrocarbon Impacts at Oil and natural Gas E&P sites, API publication 4709, API Publishing Services, Washington DC.

Baars A.J., R.M.C. Theelen, P.J.C.M. Janssen, J.M. Hesse, M.E. Van Appeldoorn, M.C.M. Meijerink, L. Verdam & M.J. Zeilmaker. (2001). Re-evaluation of human-toxicological Maximum Permissible Risk levels. RIVM report n° 711701025, Bilthoven, The Netherlands.

Cornelis C., Standaert A. & Willems H. (2017). S-Risk version for the Walloon region : Technical guidance document. Final report. 166p. Février 2017. Disponible sur <https://www.s-risk.be/documents>.

Cornelis C. (2017). S-Risk version for the Walloon region : Technical guidance document – Annex III. 23p. Février 2017. Disponible sur <https://www.s-risk.be/documents>.

Franken R.O.G, A.J. Baars, G.H. Crommentuijn, P. Otte. (1999). A proposal for revised Intervention Values for petroleum hydrocarbons ('minerale olie') on base of fractions of petroleum hydrocarbons. RIVM report n° 711701015. Bilthoven, The Netherlands.

Lijzen J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M.G.J. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J Verbruggen and A.P van Wezel. (2001). Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. RIVM report n° 711701023. Bilthoven, The Netherlands.

Massachusetts Department of Environmental Protection (MADEP). (2002). Characterizing Risks Posed by Petroleum Contaminated Sites: Implementation of the MADEP VPH/EPH Approach. Policy #WSC-02-411. Final Policy. October 31, 2002.

Massachusetts Department of Environmental Protection (MADEP) (2002). Draft updated Petroleum Hydrocarbon fraction Toxicity Values for the VPH/EPH/APH Methodology, Massachusetts Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Site Cleanup, Massachusetts

Nouwen J., C. Cornelis, I. Olivier, J. Provoost. 2001. Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie. Studie uitgevoerd in opdracht van de OVAM, 2001/IMS/R/, VITO (November 2001).

OEHHA. (2008). Technical support document for noncancer RELs. Appendix D1 - Mercury (inorganic) : O. o. E. H. H. Assessment. <http://oehha.ca.gov/chemicals/mercury-inorganic>

OVAM. (2004). Risico-analyse minerale olie. Basis informatie voor risico evaluaties.

TPHCWG. (1997). Volume 3. Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Considerations. Amherst, MA, Amherst Scientific Publishers. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series. pp. 102.

TPHCWG (1997). Volume 4. Development of fraction specific reference doses (RfDs) and reference concentrations (RfCs) for total petroleum hydrocarbons. Amherst, MA, Amherst Scientific Publishers. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series. pp.137.

TPHCWG (1999). Volume 5. Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach. Amherst, MA, Amherst Scientific Publishers. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series. 98p.

US-EPA (2013). Guidance document. Development of impact to ground water soil remediation standards using the soil-water partition equation. Version 2.0 – Novembre 2013. 25p. Disponible sur [http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/rs/partition\\_equation.pdf](http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/rs/partition_equation.pdf).

