A C G E N V I R O N N E M E N T

GURDEBEKE S.A.

ISDND DE CHATEAU-GAUTIER

MOULIN-SOUS-TOUVENT (60)

NOTE D'EVALUATION DE L'INCIDENCE DE L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

2019/03/E114/V1

Mars 2019

ACG ENVIRONNEMENT
23, RUE DES VOYERS 78440 PORCHEVILLE - TELEPHONE : 01 34 79 67 19 - PORT : 06 83 57 14 88 - EMAIL : boris.bretaudeau@free.fr
S.A.R.L. au capital de 3000€ - SIRET 522 344 183 00010 R.C.S de VERSAILLES - APE : 7112B - TVA intrac. : FR83522344183

SOMMAIRE

1 PRESENTATION DE L'ETUDE 1

1.1 CADRE DE LA NOTE 1
1.2 AVERTISSEMENTS 1
1.3 DOCUMENTS CONSULTES 2
1.4 RAPPEL DES ARTICLES DE L'AP DU SITE RELATIFS AUX EAUX D'INFILTRATION 2
1.5 SITUATION ET CARACTERISTIQUES DES BASSINS 4

2 RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL 6

2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE 6
2.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE 8
2.3 CAPTAGES AEP 10
2.4 CONCLUSION : SCHEMA CONCEPTUEL DU SITE 11

3 MODELISATION HYDRO-DISPERSIVE 12

3.1 PREAMBULE 12
3.2 PARAMETRES D'ENTREE 13
3.2.1 Caractéristiques de la source (bassin et charge hydraulique induite) 13
3.2.2 Flux d'effluent arrivant à la nappe 13
3.2.3 Capacité d'absorption/désorption des éléments 15
3.2.4 Caractéristiques de la cible 15
3.2.5 Valeur seuil à ne pas dépasser 16
3.3 RESULTATS DE LA MODELISATION 17
3.3.1 Cible 1 : la nappe en aval immédiat du site 17
3.3.2 Cible 2 : le captage AEP de Tracy-le-Mont à 1,9 km en aval 17

4 CONCLUSION 19

5 ANNEXES 20

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. LOCALISATION DU SITE (SOURCE DDAE DE 2005, REF. [P2]) 4
FIGURE 2. POSITION DES BASSINS D'INFILTRATION EN PLAN ET EN COUPE (REF. [P4]). 5
FIGURE 3. COLONNE HYDROGEOLOGIQUE DU TERTIAIRE DU BASSIN PARISIEN (BRGM). 7
FIGURE 4. COUPE GEOLOGIQUE LOCALE (SOURCE DDAE 2005, REF. [P2]). 8
FIGURE 5. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE LOCALE ET CAPTAGES AEP (SOURCE DDAE 2005, REF. [2]). 9
FIGURE 6. DONNEES PIEZOMETRIQUES LOCALES (SOURCE DDAE 2005, REF. [2]). 10
FIGURE 7. SCHEMA CONCEPTUEL. 11

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. LISTING DES ETUDES CONSULTEES. 2
TABLEAU 2. ARTICLES DE L'AP DU SITE RELATIFS AUX REJETS DES EAUX INTERNES PAR INFILTRATION. 3
TABLEAU 3. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES BASSINS (SETEC). 5
TABLEAU 4. KD ET R PAR ELEMENT. 15
TABLEAU 5. *VITESSE DE LA NAPPE (DARCY).* 16
TABLEAU 6. *VALEUR SEUIL PAR ELEMENT.* 16
TABLEAU 7. RESULTAT DE LA MODELISATION CIBLE 1 (NAPPE SOUS LE SITE) ET CIBLE 2 (AEP A 1,9 KM EN AVAL) 18

1
Présentation de l'étude

1.1 Cadre de la note

La société GURDEBEKE S.A. exploite le centre de traitement et de transfert des déchets de Château-Gautier localisé sur la commune de Moulin-sous-Touvent (60).

Les eaux pluviales internes collectées sur l'emprise du centre sont acheminées dans 2 bassins de stockage puis amenées à 2 bassins d'infiltration dédiés qui restituent l'eau au milieu naturel conformément à l'article 4.2.2.1 de l'Arrêté préfectoral complémentaire du site du 9 aout 2017.

Le rejet des eaux par infiltration est admis sous réserve que la qualité des eaux satisfasse l'article 4.3.9 de l'AP (annexe de l'AP en page 22) qui fixe les seuils à ne pas dépasser en termes qualitatif.

SETEC Energie Environnement (BE assistant au maître d'ouvrage) a missionné ACG environnement pour réaliser l'étude d'incidence des rejets des bassins d'infiltration afin de justifier de l'absence d'effet sur les eaux souterraines aux seuils fixés dans l'AP.

La note présentée ci-après est l'étude d'incidence qui justifie de l'absence d'effet des rejets par infiltration sur les eaux souterraines et sur la ressource AEP captée à l'aval.

1.2 Avertissements

La présente note a été établie sur la base des documents fournis à ACG Environnement par SETEC Energie Environnement (voir liste en paragraphe 1.3, page 2).

La responsabilité d'ACG ENVIRONNEMENT ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes, obsolètes ou erronées.

1.3 Documents consultés

L'ensemble des pièces nécessaire à la réalisation de la note (pièces P1 à P7) a été fourni par SETEC Energie Environnement.

[P1]	**Arrêté préfectoral complémentaire du site**, préfecture de l'Oise, 9 aout 2017, 4p. + annexes 57p
[P2]	**DDAE du projet d'ouverture d'un centre de traitement et de transfert des déchets de Moulin-sous-Touvent (site de Château-Gautier).** Juillet 2005. 360p.
[P3]	**Bilan quadriennal de la surveillance des eaux souterraines pour l'installation de stockage de déchets non dangereux de château-gautier période 2015-2018 ;** Kalies ; ref. 1910201 - Janvier 2019, 21 p.
[P4]	**Plan masse du site à 1/1000 et plan et coupes des bassins.** Version PDF. S.C.P BELLANGER-SILVERT. Juin 2013.
[P5]	**Rapports d'activité – ISDND de Château-Gautier** pour les années 2016 – 2017 et 1er Semestre 2018. Gurdebeke.
[P6]	**PV de l'Analyse de la qualité des eaux des piézomètres du site.** 2016 à 2018. Eurofins
[P7]	**PV de l'Analyse de la qualité des eaux des bassins.** 2016 à 2018. Eurofins

Tableau 1. Listing des études consultées.

1.4 Rappel des articles de l'AP du site relatifs aux eaux d'infiltration

3 articles de l'AP du site (ref. [1]) font référence à la gestion des eaux internes du centre. Ils sont repris dans le tableau 2 en page suivante :

- Les article 4.2.2.1 et 4.3.9 détaillent le mode de collecte et de gestion des eaux de ruissellement internes qui doivent être acheminées à 2 bassins de stockage puis rejetées dans 2 points de rejets que sont les 2 bassins d'infiltration (respectivement page 18/57 et page 21/57) ;
- l'article 4.3.9 fixe les seuils de rejets dans le milieu naturel de ces eaux de ruissellement internes (page 22/57).

4.2.2.1 Eaux pluviales / de ruissellement internes

Les eaux pluviales tombant sur les casiers réaménagés, les casiers non aménagés, les voies d'accès et les zones techniques étanchéifiées sont récupérées dans des fossés, traitées dans un débourbeur-déshuileur, et renvoyées vers deux bassins de stockage étanches, chacun associé à un bassin d'infiltration.

Un contrôle de la qualité des eaux stockées dans les bassins de stockage est effectué lorsque le niveau des précipitations augmente et que les précipitations sont annoncées. Si ce dernier montre que les eaux stockées ne présentent pas de valeurs en polluants supérieures aux normes de rejet concernant les eaux pluviales, celles-ci sont envoyées vers les bassins d'infiltration.

Les eaux pluviales tombant sur les casiers en cours d'exploitation sont mélangées aux lixiviats. Ces derniers sont pompés puis stockés dans des bassins de stockage avant traitement par évapo-concentration (procédé Nucléos) qui n'engendre pas de rejet liquide.

Bassins

Ces bassins sont localisés au Sud de l'ISDND, en partie aval du site, sur une plate-forme plane et stable.

Les bassins qui assurent la collecte des eaux provenant de la partie Ouest du site sont constitués :

- d'un bassin de rétention étanche de 1 280 m³,
- d'un bassin d'infiltration de 2 080 m³.

Les bassins qui assurent la collecte des eaux provenant de la partie Est du site sont constitués :

- d'un bassin de rétention étanche de 1 600 m³,
- d'un bassin d'infiltration de 1 200 m³.

Le transfert des eaux de ruissellement entre bassins de rétention et bassins d'infiltration est effectué par le biais d'un pompage.

ARTICLE 4.3.5 LOCALISATION DES POINTS DE REJET VISÉS PAR LE PRÉSENT ARRÊTÉ

Les réseaux de collecte des effluents générés par l'établissement aboutissent aux points de rejet qui présentent les caractéristiques suivantes :

Eaux pluviales et de ruissellement	Traitement avant rejet	Débourbage, déshuilage, décantation pour les eaux du secteur Ouest
	Point de prélèvement avant rejet	Bassins de rétention Ouest et Est
	Exutoire du rejet	Bassins d'infiltration Ouest et Est
	Destination finale	Nappe du Cuisien

ARTICLE 4.3.9 EAUX DE RUISSELLEMENT

Le rejet, après traitement, dans le milieu naturel, des eaux de ruissellement collectées depuis les surfaces imperméabilisées et les eaux de lavage ou de décrottage des roues est admis sous condition qu'elles satisfassent aux valeurs limites en concentration suivantes :

Paramètres	Concentration maximale instantanée (mg/l)
MES	35
COT	70
DCO	125
DBO_5	30
Azote global	30
Phosphore total	10
Indice phénols	0,1
Métaux totaux (Pb+Cu+Cr+Ni+Zn+Mn+Sn+Cd+Hg+Fe+Al)	15
Cr VI	0,1
Hg	0,05
Cd	0,2
Pb	0,5
As	0,1
Fluor et composés (en F)	15
Cyanures libres	0,1
Hydrocarbures totaux	10
AOX	1

Tableau 2. Articles de l'AP du site relatifs aux rejets des eaux internes par infiltration.

1.5 Situation et caractéristiques des bassins

Le centre est localisé au nord-ouest de la commune de Moulins-sous- illustré sur la figure 1 ci-dessous extraite du DDAE de 2005.

Le site est en tête du bassin versant de la vallée sèche de Château Gautier orienté Nord-Est / Sud-Ouest. Ce petit bassin versant achemine les eaux à l'Oise à hauteur de Bailly à un peu plus de 2 km à l'Ouest du centre.

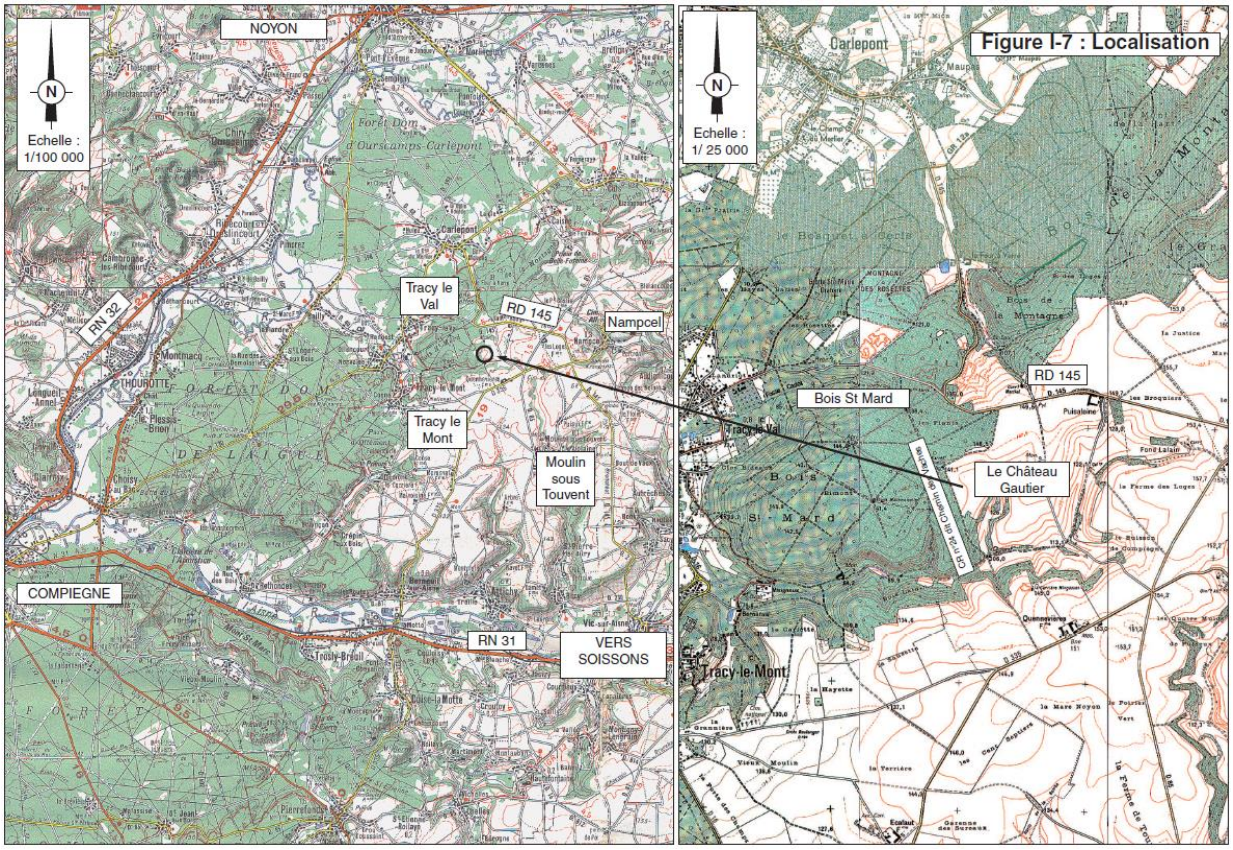
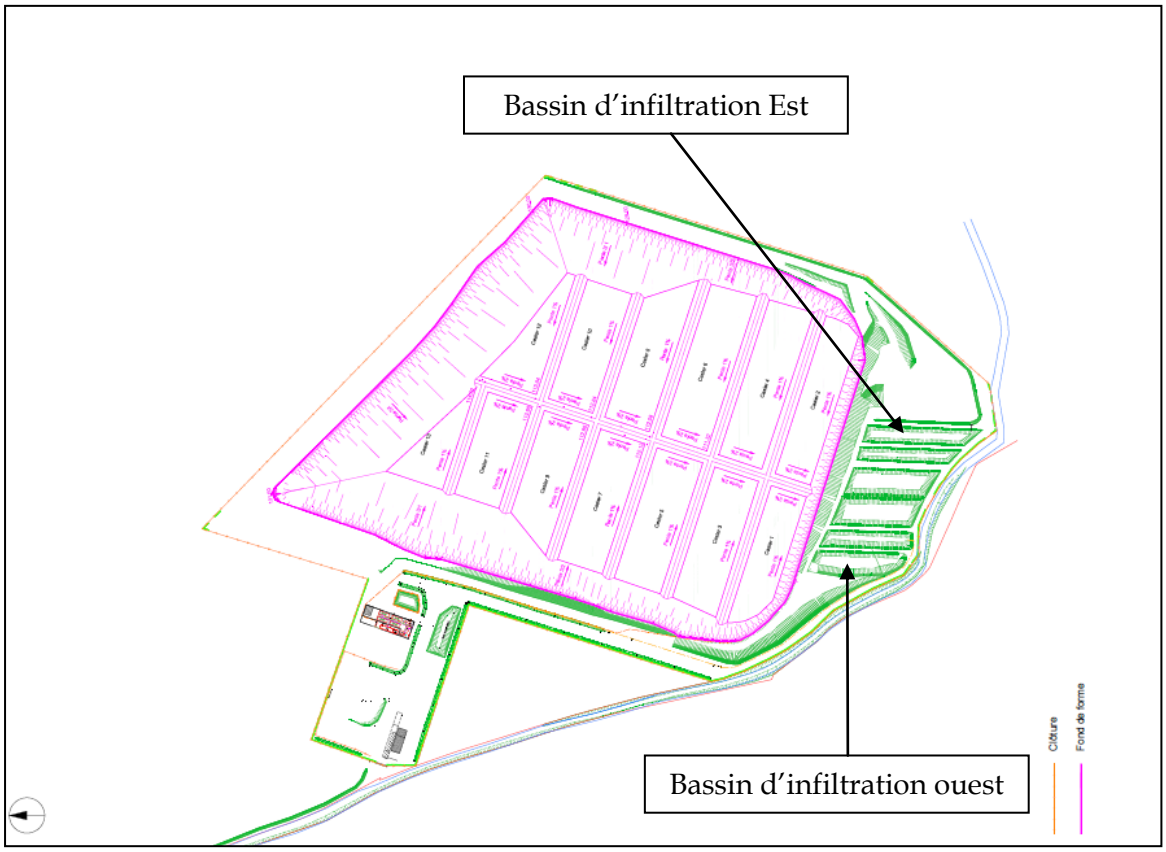


Figure 1. Localisation du site (source DDAE de 2005, ref. [P2]).

La position des bassins dans le centre et les caractéristiques techniques sont reprises dans la figure 2 en page suivante et dans le tableau 3 ci-après :

BASSIN OUEST	BASSIN EST
• Surface fond de bassin : 350 m2 • Surface bassin au TN : 980 m2 • Surface 3D fond + forme = 811 m2 • Altitudes TN : 113.30 au plus bas, 114.90 au plus haut • Altitudes fond : 109.60 NGF	• Surface fond de bassin : 173 m2 • Surface bassin au TN : 622 m2 • Surface 3D fond + forme = 1205 m2 • Altitudes TN : 108.80 NGF • Altitudes fond : 105.80 NGF

Tableau 3. Caractéristiques techniques des bassins (SETEC).



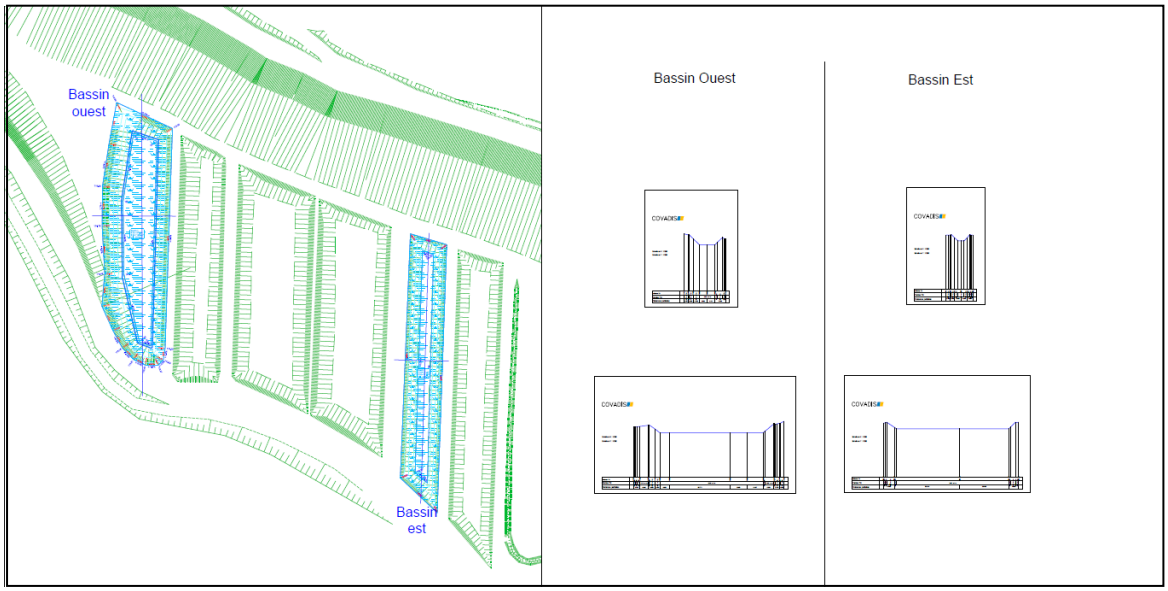


Figure 2. Position des bassins d'infiltration en plan et en coupe (Ref. [P4]).

2
Rappel du contexte environnemental

Le contexte environnemental synthétisé ci-après est repris de l'étude d'impact du DDAE déposé en 2005 (réf. [P2]). Il reprend les données pertinentes nécessaires pour modéliser l'effet de l'infiltration sur les eaux souterraines. Il conviendra de s'y référer pour plus de détail.

2.1 Contexte géologique

Le secteur d'étude est localisé dans le pays géologique du Soissonnais qui appartient au grand ensemble sédimentaire du bassin Parisien caractérisé par un substratum géologique crayeux du secondaire recouvert par toute la pile sédimentaire tertiaire.

La succession des formations et la nature des roches a permis d'individualiser 4 niveaux de nappes dans le Tertiaire comme illustrés dans la figure 3 en page suivante qui représente la succession lithologique générale schématique du Bassin Parisien (*le trait en rouge représente la position des bassins d'infiltration*).

Quatre grandes unités aquifères indépendantes, séparées par des niveaux imperméables, se succèdent (depuis la surface) :

- Le premier niveau de nappe est contenu dans les Sables de Fontainebleau et dans le Calcaire de Brie (nappe appelée « **nappe de Brie** ou « nappe de l'Oligocène »). La nappe est soutenue par les argiles vertes et par les Marnes supra-gypseuses qui forment le mur imperméable de l'aquifère ;

  Dans le secteur du site, cet aquifère est absent car érodé en totalité (le trait en rouge sur la figure représente la surface d'érosion locale) ;

- Le deuxième niveau est appelé « **nappe du Champigny** » contenue dans un aquifère multi-couches (calcaires de Champigny, calcaires de Saint-Ouen, sables de Beauchamp, Marnes et Caillasses, Calcaires du Lutétien). Elle est soutenue par les argiles de Laon qui forment le mur imperméable de l'aquifère.

  Au droit du site, dans le vallon du Château-Gautier, l'aquifère a également été érodé en totalité.

- La nappe du Cuise (ou Yprésien) contenue dans les **sables de Cuise** qui constitue le premier niveau aquifère sous le site. Il repose sur les argile su Sparnacien ;

- La **nappe de la Craie** à très forte profondeur (aquifère à près de 75 m de profondeur).

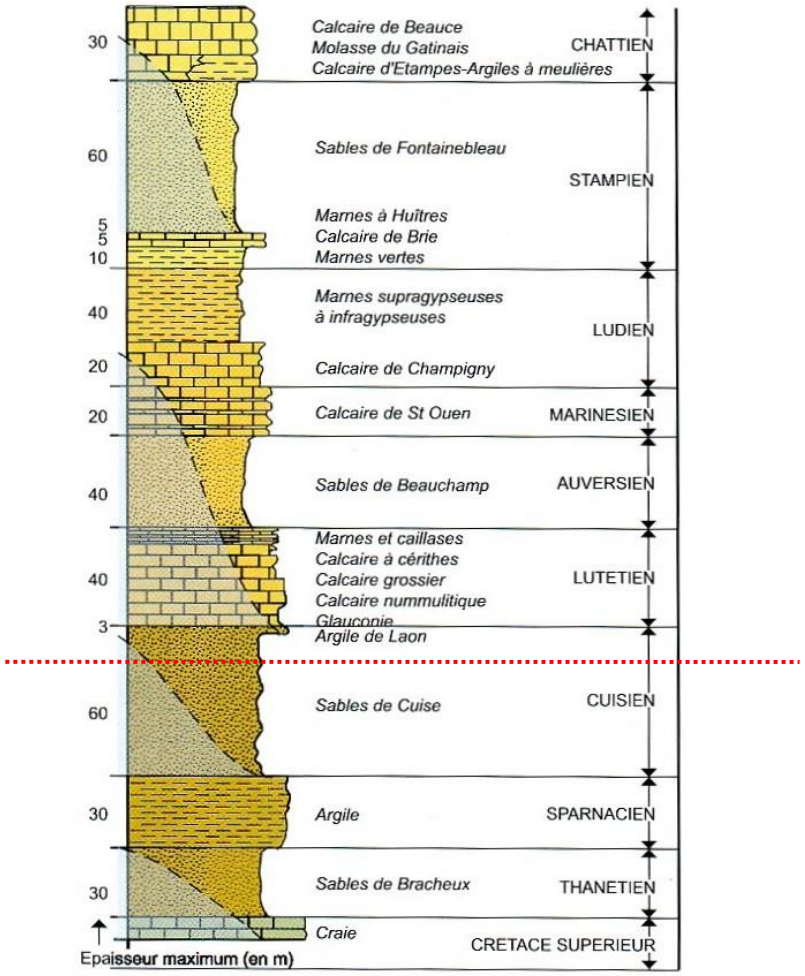


Figure 3. Colonne hydrogéologique du Tertiaire du Bassin Parisien (BRGM).

Ainsi, dans le vallon de Château-Gautier, les bassins d'infiltration reposent directement sur les Sables de Cuise comme spécifié sur la coupe géologique en figure 4 en page suivante tirée du DDAE de 2005 réalisé à partir de la synthèse des données géologique locale.

L'épaisseur de sable sous les bassins est de l'ordre de 50 m. La perméabilité des sables de Cuise a été déterminée par des essais de perméabilité in situ. Elle varie entre 6.10^{-6} m/s et 4.10^{-7} m/s.

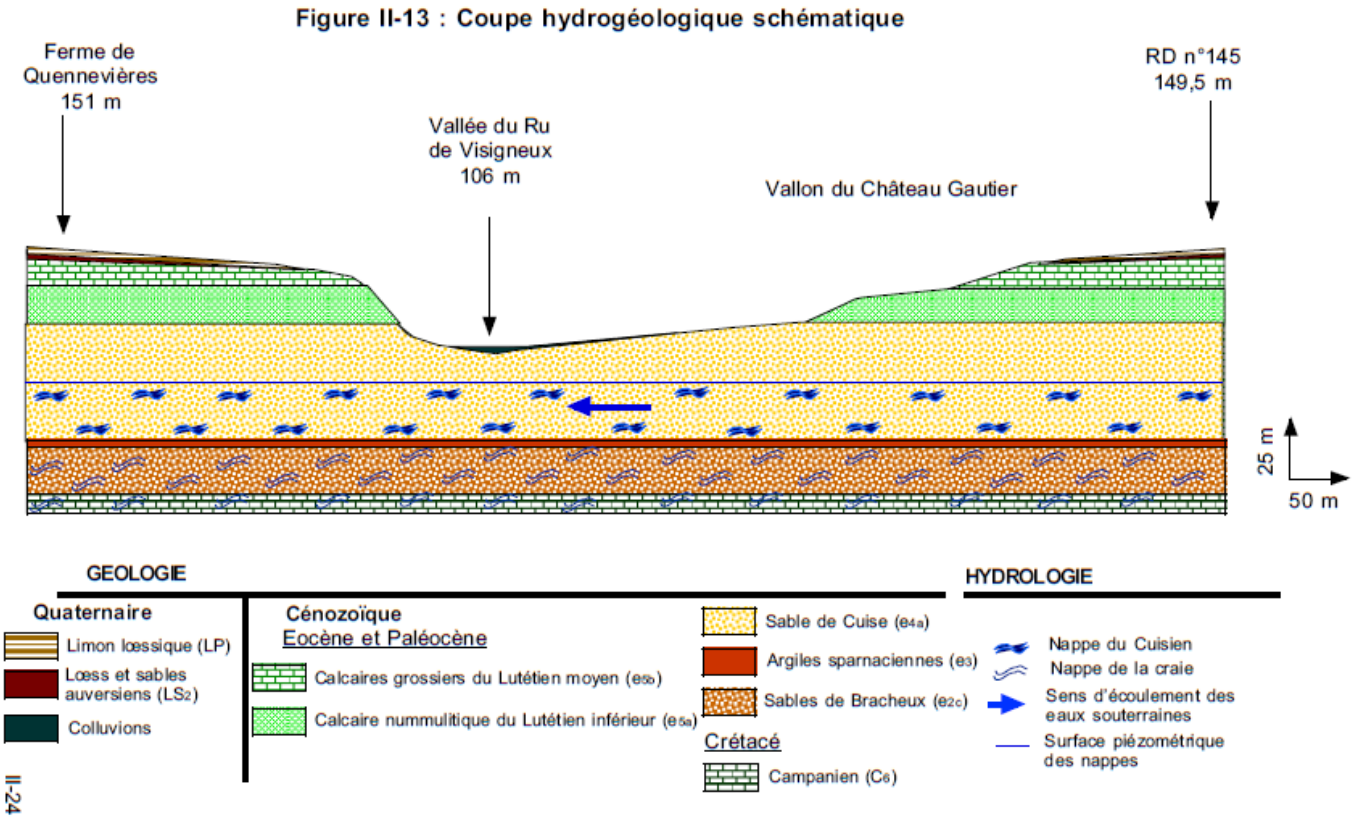


Figure 4. Coupe géologique locale (source DDAE 2005, ref. [P2]).

2.2 Contexte hydrogéologique

Comme vu dans l'analyse du contexte géologique, le premier aquifère sous le site est celui des Sables de Cuise. Il renferme une nappe libre qui est drainée par le réseau hydrographique. Elle s'écoule donc grossièrement vers l'WSW selon le vallon sec de Château-Gautier et l'Oise, exutoire finale des eaux souterraines.

Le sens d'écoulement local est illustré dans la figure 5 en page suivante (flèches en rouge).

Les 5 piézomètres du site (voir figure 6 en page 14) ont permis de définir le niveau piézométrique au plus proche des bassins : il est à 95,24 m NGF sur PZ3 (ouvrage le plus proche des bassins) soit un peu plus de 10 m sous le fond du bassin le plus bas (bassin Est, fond à 105,8 m NGF, voir tableau 3 en page 8).

Le gradient de la nappe a été évalué à 0,46 % au plus proche du site (gradient découlement entre PZ1 et PZ3). La perméabilité des sables sous nappe a été évaluée à une valeur haute pénalisante à $8{,}25.10^{-5}$ m/s en tenant compte d'une hauteur de nappe de 40 m pour une transmissivité calculée sur site lors de pompages d'essais à T= $3{,}3.10^{-3}$ m²/s.

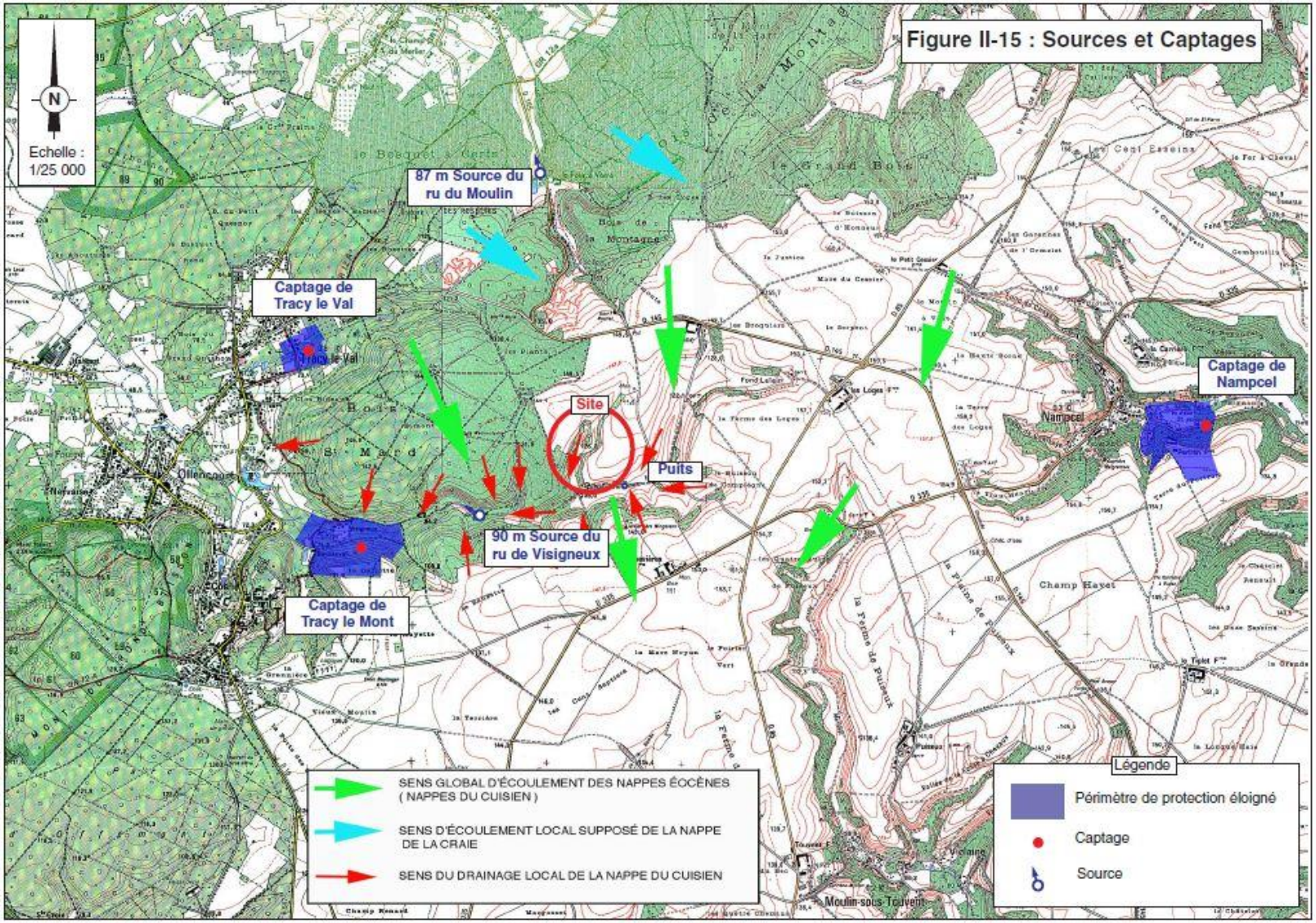


Figure 5. Esquisse piézométrique locale et captages AEP (Source DDAE 2005, ref. [2]).

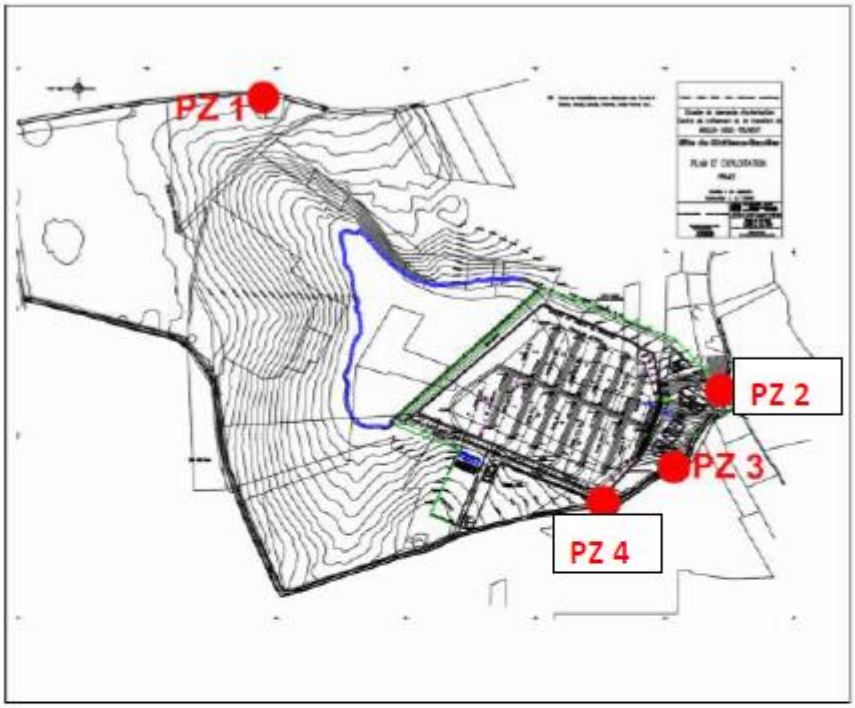


Figure 6 : Plan d'implantation des piézomètres de suivi du site de Château Gautier

Piézomètre	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5
Référence BRGM					
Type de piézomètre	Amont	Aval proche	Aval proche	Aval proche	Aval éloigné
Cote X (Lambert 1)	1 703 583,711	1 702 991,287	1 703 039,475	1 703 138,634	1 702 774,5283
Cote Y (Lambert 1)	8 254 132,877	8 253 504,151	8 253 430,065	8 253 362,427	8 253 178,472
Diamètre du tubage (mm)	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
Cote tube Z	147,31	126,43	115,33	107,95	97,75
Profondeur du niveau d'eau (m/repère)	51,70	33,90	20,09	14,40	6,31
Cote du niveau d'eau tube Z	95,61	92,53	95,24	93,55	91,44

Tableau 5 : Caractéristiques des piézomètres de suivi du site de Château Gautier

Figure 6. Données piézométriques locales (Source DDAE 2005, ref. [2]).

2.3 Captages AEP

Le captage AEP le plus proche en aval est celui de Tracy-le-Mont à environ 1,9 km à l'ouest en aval du vallon sec qui porte le site (voir figure 5 en page précédente).

Il a 2 points de captage (une source, indice BRGM 105-2-15 et un forage, indice BRGM 105-2-114) sont situés dans la vallée du ru de Visigneux, directement en aval du site (distance 1,9 km). Ils bénéficient d'un arrêté de déclaration d'utilité publique en date du 17 octobre 1986 (périmètres de protection éloignée en bleuté sur la figure. Ils exploitent la nappe du Cuisien comme spécifié dans le rapport hydrogéologique agréé.

2.4 Conclusion : Schéma conceptuel du site

Le schéma conceptuel (voir figure 7 ci-dessous) a pour objectif de synthétiser le contexte local et d'illustrer les 3 facteurs qui permettent de juger de l'impact potentiel d'une source de pollution (les eaux des bassins d'infiltration dans notre cas) sur la cible identifiée (nappe du Cuise et AEP) :

- La Source : eau des bassins d'infiltration à la concentration pénalisante maximale défini dans l'AP du site ;
- Le Vecteur : Infiltration des effluents en fond de bassin (débit maximum pénalisant correspondant au débit induit par un bassin plein, charge 3 m) ;
- La Cible : La nappe de la craie sous le site (cible 1) et l'AEP de Tracy-le-Mont (à 1,9 km en aval).

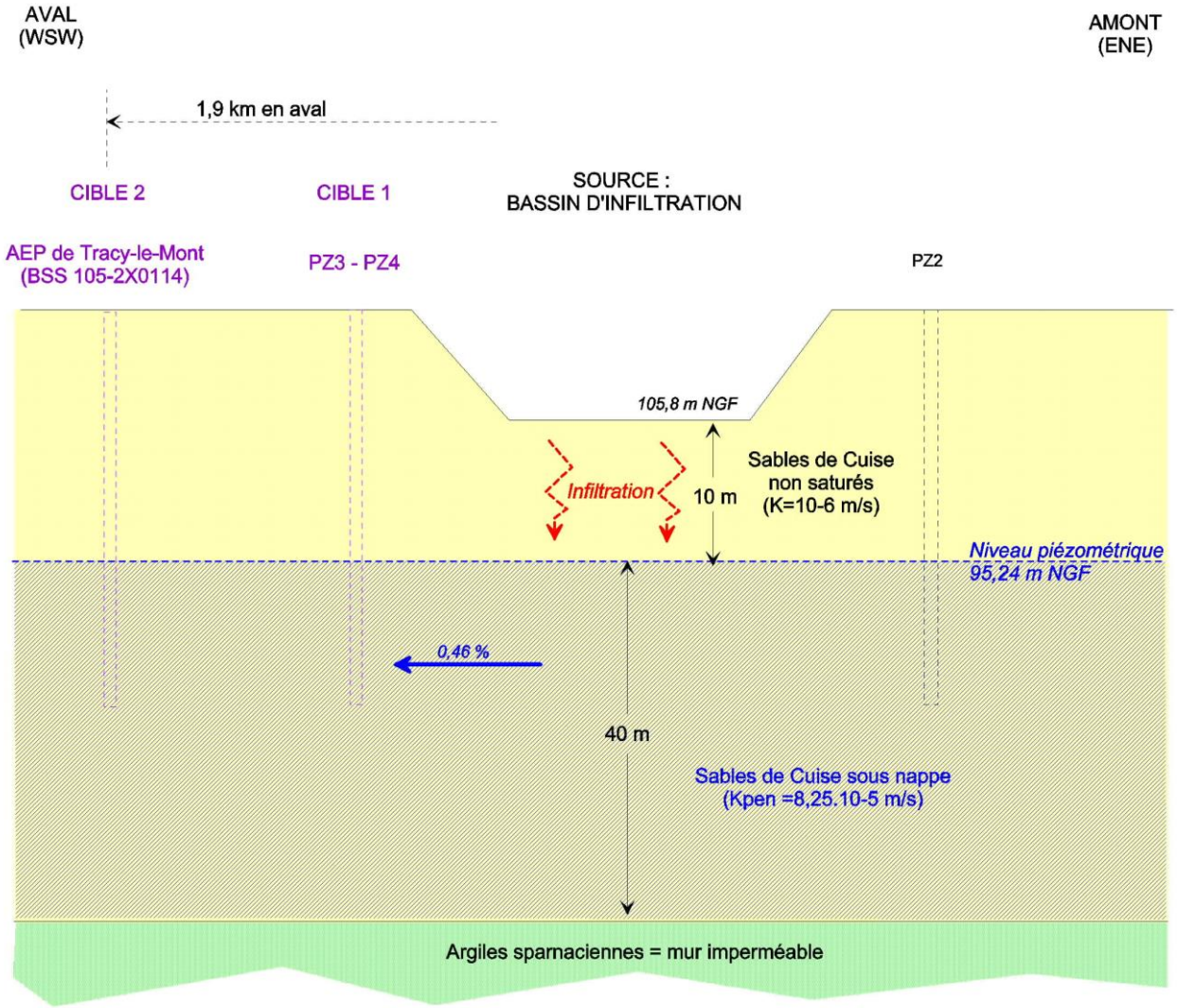


Figure 7. Schéma conceptuel.

3 Modélisation hydro-dispersive

3.1 Préambule

L'absence d'effet de l'infiltration des effluents des bassins d'infiltration est attestée dès lors que le flux induit dans la nappe ne dégrade pas la qualité de cette dernière.

En d'autres termes, l'objectif est de déterminer l'augmentation de la concentration maximale dans la nappe induite par le flux (mg/l) en provenance de l'infiltration d'eau des bassins transitant dans la frange de sable non saturé (10 m) et arrivant dans la nappe et ce pour chacun des éléments définis dans l'AP du site.

Le flux arrivant à la nappe dépend de 3 facteurs principaux :

- De la quantité d'eau d'infiltration qui dépend de la surface des bassins en fond et de la charge d'eau. Le débit maximum correspond au débit induit par la charge maximale d'eau dans les bassins (3 m d'eau selon les données des bassins) ;
- De la qualité des effluents. La concentration pénalisante est celle définie dans l'AP du site qui définit la concentration maximale admissible dans les bassins (voir tableau 2, page 7) ;
- De la nature des horizons lithologiques sous les bassins. Plus ils seront imperméables et moins le flux sera important.

Nous avons déterminé chacun de ces facteurs en maximisant les paramètres pour se placer en pénalisant (flux maximum).

La présence, directement sous les bassins de sables peu perméables (sables de Cuise de 10 m d'épaisseur) limite les flux. Le fait qu'ils soient de faible perméabilité (K de l'ordre de 10^{-6} m/s) implique de réaliser des calculs en mode hydro-dispersif (dans ce domaine des faibles perméabilités, le mécanisme de transfert de pollution maximum n'est pas qu'un simple transfert de masse par gravité mais un mécanisme plus complexe par diffusion).

3.2 Paramètres d'entrée

3.2.1 Caractéristiques de la source (bassin et charge hydraulique induite)

Nous avons modélisé les 2 bassins d'infiltration en prenant :

- comme surface d'infiltration la surface cumulée des 2 bassins en fond (350+173 = 523 m²) ;
- comme charge d'eau, la charge correspondant aux bassins pleins (3 m de charge d'eau en continu sans vidange des bassins et donc sans perte de charge) ;
- comme épaisseur de sable entre le fond des bassins et le toit de la nappe l'épaisseur minimale de 10 m (pénalisant) et comme perméabilité 1.10^{-6} m/s ;
- comme concentration, la concentration maximale définie par l'AP du site qui définit les seuils maximum d'eau arrivant aux bassins (pénalisant car la qualité réelle meilleur).

Selon ces données d'entrée, le débit maximum d'infiltration calculé à partir de la Loi de Darcy qui régit les écoulements souterrains a été déterminé à **135 m³/j.** La vidange des bassins pleins se feraient donc **en 26 jours** (à charge constante).

La source a donc été modélisée à un débit d'infiltration maximum de 135 m³/j pendant 26 jours consécutifs au débit maximum.

3.2.2 Flux d'effluent arrivant à la nappe

3.2.2.1 Mode de calcul

La présence de sables fins argileux peu perméables en fond des bassins impose un mode de calcul en mode hydro-dispersif.

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 hydro-dispersif (advection et dispersion-diffusion), d'un milieu saturé et d'un domaine à une dimension (1D) avec les conditions maximalistes pénalisantes suivantes :

- La couche de sable de Cuise (10^{-6} m/s) à caractère semi-perméable est considérée comme étant poreuse, homogène, isotrope, indéformable et saturée en eau ;
- Le calcul du flux de Darcy à travers les sables 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.

3.2.2.2 Ecriture mathématique

La migration verticale à partir du terme source à travers le fond argilo-sableux est définie à partir de l'équation de transport suivante :

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

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 :

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

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 . 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 : ***c0*** *= concentration source unitaire*
q_u *= flux de DARCY dans l'aquifère en aval de la zone source (L^3/L^2T^{-1})*
E *= épaisseur de l'aquifère (L)* ***i*** *= infiltration verticale (L^3/L^2T^{-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)*

3.2.3 Capacité d'absorption/désorption des éléments

Le transport d'éléments en milieu saturé fait intervenir différents facteurs liés à des phénomènes d'adsorption-désorption dans la matrice poreuse et d'autant plus lorsque les matériaux sont argileux comme dans le cas pour les sables de Cuise. Cette capacité se traduit en coefficient de retard dont la formule est présentée ci-après :

$$R = 1 + \rho_S \cdot K_D / \omega$$

Avec : *ρ_S la densité du sol ;*

K_D le coefficient de partage liquide / solide de la substance ;

Ω la porosité du sol

K_D caractérise le rapport entre la part d'élément qui sera adsorbée dans la matrice solide avec la concentration de l'élément dissoute dans l'eau de la nappe qui s'écoule à travers la matrice. Le tableau 4 ci-dessous récapitule les différentes valeurs de K_D et de R que nous avons prises en compte dans la conception du modèle MISP.

	Kd (ml/g)	R couche	R aquifère
Arsenic	1	4,33	6,14
Baryum	2	7,67	11,29
Cadmium	20	67,67	103,86
Chrome tot	10	34,33	52,43
Cuivre	2,5	9,33	13,86
Mercure	1	4,33	6,14
Molybdène	0,3	2,00	2,54
Nickel	36,1	121,33	186,66
Plomb	7	24,33	37,00
Antimoine	5	17,67	26,71
Sélénium	4,3	15,33	23,11
Zinc	2	7,67	11,29
Chlorure	0	1,00	1,00
Fluorure	0,3	2,00	2,54
Sulfate	0,02	1,07	1,10
Indice phénol	8,3	28,67	43,69

Tableau 4. Kd et R par élément.

3.2.4 Caractéristiques de la cible

Le débit de la nappe (et donc l'atténuation induite qu'elle provoque) se conçoit à partir de 3 grandeurs mathématiques que sont :

- La section d'écoulement de la nappe interceptée par l'emprise des bassins (hauteur et largeur) ;
- La porosité de l'aquifère estimée à 35% ;
- La vitesse d'écoulement

  La vitesse est importante à déterminer car c'est un paramètre qui entre en jeu dans l'atténuation induite par la nappe. La vitesse est définie par la loi de Darcy qui régit les écoulements souterrains. Les données d'entrée sur les

grandeurs physiques ont été déterminées dans le DDAE de 2005. Les résultats sont repris dans le tableau 5.

Perméabilité de l'aquifère :	8,25E-05 m/s
Gradient i de la nappe (pente) :	0,46 %
Flux de Darcy :	3,80E-05 m/s

Tableau 5. *Vitesse de la nappe (Darcy).*

3.2.5 Valeur seuil à ne pas dépasser

Dans notre cas (nappe à usage AEP), les valeurs seuils par élément sont celles indiquées pour l'eau potable telles que définies dans le tableau 5 ci-dessous (pénalisant).

Element	Source	Seuil retenu (mg/l)	
		Eau potable*	Eau brute**
Arsenic (As)	AM 11/01/2007	0,01	0,1
Baryum (Ba)	AM 11/01/2007	0,70	1
Cadmium (Cd)	OMS 2011	0,003	0,005
Chrome total (Cr)	AM 11/01/2007	0,05	0,05
Cuivre (Cu)	AM 11/01/2007	2	-
Mercure (Hg)	AM 11/01/2007	0,001	0,001
Molybdène (Mo)	OMS 2011	0,07	-
Nickel (Ni)	OMS 2011	0,01	-
Plomb (Pb)	AM 11/01/2007	0,01	0,05
Antimoine (Sb)	AM 11/01/2007	0,005	-
Sélénium (Se)	AM 11/01/2007	0,01	0,01
Zinc (Zn)	OMS 2011	3	-
Chlorure	AM 11/01/2007	250	200
Fluorure	AM 11/01/2007	1,50	-
Sulfate	AM 11/01/2007	250	250
Indice phénol	AM 11/01/2007	0,1	0,1
Carbone Organique Total	AM 11/01/2007	2	10
Fraction soluble (FS)	-	-	-

*Eaux potable : valeurs minimales entre seuil AM 11/01/2007, seuil OMS et seuil SDAGE

** Eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consomation humaine (voir AM 11/01/2007)

Tableau 6. *Valeur seuil par élément.*

3.3 Résultats de la modélisation

Les calculs ont été réalisés pour 2 cibles identifiées que sont :

- La nappe de Cuise directement en aval du site (100 m) ;
- Le captage AEP de Tracy-le-Mont à 1,9 km en aval).

3.3.1 Cible 1 : la nappe en aval immédiat du site

Le point de restitution du modèle spécifique de la cible 1 (nappe de Cuise) a été pris à 100 m en aval des bassins, point de restitution pénalisant car en aval proximal.

Le calcul a été réalisé pour chacun des paramètres définis dans l'AP du site. Un exemple de fiche de dimensionnement du modèle MISP_V2 est présenté en annexe (cas du mercure, élément le plus pénalisant car c'est l'élément pour-lequel la différence entre le seuil maximum de l'eau des bassins est le plus proche de celui de l'eau potable).

Les résultats sont présentés dans le tableau 7 en page suivante.

La concentration induite dans la nappe (ligne 3 du tableau) soumise au flux maximum pénalisant (ligne 2) est toujours très inférieure au seuil eau potable (dernière ligne du tableau) : il n'y a aucun dépassement. L'effet des bassins d'infiltration sur la nappe en aval est négligeable car il ne dégrade pas la qualité des eaux de la nappe.

3.3.2 Cible 2 : le captage AEP de Tracy-le-Mont à 1,9 km en aval

Le point de restitution de la cible 2 est l'AEP de Tracy-le-Mont à 1,9 km en aval.

Nous avons estimé la concentration induite au droit du captage en faisant un simple calcul d'atténuation en prenant la surface d'apport du site (715 000 m²) par rapport à la surface totale du bassin versant alimentant le captage (zone BAC estimée à 6 320 00 m² à partir de la carte topographique à 1/25 000). Le rapport est d'un facteur 24 : le site participe à 1/24ème du bassin versant du captage.

Les résultats sont présentés en ligne 4 du tableau 7 en page suivante. Il n'y a aucun dépassement. L'effet des bassins d'infiltration sur la nappe au niveau de l'AEP est négligeable.

	MES	COT	DCO	DBO5	Azote global	Phosphore total	Indice phénols	Métaux totaux	Cr VI	Hg	Cd	Pb	As	Fluor et composés	Cyanures libres	Hydrocarbures totaux	AOX
Concentration maximale du flux (mg/l)	35	70	125	30	30	10	0,1	15	0,1	0,05	0,2	0,5	0,1	15	0,1	10	1
Concentration résultante à 100 m en aval **sous MISP**	4,43E-01	8,86E-01	1,58E+00	3,80E-01	3,80E-01	1,27E-01	1,27E-03	1,90E-01	1E-03	6E-04	3E-03	6E-03	1E-03	1,90E-01	1E-03	1,27E-01	1,3E-02
Concentration estimée au niveau de l'AEP de Tracy-le-Mont à 1,9 km en aval	1,8E-02	3,6E-02	6,4E-02	1,5E-02	1,5E-02	5E-03	5E-05	8E-03	5E-05	3E-05	1E-04	3E-04	5E-05	8E-03	5E-05	5E-03	5E-04
Seuils en vigueur pour l'eau potable	-	2	-	-	50,5	-	1,0E-01	-	5,0E-02	1E-03	5E-03	1,0E-02	1,0E-02	1,5	5,0E-02	1	-

Tableau 7. Résultat de la modélisation cible 1 (nappe sous le site) et cible 2 (AEP à 1,9 km en aval).

4
Conclusion

L'étude d'incidence des bassins d'infiltration sur la nappe du Cuise, premier niveau d'eau sous le site a consisté en une modélisation hydro-dispersive en 2D conforme au contexte (formations peu perméables).

La modélisation réalisée avec des paramètres pénalisants (flux maximum pour la source notamment), pour se placer en sécuritaire, permet de conclure à l'absence d'effet tant en aval immédiat dans la nappe du Cuise (100 m) qu'au droit du captage AEP de Tracy-le-Mont, premier ouvrage AEP à 1,9 km en aval.

Les seuils de la qualité des eaux internes arrivant aux bassins d'infiltration après contrôle tels que définis dans l'AP du site sont biens conservatoires et sont l'assurance d'absence d'effet sur la nappe.

5
Annexes

Exemple de fichier source MISP_V2

Cas du Mercure

```
  ************************************************************
  ******      MISP_v2,      ACG Environnement, mars 2019   ******
  ******       Transfert Mercure avec 10 m à 1.10-6 m/s    ******
  ************************************************************
  ***** PARAMETRES DE LA SOURCE ********************************
       1          OPTION_S pour le type de terme source
   12.00          Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
  110.00          Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
5.00E-02          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 ********************************
1.30E-06          Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
   10.00          Epaisseur (m)
    0.25          Teneur en eau ( )
    0.30          Tortuosite ( )
1.00E+00          Dispersivite (m)
4.33E+00          Coefficient de retard ( )
0.00E+00          Constante de degradation (1/an)
  ***** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *******************************
3.80E-05          Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
3.80E-05          Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
    0.35          Porosite ( )
   40.00          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)
6.14E+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)
    40.0          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
 2000.00          Coordonnee X (m) du point
    0.00          Coordonnee Y (m) du point
    0.00          Coordonnee Z (m) du point
    0.05          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)
         ****************************************************
```