

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.xlsm²

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	α_x	[m]	
Dispersivité transversale	α_y	[m]	
Dispersivité verticale	α_z	[m]	
Facteur de retard	R		Requis pour les polluants inorganiques, facultatif pour les polluants organiques
Densité apparente du sol	ρ_b	[kg/dm ³]	
Coefficient de partition	Kd	[L/kg]	
Coefficient de dégradation du 1 ^{er} ordre	λ	[/an]	A fixer à 0/an (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]	A fixer à 100 ans
Largeur de la source	W_s	[m]	Extension de la pollution perpendiculairement à l'axe d'écoulement souterrain
Concentration à la source	C_0	[µg/L]	Paramètre à déterminer

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

¹ Notation BIOSCREEN

² 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 faible³ 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.

³ 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 (1/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 :

Calculer l'atténuation de la Cmax selon la distance | Restaurer les Formules pour Vs, les dispersivités, R, lambda, et autres

Calculer la dispersion du panache | 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'encodéz aucune donnée)

Vue en plan du panache
 Concentrations observées aux puits de contrôle
 En l'absence de données, laissez vide ou entrez "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* α_x 5.000 (m)
 Dispersivité Transversale* α_y 1.650 (m)
 Dispersivité Verticale* α_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 ρ 1.65 (kg/dm³)
 Coefficient de Partition K_d 1883.56 (L/kg)

4. BIODEGRADATION
 Coeff. de dégradation de 1er ordre λ (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 :

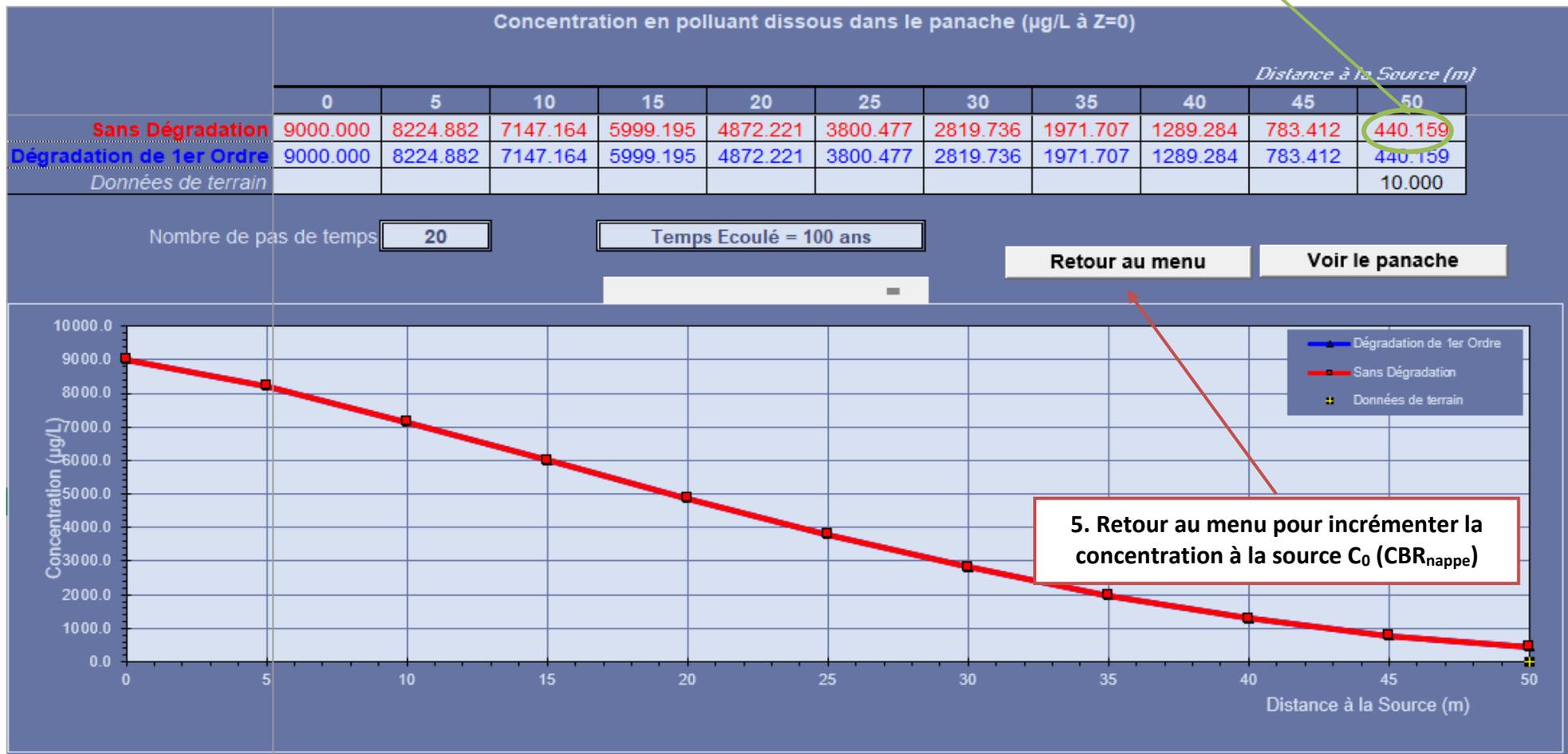
Calculer l'atténuation de la C_{max} selon la distance	Restaurer les Formules pour Vs, les dispersivités, R, lambda, et autres	Aller à : Lisez moi Input ESR-N
Calculer la dispersion du panache	Recalculer cette feuille	

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



5. Retour au menu pour incrémenter la concentration à la source C_0 ($\text{CBR}_{\text{nappe}}$)

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_N)

Outil : Outil ESR_.xlsm

La seconde étape consiste à calculer la CBR_N comme une valeur particulière de la VL_{N-aj} spécifique au terrain, à partir de la CBR_{nappe} (ou C₀) préventive des risques de « dispersion » déterminée à l'étape 1. La formule permettant d'accéder à la CRB_N est la suivante :

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

- où : CBR_N [mg/kg] est la concentration en polluant dans le sol basée sur les risques pour la nappe ;
- CBR_{nappe} [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_v [-] est le facteur de redistribution massique ;
- K_{sw} [kg/L] est le facteur de partition sol/lixiviat.

Le facteur de dilution FD, le facteur de redistribution massique F_v ainsi que le facteur de partition sol/eau K_{sw} ont déjà été déterminés lors de l'ajustement des valeurs limites préventives des risques pour les eaux souterraines (VL_N) 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						
SELECTION A PARTIR DES CONCENTRATIONS MESUREES DANS LE SOL						
USAGE retenu						
Type III - Usage résidentiel						
Entrez les champs à sélectionner						
Nom du site :						
N° forage						
N° échantillon						
Zone						
Sous-zone						
Profondeur min (m-ns)						
Profondeur max (m-ns)						
Lithologie						
Recouvrement						
Date de prélèvement						
Critère de sélection personnalisé 1						
Critère de sélection personnalisé 2						
Critère de sélection personnalisé 3						
Critère de sélection personnalisé 4						
Critère de sélection personnalisé 5						
Type de comparaison		VALEURS LIMITES			Résultats intermédiaires pour	
Critères Eaux souterraines		Critères Eaux souterraines			ajustement des VSN/VIN	
Aquifère du Bruxellien (Sables)		VR	VSN-ajustée	VIN-ajustée	FD	Fv
Ajustement selon type de nappe					Ksw	FAG VSN-aj / FAG VSN
Métaux/métalloïdes						
Arsenic		12	-	-	-	-
Cadmium		0,20	-	-	-	-

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_N, 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 ⁴ (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.

⁴ 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 »