

**ANNEXE C-6 : Calcul pratique d'une  $CBR_N$  (Concentration Basée sur les Risques pour la Nappe) à l'aide de BIOSCREEN-AT v1.46 .xlsm adapté par la DAS et de l'Outil ESR.**

**Version 6.0**



Le calcul pratique d'une  $CBR_N$  à partir des outils associés au GRER et mis à disposition par la DAS est détaillé ci-dessous.

## 1.1. Étape 1 : Calcul de la concentration admissible dans la nappe ( $CBR_{nappe}$ ou $C_0^1$ ) au droit de la pollution

**Outil** : BIOSCREEN-AT v1.46 adapté par la DAS.xlsm<sup>2</sup>

Il s'agit dans un premier temps de déterminer la concentration dans la nappe, qui, après « dispersion » dans l'eau souterraine, aboutirait à une concentration égale à  $VL_{nappe}$  en limite aval du terrain.

Ce calcul peut s'effectuer par essais-erreurs à l'aide de l'outil BIOSCREEN-AT mis à disposition, en introduisant des concentrations croissantes (en partant par exemple de la  $VL_{nappe}$ ) au droit de la source ( $C_0$ ), jusqu'à obtenir, après un temps de simulation de 100 ans, une concentration ( $C_{max}$ ) égale à la  $VL_{nappe}$  en limite aval de terrain.

Les paramètres requis pour ce calcul sont indiqués au Tableau 1 ; des valeurs par défaut sont proposées pour la majorité d'entre eux à l'Annexe C-2 du GRER-C ainsi que dans l'outil BIOSCREEN-AT mis à disposition.

**Tableau 1 : Paramètre requis pour le calcul de  $CBR_{nappe}$  ( $C_0$ ) à l'aide de BIOSCREEN-AT adapté par la DAS (version en application)**

Paramètre	Symbole	Unités	Remarque
Conductivité hydraulique	K	[m/sec]	
Gradient hydraulique	i	[m/m]	
Porosité efficace	$n_e$	[-]	
Dispersivité longitudinale	$\alpha_x$	[m]	
Dispersivité transversale	$\alpha_y$	[m]	
Dispersivité verticale	$\alpha_z$	[m]	
Facteur de retard	R		Requis pour les polluants inorganiques, facultatif pour les polluants organiques
Densité apparente du sol	$\rho_b$	[kg/dm <sup>3</sup> ]	
Coefficient de partition	Kd	[L/kg]	
Coefficient de dégradation du 1 <sup>er</sup> ordre	$\lambda$	[/an]	<b>A fixer à 0/an</b> (approche précautionneuse)
Longueur de la zone modélisée	L	[m]	Distance entre la source et le point de conformité
Largeur de la zone modélisée	W	[m]	Largeur du terrain
Temps de simulation	t	[an]	<b>A fixer à 100 ans</b>
Largeur de la source	$W_s$	[m]	Extension de la pollution perpendiculairement à l'axe d'écoulement souterrain
<b>Concentration à la source</b>	<b><math>C_0</math></b>	<b>[µg/L]</b>	<b>Paramètre à déterminer</b>

L'introduction des différents paramètres peut se faire via l'onglet Input ESR-N de l'outil BIOSCREEN-AT.

<sup>1</sup> Notation BIOSCREEN

<sup>2</sup> Version traduite en français pour le SPW (DAS) avec l'autorisation des auteurs.

### CAS PARTICULIER - les xylènes –

En ce qui concerne les xylènes, le calcul d'une concentration admissible dans une nappe ( $CBR_{nappe}$ ) sera réalisé sur base de l'ortho-xylène.

En effet, cet isomère (isomère o) est le plus sécuritaire (comparativement aux isomères m et p) de par son Koc (coefficient de partition eau/carbone (l/kg) plus faible<sup>3</sup> ce qui implique un Kd - coefficient de partition sol/eau (l/kg) - et un Facteur de retard – R -, plus petits.

Les figures qui suivent illustrent la méthode.

---

<sup>3</sup> S-Risk for the Walloon region – substance data sheets part 2 : BTEX, styrene, phenol and trimethylbenzenes – source : <https://www.s-risk.be/documents.html> - voir « documents for Wallonia »

**1. Transfert des paramètres depuis l'onglet Input ESR-N**

Distance séparant la source de pollution du point de conformité

Temps à fixer à 100 ans

**BIOSCREEN-AT\_1.46\_FR\_v1.0** Système d'aide à la décision basé sur l'atténuation naturelle  
 S.S. Papadopoulos & Associates, Inc. Version 1.46 M.Karanovic (Juillet 2003)

**1. HYDROGEOLOGIE**  
 Vitesse effective\* Vs 15768 (m/an)  
 Conductivité Hydraulique K 5.0E-04 (m/sec)  
 Gradient Hydraulique i 0.05 (m/m)  
 Porosité efficace ne 0.05 (-)

**2. DISPERSION**  
 Dispersivité Longitudinale\* alpha x 5.000 (m)  
 Dispersivité Transversale\* alpha y 1.650 (m)  
 Dispersivité Verticale\* alpha z 0.280 (m)  
 Longueur de la zone modélisée Lp 50 (m)

**3. ADSORPTION**  
 Facteur de retard\* R 62158.6 (-)  
 Densité apparente du sol rho 1.65 (kg/dm³)  
 Coefficient de Partition Kd 1883.56 (L/kg)

**4. BIODEGRADATION**  
 Coeff. de dégradation de 1er ordre lambda (par an) 0  
 Demi-vie du soluté t-half 10.00 (an)  
 Delta Oxygène\* DO 5.78 (µg/L)  
 Delta Nitrate\* NO3 17 (µg/L)  
 Fer Ferreux Observé\* Fe2+ 11.3 (µg/L)  
 Delta Sulfates\* SO4 100 (µg/L)  
 Méthane Observé\* CH4 0.414 (µg/L)

**5. GENERAL**  
 Longueur de la zone modélisée\* 50 (m)  
 Largeur de la zone modélisée\* 20 (m)  
 Temps de Simulation\* 100.00 (an)

**6. SOURCE**  
 Epaisseur de la Source 3 (m)

Source	
Largeur (m)	Conc. (µg/L)
30	9000

Conc. à décroissance exponentielle

**7. DONNEES DE TERRAIN POUR LA COMPARAISON**

Concentration (µg/L)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Dist. à la Source (m)										10.0

**8. CHOIX DU TYPE DE RESULTAT A AFFICHER :**

Restaurer les Formules pour Vs, les dispersivités, R, lambda, et autres

Recalculer cette feuille

*Instructions pour les données d'entrée :*  
 115 → 1. Entrer directement une valeur... ou  
 0.02 → 2. Calculer à partir des valeurs encodées en gris dans les cellules en dessous.  
 Variable\* → Donnée directement utilisée par le modèle.  
 20 → Valeur calculée par le modèle. (N'encodex aucune donnée)

*Vue en plan du panache*  
 Concentrations observées aux puits de contrôle  
 En l'absence de données, laisser vide ou entrer "0"

Objectif de qualité au point de conformité

Coefficient de biodégradation à fixer au stade ESR à 0/an

2. Test d'une valeur de  $C_0$  ( $CBR_{nappe}$ )

**BIOSCREEN-AT\_1.46\_FR\_v1.0** Système d'aide à la décision basé sur l'atténuation naturelle  
 S.S. Papadopoulos & Associates, Inc. Version 1.46 M. Karanovic (Juillet 2007)

**1. HYDROGEOLOGIE**  
 Vitesse effective\* Vs 15768 (m/an)  
 Conductivité Hydraulique K 5.0E-04 (m/sec)  
 Gradient Hydraulique i 0.05 (m/m)  
 Porosité efficace  $n_e$  0.05 (-)

**2. DISPERSION**  
 Dispersivité Longitudinale\*  $\alpha_x$  5.000 (m)  
 Dispersivité Transversale\*  $\alpha_y$  1.650 (m)  
 Dispersivité Verticale\*  $\alpha_z$  0.280 (m)  
 Longueur de la zone modélisée  $L_p$  50 (m)

**3. ADSORPTION**  
 Facteur de retard\* R 62158.6 (-)  
 Densité apparente du sol  $\rho$  1.65 (kg/dm<sup>3</sup>)  
 Coefficient de Partition  $K_d$  1883.56 (L/kg)

**4. BIODEGRADATION**  
 Coeff. de dégradation de 1er ordre  $\lambda$  (par an)  
 Demi-vie du soluté t-half 10.00 (an)  
 ou **Modèle de Réaction Instantanée**  
 Delta Oxygène\* DO 5.78 ( $\mu\text{g/L}$ )  
 Delta Nitrate\* NO3 17 ( $\mu\text{g/L}$ )  
 Fer Ferreux Observé\* Fe2+ 11.3 ( $\mu\text{g/L}$ )  
 Delta Sulfates\* SO4 100 ( $\mu\text{g/L}$ )  
 Méthane Observé\* CH4 0.414 ( $\mu\text{g/L}$ )

**5. GENERAL**  
 Longueur de la zone modélisée\* 50 (m)  
 Largeur de la zone modélisée\* 30 (m)  
 Temps de Simulation\* 100.00 (an)

**6. SOURCE**  
 Epaisseur de la Source 3 (m)

**7. DONNEES DE TERRAIN POUR LA COMPARAISON**

Concentration ( $\mu\text{g/L}$ )	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Dist. à la Source (m)										

**8. CHOIX DU TYPE DE RESULTAT A AFFICHER :**

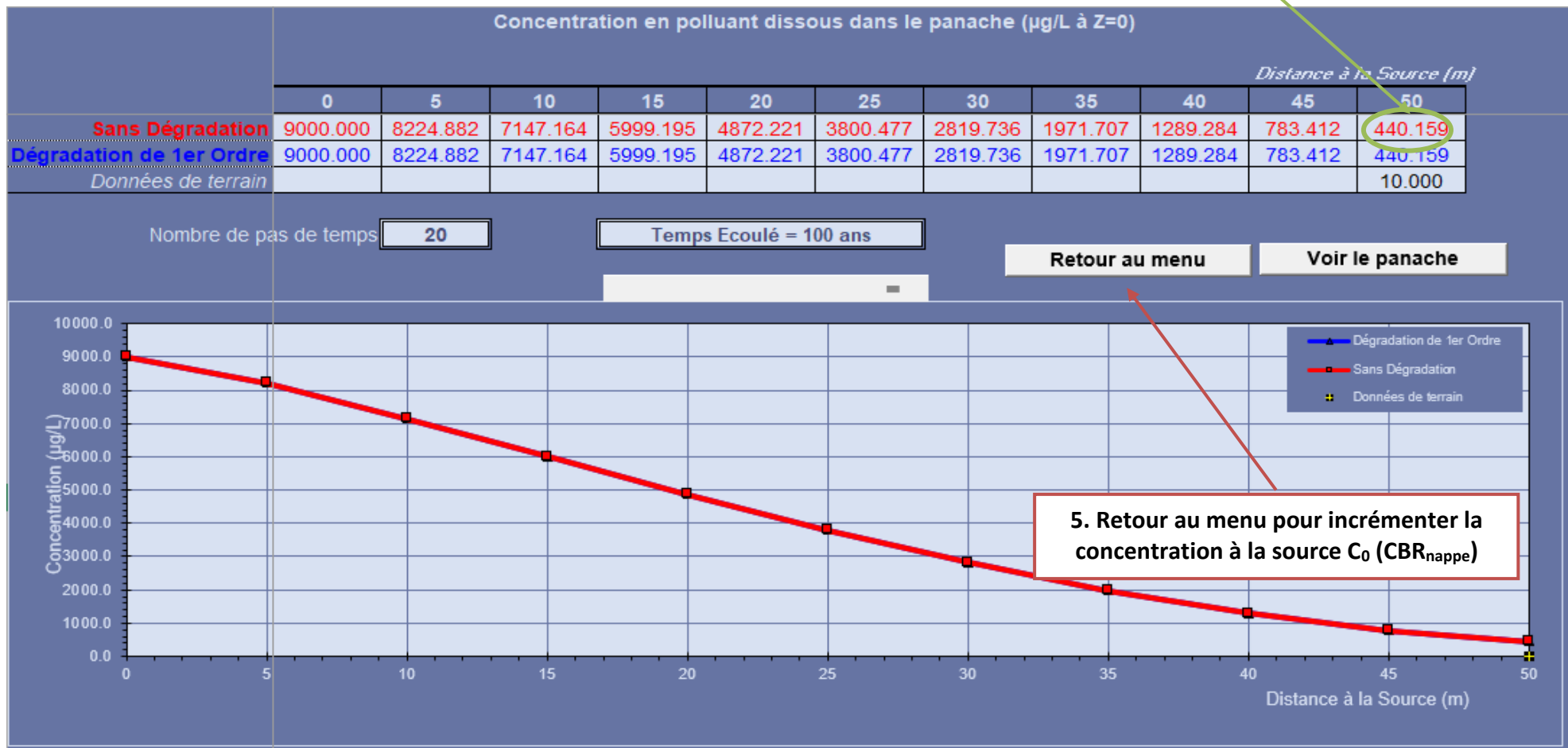
Calculer l'atténuation de la $C_{max}$ selon la distance	Restaurer les Formules pour Vs, les dispersivités, R, lambda, et autres	Aller à : <a href="#">Lisez moi Input ESR-N</a>
Calculer la dispersion du panache	Recalculer cette feuille	

**Instructions pour les données d'entrée :**  
 1. Entrer directement une valeur... ou  
 2. Calculer à partir des valeurs encodées en gris dans les cellules en dessous.  
 (pour restaurer les formules, cliquer sur le bouton ci-dessous)  
 Variable\* → Donnée directement utilisée par le modèle.  
 20 → Valeur calculée par le modèle. (N'encodrez aucune donnée)

**Vue en plan du panache**  
 Concentrations observées aux puits de contrôle  
 En l'absence de données, laisser vide ou entrer "0"

3. Calcul de la concentration au point de conformité ( $C_{max}$ )

**4. Comparaison de la concentration au point de conformité  $C_{max}$  à l'objectif de qualité fixé**



Une fois la concentration à la source validée, il est recommandé d'ajuster cette valeur dans l'onglet Input ESR-N et de transférer l'ensemble des paramètres pour validation finale du transfert.

## 1.2. Etape 2 : Calcul de la concentration admissible dans le sol (CBR<sub>N</sub>)

**Outil :** Outil ESR\_.xlsm

La seconde étape consiste à calculer la CBR<sub>N</sub> comme une valeur particulière de la VL<sub>N-aj</sub> spécifique au terrain, à partir de la CBR<sub>nappe</sub> (ou C<sub>0</sub>) préventive des risques de « dispersion » déterminée à l'étape 1. La formule permettant d'accéder à la CBR<sub>N</sub> est la suivante :

$$CBR_N = \frac{CBR_{nappe}}{1000} \frac{FD}{F_v K_{sw}}$$

- où : CBR<sub>N</sub> [mg/kg] est la concentration en polluant dans le sol basée sur les risques pour la nappe ;
- CBR<sub>nappe</sub> [µg/L] est la concentration admissible dans la nappe au droit de la pollution calculée à l'étape 1 ;
- FD [-] est le facteur de dilution ;
- F<sub>v</sub> [-] est le facteur de redistribution massique ;
- K<sub>sw</sub> [kg/L] est le facteur de partition sol/lixiviat.

Le facteur de dilution FD, le facteur de redistribution massique F<sub>v</sub> ainsi que le facteur de partition sol/eau K<sub>sw</sub> ont déjà été déterminés lors de l'ajustement des valeurs limites préventives des risques pour les eaux souterraines (VL<sub>N</sub>) dans l'outil ESR.xlsm. Ils sont accessibles dans l'onglet « Sélection – données sol », en sélectionnant « Critères Eaux souterraines » puis en « Affichant les détails de l'ajustement ».

ESR - Evaluation Simplifiée des Risques		VALEURS LIMITES Critères Eaux souterraines						Résultats intermédiaires pour ajustement des VSN/VIN	
Ajustement selon type de nappe		VR	VSN-ajustée	VIN-ajustée	FD	Fv	Ksw	FAG VSN-aj /	FAG VSN
Métaux/métalloïdes									
Arsenic		12	-	-	-	-	-	-	-

Figure 1 : Outil ESR.xlsm : l'onglet « Sélection – données sol » permet d'afficher les paramètres FD, Fv et Ksw.

L'application de l'équation mentionnée ci-avant fournit dès lors la CBR<sub>N</sub>, à laquelle il convient de comparer les concentrations dans le sol afin de se prononcer sur l'absence de menace grave ou sur l'éventuelle existence d'une hypothèse de menace grave.

**CAS PARTICULIER - les xylènes –**

*En ce qui concerne les xylènes, l'ajustement de la valeur limite de lessivage dans le sol ( $CBR_N$ ) à partir de la  $CBR_{nappe}$  s'effectue sur base de l'ortho-xylène.*

En effet, cet isomère (isomère o) est le plus sécuritaire (comparativement aux isomères m et p) de par sa constante de Henry ( $H'$ ) plus petite <sup>4</sup> (ce qui implique en association avec un  $K_d$  plus faible- cf ci-dessus-) un  $K_{sw}$  - coefficient de partition sol/lixiviat (kg/L) - plus élevé et par conséquent, une  $CBR_N$  plus petite.

---

<sup>4</sup> S-Risk for the Walloon region – substance data sheets part 2 : BTEX, styrene, phenol and trimethylbenzenes – source : <https://www.s-risk.be/documents.html> - voir « documents for Wallonia »