

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

Ensemble immobilier mixte
« Les Cascades »

CAEN (14)



CLIENT

NOM	SCCV ROSA PARKS
ADRESSE	Chez Normandie Aménagement 1, Avenue du Pays de Caen 14460 COLOMBELLES
INTERLOCUTRICE	PIEDELEU, Karl

ECR ENVIRONNEMENT

AGENCE DE	Caen
ADRESSE	PA des Rives de l'Odon 130 Avenue du Parc 14790 Verson
TELEPHONE	02 31 39 94 79
MAIL	caen@ecr-environnement.com

DATE	INDICE	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS	REDACTEUR
31/01/2024	1	-	Camille LE GOUIC
26/03/2025	2	Mise à jour du projet	Camille LE GOUIC
31/03/2025	3	Prise en compte des remarques	Camille LE GOUIC

Rédacteur

Camille LE GOUIC,
Chargée d'affaires environnement

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA MISSION	4
1.1. CONTEXTE	4
1.2. MISSION	6
2. BIBLIOGRAPHIE.....	7
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	7
2.1.1. <i>Géologie du site</i>	7
2.1.2. <i>Essais de perméabilité de type Porchet</i>	8
2.1.3. <i>Essais de perméabilité à tube ouvert</i>	9
2.1.4. <i>Hydrogéologie</i>	9
2.1.5. <i>Hydrographie</i>	15
3. EVALUATION DES DEBITS D'EXHAURE.....	17
3.1. DETAILS DES BASSINS EP POUR LES BATIMENTS	17
3.1.1. <i>Bassin ABPK</i>	19
3.1.2. <i>Bassin C</i>	19
3.1.3. <i>Bassin DE</i>	19
3.1.4. <i>Bassin L</i>	19
3.2. DETAILS DU BASSIN EP POUR LA FONTAINERIE.....	19
3.3. METHODE DE CALCUL DU DEBIT D'EXHAURE	20
3.4. ESTIMATION DES DEBITS D'EXHAURE	21
3.4.1. <i>Résultats des calculs de débits d'exhaure pour les bassins de gestion des bâtiments</i>	21
3.4.2. <i>Résultats des calculs de débits d'exhaure pour le bassin de la fontainerie</i>	21
3.4.3. <i>Bilan des débits d'exhaure</i>	21
3.5. ESTIMATION DES VOLUMES D'EXHAURE	22
3.5.1. <i>Pour les bassins de gestion des bâtiments</i>	22
3.5.2. <i>Pour la mise en place du bassin de la fontainerie</i>	22
3.5.3. <i>Bilan des volumes d'exhaure</i>	23
4. EVALUATION DES IMPACTS DU POMPAGE	23
4.1. METHODE DE CALCUL DU RAYON D'ACTION MAXIMAL	23
4.2. RESULTATS SUR LA NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT	23
4.3. RESULTATS SUR LA NAPPE DU BATHONIEN	24
5. CONCLUSION.....	27

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation du site	4
Figure 2 : Repérage et nomenclature des bâtiments	5
Figure 3 : Bassin enterré de type SAUL	5
Figure 4 : Extrait des cartes de Bayeux - Courseulles-sur-Mer et Caen au 1/50 000 (source : BRGM)	7
Figure 5 : Log stratigraphique issu des investigations géotechnique menées par ECR environnement	8
Figure 6 : Résultats des essais de perméabilité de type Porchet	8
Figure 7 : Résultats des essais de perméabilité à tube ouvert	9
Figure 8 : Carte de prédispositions aux risques naturels inondation en Normandie – Extrait du site https://carto2.geo-id.e.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=73f0db91-9aa8-447b-8f3d-241c960888a9&x=-132783&y=6291286&z=18r	10
Figure 9 : Localisation des ouvrages (source : ECR environnement)	12
Figure 10 : Suivi piézométrique en profondeur de la nappe par rapport au terrain naturel (source : ECR environnement)	13
Figure 11 : Suivi piézométrique en m NGF (source : ECR environnement)	14
Figure 12: Récapitulatif des statistiques du suivi sur chaque piézomètre	15
Figure 13: Graphique des débits moyens mensuels de la station de l'Orne à May-sur-Orne (source : Hydroportail)	16
Figure 14 : Calcul des seuils de 5% et 2% du débit du cours d'eau pour la rubrique 1.2.1.0	17
Figure 15 : Localisation des bassins de gestion des eaux pluviales pour les bâtiments (source : Dossier PC)	18
Figure 16 : Fouille superficielle et ellipsoïde équivalent (source : Aide-Mémoire d'hydraulique souterraine, CASSAN, 1994) ..	20
Figure 17 : Résultats des calculs de débit d'exhaure pour les bassins des bâtiments selon la formule de CASSAN	21
Figure 18 : Résultats des calculs de débit d'exhaure pour le bassin de la fontainerie selon la formule de CASSAN	21
Figure 19 : Récapitulatif des débits d'exhaure pour les bâtiments par tranche	21
Figure 20 : Récapitulatif des volumes d'exhaure pour chaque bassin des bâtiments	22
Figure 21 : Récapitulatifs des volumes d'exhaure pour le bassin de la fontainerie	22
Figure 22 : Récapitulatif des volumes d'exhaure des bâtiments par tranche	23
Figure 23 : Récapitulatif des rayons d'action engendrés sur la nappe d'accompagnement par les différents rabattements de nappe autour des fouilles.....	23
Figure 24 : Visualisation des rayons d'action maximum	24
Figure 25 : Récapitulatif des rayons d'action engendrés sur la nappe du bathonien par les différents rabattements de nappe autour des fouilles.....	25
Figure 26 : Rabattement de la nappe du bathonien après un pompage de 65 jours en fonction de distance au point de pompage	25
Figure 27 : Visualisation des iso-impacts sur la nappe du bathonien après 65 jours de pompage à 6,59 m ³ /h	26

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA MISSION

1.1. Contexte

Le projet concerne la construction d'un ensemble immobilier mixte « Les Cascades », situé sur un terrain de 11 000 m² environ présent entre la rue Rosa Parks, le cours Montalivet et l'avenue Pierre Mendès France, à Caen (14).

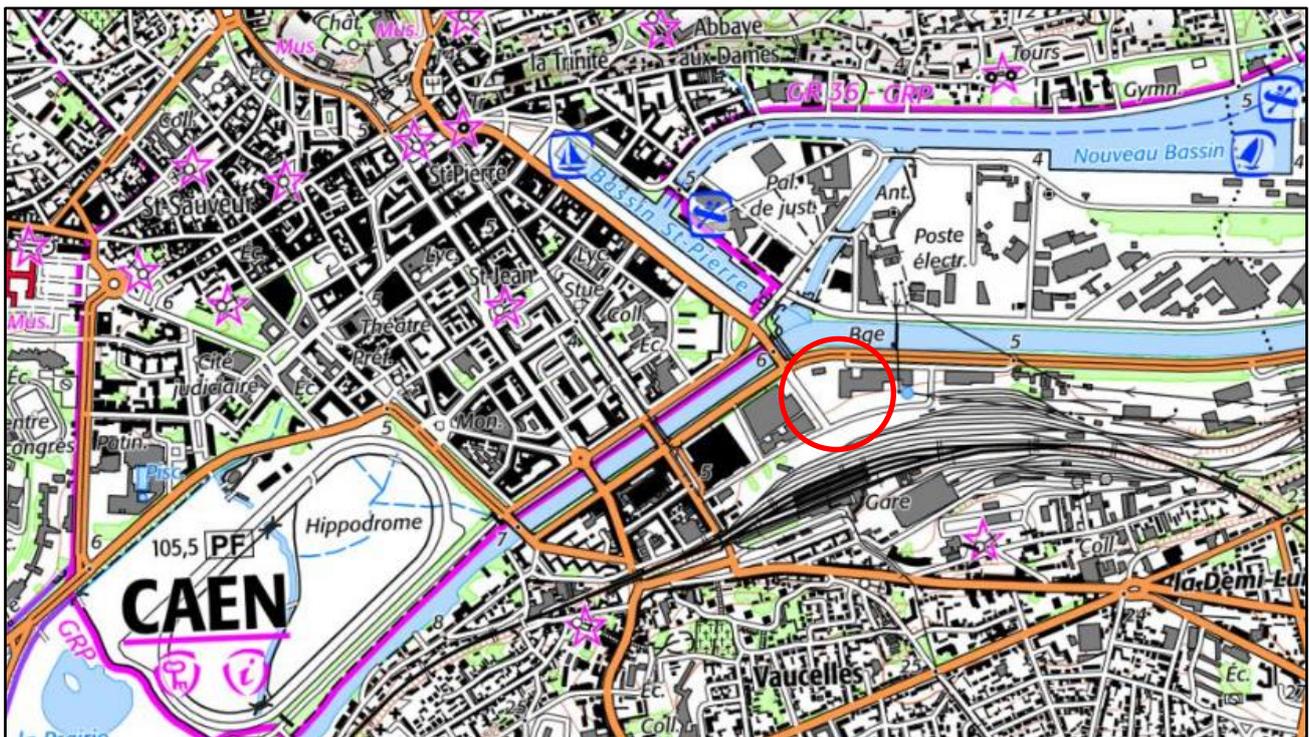


Figure 1 : Localisation du site

L'opération consiste en la construction des ouvrages suivants :

- Un bâtiment de parking en R+3 avec 3 émergences à usage mixte bureaux-logements :
 - o En R+5 (noté PK),
 - o En R+9 (noté A), les étages R+6 à R+9 étant partiels,
 - o En R+8 (noté B), les niveaux R+6 à R+8 étant partiels,
 - o En R+6 (noté C), le dernier étage étant partiel,
- Un bâtiment mixte bureaux-logements en R+6, noté D, et en R+7 noté E ; les étages RDC à R+2 étant communs aux deux ouvrages,
- Un bâtiment de logements en R+20+toiture, noté L, les niveaux supérieurs à R+11 étant partiels.

Une esquisse du projet est présentée ci-dessous :

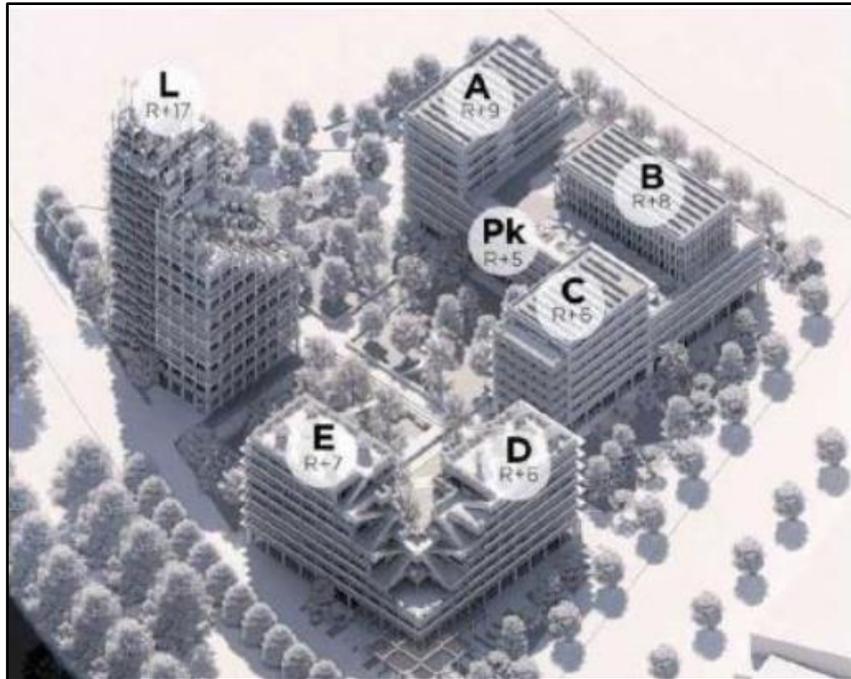


Figure 2 : Repérage et nomenclature des bâtiments

Les fondations des bâtiments du projet nécessitent des fondations profondes sous forme de pieux. La réalisation de ces pieux peut se faire en eau et n'impose pas de rabattement de la nappe.

Les bassins de rétentions des eaux pluviales seront créés à proximité de chaque bâtiment par un système SAUL (Structures Alvéolaires Ultra Légères) de marque DYKA de type RAINBOX CUBE. Un dernier bassin est prévu dans l'espace vert central. La construction de ces bassins se fait hors d'eau et pourra nécessiter un rabattement de la nappe en fonction de leur profondeur.

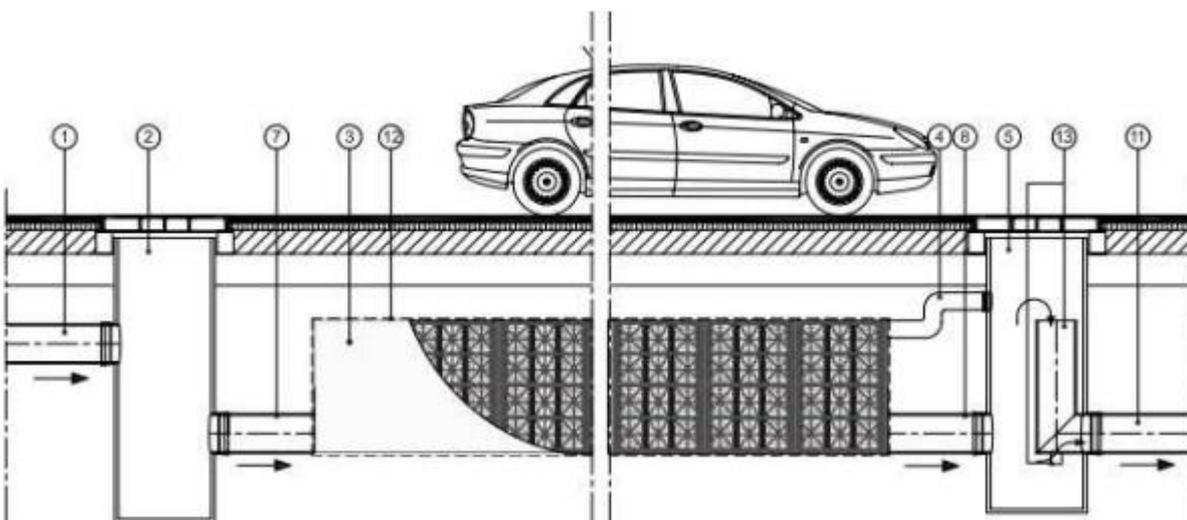
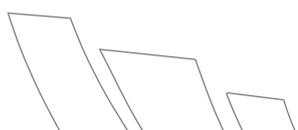


Figure 3 : Bassin enterré de type SAUL



1.2. Mission

Cette étude hydrogéologique a pour but :

- D'évaluer les volumes d'exhaure pour la mise en place des bassins de gestion des eaux pluviales des bâtiments et de celle de la fontainerie ;
- Evaluer les impacts de ces pompages à proximité du site.

2. BIBLIOGRAPHIE

2.1. Contexte géologique et hydrogéologique

2.1.1. Géologie du site

D'après les cartes géologiques du secteur au 1/50 000 (**Bayeux – Courseulles-sur-Mer et Caen**), les horizons présents au droit de la zone d'étude sont les suivants :

- des terrains de couverture (terre végétale, remblais),
- des remblais anthropiques,
- des dépôts fluviaux-marins limoneux à argileux,
- des alluvions fluviales (argile, sable),
- le substratum calcaire d'âge Jurassique, plus ou moins altéré en tête.



Figure 4 : Extrait des cartes de Bayeux - Courseulles-sur-Mer et Caen au 1/50 000 (source : BRGM)

Les investigations géotechniques ont abouti au log stratigraphique suivant :

Profondeur	Formation	Nature
De 0 à 0,5 m	0.TV + 0.E	Terre végétale, enrobé, remblai de chaussée et dalle béton
De 0,5 à 3,7 m	0.R	Remblai graveleux calcaire et remblai limoneux à sableux
De 3,7 à 12,8 m	1	Argile vasarde à passages tourbeux
De 12,8 à 16,2 m	2	Alluvions argilo-sableuses à graveleuses
De 16,2 à 39,7 m	3	Argile marneuse à passages calcaires marneux

Figure 5 : Log stratigraphique issu des investigations géotechnique menées par ECR environnement

2.1.2. Essais de perméabilité de type Porchet

Les résultats des essais de perméabilité réalisés dans la formation 0.R (remblai graveleux calcaire, remblai limoneux à sableux) sont présentés dans le tableau suivant :

Essai	EPP1	EPP2	EPP3
Profondeur de l'essai, entre : (en m/TN)	0,45 à 0,60	0,50 à 0,65	0,40 à 0,55
Perméabilité K (m/s)	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-8}$

Figure 6 : Résultats des essais de perméabilité de type Porchet

Les valeurs de perméabilité mesurées dans la formation 0.R sont comprises entre $3,9 \cdot 10^{-5}$ et $2,3 \cdot 10^{-8}$ m/s. Des variations de perméabilité au sein des remblais sont toujours possibles en raison de leur hétérogénéité de nature.

Seules les valeurs obtenues par l'essai EPP1 et EPP2 sont retenue car représentatif de la cour centrale. La valeur de perméabilité moyenne de ces sondages qui a été retenue est de $1,95 \cdot 10^{-5}$ m/s pour le dimensionnement des ouvrages présenté dans la Notice assainissement – Gestion des EP du Dossier PC datant du 10 juillet 2024.

2.1.3. Essais de perméabilité à tube ouvert

Les essais de perméabilité ont été effectués au droit des sondages SC1 à SC3. Ils ont été mis en œuvre au sein des principales formations lithologiques rencontrées dans cette zone (argile vasarde, alluvions et argile marneuse à passages calcaires marneux).

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Essai	EP1	EP2	EP3
Sondage	SC1	SC2	SC3
Formation	3	2	1
Profondeur de l'essai, entre : (en m/TN)	19,0 à 20,0	14,0 à 15,0	4,5 à 6,0
Perméabilité K (m/s)	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$< .10^{-8}$

Figure 7 : Résultats des essais de perméabilité à tube ouvert

Ces valeurs traduisent une perméabilité très faible en tête dans les argiles vasardes à passages tourbeux, puis des perméabilités respectivement fortes à moyennes dans les horizons alluvionnaires à argilo-marneux en profondeur.

2.1.4. Hydrogéologie

Le risque de remontées de nappe est identifié sur la carte des risques établie par la DREAL de Normandie (mise à jour en juin 2024). Le terrain est situé dans une zone où la profondeur de remontées de nappe est comprise entre 1,0 et 2,5 m/TN. Une partie du site est incluse dans une zone inondable bénéficiant d'une protection particulière.

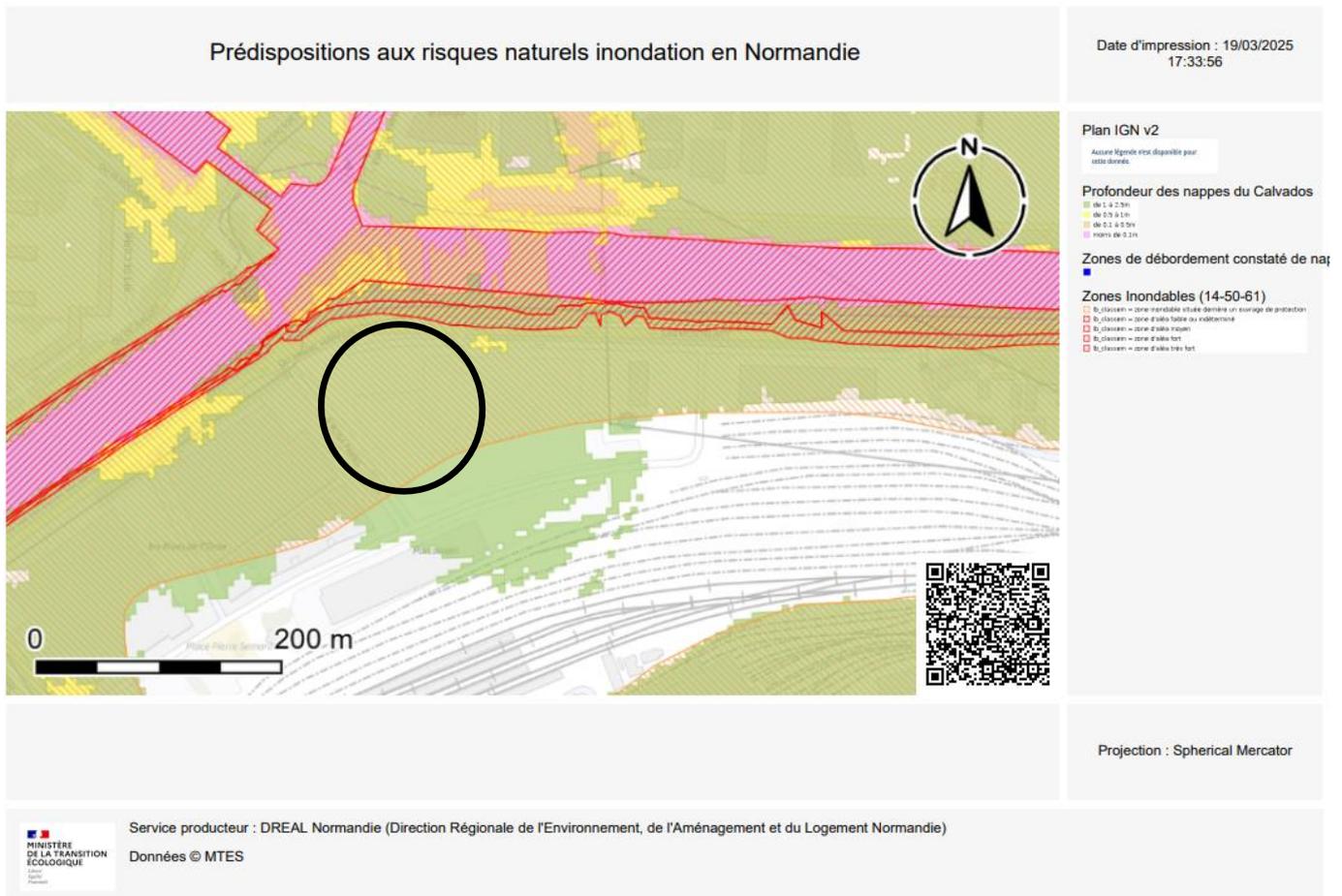


Figure 8 : Carte de prédispositions aux risques naturels inondation en Normandie – Extrait du site <https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=73f0db91-9aa8-447b-8f3d-241c960888a9&x=-132783&y=6291286&z=18r>

Lors des investigations géotechniques, des venues d'eau ont été constatées lors de nos interventions (mai à juillet 2022). Les résultats sont présentés ci-dessous :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
Profondeur des niveaux d'eau (m/TN)	1,3 ⁽¹⁾	1,4 ⁽¹⁾	3,1 ⁽¹⁾	1,7 ⁽¹⁾	1,6 ⁽¹⁾	1,5 ⁽¹⁾

SP7	SP8	SP9	SC1 + EP1 + PZ1	SC2 + EP2 + PZ2	SC3 + EP3 + PZ3
1,5 ⁽¹⁾	1,3 ⁽¹⁾	1,2 ⁽¹⁾	1,3 ⁽¹⁾ 2,52 le 21/07/2022	0,6 ⁽¹⁾ 2,71 le 21/07/2022	1,3 ⁽¹⁾ 2,71 le 21/07/2022

(1) Niveau d'eau influencé par la technique de forage utilisée (rotation au tricône, rotoperçussion au taillant ou carottage avec injection d'eau).



Les sondages à la tarière (T) n'ont pas observé d'arrivées d'eau lors de leur réalisation.

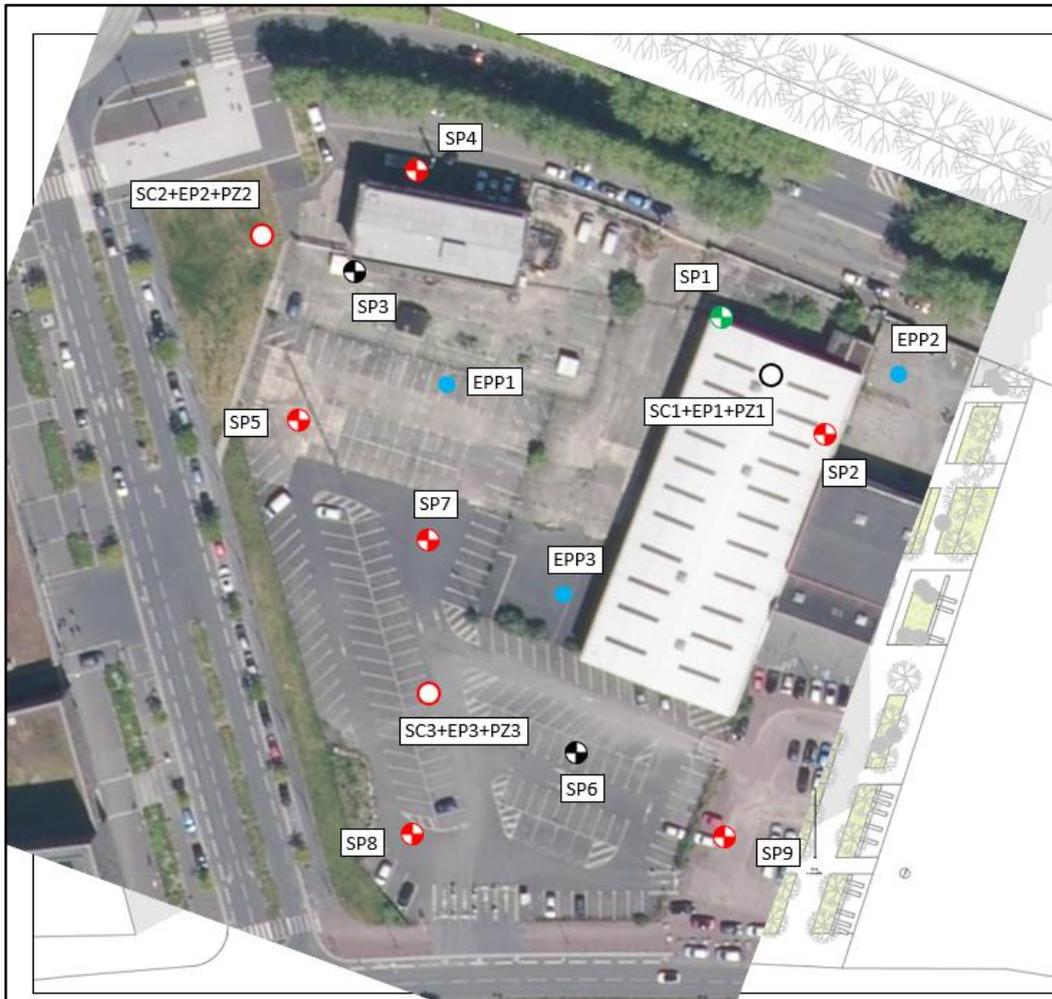
Ce constat est en accord avec la carte de prédispositions aux risques naturels (établie par la DREAL de Normandie) qui fait état d'une profondeur de remontée de nappe comprise entre 1,0 et 2,5 m/TN.

Toutefois, en fonction des conditions météorologiques au moment des travaux, des circulations d'eau ponctuelles ne sont pas à exclure, en particulier au sein des terrains superficiels (remblai, argile).

Un suivi piézométrique d'un an a été réalisé sur le site entre juillet 2022 et août 2023 sur 3 piézomètres (PZ1, PZ2 et PZ3) localisé sur la figure 9. La figure 10 et figure 11 présentent les résultats du suivi.

La nappe concernée par les pompages est la nappe d'accompagnement de l'Orne. Elle est en lien hydraulique avec la nappe sous-jacente, la nappe du Bathonien-Bajocien qui est libre au droit du site. Cette nappe est classée ZRE (zone de répartition des eaux)





LEGENDE :

-  Sondage pressiométrique à 25 m
-  Sondage pressiométrique à 35 m
-  Sondage pressiométrique à 40 m
-  Sondage carotté à 15 m avec essai de perméabilité et mise en place de piézomètre
-  Sondage carotté à 20 m avec essai de perméabilité et mise en place de piézomètre
-  Essai Porchet

Figure 9 : Localisation des ouvrages (source : ECR environnement)

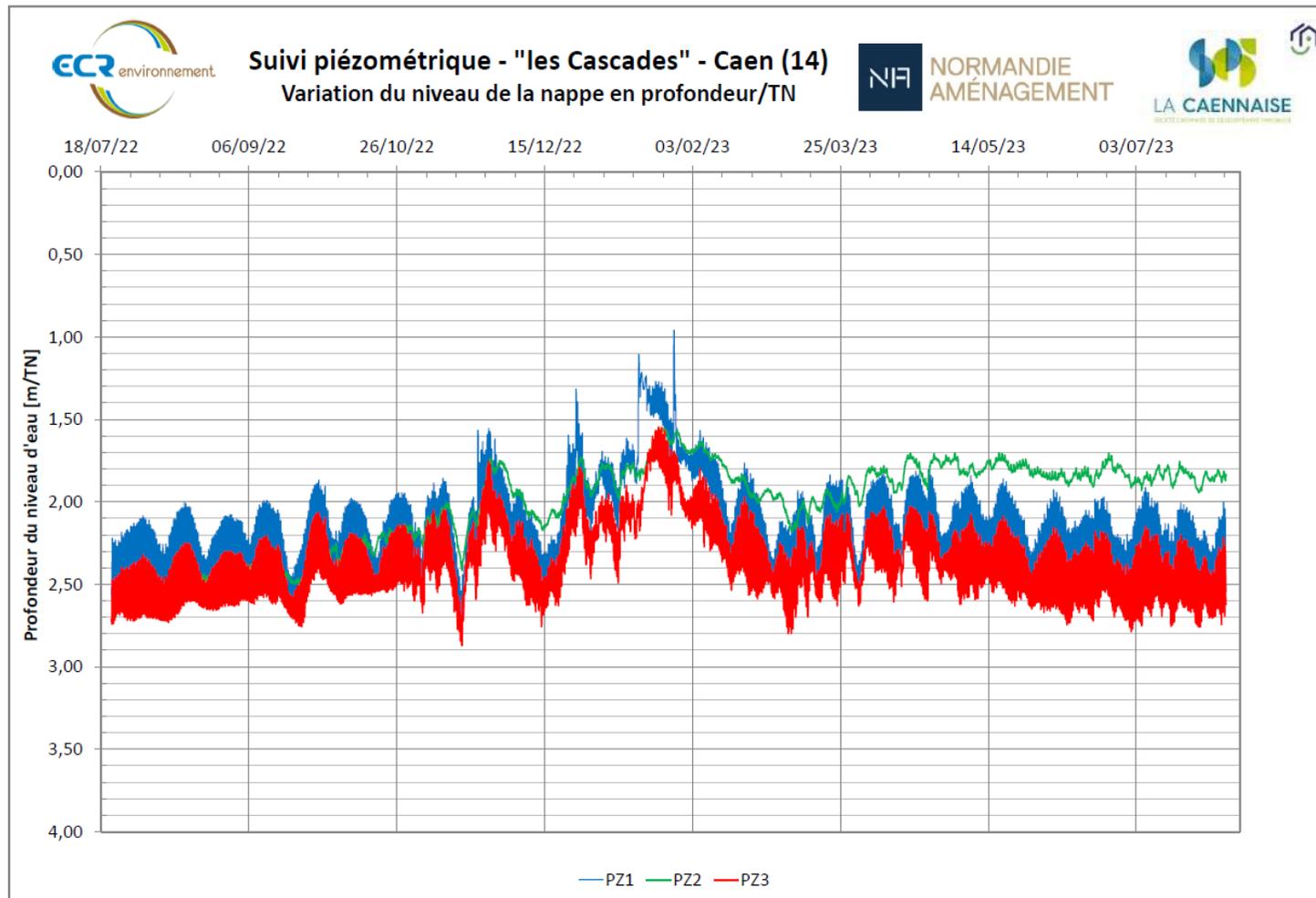
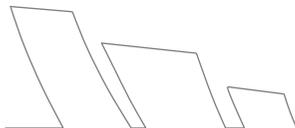


Figure 10 : Suivi piézométrique en profondeur de la nappe par rapport au terrain naturel (source : ECR environnement)



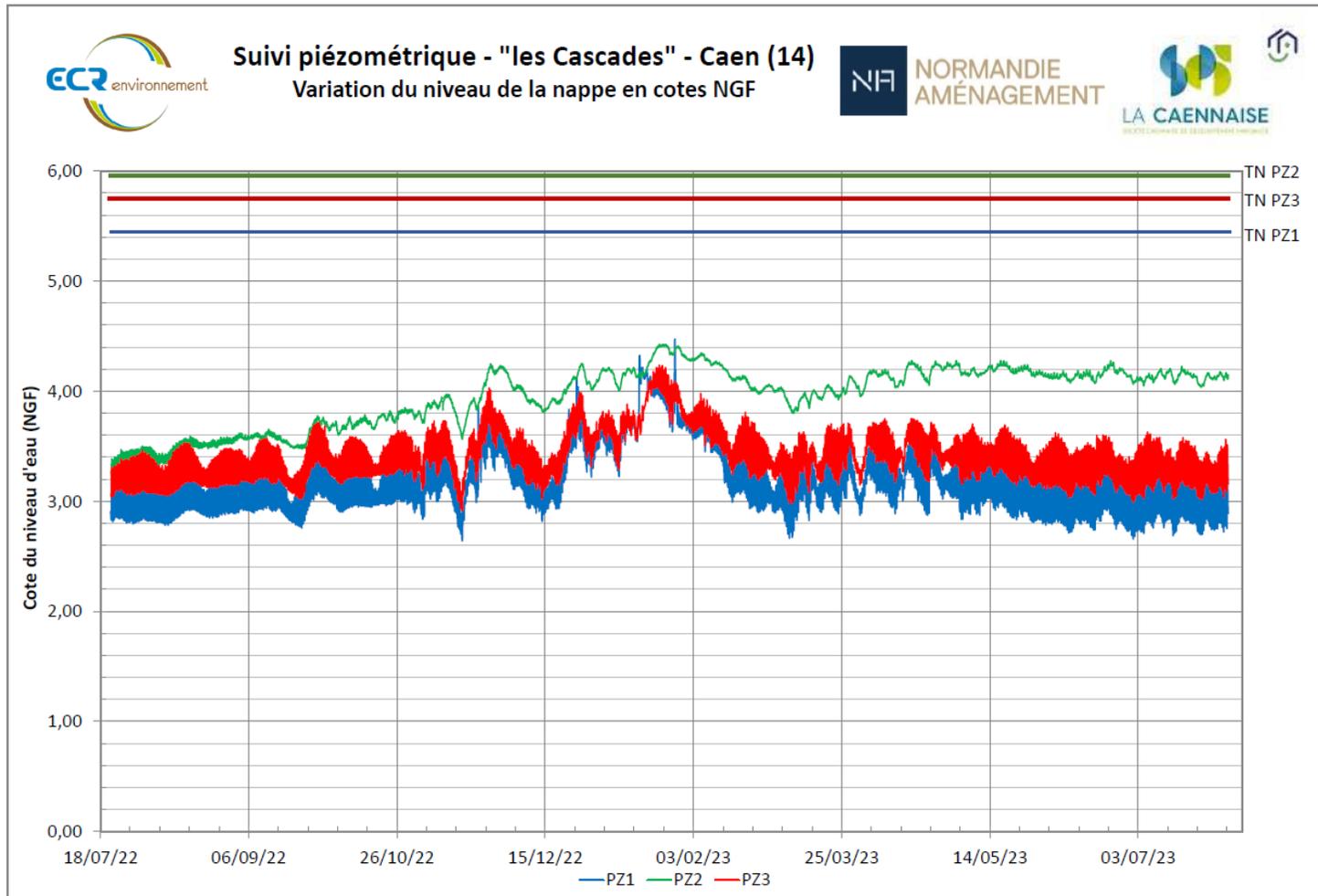
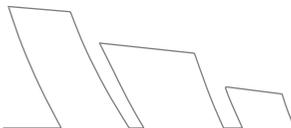


Figure 11 : Suivi piézométrique en m NGF (source : ECR environnement)



	PZ1	PZ2	PZ3	Valeurs utilisées pour le calcul du débit d'exhaure
Altitude maximale de la nappe mesurée (NGF)	4,47	4,43	4,23	4,47
Altitude minimale de la nappe mesurée (NGF)	2,64	3,24	2,91	2,64
Altitude moyenne de la nappe mesurée (NGF)	3,2	3,6	3,41	3,40
Altitude du terrain naturel (m NGF)	5,43	5,98	5,78	-

Figure 12: Récapitulatif des statistiques du suivi sur chaque piézomètre

2.1.5. Hydrographie

Le projet se situe à 80 m environ de l'Orne.

La station de mesure de l'Orne à May-sur-Orne (I362 1010 01) dont les données sont disponibles sur Hydroportail indique les valeurs de débits moyen mensuels suivantes :

Tableau 1 : Débit moyen mensuel de la station de l'Orne à May-sur-Orne (source : Hydroportail)

	<i>Débit moyen mensuel (en m³/s)</i>	<i>Débit moyen mensuel (en m³/h)</i>
Janvier	57,3	206280
Février	47,6	171360
Mars	33,9	122040
Avril	24,2	87120
Mai	15,2	54720
Juin	10,8	38880
Juillet	8,51	30636
Août	7,21	25956
Septembre	6,72	24192
Octobre	13,5	48600
Novembre	25,6	92160
Décembre	42,8	154080
Année	24,4	87840

Généré le 31/03/2025 07:33 (TU)

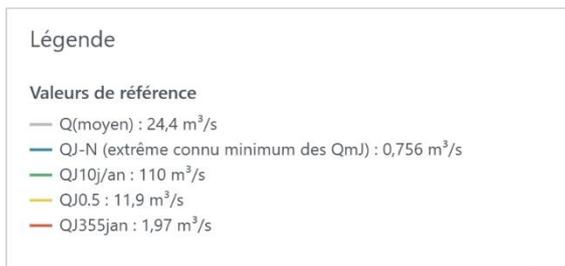
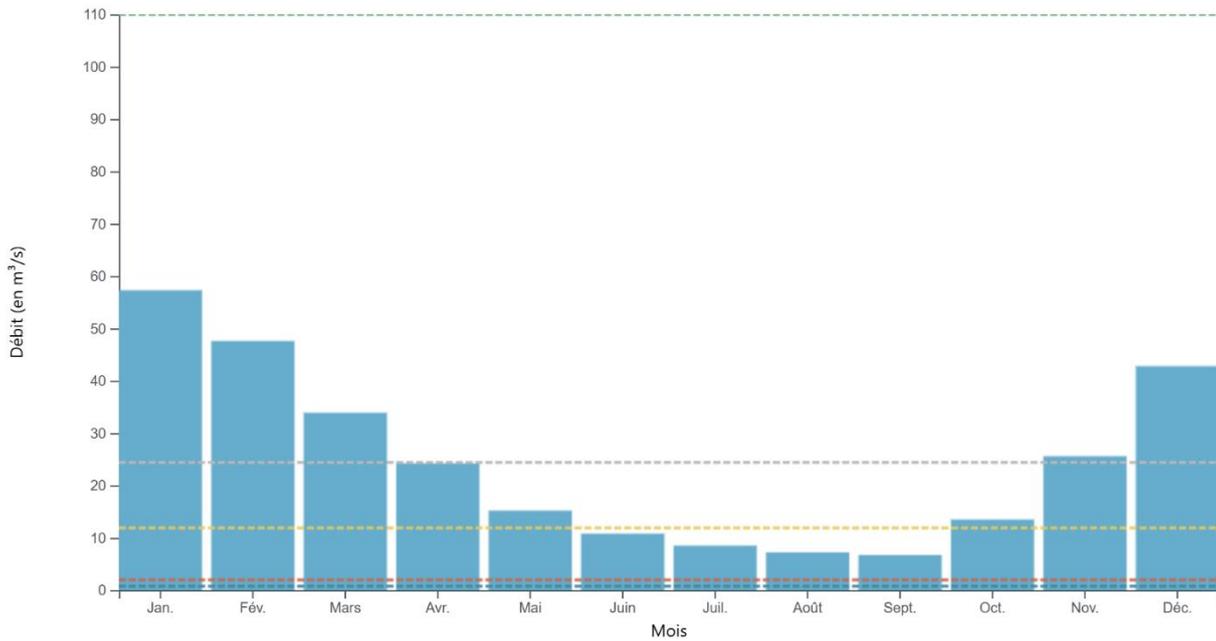


Figure 13: Graphique des débits moyens mensuels de la station de l'Orne à May-sur-Orne (source : Hydroportail)

Dans le cadre de la rubrique 1.2.1.0, le tableau suivant calcule 5% du débit mensuel et 2% du débit mensuel.



	<i>5 % du débit moyen mensuel (en m³/h)</i>	<i>2 % du débit moyen mensuel (en m³/h)</i>
Janvier	10314	4125,6
Février	8568	3427,2
Mars	6102	2440,8
Avril	4356	1742,4
Mai	2736	1094,4
Juin	1944	777,6
Juillet	1531,8	612,72
Août	1297,8	519,12
Septembre	1209,6	483,84
Octobre	2430	972
Novembre	4608	1843,2
Décembre	7704	3081,6
Année	4392	1756,8

Figure 14 : Calcul des seuils de 5% et 2% du débit du cours d'eau pour la rubrique 1.2.1.0

3. EVALUATION DES DEBITS D'EXHAURE

3.1. Détails des bassins EP pour les bâtiments

La figure suivante présente la localisation des bassins de gestion des eaux pluviales pour les bâtiments du projet.

3.1.1. Bassin ABPK

Le bassin ABPK gère les eaux pluviales du bâtiment ABPK. Ces dimensions sont 20 m x 4,3 m x 1,6 m ht pour stocker 137 m³.

Sa construction nécessite un travail hors d'eau. Son fil d'eau est à 3,49 m NGF. L'hypothèse de rabattement de la nappe est fixée à 2,99 m NGF.

3.1.2. Bassin C

Le bassin C gère les eaux pluviales du bâtiment C. Ces dimensions sont 5 m x 4.4 m x 1 m ht pour stocker 22 m³.

Sa construction nécessite un travail hors d'eau. Son fil d'eau est à 3,28 m NGF. L'hypothèse de rabattement de la nappe est fixée à 2,78 m NGF.

3.1.3. Bassin DE

Le bassin DE gère les eaux pluviales du bâtiment DE. Ces dimensions sont 13 m x 4 m x 1,4 m ht pour stocker 68 m³.

Sa construction nécessite un travail hors d'eau. Son fil d'eau est à 3,33 m NGF. L'hypothèse de rabattement de la nappe est fixée à 2,83 m NGF.

3.1.4. Bassin L

Le bassin ABPK gère les eaux pluviales du bâtiment L. Ces dimensions sont 6 m x 15 m x 0,5 m ht pour stocker 42 m³.

Sa construction nécessite un travail hors d'eau. Son fil d'eau est à 3,90 m NGF. L'hypothèse de rabattement de la nappe est fixée à 3,40 m NGF.

3.2. Détails du bassin EP pour la fontainerie

Le bassin prévu pour la fontainerie a été dimensionnée pour accueillir 120 m³. Ce bassin est prévu en tube SPIREL soit un cylindre de 18m par 2,9 m de hauteur.

Nous considérons donc une fouille de 18m de long par 2,9 m de large pour sa mise en place. La profondeur de la fouille n'étant pas encore défini nous testerons différentes profondeurs.

Sa construction nécessite un travail hors d'eau. Son fil d'eau est à 4,40 m NGF. L'hypothèse de rabattement de la nappe est fixée à 3,90 m NGF.



3.3. Méthode de calcul du débit d'exhaure

Nous choisissons d'estimer les débits d'exhaure par la formule de CASSAN (Aide-mémoire d'hydraulique souterraine, CASSAN, 1994).

Hypothèses :

- La fouille est assimilée à un demi-ellipsoïde ;
- La charge hydraulique est supposée constante sur la surface de la fouille et égale à la hauteur h du rabattement ;
- A l'extérieur de la fouille, la surface de la nappe n'est pas perturbée et garde son niveau initial.

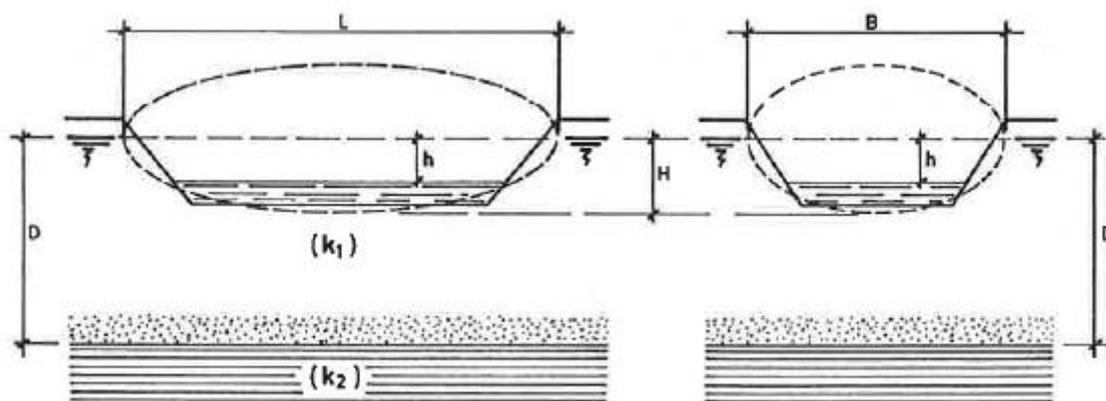


Figure 16 : Fouille superficielle et ellipsoïde équivalent (source : Aide-Mémoire d'hydraulique souterraine, CASSAN, 1994)

Si l'on considère le système constitué par la fouille réelle et par son symétrique par rapport au niveau statique de la nappe, on se trouve ramené au problème de l'écoulement vers une cavité ellipsoïdale.

Pour une charge h égale au rabattement dans la fouille le débit est donc égale à la moitié du débit qui s'écoulerait théoriquement vers la cavité ellipsoïdale complète (Figure 16).

Si L et B désignent les axes horizontaux de l'ellipsoïde équivalent (avec $L > B$) et H le demi-axe verticale, c'est-à-dire la hauteur mouillée équivalente, on calcule :

$$p = \frac{L}{B} \quad \text{et} \quad q = \frac{2H}{B}$$

En terrain homogène indéfini, le débit est donné par la relation suivante :

$$Q = \frac{1}{2} m_0 k h B$$

Avec, m_0 donné dans les tableaux abaques, k la perméabilité des terrains et h la charge hydraulique considérée.



3.4. Estimation des débits d'exhaure

3.4.1. Résultats des calculs de débits d'exhaure pour les bassins de gestion des bâtiments

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la formule de CASSAN pour les bassins sous les bâtiments pour des niveaux de nappe minimum mesuré, maximum mesuré et moyen.

	Bassin ABPK	Bassin C	Bassin DE	Bassin L
Objectif de rabattement (m NGF)	2,99	2,78	2,83	3,40
Débit d'exhaure maximal (m³/h)	2,61	1,51	2,39	1,71
Débit d'exhaure minimal (m³/h)	0,00	0,00	0,00	0,00
Débit d'exhaure moyen (m³/h)	0,63	0,45	0,72	0,005

Figure 17 : Résultats des calculs de débit d'exhaure pour les bassins des bâtiments selon la formule de CASSAN

3.4.2. Résultats des calculs de débits d'exhaure pour le bassin de la fontainerie

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la formule de CASSAN pour le bassin de la fontainerie pour différentes profondeurs de rabattement et pour des niveaux de nappe minimum mesuré, maximum mesuré et moyen.

	Rabattement à 4,40 m NGF
Débit d'exhaure maximal (m³/h)	0,76
Débit d'exhaure minimal (m³/h)	0,00
Débit d'exhaure moyen (m³/h)	0,00

Figure 18 : Résultats des calculs de débit d'exhaure pour le bassin de la fontainerie selon la formule de CASSAN

3.4.3. Bilan des débits d'exhaure

Selon le planning, les bassins ABPK, C, L et la Fontainerie seront réalisés en tranche 1 et le bassin DE en tranche 2. Dans l'hypothèse où tous les bassins d'une tranche sont réalisés en même temps, les débits à gérer sont les suivants :

	Tranche 1	Tranche 2
Débit maximal (m³/h)	6,59	2,39
Débit minimal (m³/h)	0,00	0,00
Débit moyen (m³/h)	1,085	0,72

Figure 19 : Récapitulatif des débits d'exhaure pour les bâtiments par tranche



Si le planning travaux ne change pas et que les hypothèses d'altimétrie des ouvrages ne sont pas revues à la baisse, **le débit d'exhaure maximal obtenu pour la tranche 1 et pour la tranche 2 ne dépassera pas le seuil de déclaration de 400 m³/h ou 2% du débit de l'Orne (qui est toujours supérieur à 400 m³/h) pour la rubrique 1.2.1.0.**

De plus, le débit d'exhaure dans la nappe d'accompagnement est **inférieur à 8 m³/h**. Par conséquent, le débit sortant de la nappe du Bathonien-Bajocien sous-jacente est également inférieur à 8 m³/h. La rubrique 1.3.1.0 impose une déclaration au titre de la loi sur l'eau.

3.5. Estimation des volumes d'exhaure

3.5.1. Pour les bassins de gestion des bâtiments

Afin de calculer un volume d'exhaure, nous avons pris comme hypothèse de temps de réalisation le temps de réalisation des fondations de chacun des bâtiments. Cette hypothèse surestime les volumes puisque le temps de réalisation des bassins est en réalité inférieur à la construction de l'ensemble des fondations.

	Bassin ABPK	Bassin C	Bassin DE	Bassin L
Temps de pompage pour réalisation (jours)	65	65	40	60
Volume maximal (m³)	4076,72	2350,16	2290,92	2463,55
Volume minimal (m³)	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume moyen (m³)	981,86	703,43	695,41	6,67

Figure 20 : Récapitulatif des volumes d'exhaure pour chaque bassin des bâtiments

3.5.2. Pour la mise en place du bassin de la fontainerie

Afin de calculer un volume d'exhaure, nous estimons le temps nécessaire de pompage à 15 jours car nous n'avons pas d'information sur la mise en place de ce bassin mais celle-ci étant « préfabriquée » sa pose devrait être rapide.

	Bassin Fontainerie
Temps de pompage pour réalisation (jours)	15
Volume maximal (m³)	274,46
Volume minimal (m³)	0,00
Volume moyen (m³)	0,00

Figure 21 : Récapitulatifs des volumes d'exhaure pour le bassin de la fontainerie



3.5.3. Bilan des volumes d'exhaure

Selon le planning, les bassins ABPK, C, L et la Fontainerie seront réalisés en tranche 1 et le bassin DE en tranche 2.

	Tranche 1	Tranche 2
Volume maximal (m³)	9164,88	2290,92
Volume minimal (m³)	0,00	0,00
Volume moyen (m³)	1691,96	695,41

Figure 22 : Récapitulatif des volumes d'exhaure des bâtiments par tranche

Si le planning travaux ne change pas et que les hypothèses d'altimétrie des ouvrages ne sont pas revues à la baisse, le volume d'exhaure obtenu pour la tranche 1 et pour la tranche 2 ne dépassera pas les 10 000 m³/an.

4. EVALUATION DES IMPACTS DU POMPAGE

4.1. Méthode de calcul du rayon d'action maximal

La formule empirique de Sichardt permet d'évaluer le rayon d'action des pompages en fonction de la perméabilité locale et du rabattement appliquée dans la fouille.

La formule utilisée est la suivante :

$$R = 3000 * s * \sqrt{K}$$

Avec, s le rabattement dans la fouille (m) et K la perméabilité du terrain (m/s).

4.2. Résultats sur la nappe d'accompagnement

La perméabilité appliquée est de $1,95 \cdot 10^{-5}$ m/s.

	Rabattement maximum (m)	Rabattement minimum (m)	Rabattement moyen (m)	Rayon d'action maximum	Rayon d'action minimum	Rayon d'action moyen
Bassin ABPK	1,48	0	0,41	19,61	0	5,48
Bassin C	1,69	0	0,62	22,39	0	8,26
Bassin DE	1,64	0	0,57	21,73	0	7,60
Bassin L	1,07	0	0,00	14,17	0	0,00
Bassin fontainerie	0,57	0	0,00	7,55	0	0,00

Figure 23 : Récapitulatif des rayons d'action engendrés sur la nappe d'accompagnement par les différents rabattements de nappe autour des fouilles

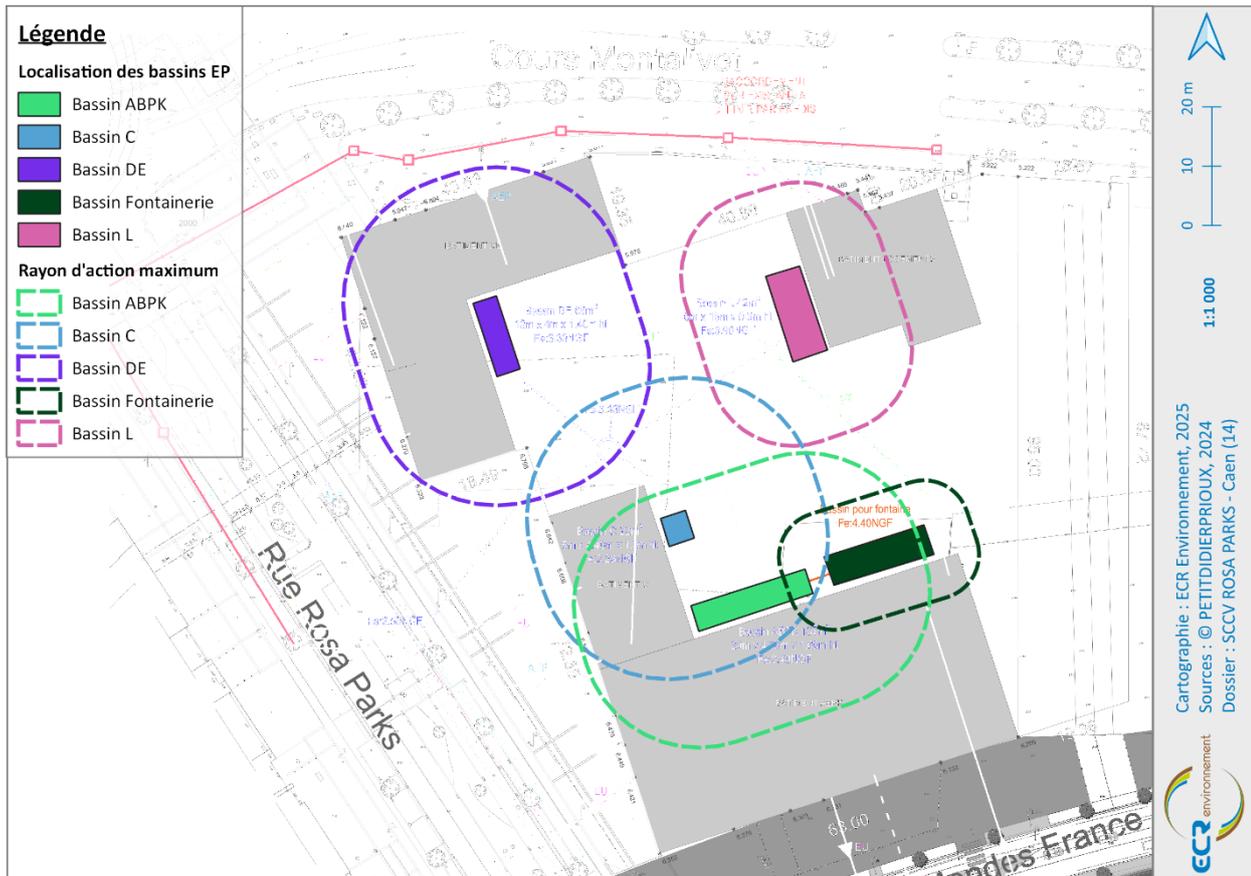


Figure 24 : Visualisation des rayons d'action maximum

4.3. Résultats sur la nappe du bathonien

La nappe du bathonien est en lien hydraulique avec la nappe d'alimentation de l'Orne dans laquelle ont lieu les pompages.

Afin d'estimer l'impact de ces pompages sur la nappe du bathonien, nous allons prendre les hypothèses suivantes issues de la fiche de caractérisation de la Masse d'eau HG308 « Bathonien-Bajocien de la plaine de Caen et du Bessin » écrite par le BRGM et l'Agence de l'eau Seine-Normandie :

- Transmissivité (T) : 0,1 m²/s (vallées calcaires plus fissurées et plus perméables que les plateaux) ;
- Coefficient d'emmagasinement (S) : 3.10⁻² (partie libre de l'aquifère)
- Epaisseur de l'aquifère du bathonien au droit du site (b) : 15 m (source : Atlas hydrogéologique du Calvados de 2007, BRGM)
- Le débit appliqué dans la nappe du bathonien sera égale au débit pompé dans la nappe d'accompagnement (hypothèse sécuritaire)

La perméabilité appliquée est de 1,5 m/s ($K = T \times b$).

	Rabattement maximum (m)	Rabattement minimum (m)	Rabattement moyen (m)	Rayon d'action maximum	Rayon d'action minimum	Rayon d'action moyen
Bassin ABPK	1,48	0	0,41	5437,87	0	1518,68
Bassin C	1,69	0	0,62	6209,46	0	2290,27
Bassin DE	1,64	0	0,57	6025,74	0	2106,56
Bassin L	1,07	0	0,00	3931,43	0	12,25
Bassin fontainerie	0,57	0	0,00	2094,31	0	0,00

Figure 25 : Récapitulatif des rayons d'action engendrés sur la nappe du bathonien par les différents rabattements de nappe autour des fouilles

La formule de Jacob suivante permet de visualiser le cône de rabattement provoqué par le pompage.

$$s = 0,183 * \frac{Q}{T} * \log \left(\frac{2,25 * T * t}{R^2 * S} \right)$$

s, rabattement (m)

Q, débit de pompage (m³/s)

T, transmissivité (m/s)

t, temps de pompage (s)

R, distance avec le puits de pompage (m)

Si l'on considère que l'ensemble des bassins de la tranche 1 sont construits en même temps, le débit de pompage est donc de 6,59 m³/h soit 1,83.10⁻³ m³/s. L'hypothèse de temps de pompage est de 65 jours. Le rayon d'action maximum est de 6 490 m.

Le graphique suivant montre pour un pompage de 6,59 m³/h pendant 65 jours, le rabattement « s » dans la nappe du bathonien en fonction de la distance au point de pompage.

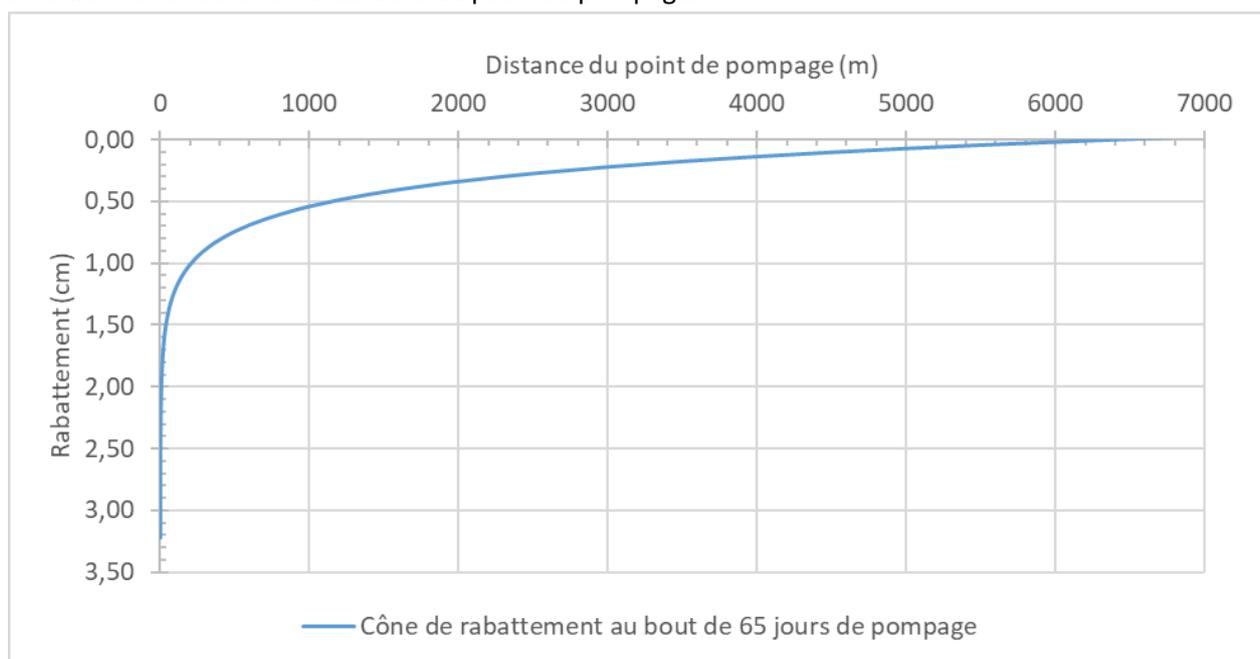


Figure 26 : Rabattement de la nappe du bathonien après un pompage de 65 jours en fonction de distance au point de pompage



Ce graphique montre que le rabattement est plus fort au niveau du point de pompage et s'atténue rapidement avec l'augmentation de la distance au point de pompage.

La figure suivante permet de mieux visualiser l'impact autour du point de pompage. Pour simplifier le calcul, il a été choisi de simuler le cas défavorable d'un seul point de pompage au centre du site avec un débit de $6,59 \text{ m}^3/\text{h}$ ce qui représente le maximum qui pourra être pompé sur le site en même temps.

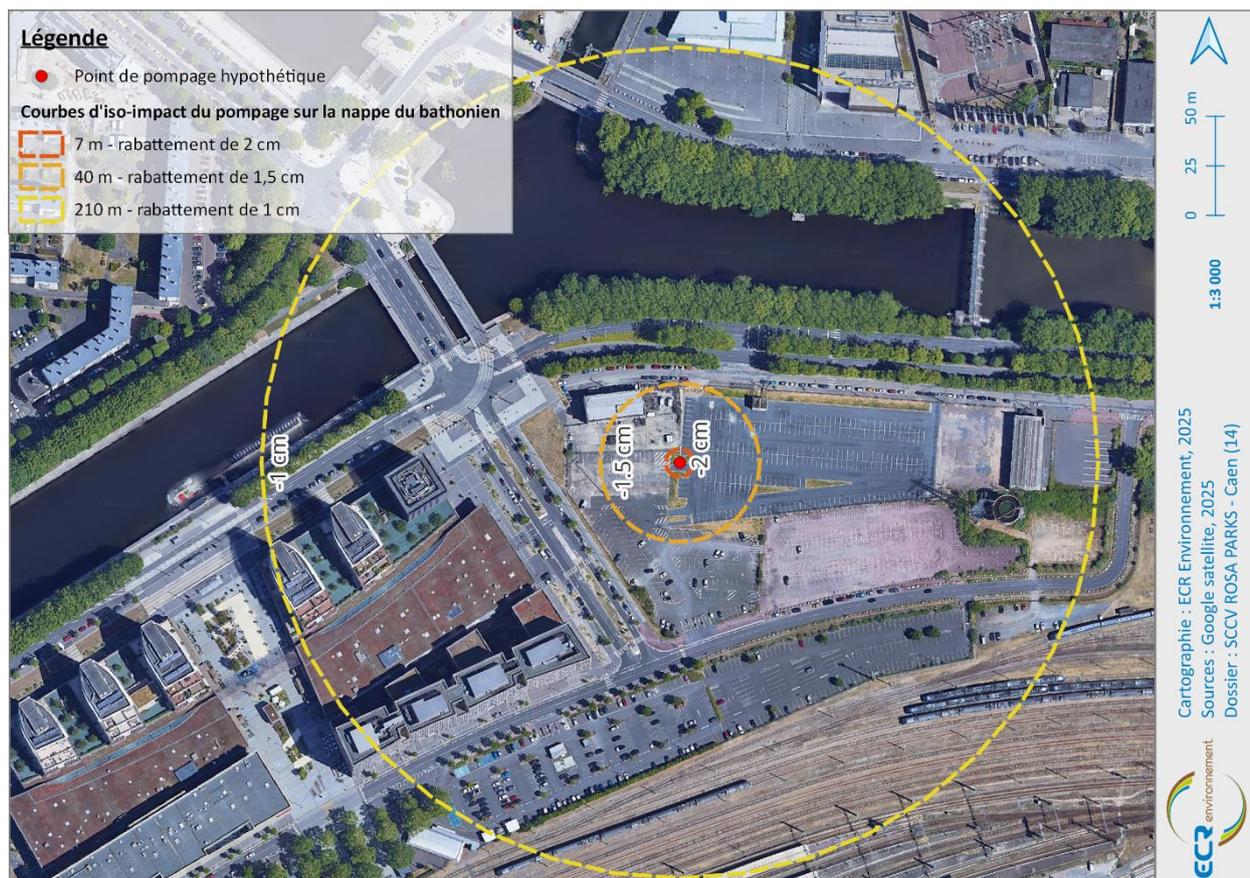


Figure 27 : Visualisation des iso-impacts sur la nappe du bathonien après 65 jours de pompage à $6,59 \text{ m}^3/\text{h}$

L'impact mis en évidence par les calculs sur la nappe du bathonien est très faible de par son amplitude faible et son aspect temporaire. Il est à noter que les hypothèses choisies ici pour ce calcul sont le cas le plus défavorable pour la nappe.

5. CONCLUSION

La nappe concernée par cette étude est une nappe d'accompagnement, elle peut donc être soumise à la rubrique 1.2.1.0 du code de l'environnement.

Si les hypothèses choisies ne sont pas modifiées ou que l'altitude des ouvrages est revue à la hausse, alors les calculs présentés ici montrent que **le débit d'eau d'exhaure issue des travaux ne dépassera pas le seuil de déclaration pour la loi sur l'eau qui est de 400 m³/h (rubrique 1.2.1.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement).**

La nappe du Bathonien-Bajocien sous-jacente est classé zone de répartition des eaux. Cependant, le débit d'exhaure dans la nappe d'accompagnement est inférieur à 8 m³/h. Par conséquent, le débit sortant de la nappe du Bathonien-Bajocien sous-jacente est **également inférieur à 8 m³/h. La rubrique 1.3.1.0 impose une déclaration au titre de la loi sur l'eau.**

Le rayon d'action des rabattements dans la nappe d'accompagnement est assez faible et ne perturbera pas l'environnement proche du projet, même dans les périodes les plus pénalisantes. De même, l'impact sur la nappe du bathonien est très faible.

CONDITIONS PARTICULIÈRES

Le présent rapport ou Procès-verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
