

PROJET DE POURSUITE D'EXPLOITATION DE L'ISDND A GUELTAS (56)

ETUDE D'EQUIVALENCE DE LA BARRIERE PASSIVE ET DU BASSIN LIXIVIAT

RESOLUTION MATHEMATIQUE (MODELE MISP_V2)

Ce document constitue la résolution mathématique de l'équivalence en fond des futurs casiers du projet d'extension de l'ISDND de Lierville. Elle est réalisée à l'aide du modèle MISP_V2 du BRGM (Développement et résolution de solutions analytiques).

La justification qualitative de l'équivalence est présentée dans le dossier de qualification géologique et hydrogéologique. Il conviendra de s'y référer.

SOMMAIRE

1	RAPPEL DU CONTEXTE	2
1.1	PHASE 1 : ETUDE D'APTITUDE	2
1.1.1	Contexte géologique	2
1.1.2	Contexte hydrogéologique	3
1.1.3	Synthèse sur l'aptitude.....	3
1.1.4	Conclusion sur l'aptitude régionale	3
1.2	PHASE 2 : ETUDE DE QUALIFICATION	4
1.2.1	Géologie	4
1.2.2	Hydrogéologie	5
1.2.3	Synthèse	5
2	PARAMETRAGE DU MODELE	6
2.1	HYPOTHESES DE CALCUL.....	6
2.2	ECRITURE MATHEMATIQUE	7
2.3	PARAMETRAGE DU MODELE ANALYTIQUE MISP_V2	8
2.4	CAS ETUDIES	8
2.4.1	Étude d'équivalence de la barrière passive	8
2.4.2	Étude d'équivalence du bassin de lixiviat	10
2.4.3	Structure recommandée pour les flancs	11
3	FEUILLES DE CALCUL	12

1

Rappel du contexte

L'étude de qualification géologique et hydrogéologique présentée dans le dossier principal a été réalisée selon le Guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR (FD X 30-438), paru en juillet 2017.

Elle est réalisée dans les règles de l'art en 3 phases d'études successives du général au particulier :

- L'étude d'aptitude à l'échelle régionale qui replace le site dans son contexte général et justifie de son implantation par l'analyse des principaux domaines (géologie, hydrogéologie, usage des eaux et hydrographie) et hiérarchise les avantages et les contraintes locales ;
- L'étude de qualification à l'échelle du site qui permet d'acquérir les données techniques locales sur les domaines géologiques, hydrogéologiques et géotechniques par des investigations lourdes de terrain (sondages carottés, piézomètres, etc...) ;
- L'étude de faisabilité du projet (préconisations techniques) avec notamment le dimensionnement de la barrière passive réglementaire en fonction du contexte local et l'étude de stabilité du projet justifiant de coefficient de sécurité à long termes.

1.1 Phase 1 : Etude d'aptitude

1.1.1 Contexte géologique

Les données géologiques et structurales qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- La zone d'études appartient au Massif Armoricaïn et plus spécifiquement au « Domaine Varisque de Bretagne centrale », composé par les roches les plus anciennes du massif (datant du Briovérien) ;
- Ces roches anciennes silteuses (anciens sédiments marins légèrement métamorphosés) ont subi l'effet du temps et ont été altérés en sables argileux sur plus de 30 m (altérites). Ces produits d'altération sont les horizons les plus favorables à l'échelle régionale à former la barrière de sécurité passive (notion de base des ISDND, 5 m à perméabilité inférieure à 10^{-6} m/s) ;

- Le site est localisé en domaine de plateau, zone la plus favorable :
 - Tectoniquement parlant car en dehors des couloirs de failles que caractérisent les vallées principales d'orientation sub-méridienne (à N20) ;
 - Et géologiquement parlant car où l'épaisseur d'altérites est la plus importante.

1.1.2 Contexte hydrogéologique

Les données hydrogéologiques qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- Le site de Gueltas est localisé dans le domaine varisque de Bretagne centrale qui se caractérise par la présence de roches anciennes schisteuses ayant subi une altération intense tant et si bien que la roche mère profonde se situe à plus de 30 m de profondeur sous des horizons altérés argilisés peu perméable ;
- Cette couverture peu perméable induit l'absence de ressource en eau souterraine substantielle qui se concentre aléatoirement et uniquement au gré des fractures profondes de la roche mère saine et à forte profondeur (Les fractures de la roche jouent un rôle de drain des eaux infiltrées).
- Ainsi, il n'y a pas de captages AEP dans le secteur du fait de l'absence de ressource.

1.1.3 Synthèse sur l'aptitude

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :
 - La présence à l'affleurement et sur des épaisseurs substantielles des altérites, unité géologique qui représente la formation la plus favorable et la plus apte à former la barrière passive du site à l'échelle régionale ;
2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :
 - L'absence de nappe au sens hydrogéologique du terme dans les altérites ;
 - L'absence de captages d'eau potable potentiellement vulnérables au site.

1.1.4 Conclusion sur l'aptitude régionale

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis dans le fascicule de l'AFNOR (FD X 30-438) pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique restent globalement favorables (peu contraignants) pour un projet d'ISDND, sous réserve de la mise en place d'une barrière passive équivalente à la réglementation (1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s ou équivalent).

1.2 Phase 2 : Etude de qualification

1.2.1 Géologie

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués (sondage carotté, sondages à destructifs, diagraphies, campagne de mesures géophysiques).

Le substratum géologique du site (siltite du Briovérien) a été altérée et on observe toute la succession classique des différents degrés d'altération en fonction de la profondeur. Ainsi, la succession lithologique locale est la suivante (de la base vers le sommet) :

- Le socle sain n'a pas été touché en sondage (à plus de 30 m) mais a été reconnu à près de 45 m en géophysique ;
- Le toit du socle altéré et induré (premier degré d'altération du socle) dessine une interface très légèrement pentée vers le Nord-Ouest (1,2%) en accord avec la topographie de la zone étudiée. La cote du toit varie de 133,5 m NGF au sud-ouest à 127,5 m NGF pour une cote moyenne d'environ 131 m NGF ;
- Les altérites meubles (islatérites argileuses et allotérites silteuses) ont partiellement été érodées en direction de la vallée au Nord du site (exutoire naturel des eaux de ruissellement). L'épaisseur de ces formations dites de couverture varie de 12,5 m sur le plateau au Sud à 1,5 m à proximité de la vallée au nord.

D'un point de vue structural, les investigations géophysiques ont montré l'extrême homogénéité des formations (électromagnétisme et panneaux électriques) sur au moins 30 m (pas de discontinuités). Notamment, la faille voisine notée sur la carte géologique (observable à travers des filons de quartz) pourrait se prolonger au droit du site (possiblement visible en fond de panneau à 45 m de profondeur) mais n'a pas d'effet sur le projet (faille de tension sans décalage et/ou estompée dans les altérites).

Dans le cadre du projet de SUEZ, il est préférable de s'ancrer dans les altérites meubles, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site.

Les essais de perméabilité in situ selon la norme en vigueur au droit de 12 sondages (NFX30-423) ont été réalisés sur site et ont donné une valeur de perméabilité moyenne de $9,5 \cdot 10^{-7}$ m/s pour les horizons constitutifs de la barrière passive en place. Les altérites silteuses sont à caractère semi-perméables en grand. Néanmoins, localement le seuil des 10^{-6} m/s est dépassé sur quelques valeurs tout en restant tout proche de la valeur seuil.

Ainsi, le contexte géologique local est jugé peu contraignant et même favorable sous réserve de mise en place de mesures compensatoires répondre aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- **La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ;**
- **Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure ponctuellement).**

1.2.2 Hydrogéologie

La nature silteuse (texture fine) des horizons d'altération du socle présents sur plus de 30 m avec une perméabilité très faible (10^{-6} m/s) conjuguée à l'absence de pente en domaine de plateau comme c'est le cas au droit du site (pas de drain naturel) induisent une saturation des altérites (fonction capacitive). Un écoulement lent (1 à 2 m par an) s'effectue des points hauts topographiques vers les axes de drainage que forment les fonds de vallée (concordance entre les bassins versants hydrographiques et les bassins versants hydrogéologiques).

Les 11 piézomètres présents (les 6 sur l'ISDND actuelle et les 5 nouveaux pour la présente étude) ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : au droit de la zone de poursuite d'activité, la nappe s'écoule d'Est en Ouest avec un gradient de 2,2 % en direction de la Belle-Chère (affluent de l'Ével/Blavet) qui draine les eaux. Le niveau piézométrique s'échelonne de 145 m NGF en amont à l'Est à moins de 130 m NGF en aval à l'ouest avec un niveau à faible profondeur (moins de 3 m).

La grandeur mathématique des caractéristiques hydrodynamiques acquises sur les 5 nouveaux piézomètres ajoutées aux mesures de perméabilité au sein des altérites ont confirmé le caractère non aquifère des horizons d'altération (formation semi-perméable).

Le seul niveau de nappe potentiellement productif est contenu en profondeur au droit du socle sain quand il est fracturé (drain donc écoulement possible). Il n'a pas été touché sur site (investigations jusqu'à 30 m de profondeur). L'aquifère profond n'est pas vulnérable (forte profondeur et couverture semi-perméable importante). Néanmoins, les eaux de saturation sont fortement vulnérables aux pollutions de surface (niveau sub-affleurant).

La faible profondeur de la cote de saturation implique la mise en place d'un système de rabattement en amont qu'il convient de dimensionner (en phase de préconisations techniques) afin de s'assurer de la non sollicitation de la barrière passive reconstituée et donc de la faisabilité technique du projet.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- **Sous réserve de la mise en place des barrières de sécurité passives et actives conformes à la réglementation ;**
- **Sous réserve de la mise en place d'un système de rabattement des eaux de saturation en amont du site** dans le cas où il serait dimensionné un projet plus profond que celle de la cote de saturation ;
- **Et sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux seuils réglementaires.**

1.2.3 Synthèse

La couche de 1 m à 10^{-9} m/s est absente : elle devra être reconstituée.

Les formations d'altération du socle qui forment nécessairement la barrière passive en place (couche d'atténuation) ont une perméabilité qui n'est pas conforme en tout point ($K > 10^{-6}$ m/s ponctuellement) ce qui justifie de dimensionner une barrière de sécurité passive équivalente.

2

Paramétrage du modèle

2.1 Hypothèses de calcul

Le code de calcul utilisé fait appel à des solutions analytiques dont les principales hypothèses de résolution se résument au cas d'un régime permanent en mode hydrodispersif (advection et dispersion-diffusion), d'un milieu saturé et d'un domaine à une dimension (1D) avec les conditions maximalistes pénalisantes suivantes :

- La barrière de sécurité passive est considérée comme étant poreuse, homogène, isotrope, indéformable et saturée en eau ;
- Le calcul du transfert massique des solutés en mode diffusif nécessite la sélection d'un traceur, en l'occurrence les chlorures ($R = 1$) ;
- Le calcul du flux de Darcy à travers la barrière passive est considéré avec un écoulement vertical, unidirectionnel et uniforme ;
- Le calcul du flux de Darcy dans l'aquifère est considéré avec un écoulement horizontal, unidirectionnel et uniforme ;
- Le mélange du flux massique d'infiltration avec celui de l'aquifère est supposé homogène ;
- Le terme source est supposé infini dans le temps avec une concentration unitaire constante dans le temps ;
- Le terme transfert est considéré comme nul (interaction entre la phase liquide interstitielle et la phase solide de la barrière géologique).

2.2 Ecriture mathématique

La migration verticale à partir du terme source à travers la barrière de sécurité passive est définie à partir de l'équation de transport suivante :

$$i \frac{\partial c(z,t)}{\partial z} - \theta D \frac{\partial^2 c(z,t)}{\partial z^2} = -R\theta \frac{\partial c(z,t)}{\partial t} - R\theta \lambda c(z,t)$$

- où :
- $c(z,t)$ = concentration à la profondeur z dans la couche et au temps t (M/L^3)
 - i = infiltration verticale (Darcy) ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - θ = teneur en eau volumique D = coefficient de diffusion-dispersion (L^2/T)
 - R = facteur retard à travers la barrière géologique
 - λ = constante de décroissance de premier ordre (T^{-1}).

Le coefficient de diffusion-dispersion (D) est :

$$D = \alpha \frac{i}{\theta} + D_0 \psi$$

- où :
- α = dispersivité longitudinale (L) ψ = tortuosité
 - D_0 = coefficient de diffusion dans l'eau pure (L^2/T)

L'équation de transport dans l'aquifère est :

$$R_a \phi \frac{\partial C}{\partial t} = -q \frac{\partial C}{\partial x} - \phi D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \phi D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \phi D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - R_a \phi \lambda_a C + M$$

- où :
- C = concentration dans l'aquifère au point x,y,z et au temps t (M/L^3)
 - ϕ = porosité de l'aquifère R_a = facteur de retard dans l'aquifère
 - D_x, D_y, D_z = coefficient de dispersion-diffusion dans les directions x,y,z (L^2/T)
 - λ_a = constante de dégradation de premier ordre dans l'aquifère (T^{-1})
 - M = flux massique à la surface de la nappe (sur l'aire $L \cdot B$) (M/T)

La concentration relative maximale (c^*) pour un temps quasi-infini dans l'aquifère en régime permanent est obtenue à partir de l'équation :

$$c^* = \frac{c_0}{1 + \frac{q_u E}{iL} \left[1 - \exp\left(-\frac{ie}{\theta D}\right) \right]} \quad (4)$$

- où :
- c_0 = concentration source unitaire
 - q_u = flux de DARCY dans l'aquifère en aval de la zone source ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - E = épaisseur de l'aquifère (L) i = infiltration verticale ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - e = épaisseur de la barrière (L) θ = teneur en eau volumique
 - L = plus grande longueur de la zone source dans la direction d'écoulement des eaux souterraines (L)

2.3 Paramétrage du modèle analytique MISP_V2

Le paramétrage est présenté dans le chapitre 3 de la présente note pour chacun des modèles testés.

La concentration relative maximale (c^*) est calculée en régime permanent au toit de l'aquifère ($z=0$), le long de l'axe du panache ($x = 100$).

La charge hydraulique a été fixée à 30 cm de lixiviats (charge maximale réglementaire en fond de site).

La modélisation est réalisée en simulant une infiltration sur une surface de 100 m², en absence de géomembrane et pour une source de pollution infinie dans le temps.

Concernant les paramètres mettant en jeu la perméabilité de la barrière passive, c'est la valeur la plus pénalisante qui a servi pour le modèle et qui est présentée dans le tableau ci-dessous :

Formation géologique	Perméabilité associée dans la modélisation (en m/s)
Silts meubles (produits d'altération du socle)	$4,0 \times 10^{-6}$

Tableau 1. Caractéristiques des formations géologiques

Pour la distance à la nappe, et compte tenu du fait que nous sommes en présence d'une nappe libre, nous avons imposé une cote « rabattue » selon la future gestion des eaux du site à 130,5 mètres NGF.

Pour l'épaisseur de matériaux en place, nous avons imposé, dans les calculs, l'épaisseur minimale définie dans le Guide d'équivalence à savoir 2 m entre le toit de l'aquifère et la base de la couche à 1.10^{-9} m/s reconstituée).

2.4 Cas étudiés

2.4.1 Étude d'équivalence de la barrière passive

Le calcul d'équivalence de la barrière passive s'inscrit dans le cadre de l'article 8 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. Cet article stipule :

« Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle est complétée et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme [...] »

Dans le cadre du calcul d'équivalence pour la barrière passive, les différents cas étudiés sont les suivants :

- Cas 1 (cas réglementaire) : 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s ;
- Cas 2 (renforcement par un géosynthétique bentonitique, GSB) : GSB à $k < 5.10^{-11}$ m/s + 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 2 m de silts meubles en place à $k < 4.0.10^{-6}$ m/s ;
- Cas 3 (renforcement par surépaisseur) : 1,10 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 2 m à $k < 4.0.10^{-6}$ m/s.

Pour chacun des cas étudiés, la performance hydraulique a été calculée à l'aide du logiciel MISP_V2 développé par le BRGM. La modélisation mathématique permet de calculer une concentration résiduelle dans la nappe présente sous le site à partir d'une pollution potentielle unitaire traversant la barrière passive.

Les performances des différents cas modélisés ont été comparées au cas réglementaire. Une structure est au moins équivalente au cas réglementaire dès lors que la concentration d'un polluant théorique dans la nappe est inférieure à celle issue du dispositif réglementaire :

- Si le rapport est supérieur à 1 : la solution offre une protection supérieure au cas réglementaire, la solution est donc recevable (exemple un rapport de 1,18 veut dire que la solution offre une protection 18 % meilleure que la réglementation) ;
- Si le rapport est inférieur à 1 : la solution n'est pas recevable car le degré de protection de la structure étudiée est inférieur à celle du cas réglementaire.

Les résultats sont présentés dans le [tableau 2](#) en page suivante.

Ainsi, les cas 2 et 3 sont équivalents à la structure réglementaire.

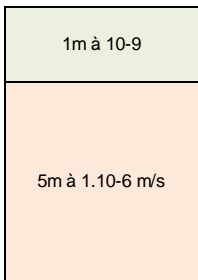
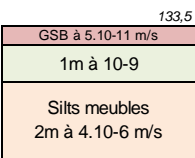
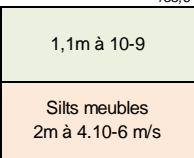
	Cas Réglementaire	Renforcement par un GSB	Renforcement par surépaisseur d'argile
	Cas 1	Cas 2	Cas 3
			
		<small>Eau souterraine rabatue à 130,5 m NGF</small>	
Épaisseur (m) :	6,00	3,01	3,10
k Darcy (m/s) :	5,97E-09	2,68E-09	0,00
Vitesse d'infiltration (m/s) :	1,294E-09	1,166E-09	1,272E-09
Temps de transfert (s) :	4,6E+09	2,6E+09	2,4E+09
Concentration (mg/l) :	1,62E-03	1,47E-03	1,59E-03
Rapport concentrations :	1,00	1,1025	1,0157
Amélioration (%) :		10,3%	1,6%

Tableau 2. Calculs d'équivalence de la barrière passive.

2.4.2 Étude d'équivalence du bassin de lixiviat

Le calcul d'équivalence de la barrière passive s'inscrit dans le cadre de l'article 8 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. Cet article stipule :

« Les bassins de stockage de lixiviats sont étanches et résistants aux substances contenues dans les lixiviats. Leurs dispositifs d'étanchéité sont constitués, du haut vers le bas, d'une géomembrane et d'une barrière d'étanchéité passive présentant une perméabilité égale ou inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur une épaisseur d'au moins 50 centimètres ou tout système équivalent. »

Dans le cadre du calcul d'équivalence pour la barrière passive, les différents cas étudiés sont les suivants :

- Cas 4 (cas réglementaire) : 0,5 m à $k < 10^{-9}$ m/s ;
- Cas 5 (renforcement par un géosynthétique bentonitique, GSB) : GSB à $k < 5.10^{-11}$ m/s + des silts meubles en place à $k < 4.10^{-6}$ m/s (afin d'atteindre une épaisseur totale de 0,5 mètres) ;

	Cas Réglementaire	Renforcement par un GSB
	Cas 4	Cas 5
	0,5 m à 10^{-9}	GSB à 5.10^{-11} m/s Silts meubles à 4.10^{-6} m/s
Épaisseur (m) :	0,50	0,50
k Darcy (m/s) :	$1,00E-09$	$5,00E-11$
Vitesse d'infiltration (m/s) :	$3,00E-09$	$1,50E-10$
Temps de transfert (s) :	$1,7E+08$	$3,3E+09$
Concentration (mg/l) :	$1,51E-03$	$7,52E-04$
Rapport concentrations :	1,00	2,0019
Amélioration (%) :		100,2%

Tableau 3. Calculs d'équivalence du bassin de lixiviat.

Le cas 5 est équivalent à la réglementation en termes de performances.

2.4.3 Structure recommandée pour les flancs

Selon la législation française, pour la reconstitution d'une structure équivalente, l'épaisseur n'est pas spécifiée en flanc, comme illustré ci-dessus par le schéma p. **Erreur ! Signet non défini.** (extrait du guide AFNOR BP X 30-438).

Parmi les solutions équivalentes qui permettent de reconstituer la barrière passive, celle du GéoSynthétique Bentonitique (GSB) est fréquemment utilisée car elle satisfait aux performances hydrauliques définies par la réglementation ($k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s).

Le GSB est un produit industriel manufacturé pour chacun de ses composants. Parmi ceux-ci, la bentonite appartient à une famille spécifique d'argiles dont la composition chimique est importante en ce qui concerne sa perméabilité. On distingue ainsi :

- La bentonite sodique naturelle, issue de gisements nord-américain et indien ;
- La bentonite calcique activée, d'origine européenne.

Sur la totalité des flancs et en continuité du fond, nous recommandons de poser un GéoSynthétique Bentonitique à bentonite sodique en nappe de 0,8 cm d'épaisseur (en service après humidification), dont les caractéristiques hydrauliques à $k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s, sont au moins équivalentes à celles de la couche de 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s.

Le GSB sera plaqué sur les flancs jusqu'à la tranchée d'ancrage au sommet du projet. L'entreprise de pose des géosynthétiques devra être certifiée ASQUAL et devra respecter l'état de l'art en matière de fourniture et pose de ces matériaux, tel que décrit dans le fascicule du Comité Français des Géosynthétiques relatif au GSB.

3

Feuilles de calcul

Cas 1 :

```

*****
**** MISP_v3, ACG Environnement, Juin 2023 ****
**** CAS 1 Fond Cas reglementaire ****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE ****
1 OPTION_S pour le type de terme source
50.00 Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00 Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00 Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00 Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00 Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00 Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09 Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE ****
6.27E-09 Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
6.00 Epaisseur (m)
0.25 Teneur en eau ( )
0.30 Tortuosite ( )
6.0E-01 Dispersivite (m)
1.00 Coefficient de retard ( )
0.00E+00 Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE ****
4.00E-06 Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06 Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35 Porosite ( )
10.00 Epaisseur (m)
1.00E+00 Dispersivite en X (m)
1.00E-01 Dispersivite en Y (m)
1.00E-01 Dispersivite en Z (m)
0.30 Tortuosite ( )
0.00E-00 Cnte de degradation (1/an)
1.00 Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION ****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10 Premier temps de calcul du flux (an)
4 Nombre de cycles log temps
10 Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2 *** OPTION_A pour le type de concentration
(1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
(2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10 Nombre de subdivisions de l'intervalle
2 *** OPTION_B pour le type de restitution
(1 : Repartition spatiale a temps fixe)
0.00 Temps (an) pour le calcul
0.00 Premier point X des profils de concentration (m)
0 Nombre de cycle log
0 Nombre de points par cycle log
(2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00 Coordonnee X (m) du point
0.00 Coordonnee Y (m) du point
0.00 Coordonnee Z (m) du point
0.10 Premier temps de calcul (an)
4 Nombre de cycles log
10 Nombre de points par cycle log
1 *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
(1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00 Valeur max de Y (m)
0.00 Increment de Y (m)
0.00 Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
(2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00 Profondeur max (m)
0.00 Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00 Valeur de Y (m)
1 *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00 Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
(rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

Cas 2 :

```

*****
**** MISP_v3, ACG Environnement, Juin 2023 *****
**** CAS 2 Fond GSB + 1 m à 10-9 *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
1 OPTION_S pour le type de terme source
50.00 Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00 Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00 Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00 Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00 Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00 Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09 Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.17E-09 Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
3.00 Epaisseur (m)
0.25 Teneur en eau ( )
0.30 Tortuosite ( )
3.0E-01 Dispersivite (m)
1.00 Coefficient de retard ( )
0.00E+00 Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06 Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06 Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35 Porosite ( )
10.00 Epaisseur (m)
1.00E+00 Dispersivite en X (m)
1.00E-01 Dispersivite en Y (m)
1.00E-01 Dispersivite en Z (m)
0.30 Tortuosite ( )
0.00E-00 Cnte de degradation (1/an)
1.00 Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10 Premier temps de calcul du flux (an)
4 Nombre de cycles log temps
10 Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2 *** OPTION_A pour le type de concentration
(1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
(2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10 Nombre de subdivisions de l'intervalle
2 *** OPTION_B pour le type de restitution
(1 : Repartition spatiale a temps fixe)
0.00 Temps (an) pour le calcul
0.00 Premier point X des profils de concentration (m)
0 Nombre de cycle log
0 Nombre de points par cycle log
(2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00 Coordonnee X (m) du point
0.00 Coordonnee Y (m) du point
0.00 Coordonnee Z (m) du point
0.10 Premier temps de calcul (an)
4 Nombre de cycles log
10 Nombre de points par cycle log
1 *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
(1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00 Valeur max de Y (m)
0.00 Increment de Y (m)
0.00 Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
(2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00 Profondeur max (m)
0.00 Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00 Valeur de Y (m)
1 *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00 Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
(rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

Cas 3 :

```

*****
**** MISP_v3, ACG Environnement, Juin 2023 *****
**** CAS 3 Fond 1,1 m à 10-9 *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
1 OPTION_S pour le type de terme source
50.00 Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00 Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00 Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00 Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00 Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00 Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09 Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.27E-09 Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
3.10 Epaisseur (m)
0.25 Teneur en eau ( )
0.30 Tortuosite ( )
3.1E-01 Dispersivite (m)
1.00 Coefficient de retard ( )
0.00E+00 Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06 Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06 Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35 Porosite ( )
10.00 Epaisseur (m)
1.00E+00 Dispersivite en X (m)
1.00E-01 Dispersivite en Y (m)
1.00E-01 Dispersivite en Z (m)
0.30 Tortuosite ( )
0.00E-00 Cnte de degradation (1/an)
1.00 Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10 Premier temps de calcul du flux (an)
4 Nombre de cycles log temps
10 Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2 *** OPTION_A pour le type de concentration
(1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
(2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10 Nombre de subdivisions de l'intervalle
2 *** OPTION_B pour le type de restitution
(1 : Repartition spatiale a temps fixe)
0.00 Temps (an) pour le calcul
0.00 Premier point X des profils de concentration (m)
0 Nombre de cycle log
0 Nombre de points par cycle log
(2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00 Coordonnee X (m) du point
0.00 Coordonnee Y (m) du point
0.00 Coordonnee Z (m) du point
0.10 Premier temps de calcul (an)
4 Nombre de cycles log
10 Nombre de points par cycle log
1 *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
(1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00 Valeur max de Y (m)
0.00 Increment de Y (m)
0.00 Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
(2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00 Profondeur max (m)
0.00 Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00 Valeur de Y (m)
1 *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00 Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
(rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

Cas 4 :

```

*****
**** MISF_v3,          ACG Environnement, Juin 2023      *****
**** CAS 4 bassin lixiviat reg          *****
*****
***** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
    20.00       Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
    50.00       Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00       Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00       Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00       Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00       Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09       Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
***** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
3.00E-09       Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      0.50       Epaisseur (m)
      0.25       Teneur en eau ( )
      0.30       Tortuosite ( )
0.5E-01       Dispersivite (m)
      1.00       Coefficient de retard ( )
0.00E+00       Constante de degradation (1/an)
***** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06       Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06       Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35       Porosite ( )
     10.00       Epaisseur (m)
1.00E+00       Dispersivite en X (m)
1.00E-01       Dispersivite en Y (m)
1.00E-01       Dispersivite en Z (m)
      0.30       Tortuosite ( )
0.00E-00       Cnte de degradation (1/an)
      1.00       Facteur Retard ( )
***** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
    0.10       Premier temps de calcul du flux (an)
      4        Nombre de cycles log temps
     10       Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2        *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
    0.00       Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
    10.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
     10       Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2        *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
    0.00       Temps (an) pour le calcul
    0.00       Premier point X des profils de concentration (m)
      0        Nombre de cycle log
      0        Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
    100.00     Coordonnee X (m) du point
     0.00     Coordonnee Y (m) du point
     0.00     Coordonnee Z (m) du point
     0.10     Premier temps de calcul (an)
      4        Nombre de cycles log
     10       Nombre de points par cycle log
      1        *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
    0.00       Valeur max de Y (m)
    0.00       Increment de Y (m)
    0.00       Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
    0.00       Profondeur max (m)
    0.00       Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
    0.00       Valeur de Y (m)
      1        *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
    0.00       Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
    0.00       Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
    0.00       Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```


CAS 5:

```

*****
**** MISPV3,          ACG Environnement, Juin 2023          ****
**** CAS 5 bassin lixiviat equiv          ****
*****
***** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
    20.00        Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
    50.00        Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
  1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00        Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
  0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00        Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
  2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
***** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
  2.44E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      0.50        Epaisseur (m)
      0.25        Teneur en eau ( )
      0.30        Tortuosite ( )
  0.5E-01       Dispersivite (m)
      1.00        Coefficient de retard ( )
  0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
***** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
  4.00E-06      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
  4.00E-06      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35        Porosite ( )
     10.00       Epaisseur (m)
  1.00E+00      Dispersivite en X (m)
  1.00E-01      Dispersivite en Y (m)
  1.00E-01      Dispersivite en Z (m)
      0.30        Tortuosite ( )
  0.00E-00      Cnte de degradation (1/an)
      1.00        Facteur Retard ( )
***** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
    0.10        Premier temps de calcul du flux (an)
      4          Nombre de cycles log temps
     10         Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
    0.00        Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
    10.00       Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
     10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
    0.00        Temps (an) pour le calcul
    0.00        Premier point X des profils de concentration (m)
      0          Nombre de cycle log
      0          Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
    100.00      Coordonnee X (m) du point
     0.00       Coordonnee Y (m) du point
     0.00       Coordonnee Z (m) du point
     0.10       Premier temps de calcul (an)
      4          Nombre de cycles log
     10         Nombre de points par cycle log
      1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
    0.00        Valeur max de Y (m)
    0.00        Increment de Y (m)
    0.00        Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
    0.00        Profondeur max (m)
    0.00        Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
    0.00        Valeur de Y (m)
      1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
    0.00        Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
    0.00        Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
    0.00        Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****
    
```