

AMÉNAGEMENT DES ACCÈS DÉFINITIFS
DU PONT FLAUBERT EN RIVE GAUCHE DE LA SEINE

Pièce E : Annexe 5
Notice sur l'assainissement



Pièce E - Annexe 5
Notice sur l'assainissement



www.acces-pontflaubert-rivegauche.fr



5.

Annexe 05 Notice sur l'assainissement

RAPPORTS

direction
interdépartementale
des Routes
Nord-Ouest

service d'ingénierie
routière de Rouen

Juillet 2015

VOIRIES DEFINITIVES D'ACCES AU PT FLAUBERT (RIVE GAUCHE)

DOSSIER D'ETUDES PREALABLES

Notice sur l'Assainissement



Ministère de l'Énergie,
du Développement durable,
des Transports et du Logement
www.developpement-durable.gouv.fr

Prévention des risques
Prévention des risques
Infrastructures, transports et logement
Développement durable
Énergie et climat
Ressources, terrains, habitats et logement

Présent pour
l'avenir

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
00	07/2015	Version initiale non corrigée
01	07/2015	Version corrigée suite aux remarques de C. Raude, C. Leclercq et changement du réseau alimentant le bassin Pasteur.
02	28/08/2015	Version modifiée – Estimation financière du volet assainissement
03	14/09/2015	Relecture et correction par F. GRAVIER et C. RAUDE
04		
05		

Affaire suivie par

Camille RAUDE
Tél. : 02 76 00 03 09 / Fax : 02 76 00 04 17
Courriel : Camille.Raude@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur

Anthony LE RUYET - DIRNO / SIR de ROUEN / PTAC

Selecteur

Fabrice GRAVIER - DIRNO / SIR de ROUEN / Chef de SIR

Camille RAUDE - DIRNO / SIR de ROUEN / Chef de projet

Christophe LECLERCQ - DIRNO / SIR de ROUEN / PTAC / Chef de pôle

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1.ETAT INITIAL DU SITE.....	5
1.1 - Localisation de la zone d'étude.....	5
1.2 - Données géologiques.....	6
1.2.1-Les formations superficielles.....	6
1.2.2-Le substratum crayeux.....	6
1.3 - Données hydrologiques.....	8
1.3.1-Les eaux superficielles.....	8
1.3.2-Qualité des eaux superficielles de la Seine à Rouen.....	11
1.3.3-Les masses d'eau souterraines.....	13
1.3.4 -Piézométrie et influence de la marée sur le toit de la nappe de la Craie altérée.....	14
1.4 - Données climatiques.....	17
2 - ASSAINISSEMENT DE LA PLATE-FORME ROUTIÈRE.....	18
2.1 - Les contraintes du projet.....	18
2.1.1-Les contraintes environnementales : présence de la nappe de la craie altérée et sols pollués.....	18
2.1.2-Les contraintes géométriques.....	19
2.2 - Choix du point de rejet des eaux pluviales provenant de la plate-forme routière.....	25
2.3 - Description des ouvrages d'assainissement choisis.....	26
2.4 - Dimensionnement des ouvrages d'assainissement de plate-forme routière (fossés, caniveaux, canalisations).....	26
2.5 - Dimensionnement des dispositifs de traitement.....	28
2.5.1 -Dimensionnement du bassin de traitement pour l'événement pluvial de retour X ans.....	28
2.5.2 -Choix des hypothèses de dimensionnement des bassins de traitement.....	30
2.5.2.a - Bassin Madagascar.....	30
2.5.2.b - Bassin Pasteur.....	31
2.5.3 -Dimensionnement du bassin de traitement pour la pollution accidentelle.....	32
2.5.3.a - Bassin Madagascar.....	33
2.5.3.b - Bassin Pasteur.....	33
2.5.4 -Calcul des rejets de la pollution chronique.....	34
2.5.5 -Comparaison de la qualité des rejets au regard de l'arrêté du 25 janvier 2010.....	39
2.5.6 -Valeurs des concentrations des polluants routiers dans l'exutoire en aval du rejet, après mise en place d'un filtre à sable.....	40
2.5.7 -Le cas des HAP et conclusion.....	42
2.5.8 -Conclusion.....	44
3 - ESTIMATION FINANCIÈRE DU VOLET ASSAINISSEMENT DU PROJET.....	45

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Introduction

La présente notice définit les orientations d'assainissement de l'étude préalable des voiries définitives permettant l'accès au Pont Flaubert sur la rive gauche de la Seine.

Ce projet a la particularité de ne pas intercepter de bassin versant naturel, car le site est ou sera très urbanisé, dans une zone topographiquement très peu inclinée. S'il n'y a pas d'écoulements naturels à rétablir, en revanche, une attention particulière sera à effectuer concernant l'influence des marées et du niveau piézométrique de la nappe sous-jacente aux infrastructures à dimensionner.

La notice expose également le mode de dépollution choisi, ainsi que les calculs permettant de dimensionner les volumes des bassins, aussi bien pour écrire les débits engendrés par l'événement pluvial de retour décennal ou centennal que pour rabattre la pollution chronique et isoler la pollution accidentelle.

Ces dispositions feront l'objet d'un dossier de déclaration dans le cadre de la Loi sur l'Eau n°92-3 du 3 janvier 1992 et au titre du Code de l'Environnement.

Pour la description de l'état initial de la zone (connaissances géologiques, hydrographiques, qualité des eaux de la Seine), il sera fait référence à l'étude hydrogéologique du bureau d'Etudes Iduna-Environnement de mars 2015, aux valeurs transmises par l'agence de l'eau du bassin Seine-Normandie, des données issues de la Banque-Hydro et aux quelques sondages ponctuels effectués par le CEREMA et décrits dans un rapport d'octobre 2013.

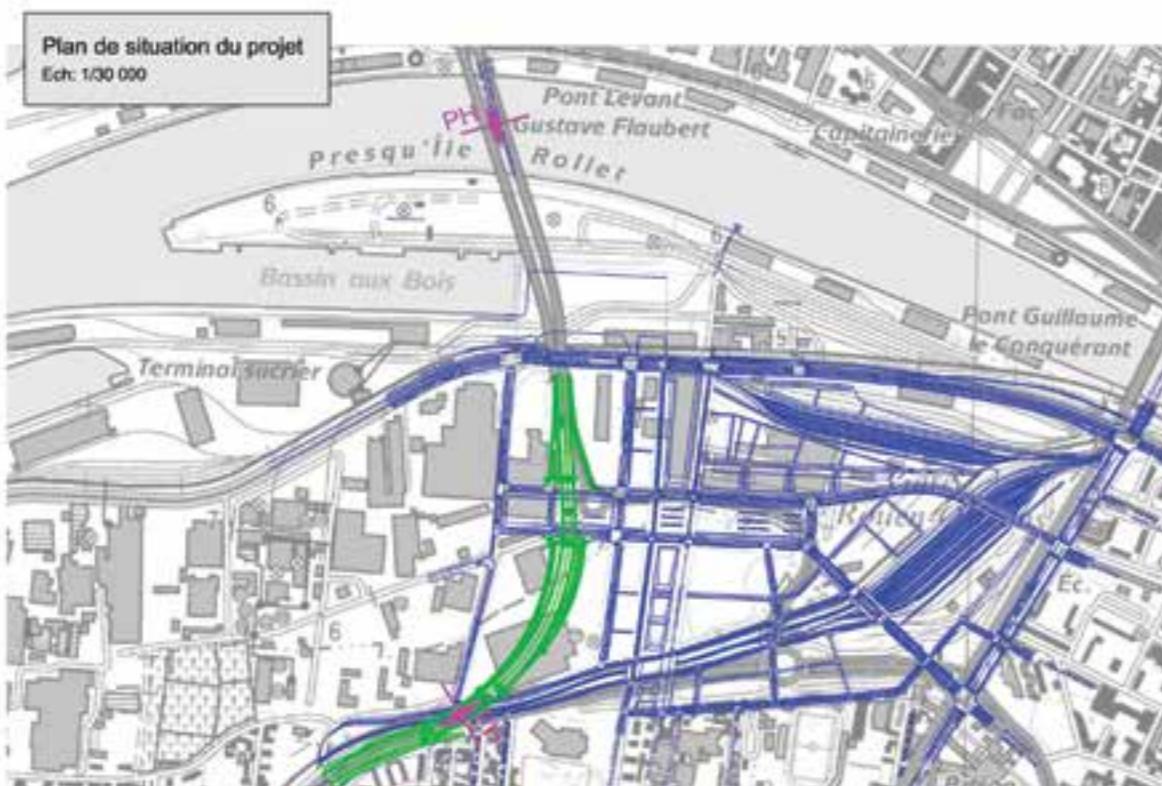
L'ensemble des dimensionnements proposés a été effectué par le SIR de Rouen.

1. ETAT INITIAL DU SITE

1.1 - Localisation de la zone d'étude

Le site d'étude est localisé au Sud-Ouest de l'agglomération rouennaise, sur les communes de Rouen et Petit-Quevilly, ainsi que sur la zone d'activités du Grand Port Maritime de Rouen. Fortement urbanisée, la topographie correspond à celle de l'intérieur d'un méandre de la Seine, et donc à des terrains alluvionnaires très peu inclinés (de l'ordre de 0,3%). Le projet routier en lui-même occasionnera plus de dénivélés que la topographie du terrain naturel qui n'excède pas les 1% à 2% dans la partie Sud de la zone.

L'ensemble des surfaces actives qui alimenteront les ouvrages d'assainissement conçus sera considéré comme imperméable, avec un coefficient de ruissellement égal à 1, car ces surfaces correspondent soit aux chaussées elles-mêmes du projet routier, soit aux remblais en sols renforcés adjacents.



Carte 1 : plan de situation du projet (tracé en vert). En bleu, voiries (routières et ferroviaires) du futur éco-quartier de Rouen.

1.2 - Données géologiques

1.2.1 - *Les formations superficielles*

Les sols du secteur d'étude entre la zone portuaire et la pénétrante Sud III sont recouverts de remblais actuels anthropiques plus épais au niveau du port (4 à 5,5 mètres) que dans la partie sud sous la pénétrante Sud III (1 à 2 mètres). Ces remblais hétérogènes et graveleux noirâtres sont constitués de produits de dragage, de matériaux de démolitions divers, ou de produits plus fins et de faible portance.

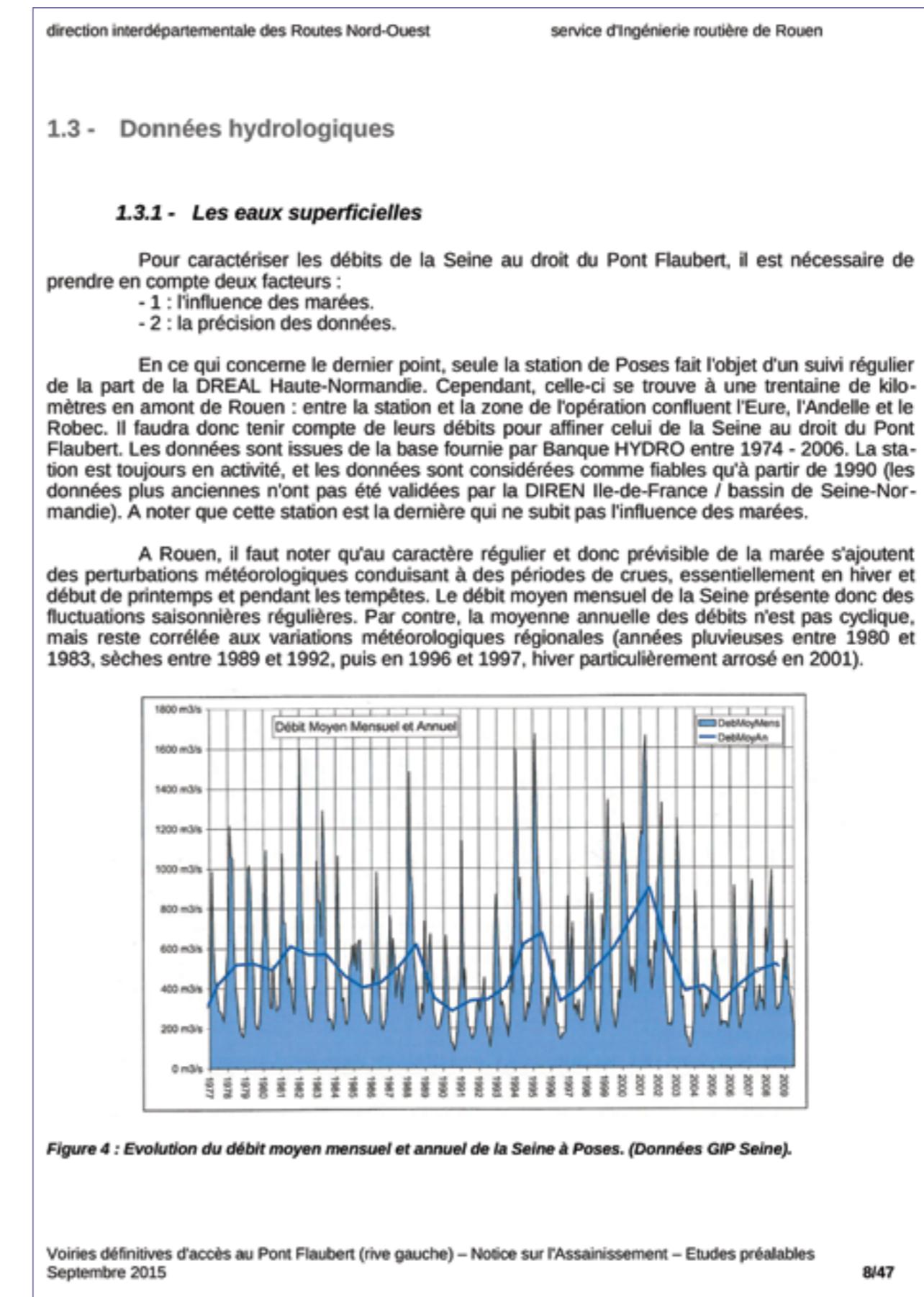
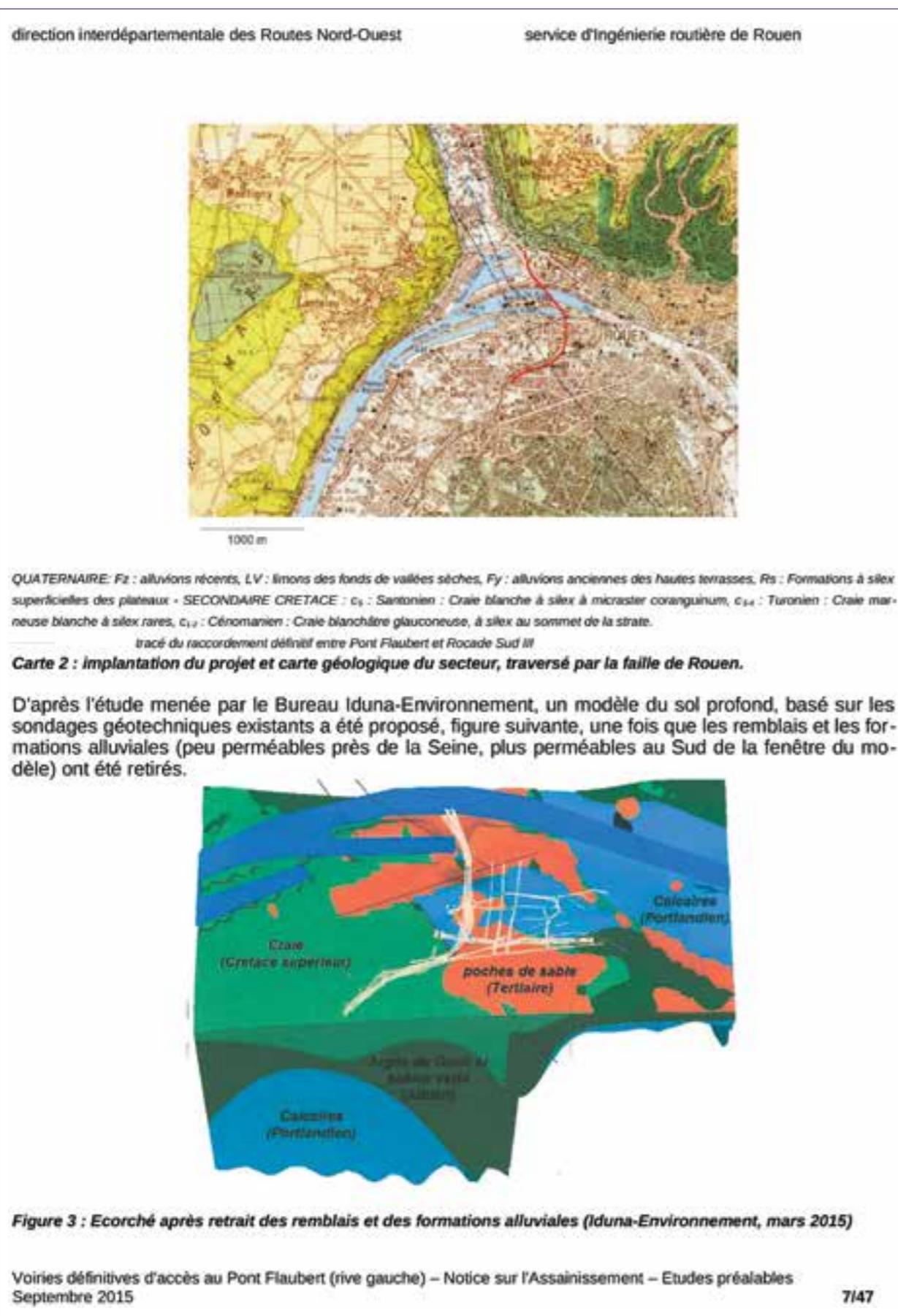
Sous ce socle se trouvent les alluvions modernes de la Seine (Fz), fines à dominante argileuse et de limons, peu consolidées voire tourbeuses. Elles se situent dans les zones proches des berges de la Seine.

Ces dernières reposent sur des alluvions plus anciennes (Fy) et graveleuses. Sur la Rive Gauche, ce sont essentiellement des sables et des galets de silex et calcaires altérés, dont l'épaisseur varie de 2,5 à 6 mètres le long du profil du projet routier.

1.2.2 - *Le substratum crayeux*

La structure de la boucle de la Seine à Rouen est caractérisée par la présence d'un bombardement local des terrains profonds (léger anticinal), érodé et affecté par une faille quasi-verticale orientée Sud-Est / Nord-Ouest : la faille de Rouen. Cette faille peut atteindre un rejet de 120 m à Petit-Quevilly. Le long de ce miroir de faille, ce sont les terrains aux Nord-Est qui sont remontés, faisant apparaître des terrains secondaires moyens (jurassiques portlandiens) en face de roches secondaires crétacées (de l'albien au sénonien). La faille de Rouen, complexe, a été reconnue en sondage à l'aval du Pont Flaubert, et intercepte le projet routier à proximité de l'échangeur de Stalingrad (racordement sur la pénétrante Sud III).

Les deux roches sont calcaires crayeuses, quelquefois interceptées par des horizons de quelques dizaines de centimètres de sables argileux. Ce calcaire est souvent fracturé et plutôt altéré au toit de ces couches sédimentaires (marnes noires). L'épaisseur de ces horizons atteint plusieurs dizaines de mètres, et les 4 sondages de 20 mètres de profondeur effectués par le CETE Normandie-Centre le long du profil du projet routier n'ont pas permis de caractériser le niveau inférieur de ces strates carbonatées.



Le débit moyen de la Seine est de 538 m³/s à Poses (données Banque Hydro). Il n'est cependant pas homogène au cours de l'année et varie entre 250 m³/s en août et environ 900 m³/s en février, comme le montre la figure suivante. A Rouen, ce débit est estimé à 574 m³/s (données Banque Hydro), compte tenu des apports conséquents de l'Eure et de l'Andelle.

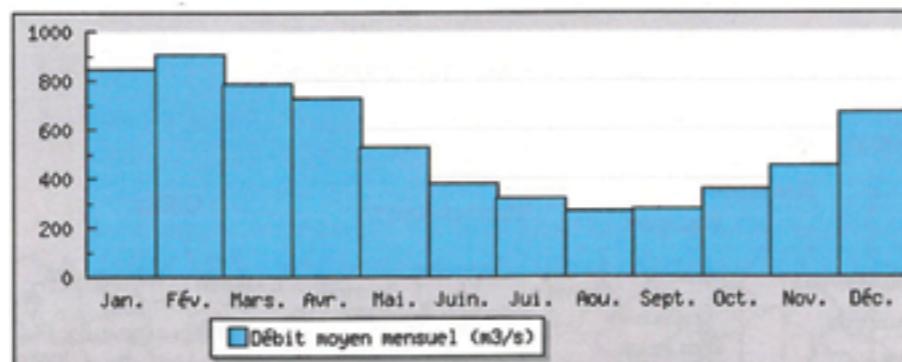


Figure 5 : Débits moyens de la Seine à Poses (1974 - 2006). Données Banque-Hydro.

Le débit d'étiage de la Seine correspondant aux apports hydrologiques fluviaux minimaux, est caractérisé par le QMNA5 qui représente la fréquence quinquennale de la plus faible moyenne sur l'année des débits mensuels. Ce critère est important car les calculs de charges polluantes dans l'exutoire se fait à ce débit, afin de comparer les valeurs aux seuils définis par la Directive Cadre Eau de 2010 et de comparer les valeurs entre elles. Le choix du débit QMNA5 s'explique par le fait qu'à l'étiage, les conditions de vie sont plus rudes pour le biotope local et les pollutions auront plus de conséquences néfastes sur les populations biologiques. A Poses, le débit QMNA5 de la Seine est de 180 m³/s (soit quasi 1/3 du débit moyen). A Rouen, ce débit est estimé à 200 m³/s environ, en tenant des apports de l'Eure et de l'Andelle.

Les débits de crues peuvent provoquer des débordements de la Seine. A Poses ces débits sont, en m³/s, d'après les données Banque Hydro basées sur une période d'observation de 32 ans entre 1974 et 2006 :

- crue biennale : 1600
- crue quinquennale : 2100
- crue décennale : 2400
- crue vicennale : 2800
- crue cinquantennale : 3200
- crue centennale : non calculée.

75% des crues de la Seine sont hivernales, et leurs durées sont comprises entre 3 et 15 jours pour les débits supérieurs à 1600 m³/s.

A Rouen les effets conjugués de la marée, du vent et des crues font qu'il est impossible d'estimer le débit de ces dernières seules. Au niveau du Marégraphe de Rouen, il a cependant été possible de mesurer le niveau de la Seine pleine mer (à marée haute) avec le débit associé mesuré à Poses, pendant certaines crues. Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :

Date du pic de la crue	Coefficient de marée	Débit de la Seine à Poses (en m ³ /s)	Altitude NGF de la Seine à marée haute
29 janvier 1910	78	2600	5,70
09 janvier 1922	98	2280	5,68
27 janvier 1955	92	2250	5,18
07 mars 1958	117	1939	5,23
09 mars 1970	114	2038	5,03
01 février 1995	104	2073	5,31
03 mars 1999	100 (+ rafales de vent à 108 km/h)	626	5,14
25 décembre 1999	104	1379	5,53
28 mars 2001	89	2280	5,22
28 février 2002	111	1563	5,34
28 février 2010	102	800	4,95

Tableau 6 : Plus hautes eaux enregistrées au Marégraphe de Rouen. Rappel : il faut ajouter 4,38m à l'altitude NGF 1969 pour trouver les altitudes exprimées dans les cartes marines (où le 0 correspond à la côte des eaux à marée basse pour un coefficient de marée égal à 120).

L'aménagement des berges de la Seine (digues, murets, perrés surélevés) font que les débordements sont aujourd'hui quasi inexistant. Les ouvrages de protection permettent cependant une inondation de certaines plaines alluviales plus en aval. Deux conséquences des crues peuvent cependant fragiliser la conception du réseau d'assainissement : l'ennoblissement des ouvrages enterrés (au regard des côtes atteintes lors des crues à marée haute) et les remontées de nappe.

La propagation de l'onde de marée dans un estuaire macrotidal est corrélée à la hauteur d'eau dans le chenal : cette onde se déplace donc plus vite à marée haute qu'à marée basse. Le courant de flot est donc plus court et plus intense que celui de jusant. Cependant, à Rouen, à 126 km de l'estuaire, les débits de crues peuvent annuler les courants de flot lorsque ceux-ci sont supérieurs à un débit de 1000 m³/s.

La crue la plus importante, de référence, est celle de janvier 1910. L'apport de la marée dans cette crue reste secondaire, par rapport aux deux crues de l'Yonne qui se sont succédé à 5 jours d'intervalle, et qui ont été conjuguées à des crues inférieures des autres affluents (Aube, Marne). Le facteur aggravant est lié à une intense déforestation aux alentours Sud de Paris, qui ont laissé un sol qui n'infiltrait plus. De plus à l'époque, la Seine ne comprenait pas autant d'ouvrages hydrauliques faisant obstacle aux courants générés par ces crues majeures.

Par contre, d'après l'étude du BE Ingétec, l'influence du rehaussement global du niveau des océans ne serait pas sans conséquence. Les différents scénarios émis par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) projettent une montée des niveaux comprise entre 20 cm (dans le cas le plus favorable) et 1 m (dans le cas le plus défavorable) à l'horizon 2100. A Rouen, la montée moyenne serait d'environ 10 cm en situation sèche et de plus d'un mètre en cas de crue (dans le cas le plus défavorable).

Il sera retenu que le niveau de la Seine à marée haute dépasse régulièrement la côte de 3,50m NGF à chaque fort coefficient de marée. Si se superposent à ces fluctuations liées à la marée quelques épisodes pluvieux, de fréquence annuelle, la côte des 4,08 est dépassée. (Etudes Iduna-Environnement, mars 2015). Elle correspond pourtant à celle du niveau des plus basses eaux du futur bassin de traitement Madagascar qui devra être muni d'un clapet anti-retour. Lors des

crues majeures où les cotes peuvent dépasser les 5,20 mètres, le bassin sera dans l'incapacité de fonctionner et devra être isolé (fonctionnement en mode bipasse).

1.3.2 - Qualité des eaux superficielles de la Seine à Rouen.

Pour pouvoir comparer les valeurs des concentrations des polluants dans la Seine, des mesures de concentrations de polluants dans la Seine ont été transmises brutes par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Les valeurs brutes obtenues sont dans le tableau ci-dessous. Le problème réside dans le fait que ces concentrations ne sont corrélées en tant que telles à aucun débit. Une analyse de la météorologie aux dates de prélèvement permet de caractériser les conditions les plus défavorables.

Pour appréhender le problème du débit aux dates de prélèvements et caractériser s'il est proche du débit QMNA5, deux problèmes se sont posés :

- à Rouen, la Seine est encore sous l'influence des marées et mesurer un débit fluviatile à cet endroit perd de son sens, car l'influence des marées reste prépondérante. Au regard des heures de mesures, il est à noter que chacune d'entre elles sont faites entre 2 heures et 2h45, à marée montante, après le niveau des plus basses mers. Les différences de concentration s'expliquent donc peu par l'effet des marées, considérés comme identiques à chaque mesure.

- du coup, pour corrélérer les concentrations à un débit fluviatile, il a été regardé le débit de la Seine en amont de la zone d'influence des marées (barrage de Poses). Les valeurs des débits de la seine à Poses sont considérées égales à celles mesurées à Vernon. Cependant, pour ne pas négliger les débits apportés par les rivières confluentes entre Vernon et Rouen, il a aussi été regardé les valeurs des débits de l'Eure et de l'Andelle, aux stations les plus proches des confluences. Ainsi le débit total de la Seine à Rouen (sans l'effet des marées) a pu être estimé en sommant les 3 débits notés ci-dessus.

Le tableau ci-après récapitule toutes les conditions de débit et de mesures aux dates des prélèvements.

	Prélèvements sur Eau (Seine, Port de Rouen)							
	03/09/2011 à 10h00	30/11/2011 à 16h20	29/01/2012 à 14h05	27/03/2012 à 10h00	24/05/2012 à 13h25	23/07/2012 à 15h30	20/09/2012 à 16h15	06/11/2012 à 16h50
Dates du prélèvement								
Conditions par rapport aux marées (2)	2h00	2h30	3h	2h00	2h45	2h	2h45	2h30
Coefficient de marée	101	70	92	72	74	66	94	42
Débit de la Seine à Vernon en m³/s (1)	180	158	86	282	878	385	174	89
Débit maximum de la Seine entre juillet 2011 et décembre 2012							1340 m³/s le 10 janvier 2012	
Débit minimum de la Seine entre juillet 2011 et décembre 2012							116 m³/s le 10 juillet 2011	
Débit de l'Eure à Louviers en m³/s	10,3	13,1	20,1	14,1	21,1	13,2	11	17,8
Débit maximum de l'Eure entre juillet 2011 et décembre 2012							64,9 m³/s le 24 décembre 2012	
Débit minimum de l'Eure entre juillet 2011 et décembre 2012							9,46 m³/s le 7 septembre 2012	
Débit de l'Andelle à Vascœuil en m³/s	2,30	2,11	4,53	3,74	3,70	3,01	2,85	3,40
Débit maximum de l'Andelle entre juillet 2011 et décembre 2012							11,2 m³/s le 17 décembre 2011	
Débit minimum de l'Andelle entre juillet 2011 et décembre 2012							1,06 m³/s le 2 septembre 2011	
TOTAL DEBIT	202,6	173,2	890,6	298,6	762,8	321,2	187,8	630,2
nombre de jours sans précipitation > 1mm/j	10	22	0	9	3	8	9	1
nombre de jours sans précipitation > 10mm/j	19	27	2	22	20	10	45	54
observations météorologiques	octobre et novembre très peu humides, novembre très peu ensoleillé	décembre très humide et janvier dans la moyenne	Mars 2012 exceptionnellement sec	petite sécheresse après printemps et début été très pluvieux (mars jusqu'au 1er juillet)	juin et juillet très humides, quelques orages	été très ensoleillé froid, très peu de précipitations	periods très pluvieuses, avec périodes sèches de 4-6 mm	
T° eau	21,3	10,1	7,4	13,4	18,1	21	18,8	10,6
T° air	28	13,2	9,5	22,8	25,4	27,8	15,9	9
pH	7,34	7,81	8,25	8,2	7,9	7,9	8	8,15
DDO5 (mg/l)	0,9	1,2	1,9	0,7	0,5	0,9	0,9	0,7
MES (mg/l)	43	24	18,6	28	23,4	23	57,2	19
Durée	25,3	28	29,2	29,7	27,6	29	34,1	27,3
DCO (mg/l)	14	8,1	10	9	16,5	11,2	18,4	10,5
Cd (ug/l)	1	1	0,04	0,06	0,06	0,06	0,13	0,04
Cu (ug/l)	2,7	3,1	2,7	3,2	2,9	3,8	5,7	4,2
Zn (ug/l)	8	11	11	11	10	11	22	8
Benz(a)anthracene	0,0114	0,0094	0,017	0,008	0,005	0,005	0,026	0,008
Dibenz(a,h)anthracene	0,0042	0,0011	0,008	0,005	0,003	0,007	0,005	0,007
Pyrene	0,0147	0,011	0,029	0,029	0,029	0,029	0,039	0,029
Phénanthryne	0,016	0,008	0,026	0,017	0,013	0,013	0,022	0,022
Naphthalène	0,024	0,000	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	0,0197	0,0073	0,014	0,007	0,005	0,005	0,029	0,007
Fluoranthène	0,006	0,005	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Fluoranthène	0,006	0,017	0,032	0,013	0,016	0,016	0,041	0,017
Chrysène	0,0198	0,0076	0,018	0,008	0,005	0,005	0,022	0,009
Benz(a)fluoranthène	0,0149	0,000	0,008	0,005	0,005	0,005	0,013	0,005
Benz(a,h)fluoranthène	0,0206	0,0079	0,017	0,008	0,006	0,006	0,006	0,012
Benz(d)fluoranthène	0,0201	0,0105	0,016	0,006	0,005	0,005	0,022	0,009
Benz(a)anthracène	0,0345	0,0063	0,015	0,005	0,005	0,005	0,025	0,008
Anthracène	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Acléophylène	0,005	0,005	0,1	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1
Acléophylène	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003

Tableau 7. Débits et concentrations initiales dans la Seine à Rouen des polluants routiers. (1) Le débit de la Seine à Poses est considéré être le même que celui mesuré à Vernon (données banque hydro). (2) Le temps exprimé est celui qui sépare l'heure de prélèvement de celui du niveau des plus basses eaux à marée basse. Les couleurs bleu, vert, jaune correspondant aux classes d'aptitude qualité des eaux - aptitude biologique des eaux de surface SEQ 2002. Les valeurs en italiques correspondent à des limites inférieures de mesures. Il est à noter que concernant le cadmium pour les prélèvements de 2011, cette limite est trop élevée pour tirer une conclusion. Les valeurs écrits en bleu sont les minima mesurés par éléments, en rouge les maxima. Les cases entourées d'un cadre rouge sont celles où les valeurs sont supérieures aux seuils NQE-MA de l'avril du 25 janvier 2010.

Ainsi, il apparaît que les valeurs les plus contraignantes sont celles mesurées le 20 septembre 2012, pour un débit total de 188 m³/s. Ce débit est proche de celui du QMNA5 qui est pour la Seine à Vernon de 180 m³/s, pour l'Eure à Louviers de 12 m³/s et pour l'Andelle légèrement inférieur à 3 m³/s (soit un total de 195 m³/s).

Ces concentrations plus fortes ne se rencontrent pourtant pas au moment où le fleuve a son débit le plus faible (qui est celui du 30 novembre 2011). Cette observation peut peut-être s'expliquer par un effet des coefficients de marée : lorsque ce coefficient est grand, il remet en charge dans l'eau des polluants venant de bords moins souvent sous l'eau. Il est à noter par exemple, qu'en effet, les valeurs de MES sont plus fortes lorsque les coefficients de marée sont élevés.

De même, en août et septembre 2012, il y a eu un grand nombre de jours consécutifs sans précipitation majeure, ce qui explique là encore une accumulation de polluants non dilués régulièrement : cet effet peut aussi expliquer en partie les valeurs plus fortes mesurées en septembre 2012.

Le débit total estimé pour le 20 septembre 2012 reste très proche de celui du QMNA5.

1.3.3 - Les masses d'eau souterraines

Au droit de l'opération et du secteur du Pont Flaubert sur la vallée de la Seine à Rouen, 3 masses d'eau se distinguent, dans l'ordre de profondeur croissante :

- près de la surface : la masse d'eau FRH001 dite des « Alluvions de la Seine moyenne et aval »;
- en 2ème niveau : la masse d'eau sous-jacente FRH202 dite de la « Craie altérée de l'estuaire de la Seine » ;
- plus profondément : la masse d'eau FRH218 dite de l'« albien-néocomien captif ».

Les alluvions, disposées en plusieurs terrasses à porosité et perméabilité variables, et qui reposent sur la craie, ne forment qu'un seul système hydrogéologique.

La nappe de la Craie altérée est semi-captive sous les alluvions modernes fines composées essentiellement d'argiles et peu perméables. Elle reste libre sous les alluvions anciennes plus grossières (sableuses) et plus perméables.

La masse d'eau de l'Albien-néocomien, captive est suffisamment profonde pour ne pas être interceptée par les éléments (piles d'ouvrages d'art, bassins de traitement) du projet routier.

D'après l'étude menée par le bureau d'études Ingétec en avril 2015, la nappe de la Craie altérée est drainée par celle de la zone alluviale qui possède une forte transmissivité dans les alluvions anciens. L'écoulement de la nappe des alluvions se fait en général vers la Seine, mais dans certaines conditions la rivière alimente également en retour la nappe alluviale ; cette réalimentation directe par la rivière, calculée par pompages, est faible, de l'ordre de 20 à 30 %.

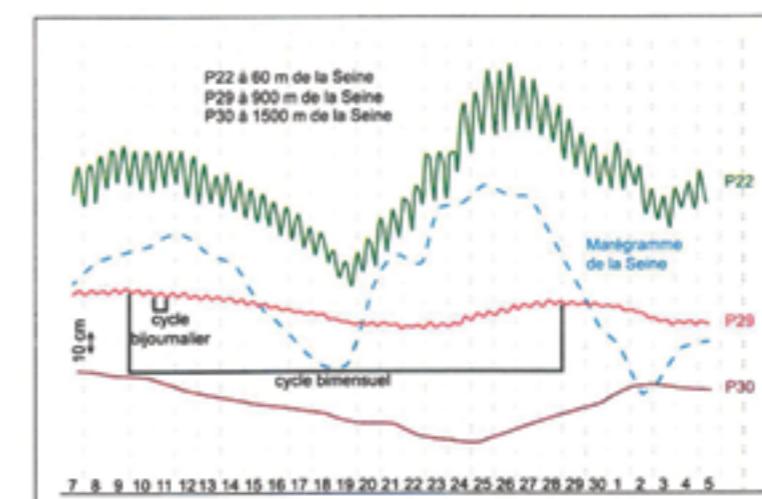
L'aquifère de la craie altérée possède les caractéristiques suivantes :

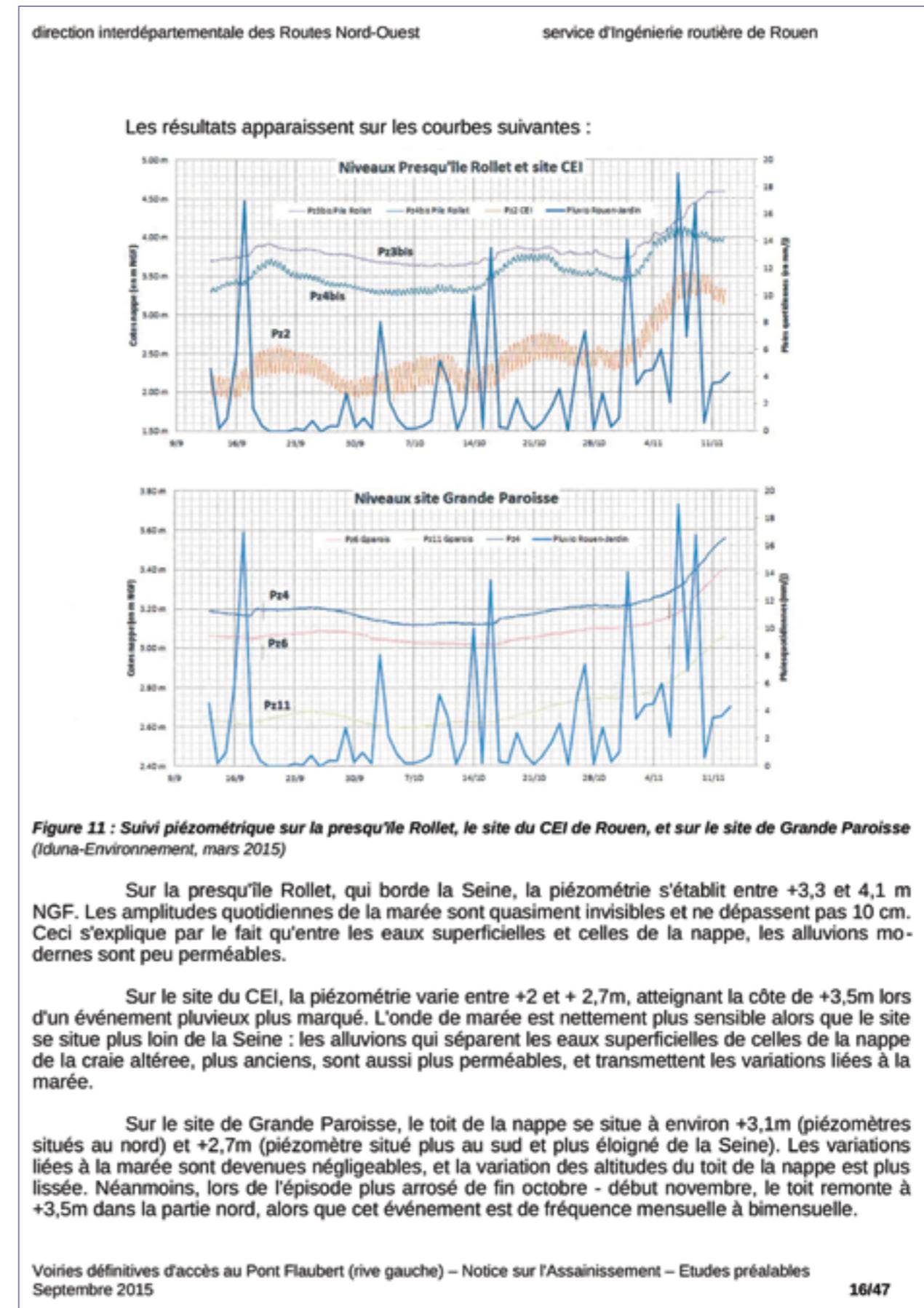
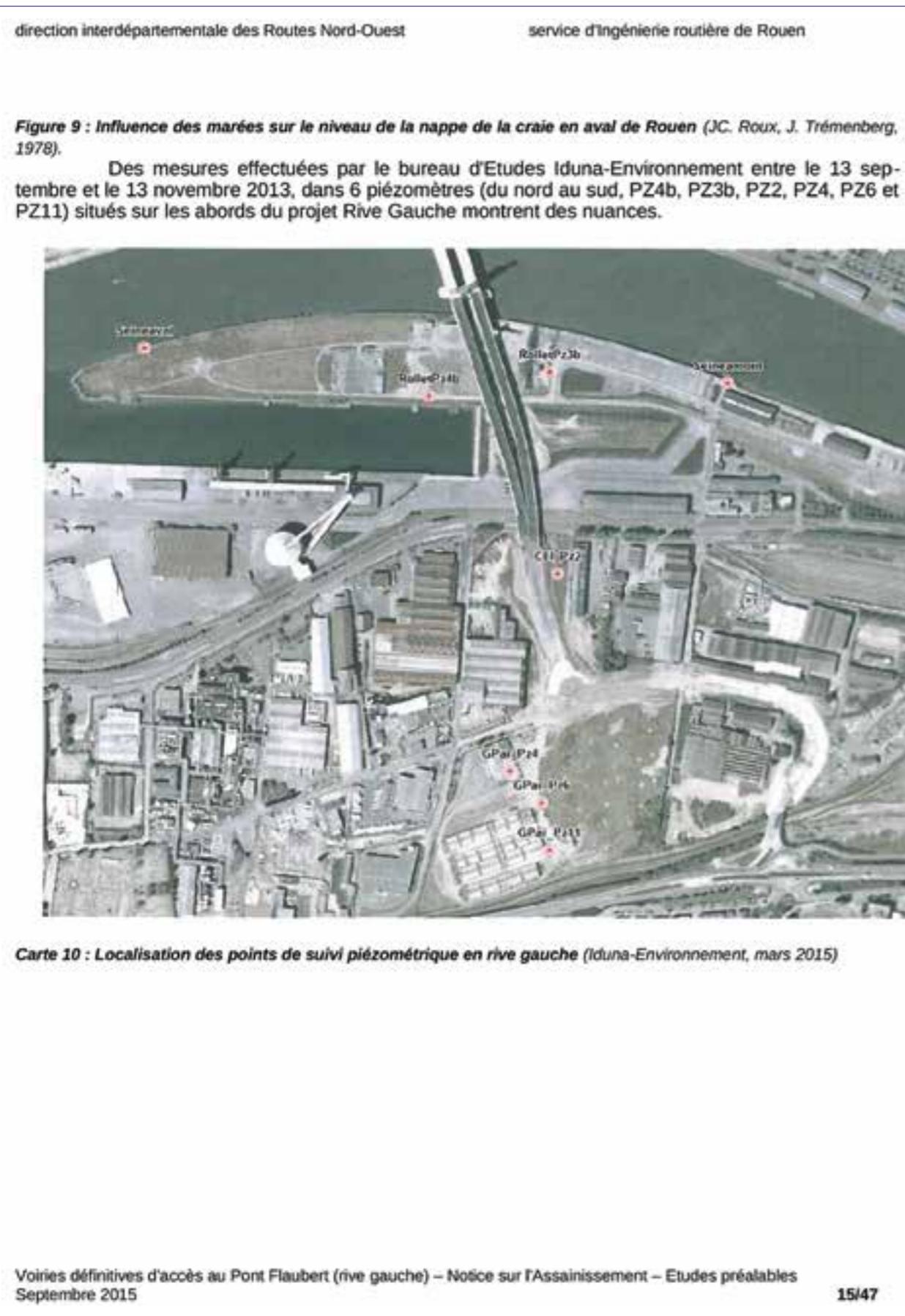
	I	II	III	IV	
Pont Flaubert					
la Seine					
Alluvions		+ 12 m	+ 25 m		
Surface libre					
Valeur de TGS obtenue des relevés de T et S	Craie très fluide épaisse entre 10 et 30 m T : de 20 à 40 m/s S : de 2,15 à 4,40 m/s	Craie très fluide épaisse entre 10 et 30 m T : de 20 à 40 m/s S : de 2,15 à 4,40 m/s	Craie très fluide épaisse entre 10 et 30 m T : de 20 à 40 m/s S : de 2,15 à 4,40 m/s	Craie très fluide épaisse entre 10 et 30 m T : de 10 à 1,15 m/s S : 2,157 à 3,157 m/s TGS : de 5 à 33 m/s	Craie compacte épaisse entre 10 et 30 m T : 1,15 m/s S : 3,157 m/s TGS : 33 m/s
Valeur de TGS obtenue de l'intégration des ondes de marée	TGS = 7,85 m ² /s onde bijournaire peu pénétrante	autre mesure	autre mesure	autre mesure	
	TGS = 1,82 m ² /s onde biannuelle plus pénétrante				

Figure 8 : Caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère crayeux dans la Vallée de la Seine (J. C. Roux, J. Trémemberg, 1978)

1.3.4 - Piézométrie et influence de la marée sur le toit de la nappe de la Craie altérée

Depuis les années 1970, des études et relevés ont montré que la marée peut influer sur le niveau du toit de la nappe de la Craie (cf figure ci-dessous) et que son influence dépend de la distance de la Seine.





direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Il faudra donc considérer que le toit de la nappe de la craie altérée, au droit de la Place de la Peupleraie, très proche des piézomètres nord du site de Grande Paroisse, puisse atteindre des niveaux plus hauts que 3,68m, altitude du futur fond de bassin de traitement, lors d'événements pluvieux de fréquences pourtant faibles (annuelles, ...). Des essais de pompes devront donc être réalisés pour affiner la connaissance concernant cette nappe et envisager des rabattements de nappe au droit du futur bassin.

1.4 - Données climatiques

La zone d'études se trouve en climat océanique tempéré, marqué par un faible ensoleillement, une pluviométrie régulière répartie tout au long de l'année (de 9 jours de précipitations supérieures à 1 mm en août à 13 en novembre, décembre et janvier) et des événements venteux relativement fréquents. Les données sont issues de la station météorologique de Boos (alt 151 m, lat : 49°22'54"N, lon : 01°10'54"E) pour une période d'observations de 30 ans entre 1981 et 2010.

Il est remarquable de constater que si le nombre de jours de pluie est très élevé (210 par an), celui de jours de pluie où la hauteur est supérieure à 1 mm/jour (hauteur où l'eau reste sur la chaussée) est nettement plus bas : 133 par an.

Le nombre de jours avec des hauteurs d'eau élevées sont beaucoup plus faibles :

- 23 jours pour des hauteurs d'eau supérieures à 10 mm/jour,
- 15,7 jours d'orage par an, dont 10,7 entre mai et août.

En moyenne, les hauteurs d'eau estimées pour une pluie décennale, vicennale ou centennale ne sont pas élevées (statistiques basées sur les observations faites entre 1957 et 2011, données Météo-France). :

- 50,4 mm/jour pour une pluie d'occurrence décennale,
- 56,9 mm/jour pour celle d'occurrence vicennale,
- 74,6 mm/jour pour celle d'occurrence centennale.

La hauteur de précipitation annuelle est de 851,7 mm.

Enfin l'évaporation potentielle mensuelle estimée en mm par la méthode de Penman est quasi nulle l'hiver et ne parvient à dépasser la hauteur de précipitation mensuelle moyenne que de mai à août.

Ces indications permettent de comprendre que pour les dimensionnements des bassins, il sera porté un regard accru sur le temps de vidange, afin que leurs volumes utiles soient entiers à chaque événement pluvieux.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

2 - Assainissement de la plate-forme routière

L'étude d'assainissement a été réalisée par le SIR de Rouen, conformément aux prescriptions du SETRA, notamment exprimées dans le guide technique de « l'Assainissement routier » édité en août 2007 et les guides techniques et complémentaires de « l'Etanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier » édités en novembre 2000.

Cette étude comprend :

- les contraintes environnementales et géométriques du projet,
- l'inventaire et le choix du point de rejet des débits engendrés par la présence de la plate-forme routière,
- la description des dispositifs d'assainissement choisis le long de la section courante et des bretelles entre l'échangeur de Stalingrad et le Pont Flaubert,
- le dimensionnement du réseau de collecte et des ouvrages de traitement, ainsi que la méthode de calcul pour y parvenir.

2.1 - Les contraintes du projet

2.1.1 - Les contraintes environnementales : présence de la nappe de la craie altérée et sols pollués.

La présence de la nappe semi-captive dite de la "craie altérée" dans les alluvions anciennes à des profondeurs proches de celles du fond de bassin envisagé (et ce pour une pluie dont l'intensité est de fréquence mensuelle) impose une étude hydraulique plus poussée afin de préciser les méthodes constructives du renforcement de ce fond de bassin. Cela nécessite une meilleure connaissance des niveaux piézométriques lors d'événements pluvieux majeurs et peut être des essais de pompes pour déterminer la perméabilité, la transmissivité et les coefficients d'emmagasinement des sols affectés par la nappe et ses fluctuations : cela sera effectué dans le cadre des études de niveau projet.

Le projet se trouvant au droit de l'ancienne emprise de grande Paroisse, ancienne usine productrice d'engrais, il a été mis en évidence, depuis la réalisation des voiries transitoires d'accès au Pont Flaubert que les sols environnants sont très fortement pollués. Les résultats des analyses effectuées par le CETE Nord-Picardie en 2010 et 2012 montrent que les principales contaminations des sols concernent les Éléments Traces Métalliques. Leur présence est généralisée à l'ensemble du site, avec des teneurs parfois très élevées.

La majorité des terres échantillonnées ne satisfait pas les critères d'acceptation en installation de stockage inertes. Même ceux pour les déchets non dangereux sont régulièrement dépassés. Les taux atteints impliquent que leur acceptation dans des filières classiques de traitement ou de stockage pourrait être limitée si le choix d'évacuer ces terres s'avérait nécessaire.

Egalement, les analyses menées sur les eaux souterraines montrent que le site représente un environnement chimique à forte agressivité vis-à-vis des bétons, ce qui sera à prendre en compte lors de l'élaboration de la conception des futurs ouvrages d'arts et bassins d'assainissement.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

L'avis technique du BRGM / IFSSTAR d'avril 2015 déduit que les agents chimiques les plus critiques rencontrés dans certaines zones du futur tracé de raccordement au pont Flaubert sont les fortes teneurs en nitrate d'ammonium au-delà des seuils admissibles dans les normes européennes et françaises. Ces agents chimiques rentrent dans la formulation des engrains ce qui explique leur présence sur ce site. Peu de retours d'expérience exploitables existent sur la nocivité du nitrate d'ammonium vis-à-vis de son environnement (béton, ...). Cependant, si aucune disposition particulière n'est prise, le matériau béton se dégradera, plus ou moins rapidement, selon un mécanisme de dissolution et de « pourrissement ». Il est donc indispensable de prévoir une protection externe car il n'est pas connu à ce jour de béton résistant à ce type d'environnement.

Le système de protection le plus efficace et adapté à ces ouvrages est l'utilisation d'une géomembrane en polyéthylène haute densité (PEHD - épaisseur 2 mm) pour la fonction d'étanchéité associée à un géotextile en polypropylène pour la fonction de protection de la géomembrane. La géomembrane devra être constituée d'environ 96 % de polyéthylène, 1 % d'antioxydant et 3 % de noir de carbone afin de limiter les phénomènes de dégradation par thermo et photo-oxydation. Ce dispositif pourrait être complété, par souci de sécurité, par du GSB (géomembrane bentonitique) présentant une bonne Capacité d'Echange Cationique particulièrement efficace pour les problématiques de nitrate d'ammonium.

Cette préconisation de quasi "double étanchéité" sera retenue également pour la réalisation du dispositif d'étanchéité par géomembrane sur le fond et les talus des bassins. Les terres excavées devront au maximum être réutilisées sur place, sinon être évacuées dans les filières adaptées.

2.1.2 - Les contraintes géométriques

Les principales contraintes sont liées aux manques d'emprises allouables pour placer les ouvrages de traitement des eaux provenant de la plate-forme routière. La solution proposée est donc le fruit d'aller-retours permanents entre différents acteurs (Métropole Rouen-Normandie, DREAL Haute-Normandie, DIRNO entre autres). Ceci est à prendre en compte pour ce qui concerne le choix de placer ou non un filtre à sable en sortie des eaux du bassin de traitement.

L'autre contrainte géométrique est celle imposée par la conception des ouvrages d'art de la section courante : il n'est pas possible de passer d'une rive à l'autre par le tablier. Ceci impose de prévoir un réseau d'assainissement passant par la future Place de la Peupleraie. C'est pour cette raison que seront prises dans la surface active de l'impluvium routier alimentant le bassin de traitement les surfaces liées aux points bas de cette place, bien qu'elles ne soient pas exploitées par la DIRNO. Ceci implique cependant que les eaux provenant des voiries situées à l'Est de cette place soient bien interceptées et reprises par un réseau indépendant et exploité par le futur gestionnaire de l'Ecoquartier.

Pour ce projet, il n'y a pas de contraintes liées à la topographie (au sens inclinaison des ouvrages d'assainissement). Par contre, pour la conception du bassin de traitement et l'emplacement d'un hypothétique filtre à sable, une étude sera à amener pour mieux caractériser les fluctuations de la nappe phréatique entre le bassin et son exutoire (la Seine).

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

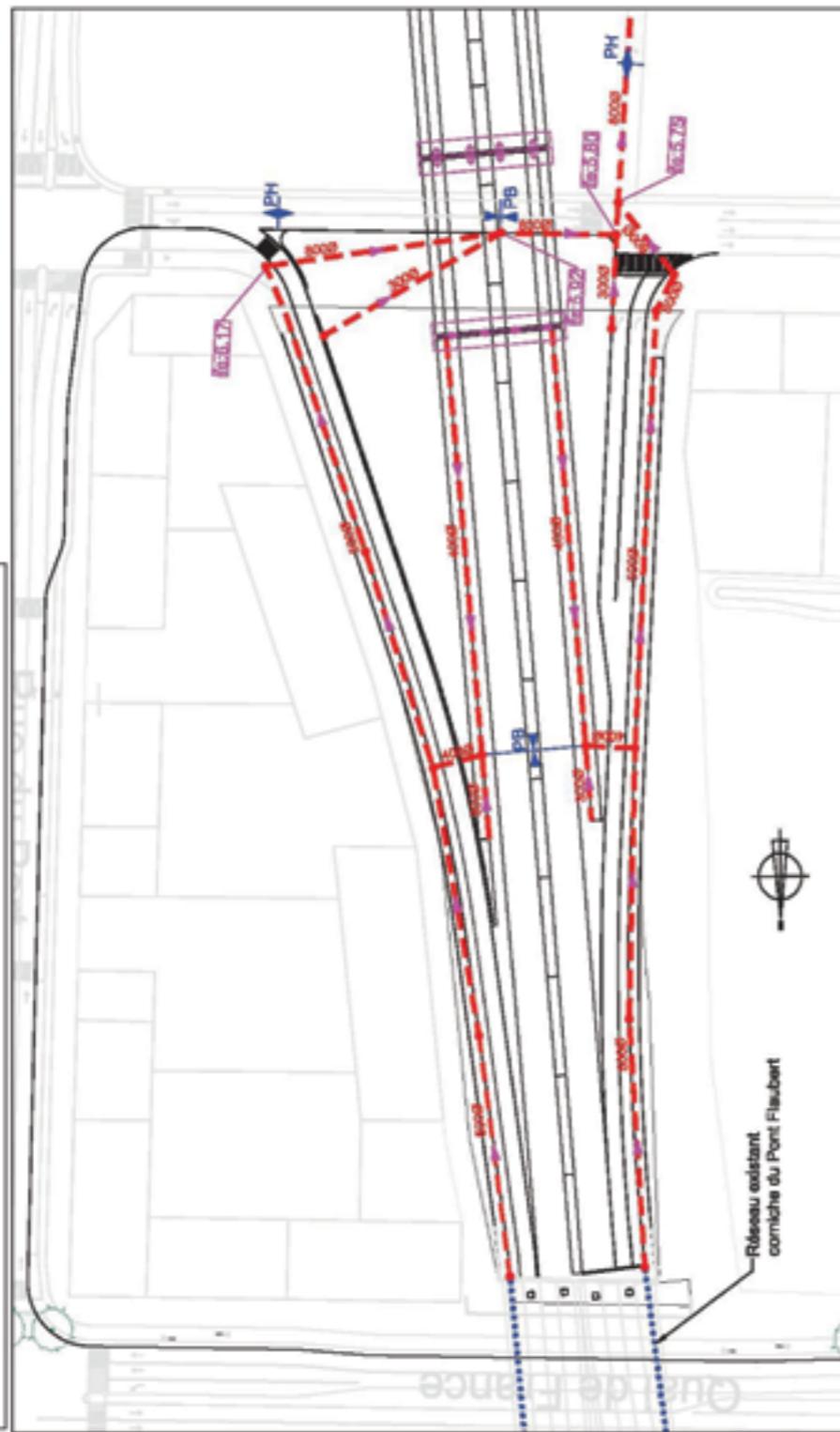
PAGES SUIVANTES :

Carte 12 :

- Planche 1 : schéma de principe de l'assainissement de plate-forme, secteur entre Pont Flaubert et Place de la Peupleraie
- Planche 2 : schéma de principe de l'assainissement de plate-forme, secteur entre Place de la Peupleraie et ouvrage Pasteur sur réseau ferré.
- Planche 3 : schéma de principe de l'assainissement de plate-forme, secteur entre l'ouvrage Pasteur et l'échangeur de Stalingrad

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

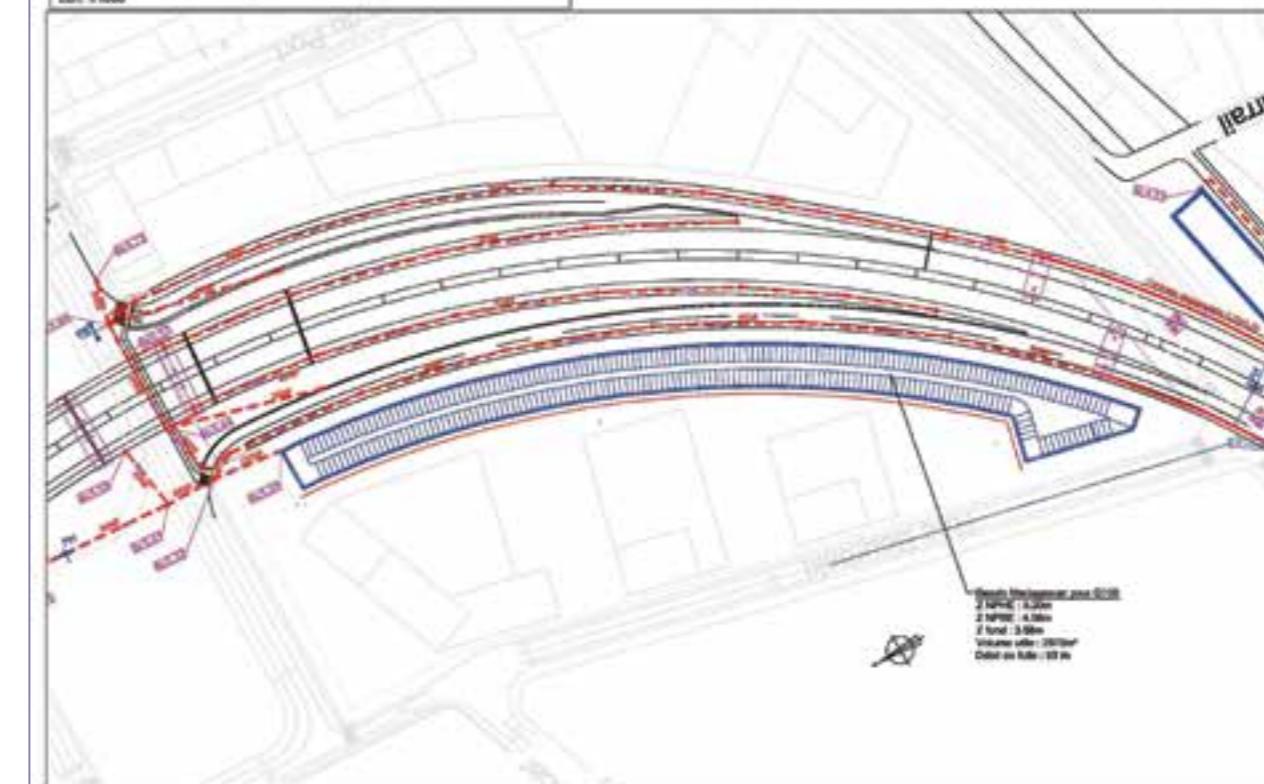


12

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

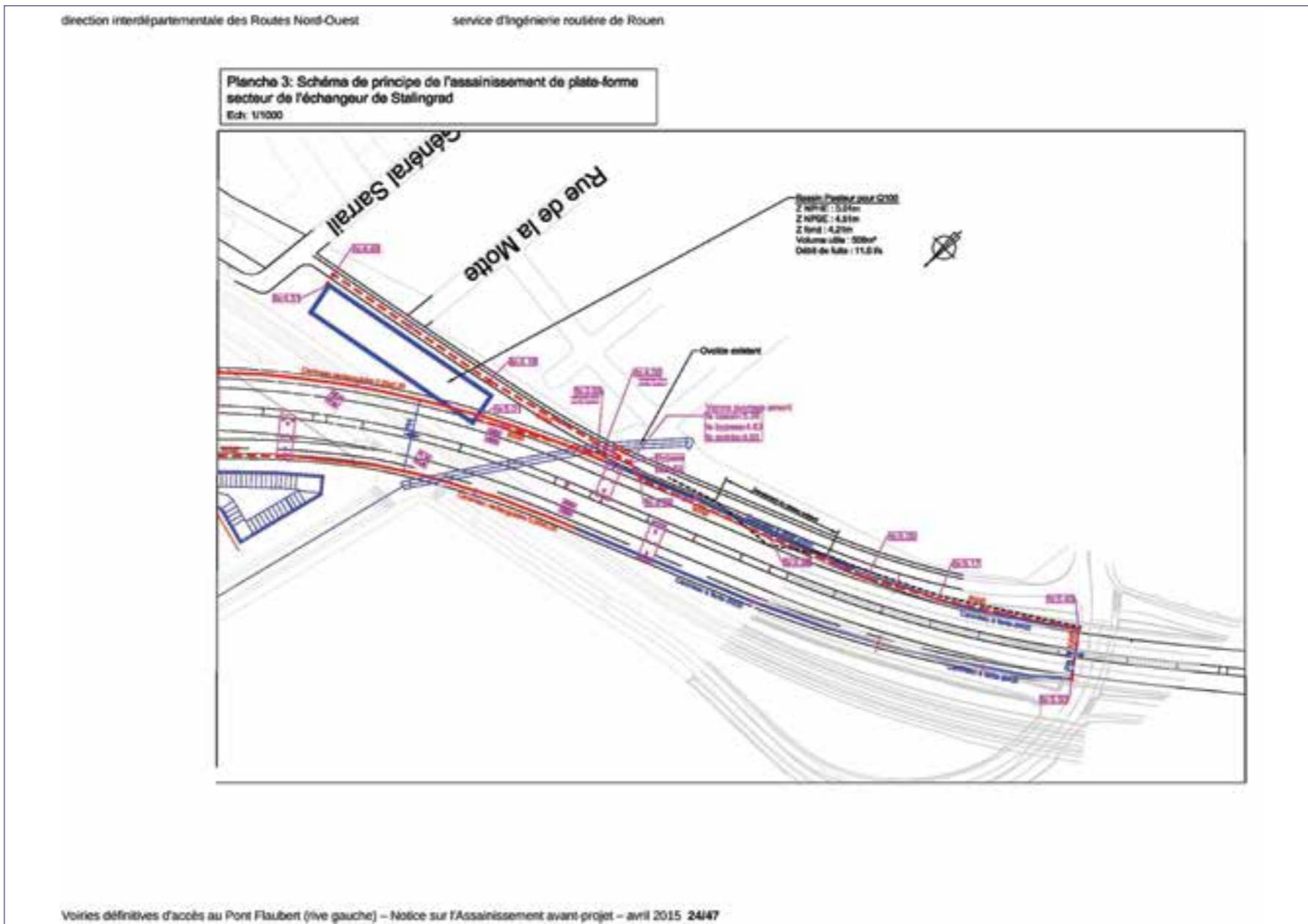
service d'Ingénierie routière de Rouen

Planche 2: Schéma de principe de l'assainissement de plate-forme secteur entre Place Madagascar et ouvrage sur réseau fermé
Ech: 1/1000



direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen



direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest service d'Ingénierie routière de Rouen

2.2 - Choix du point de rejet des eaux pluviales provenant de la plate-forme routière.

Les différents impluviums de la plate-forme routière, sont répartis comme suit (voir carte 13 ci-dessous) :

- surface active dont les eaux seront traitées par le bassin de traitement dit "bassin Madagascar" situé au Sud-Ouest de l'échangeur de l'écoquartier : section courante située entre le point haut du Pont Flaubert et celui du Viaduc Pasteur, bretelles de l'échangeur Madagascar, parties de la Place de la Peupleraie voisines des points bas (secteur orange de la carte 13). L'exutoire sera indirectement la Seine, via l'ovoïde de diamètre 2,5m allant de Petit-Quevilly à la Seine se situant sous la rue Bourbaki.
- surface active dont les eaux seront traitées par le bassin de traitement dit "Bassin Pasteur" situé sous l'ouvrage Pasteur afin de contenir la pollution accidentelle (pour une pluie biennale de 2 heures) et écrêter les débits centennaux engendrés : section courante située entre le point haut du Viaduc Pasteur et le point bas situé sous l'ouvrage existant de l'échangeur de Stalingrad (secteur vert de la carte 13). L'exutoire sera indirectement la Seine, avec un raccordement sur le même ovoïde de la Rue Bourbaki, situé plus en amont que celui effectué pour le bassin de traitement Madagascar.

Plan d'impluviums

Carte 13 : impluviums routiers et ouvrages de traitement associés.

Voiries définitives d'accès au Pont Flaubert (rive gauche) – Notice sur l'Assainissement – Etudes préalables
Septembre 2015

25/47

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest service d'Ingénierie routière de Rouen

2.3 - Description des ouvrages d'assainissement choisis.

Les ouvrages de collecte des eaux seront les suivants :

- Des canalisations PEHD de diamètre 300 à 800 mm le long de la plus grande partie du linéaire du projet, pour traverser les bretelles, la Place de la Peupleraie. Il est à noter que l'ouvrage Madagascar ne peut supporter de corniche. De même, en ce qui concerne la partie méridionale du Viaduc Pasteur jusqu'à l'échangeur de Stalingrad, un réseau neuf sera créé, car il est impossible de se connecter sur le réseau d'assainissement des eaux pluviales de la Sud III sans détériorer les capacités d'un réseau existant déjà sous-dimensionné. Le choix des diamètres et des inclinaisons permettent d'éviter des écoulements de vitesse supérieures à 4 m/s, même pour un événement centennal, retour d'événement ayant servi au dimensionnement du réseau dans ce secteur sensible à cause d'un exutoire très affecté par les variations de la marée.
- un caniveau rectangulaire béton de 10 cm de profondeur et 50 cm d'ouverture derrière les écrans anti-bruits placés sur les bretelles de l'échangeur de Madagascar et l'ouvrage d'art de Madagascar, avec des fenêtres tous les 30 mètres dans ces écrans pour alimenter ces caniveaux.

2.4 - Dimensionnement des ouvrages d'assainissement de plate-forme routière (fossés, caniveaux, canalisations)

La méthode utilisée est la méthode rationnelle. Après avoir choisi l'ouvrage d'assainissement, son débit capable est calculé d'après la formule suivante :

$$Q_c = K \cdot Rh^{2/3} \cdot p^{1/2} \cdot Sm$$

- Q_c : débit capable en m^3/s
- K : coefficient de rugosité (Manning-Strickler) = $18 \ln(100Rh) + 5,13 \ln(p) - 11$
- Rh : rayon hydraulique en m
- p : pente en m/m
- Sm : surface mouillée en m^2

Ensuite, ce débit est comparé à celui provoqué par la plate-forme routière lors d'une pluie de retour centennal, en utilisant la formule suivante :

$$Q_{100} = 1/3600 \cdot C \cdot i \cdot (C_{talus} \cdot A_{talus} + C_{voie} \cdot A_{voie}) = 1/3600 \cdot a \cdot Tc^b \cdot (C_{talus} \cdot A_{talus} + C_{voie} \cdot A_{voie})$$

avec

- Q_{100} : débit vicennal en l/s.
- C : coefficient de ruissellement, $C = 1$ pour la voirie (chaussée et accotement) et $C = 0,3$ pour les talus.
- A : surface du bassin versant en m^2 (dans notre cas, chaussée + accotement + fossé).
- i : intensité de la pluie en mm/h , $i = a \cdot Tc^b$ où a et b sont les coefficients de Montana pour la pluie de retour 100 ans.
- $a = 380$ et $b = 0,555$ pour une pluie de 6 minutes à 1h

Voiries définitives d'accès au Pont Flaubert (rive gauche) – Notice sur l'Assainissement – Etudes préalables
Septembre 2015

26/47

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

- T_c : temps de concentration en minutes

Calcul du temps de concentration $T_c = L / (V \cdot 60) + T_{c_1}$ où

- T_c temps de concentration en minutes
- L : longueur du réseau d'assainissement en m
- V : vitesse d'écoulement des eaux en m/s, dépend de la pente et de la nature de l'ouvrage choisi
- T_{c_1} : temps de concentration que met une goutte pour traverser une voie de 3m50 : 1 min / voie.
- Un coefficient 1/0,85 est à affecter dans le cas de transfert de l'écoulement dans le premier tronçon, pour corriger le fait qu'au tout début, la vitesse d'écoulement est nulle.

Le choix des coefficients de Montana est explicité dans le chapitre 2.5.1 de la présente note.

Calcul de Q_{100} :

En utilisant la formule ci-dessus, pour déterminer le temps de concentration, sera choisie la vitesse d'écoulement des eaux lorsque l'ouvrage fonctionne à 100% de ses capacités. Si le Q_{100} trouvé est très inférieur à celui du débit capable de l'ouvrage, la vitesse utilisée sera alors celle liée à ce débit, afin d'affiner les calculs.

Enfin, les calculs seront effectués pour chaque tronçon, dès que les caractéristiques de la section routière changeront (notamment lorsque la pente de l'ouvrage d'assainissement évolue) ou lorsque les caractéristiques de l'ouvrage d'assainissement changeront (à cause d'un manque de disponibilité à la surface, par exemple). Pour déterminer le débit final, il sera pratiqué la règle suivante :

- lorsque deux tronçons sont en série, le débit Q_{100} de l'ensemble est celui où le temps de concentration est la somme des deux temps de concentration de chacun des tronçons. Une attention particulière sera donnée au fait que dans le tronçon, le temps de concentration correspond à celui lié aux d'écoulement d'apport du tronçon 1 dans le tronçon 2.
- lorsque deux tronçons sont en parallèle, le débit Q_{100} de l'ensemble est celui où le temps de concentration est le plus grand des deux temps de concentration de chacun des tronçons. Il sera néanmoins vérifié dans certains cas que le débit engendré par l'ensemble où le temps de concentration est le plus petit ne soit supérieur.

En ce qui concerne le coefficient de ruissellement, il correspond à la moyenne pondérée par la surface des coefficients de ruissellement de chaque tronçon. Dans cette étude, la plate-forme est considérée comme étanche et ce coefficient sera toujours égal à 1.

Enfin, la surface de l'impluvium de l'assemblage des tronçons est la somme des surfaces d'impluvium de chaque tronçon, quel que soit la forme de leur assemblage.

Les résultats des calculs sont fournis en **annexe à la présente note**. Au final, les surfaces d'impluvium impliquées sont réparties par ouvrage de traitement, de la façon suivante, exprimée dans le tableau ci-dessous :

1 - Impluvium du bassin de traitement de l'échangeur de Madagascar (entre Pont Flaubert et Viaduc Pasteur) :

- surface active : 48380 m²
- coefficient de ruissellement : 1
- surface circulée : 37262 m²

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

2 - Impluvium du bassin de traitement au pied du Viaduc Pasteur (entre Viaduc Pasteur et point bas sous l'ouvrage de l'échangeur de Stalingrad)

- surface active : 8945 m²
- coefficient de ruissellement : 1
- surface circulée : 7267 m²

2.5 - Dimensionnement des dispositifs de traitement

2.5.1 - Dimensionnement du bassin de traitement pour l'événement pluvial de retour X ans.

Pour dimensionner le bassin, la méthode des pluies (rationnelle) sera utilisée. Elle consiste à déterminer le temps t pour lequel la différence entre le volume d'eau entrant V_e et celui d'eau sortant V_s est la plus grande. Le volume est déterminé avec les coefficients de Montana, caractéristiques de la pluviométrie locale et qui sont donnés ci-après.

Coefficients de Montana (données 2013 Météo-France, issues de la station de Boos, alt : 151m, lat 49°22'54"N, lon 01°10'54"E) :

COEFFICIENTS DE MONTANA a et b	Durée de la pluie	6 minutes – 1 heure	30 minutes – 6 heures	3h – 24h	12h – 48h
		Période d'observation (durée)	1957-2011 (54 ans) (1)	1957-2011 (54 ans) (1)	1957-2011 (54 ans)
Fréquence de retour de l'événement	Loi de détermination	Méthode du renouvellement (1)	Méthode du renouvellement (1)	Méthode du renouvellement (1)	Méthode du renouvellement
	Retour 2 ans	a_2 b_2	184 0,526	470 0,775	487 0,782
	Retour 10 ans	a_{10} b_{10}	274 0,563	534 0,743	852 0,828
	Retour 20 ans	a_{20} b_{20}	310 0,562	570 0,727	1134 0,850
	Retour 50 ans	a_{50} b_{50}	349 0,556	577 0,696	1610 0,881
	Retour 100 ans	a_{100} b_{100}	380 0,555	586 0,698	2079 0,904

Tableau 14 : Coefficients de Montana de la station météorologique de Rouen. Rque (1) : pour les statistiques sur pluies bis-annuelles, la période d'observations est de 23 ans (1968-2011) et la loi de détermination est la formule des hauteurs par fréquences d'apparitions.

En fait,

$$Ve(t) = i_x(t) \cdot t \cdot Sa$$

- avec
- $i(t) = a_x \cdot t^{b_x}$; avec i en mm/h, t en minutes, a_x et b_x coefficients de Montana pour la période de retour X
 - $Sa = Ca \cdot S$ (surface totale drainée) et Ca coefficient de ruissellement actif (en m²)
 - $Ve(t)$ en m³, t en minutes

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

$$\text{D'où } V_e(t) = a_x/60 \cdot t^{(1-b_x)} \cdot C_a \cdot S \cdot 10^{-3}$$

Quant à $V_s(t)$, il est défini par :

$$V_s(t) = 60 \cdot Q_s \cdot t$$

avec Q_s en m^3/s (choisi en fonction des recommandations de la MISE) et t en minutes

D'où

$$\Delta V(t) = (V_e(t) - V_s(t)) = 10^{-4} \cdot a_x/6 \cdot C_a \cdot S \cdot t^{(1-b_x)} - 60 \cdot Q_s \cdot t$$

$(V_e(t)-V_s(t))$ est maximal si la dérivée de cette expression est nulle, c'est à dire si

$$10^{-4} \cdot a_x/6 \cdot C_a \cdot S \cdot (1-b_x) \cdot t^{b_x} - 60 \cdot Q_s = 0$$

ou

$$t^{b_x} = (360 \cdot Q_s) \cdot 10^4 / (a_x \cdot C_a \cdot S \cdot (1-b_x))$$

soit

$$t = [(360 \cdot Q_s \cdot 10^4) / (a_x \cdot C_a \cdot S \cdot (1-b_x))]^{1/b_x}$$

Une fois que t est déterminé, il est possible de trouver $\Delta V(t)$ maximal qui correspond au volume utile théorique nécessaire pour contenir l'apport d'eau produit par un événement pluvial de retour X sur la surface de la plate-forme routière considérée.

Il est aussi possible de déterminer le temps de vidange des bassins qui est t_v tel que :

$$V_e(t_v) - V_s(t_v) = 0$$

Soit

$$a_x/60 \cdot t_v^{(1-b_x)} \cdot C_a \cdot S \cdot 10^{-3} = 60 \cdot Q_s \cdot t_v$$

$$t_v^{(1-b_x)}/t_v = t_v^{b_x} = 36 \cdot 10^5 \cdot Q_s / (a_x \cdot C_a \cdot S)$$

$$\ln(t_v^{b_x}) = -b_x \cdot \ln(t_v) = \ln((36 \cdot 10^5 \cdot Q_s) / (a_x \cdot C_a \cdot S))$$

ou

$$t_v = e^{(-\ln((36 \cdot 10^5 \cdot Q_s) / (a_x \cdot C_a \cdot S)) / b_x)}$$

En pratique, le débit de fuite n'est pas constant mais dépend de la hauteur d'eau dans le bassin. Lorsque le bassin n'est pas rempli, le débit de fuite est plus petit que celui qui est posé pour calculer le volume nécessaire pour un événement pluvial de retour X. Le volume de bassin nécessaire est donc plus grand que le volume théorique calculé ci-dessous. Pour le déterminer, le coefficient correcteur R est appliqué :

$$R = (1 / (1 + \alpha))^{(b_x - 1)/b_x}$$

avec $\alpha = 0,5$ pour un orifice de débit de fuite circulaire sous charge variable.

Enfin, en dernière étape, il est nécessaire de prendre en compte la surface active du bassin lui-même qui correspond à la surface comprise à l'intérieur des pistes d'entretien, et de l'intégrer à la surface active. Ce n'est qu'à l'issue de toutes ces étapes qu'est déterminé le volume utile nécessaire du bassin pour contenir l'événement pluvial de retour X.

Une fois ce volume déterminé, volume caractérisé par une hauteur de marnage, hauteur entre le niveau des plus basses eaux (fil d'eau à la sortie du bassin = NPBE) et le niveau des plus hautes eaux (fil d'eau à l'entrée du bassin = NPHE) et une surface miroir de volume mort (surface du niveau des plus basses eaux, sachant que les pentes internes du bassin sont de 4 pour 1 pour pouvoir avoir une pose correcte et durable des dispositifs d'étanchéité), il est nécessaire de veiller à ce que le bassin possède des propriétés de décantations correctes.

Pour ce, il faut vérifier que la surface miroir du volume mort soit telle que :

$$S_{\text{miroir}} > (0,8 \cdot Q_x - Q_s) / (V_{\text{dec}} \cdot \ln(0,8 \cdot Q_x / Q_s))$$

où V_{dec} vitesse de décantation égale à $0,00022 \text{ m/s}$ pour piéger les particules supérieures ou égales à $50 \mu\text{m}$ de diamètre.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

De même, pour améliorer la décantation dans le bassin, il est recommandé que celui-ci possède une forme rectangulaire où $L/I > 6$ de préférence (L est la longueur du bassin, I sa largeur). Plus L/I est grand, plus cela favorise la décantation. Dans les faits, le bassin proposé possède un rapport L/I équivalent à 60.

2.5.2 - Choix des hypothèses de dimensionnement des bassins de traitement.

Les hypothèses de dimensionnement des bassins sont imposées par les directives du SDAGE Seine-Normandie ou des SAGE des rivières s'ils existent. En ce qui concerne la Seine sur la rive gauche de Rouen, il n'y a pas de SAGE existant. En l'absence de doctrine, le débit de fuite préconisé dans la disposition 145 du SDAGE Seine-Normandie 2010 - 2015 est de 1 l/s/ha .

2.5.2.a - Bassin Madagascar

Avec un tel débit de fuite, pour avoir le débit convenable avec un orifice de sortie de diamètre 10 cm au minimum (c'est-à-dire suffisamment grand pour éviter son colmatage rapide), il faudrait une hauteur de marnage de 20 cm environ, ce qui occasionnerait une ouverture en surface d'un bassin de 25 000 m^2 environ pour une pluie centennale. Ce bassin se vidangerait en plus de 10 jours, ce qui est inacceptable au regard de la climatologie locale.

Le choix de l'événement pluvial centennal a été retenu afin d'éviter au maximum toute surverse avec un fort débit dans l'exutoire final, l'ovoïde de 2,5m de diamètre situé sous la rue Bourbaki qui reprend tout l'assainissement d'un grand quartier de Petit-Quevilly d'une part, et dont la capacité dépend fortement de la marée, encore influente à ce niveau-là de la Seine d'autre part. Cette préconisation a par ailleurs été imposée par la Métropole Rouen-Normandie.

Dans ces conditions, en discussion amont avec les services de la MISE 76, le débit de fuite autorisé a été fixé à 10 l/s/ha . Il sera montré que ce débit ne nuit en rien à la qualité des eaux en sortie de bassin, au regard des seuils de rabattement des polluants d'origine routière définis dans les guides techniques actuels.

Dimensionné avec ces paramètres, le bassin de traitement possède les caractéristiques suivantes :

	Caractéristiques du bassin de traitement Madagascar
Volume utile nécessaire (en m^3)	2921
Volume réalisé (en m^3)	2970
Débit de fuite Q_s (en m^3/s)	0,053
Hauteur de marnage (en m)	1,12
Hauteur du volume mort	0,5
Volume mort (en m^3)	610
Longueur L entre piste (en m)	290,0
Largeur I entre piste (en m)	15,2
L/I (au niveau de la surface miroir, NPBE)	60
Superficie de la surface miroir (en m^2)	1668
Débit entrant Q_{100} (en m^3/s)	1,600
Superficie minimale de la surface miroir pour décantation des particules inférieures à $50 \mu\text{m}$ (en m^2)	1428

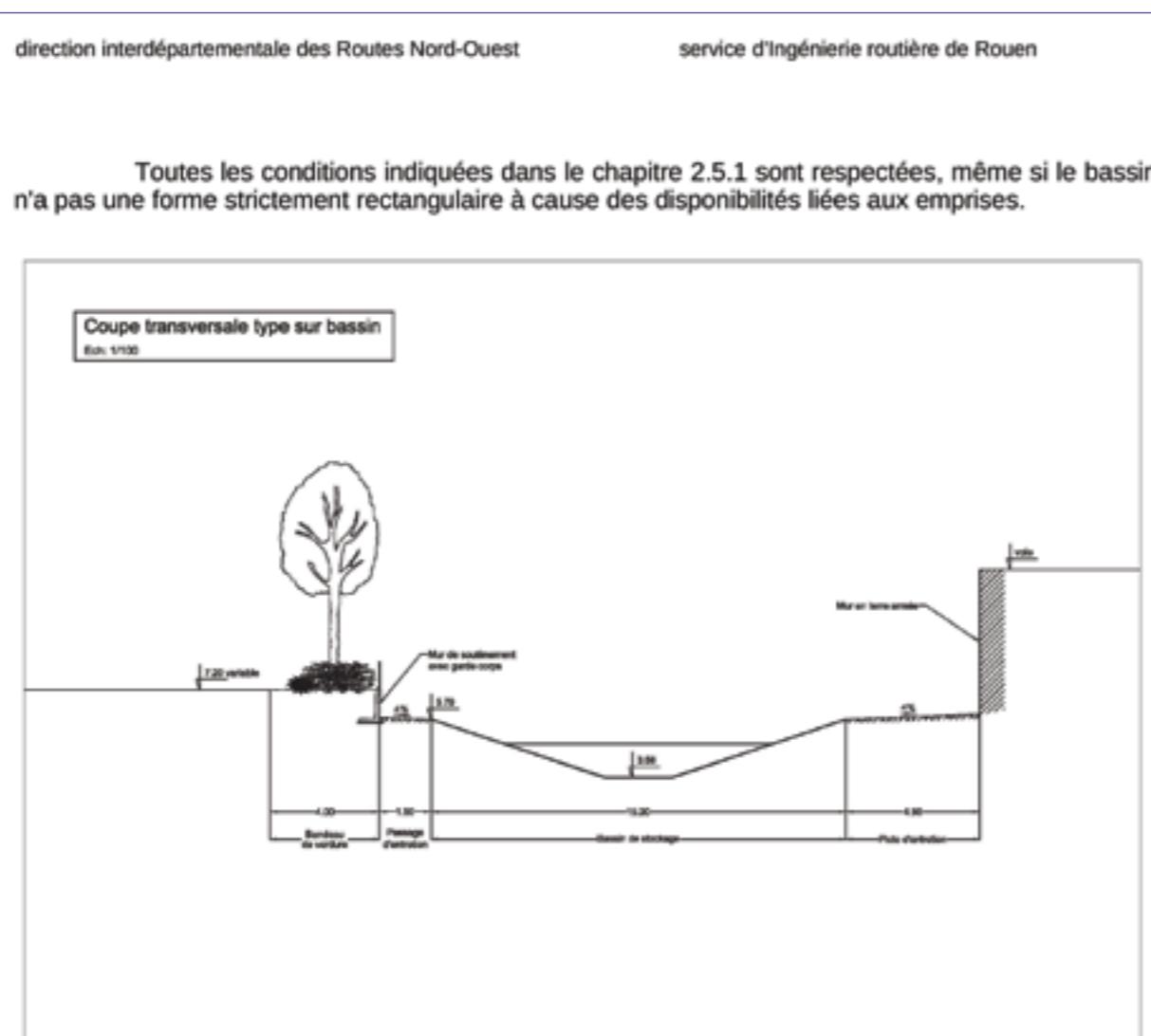


Figure 15 : coupe transversale du bassin Madagascar.

2.5.2.b - Bassin Pasteur

Au regard des contraintes d'emprise pour positionner ce bassin, le débit de fuite a également été fixé à 10 l/s/ha. Cependant, il sera plutôt choisi de prendre celui qui correspond au débit à ouverture de l'orifice de sortie correspondant à 10 cm de diamètre pour 0,5 m de marnage. Le débit est alors de 11,6 l/s, pour une surface active de 0,997 ha, soit un débit de 11,63 l/s/ha. Il sera montré que ce débit ne nuit en rien à la qualité des eaux en sortie de bassin, au regard des seuils de rabattement des polluants d'origine routière définis dans les guides techniques actuels.

Dimensionné avec ces paramètres pour l'événement pluvial d'ordre centennal, le bassin de traitement possède les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques du bassin de traitement Pasteur	
Volume utile nécessaire (en m ³)	508
Volume réalisé (en m ³)	508
Débit de fuite Q _s (en m ³ /s)	0,011
Hauteur de marnage (en m)	0,5
Hauteur du volume mort	0,3
Volume mort (en m ³)	305
Longueur L entre piste (en m)	78,1
Largeur l entre piste (en m)	13,0
L/l (au niveau de la surface miroir, NPBE)	6
Superficie de la surface miroir (en m ²)	1016
Débit entrant Q ₁₀₀ (en m ³ /s)	0,340
Superficie minimale de la surface miroir pour décantation des particules inférieures à 50 µm (en m ²)	304

Toutes les conditions indiquées dans le chapitre 2.5.1 sont respectées.

2.5.3 - Dimensionnement du bassin de traitement pour la pollution accidentelle

Le SETRA, dans sa note n°83 de 2008, préconise d'abandonner les systèmes équipés de déshuileurs/débourbeurs, relativement inefficaces dans le traitement de la pollution chronique en milieu non urbain ou urbain ouvert. Il est donc nécessaire de dimensionner le bassin de traitement en tenant compte du temps d'intervention permettant d'isoler une pollution accidentelle avant que celle-ci ne parvienne dans l'exutoire naturel. Ce temps d'intervention doit tenir compte, du temps d'alerte entre l'accident et les centres de CEI et la préfecture, du déplacement sur site à n'importe quel moment de la journée, des fermetures des vannes et de la propagation d'une pollution miscible dans le bassin. Ce temps de propagation doit être supérieur au temps d'intervention. En ce qui concerne notre étude, ce sont les agents du CEI de Rouen qui interviendront en cas de pollution accidentelle : ils ont évalué leur temps d'intervention, défini comme précédemment, à 2h dans le pire des cas.

Ainsi, le bassin doit être dimensionné de telle sorte que le temps de propagation du panache polluant entre l'amont et l'aval du bassin soit supérieur à 2 heures, et ce pour une intensité de pluie de retour vicennal, pour une hauteur de marnage et de bassin mort déterminée. Il convient de vérifier au débit de fuite choisi, si les conditions sont remplies.

Dimensionnement de l'orifice du régulateur du débit de fuite.

$$Q_s(r) = 500 \cdot \pi r^2 \cdot \sqrt{2 \cdot g(h_u - r)}$$

avec Q_s, débit de fuite en l/s
 r, rayon de l'orifice du régulateur de débit de sorti, en m
 g, accélération de la pesanteur, égale à 9,81 m.s⁻²
 h_u, hauteur utile, en m.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Le débit à mi-marnage (hauteur utile nécessaire au calcul du temps de propagation du panache polluant), Q_{fpa} sera déterminé. Il sera nécessaire de veiller à ce que $Q_f(r)$ soit supérieur à 10 cm pour des raisons d'entretien : un diamètre inférieur est facilement obstrué, ce qui nuit à la régularité des débits sortants.

2.5.3.a - Bassin Madagascar

Le résultat est :

Bassin de traitement	
Diamètre orifice du débit sortant (en cm)	17,3
Débit en l/s (bassin plein)	53,0
Débit en l/s (bassin rempli à mi-marnage)	35,9

Le volume mort nécessaire du bassin de traitement est, d'après les préconisations du Guide sur Pollution Routière du SETRA, de :

$$Vm = 7,2, Q_{fpa}, T_p$$

avec Vm , volume mort du bassin en m^3

Q_{fpa} , débit de fuite à mi-marnage assurant le temps d'intervention, en l/s

T_p , temps d'intervention exigé (en h), ici égal à 2.

Le résultat pour le bassin de traitement de l'échangeur de Madagascar est :

Bassin de traitement	
Ve (pluie 2ans, 2h) nécessaire en m^3 +50 m^3 de polluant renversé	2503
Volume mort minimal pour que le temps de propagation du panache de la pollution à travers le bassin soit inférieur à 2h (en m^3)	517
Volume mort réalisé (en m^3)	610

Le bassin de Madagascar est donc dimensionné pour tenir le volume engendré par l'événement pluvial biennal de 2h augmenté d'un volume de polluant de 50 m^3 à vannes fermées, ainsi que la propagation du panache de pollution miscible qui mettra plus de 2h à traverser le bassin entre l'ouvrage amont et l'ouvrage aval.

2.5.3.b - Bassin Pasteur

En reprenant les mêmes principes qu'exposés au chapitre précédent, le résultat est, en ce qui concerne le bassin Pasteur :

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Bassin de traitement	
Diamètre orifice du débit sortant (en cm)	10,0
Débit en l/s (bassin plein)	11,7
Débit en l/s (bassin rempli à mi-marnage)	7,8

Bassin de traitement	
Ve (pluie 2ans, 2h) nécessaire en m^3 +50 m^3 de polluant renversé	256
Volume mort minimal pour que le temps de propagation du panache de la pollution à travers le bassin soit inférieur à 2h (en m^3)	112
Volume mort réalisé (en m^3)	304

Le bassin de Pasteur est donc dimensionné pour tenir le volume engendré par l'événement pluvial biennal de 2h augmenté d'un volume de polluant de 50 m^3 à vannes fermées, ainsi que la propagation du panache de pollution miscible qui mettra plus de 2h à traverser le bassin entre l'ouvrage amont et l'ouvrage aval.

2.5.4 - Calcul des rejets de la pollution chronique

La vitesse horizontale au niveau du l'orifice régulateur de sortie est : $V_h = Q_f / (l \cdot h_m)$

avec

Q_f , débit de fuite en m^3/s

l , largeur du bassin en mètre

h_m , hauteur du marnage en m

La vitesse verticale (de décantation) est déterminée de la façon suivante :

$$V_s = \frac{(0,8 \cdot Q_{100} - Q_s)}{(S_{bassin} * \ln(\frac{0,8 \cdot Q_{100}}{Q_s}))}$$

avec

- V_s : vitesse de décantation pour un événement pluvial de retour 100 ans en m/s

- Q_{100} : débit entrant généré par la plate forme suite à un événement pluvial de retour 100 ans, en m^3/s

- Q_s : débit de fuite du bassin en m^3/s

- S_{bassin} : superficie du bassin à hauteur du régulateur de débit (niveau des plus basses eaux) en m^2

De cette façon, les vitesses calculées pour les bassins sont :

Bassin de traitement Madagascar	Bassin de traitement Pasteur
Vitesse horizontale au niveau de l'orifice de sortie (en mm/s)	21
vitesse verticale dans le bassin (en m/h)	0,89

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

La vitesse horizontale est très faible au niveau du régulateur de débit de fuite. Quand les vitesses sont telles que la vitesse horizontale est inférieure à 150 mm/s et la vitesse verticale inférieure à 1m/h, les taux de rabattement des polluants du bassin, sont, d'après le guide de la Pollution Routière du SETRA, selon les éléments, de :

MES (matières en suspension)	85%
DCO (demande chimique en oxygène)	75%
Cu, Zn, Cd	80%
HC, HAP (hydrocarbures totaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques)	65%

À noter que pour le présent projet, les vitesses sont si faibles que les taux de rabattement sont encore bien plus performants que ceux annoncés ci-dessus, sans possibilité d'affiner la valeur de ces taux de rabattement.

Calcul des charges polluantes :

Pour ce calcul, il est nécessaire de connaître le trafic circulant sur la plate-forme concernée, 10 ans après les aménagements de protection de la ressource en eau (guide SETRA sur la pollution d'origine routière) sur route existante, 20 ans après la mise en service pour les infrastructures nouvelles (et ce, en cohérence avec les horizons choisis pour mener les études sur l'influence du bruit généré par le projet routier). Pour le présent dossier, les calculs seront basés sur l'horizon 2020. Les données fournies proviennent d'études menées par le CETE Normandie-Centre en 2012. Par manque de données précises, les trafics concernant l'horizon 2040 ne sont pas encore disponibles. Les charges de pollution se calculent selon la formule :

$$Ca = (10 \cdot Cu + Cs \cdot \frac{(T - 10000)}{1000}) \cdot S$$

avec

- Ca, charge annuelle dans l'unité de Cu et Cs (kg ou g selon le polluant)
- Cu, charge unitaire annuelle en kg/ha ou g/ha (selon le polluant) pour 1000 v/j
- Cs, charge annuelle supplémentaire à l'ha pour 1000 v/j si le trafic est supérieur à 10000 v/j.
- T, trafic global en véhicules par jour (v/j).
- S, surface imperméabilisée en ha.

Cu et Cs sont donnés dans le guide technique « Pollution d'Origine Routière » édité par le SETRA en août 2007. Le site étudié est considéré comme ouvert.

Connaissant ces données - voir carte 16 des trafics à l'horizon 2020 page suivante -, il est possible de calculer l'impact maximal des rejets d'eaux pluviales, généré le plus souvent par une pluie d'orage d'été en période d'étiage. Cette charge est trouvée de façon suivante :

$$Ce = \frac{2,3 \cdot Ca \cdot (1 - \tau)}{(10 \cdot S)}$$

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

où Ce (en mg/l ou µg/l selon les polluants) est la charge maximale émise par la plate-forme et τ le taux d'abattement des pollutions de l'ouvrage.

De même, il est possible de déterminer la concentration moyenne annuelle des rejets d'eau pluviale dans le milieu, apportée par la plate-forme. Il est admis que 10% de la hauteur de pluie annuelle n'entraîne pas de ruissellement sur la plate-forme. D'où

$$Cm = \frac{10 \cdot Ce}{(2,3 \cdot 9 \cdot H)}$$

où H est la hauteur de pluie moyenne annuelle en m de la station la plus proche (à Rouen, H = 0,852 m, d'après les données 2010 de Météo-France de la station de Rouen-Boos).

Les résultats, en sorties d'ouvrages, apparaissent dans le tableau suivant :

Polluant	Cu	Cs	Bassin de traitement Madagascar (surf. Act. : 3,697 ha)			Bassin de traitement Pasteur (surf. Act. : 0,726 ha)		
			Ca	Ce	Cm	Ca	Ce	Cm
MES	40 kg/ha	10 kg/ha	2357 kg	22,0 mg/l	12,5 mg/l	614 kg	29,2 mg/l	16,5 mg/l
DCO	40 kg/ha	4 kg/ha	2067 kg	32,1 mg/l	18,2 mg/l	507 kg	40,1 mg/l	22,8 mg/l
Zn	400 g/ha	12,5 kg/ha	10,954 kg	136,3 µg/l	77,3 mg/l	1,675 kg	106,1 µg/l	60 µg/l
Cu	20 g/ha	11 g/ha	1,259 kg	15,7 µg/l	8,9 µg/l	0,341 kg	21,6 µg/l	12,3 µg/l
Cd	2 g/ha	0,3 g/ha	66,26 g	0,82 µg/l	0,47 µg/l	12,6 g	0,80 µg/l	0,45 µg/l
HC	600 g/ha	400 g/ha	47,26 kg	1,033 mg/l	0,586 mg/l	13,85 kg	1,514 mg/l	0,858 mg/l
HAP	0,08 g/ha	0,05 g/ha	6,79 g	0,148 µg/l	0,084 µg/l	1,979 g	0,219 µg/l	0,124 µg/l

MES : matières en suspension, DCO : demande chimique en oxygène, Zn : zinc, Cu : cuivre, Cd : cadmium,

HC : hydrocarbures totaux, HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques.

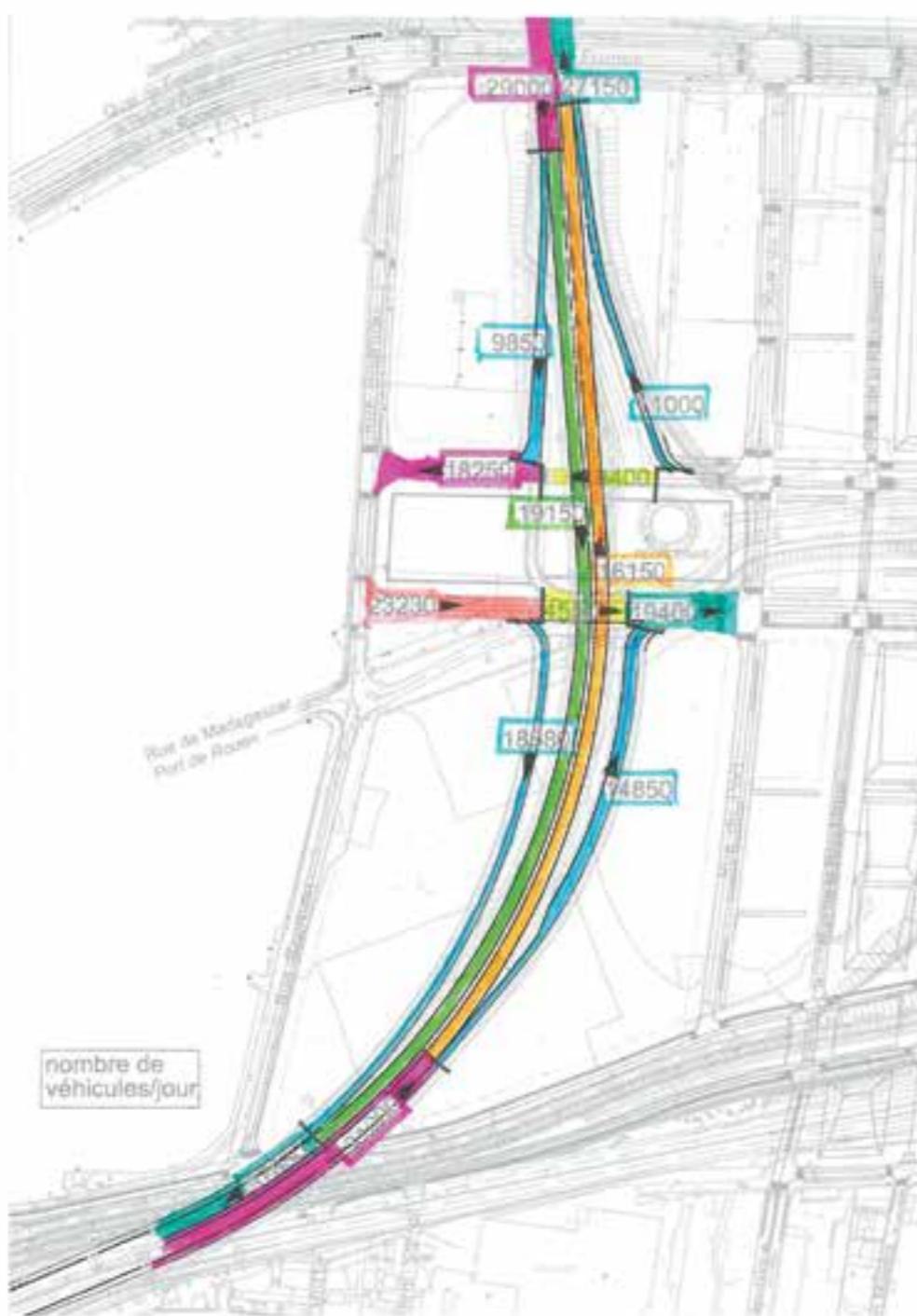
A noter que le site est considéré comme restreint (présence d'écrans phoniques), sauf le tronçon propre au Pont Flaubert (site ouvert).

Tableau 16 : concentration des éléments polluants routiers en sortie de bassin de traitement.

remarques : les fonds de couleur expriment les classes de qualité de l'eau équivalentes (classes d'aptitude à la biologie, à l'usage d'eau potable et à l'usage d'irrigation – Données du SEQ eau – Cours d'eau – Version 2 – 2003, valeurs seuils), pour information. Fond bleu : eaux de très bonne qualité, fond vert : eaux de bonne qualité, fond jaune : eau de qualité moyenne, fond orange : eau de qualité mauvaise, fond rouge : eaux de qualité très mauvaise. A noter que depuis l'arrêté du 25 janvier 2010, les modes de comparaison ont évolué.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen



direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Carte 17 : Données de trafics à l'horizon 2020. Ce sont ces valeurs qui ont été prises en compte pour le calcul des charges polluantes. Ces valeurs sont considérées comme inchangées jusqu'à l'horizon 2027, car la CREA considère que le réseau sera saturé en heures de pointes, heures où la majeure partie des flux ont lieu.

Polluant	CLASSE DE QUALITE DE L'EAU (Aptitude biologique)		
	1A (très bonne)	1B (bonne)	2 (moyenne)
MES	25 mg/l	50 mg/l	100 mg/l
DCO	20 mg/l	30 mg/l	40 mg/l
Zn	0,0014 mg/l	0,014 mg/l	0,14 mg/l
Cu	0,3 µg/l	2,7 µg/l	27 µg/l
Cd	0,009 µg/l	0,09 µg/l	0,85 µg/l
HC ⁽¹⁾	0,030 mg/l	0,100 mg/l	1 mg/l
HAP ⁽²⁾	0,0001 µg/l	0,001 µg/l	0,1 µg/l

(1) : les valeurs des hydrocarbures totaux proviennent des données de l'Etude BETURE et sont le fruit d'une compilation de données portant sur les effets toxiques des HC sur les communautés aquatiques.

(2) : correspond à une moyenne HAP somme 4, sachant que si pour le seuil benzo(a)pyrène, les seuils sont plus contraignants et 0,1 µg/l correspondrait à une qualité moyenne d'aptitude à l'eau potable.

Tableau 18 : classes d'aptitude à la biologie, à l'usage d'eau potable et à l'usage d'irrigation – Données du SEQ eau – Cours d'eau – Version 2 – 2003.

L'exutoire étant la Seine, il s'agit de regarder si la qualité des eaux de l'exutoire, à l'étiage QMNA5, après rejet provenant des bassins de traitement en amont du viaduc Pasteur, répond aux objectifs du SDAGE Seine-Normandie et aux seuils de la DCE 2010.

Au regard des informations exposées dans le chapitre 1.3.2 de la présente notice, il est rappelé que le débit mesuré le 20 septembre 2012 est très proche de celui QMNA5 et un calcul de dilution peut donc être effectué sans problème d'effet de bord.

A l'état initial il est notable que les eaux de la Seine, à ce débit QMNA5, restent de mauvaises qualités en ce qui concerne les métaux tels que le cadmium, cuivre et zinc, ainsi que vis-à-vis des HAP, à débit QMNA5. Le constat reste le même en ce qui concerne les matières en suspension (voir résultats au chapitre 1.3.2.).

Pour la suite de l'estimation de la pollution chronique et de ses effets dans l'exutoire, ce sont ces valeurs contraignantes qui seront choisies.

Les valeurs de concentration de polluants routiers après rejet du bassin de traitement, sont données dans le tableau ci-après, après calcul de dilution. L'influence des rejets est négligeable, même si, à part pour les matières en suspension, il ne permet pas d'aller dans le sens d'une meilleure qualité des eaux en aval.

	Concentrations des polluants (au QMNA5 avec les valeurs de la campagne du 20 septembre 2012)	Seine après rejet du bassin Madagascar		Seine après rejet du bassin pasteur	
		Cr moyen	Cr de pointe	Cr moyen	Cr de pointe
MES (mg/l)	55,15	55,14	55,14	55,13	55,14
DCO (mg/l)	10,03	10,03	10,03	10,03	10,03
Zn (µg/l)	21,21	21,23	21,24	21,23	21,25
Cu (µg/l)	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11
Cd(µg/l)	0,125	0,125	0,126	0,125	0,126

- Les valeurs de concentration après rejet du bassin Pasteur tient compte des valeurs en Seine parés rejet du bassin Madagascar.
- Cr moyen est la concentration résiduelle calculée à partir de Cm (concentration moyenne annuelle à la sortie du bassin), Cr de pointe est la concentration résiduelle calculée à partir de Ce (concentration de pointe pour un événement pluvieux).
- pour les hydrocarbures totaux, le manque de données de la valeur initiale dans la Seine ne permet pas de conclure
- les valeurs en rouge sont celles supérieures à la valeur NQE-MA de l'élément polluant (voir chapitre suivant), au sens de la Directive Cadre Eau (arrêté du 25 janvier 2010).

Tableau 19 : concentration des éléments polluants routiers principaux après rejets des bassins, sans filtre à sable.

2.5.5 - Comparaison de la qualité des rejets au regard de l'arrêté du 25 janvier 2010

Depuis la parution de l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R212-10, R212-11 et R212-18 du Code de l'Environnement, il ne s'agit pas de comparer la qualité des rejets et la qualité des eaux de l'exutoire après dilution avec le SEQ aptitude biologique des eaux de surface de 2003, mais avec les concentrations NQE-MA (norme qualité environnementale moyenne annuelle) et NQE-CMA (norme qualité environnementale – concentration maximale admissible, sous-entendu de pointe et ponctuelle).

Si l'exutoire possède des concentrations en certains polluants dépassant la valeur de NQE-MA de ce polluant, il est impossible de prendre cet exutoire pour point de rejet tant que la qualité des eaux de cet exutoire ne s'est pas améliorée afin de passer sous cette valeur. Ceci change la philosophie des points de rejet jusqu'à présent adoptée, en vue de s'adapter aux objectifs des SDAGE, et notamment de celui de Seine-Normandie qui consiste à rendre toutes les eaux des cours d'eau de bonnes qualités à plus ou moins longue échéance.

Les valeurs NQE-MA et NQE-CMA pour les polluants routiers sont les suivantes :

	NQE-MA	NQE-CMA	références
Zn (µg/l)	7,8		Article Annexe 3 – 1.3 – tableau 9 corrigé par l'article 4 de l'arrêté du 8 juillet 2010 (toujours faux soit dit en passant)
Cu (µg/l)	1,4		Article Annexe 3 – 1.3 – tableau 9
Cd(µg/l)	0,25	1,5	Article Annexe 8 – 1

Pour les autres polluants routiers non pris en compte dans l'arrêté du 25 janvier 2010, notamment les MES et le DCO, le guide technique de l'Etat des Eaux de surface en Seine-Aval édité en février 2010 indique de se référer au SEQ Aptitude biologique – version 2-2003.

En ce qui concerne les concentrations en hydrocarbures totaux, il n'y a plus de normes ni recommandation. Il sera, comme pour les matières en suspension et la demande chimique en oxygène, fait une comparaison avec les données du système SEQ précédemment cité.

Le NQE-MA sera comparé avec le Cr moyen, et le NQE-CMA avec le Ce de pointe définis précédemment. Les résultats montrent des valeurs initiales en cuivre et en zinc dans la Seine, à l'étiage, déjà supérieures aux seuils de bonne qualité des eaux. L'apport lié au rejet du bassin de traitement, même surestimé en vue des vitesses internes faibles qui circulent dans le bassin et qui permettent une meilleure décantation, n'aide pas à abaisser le niveau de concentration de ces deux polluants. Pour ce, l'implantation d'un filtre à sable serait nécessaire entre la sortie du bassin de traitement et l'exutoire.

Pour rappel, les taux de rendements des bassins sont ceux définis pour des vitesses horizontales et verticales fixées, très fortement supérieures à celles réelles circulant dans les bassins étudiés : il est donc évident que ces taux de rabattement de pollutions sont plus forts, sans qu'il soit possible de déterminer le décalage exact entre la valeur estimée et la valeur réelle. Mais la réalité des vitesses internes aux bassins font que les concentrations à la sortie des bassins sont majorées dans l'exercice actuel.

Il faut enfin rappeler que les valeurs de concentration calculées sont celles occasionnées par un bassin dont le débit de fuite est celui d'un événement centennal se rejetant dans une Seine à l'étiage QMNA5 (cas d'un orage très violent, centennal, qui aurait lieu autour du Viaduc Pasteur, et pas sur la Seine après période de sécheresse, ce qui confère à un cas d'une probabilité quasi-nulle vu le peu de distance qu'il y a entre ce viaduc et l'exutoire et le fait qu'une moitié du Pont Flaubert lui-même sur la Seine participe à la surface active du remplissage du bassin). Plus probablement, lorsque le débit de fuite atteindra 53 l/s en sortie de bassin de traitement de Madagascar et 11,6 l/s à la sortie de celui de Pasteur, le débit de la Seine sera bien supérieur à 195 m³/s et les effets du rejet seront encore plus négligeables.

2.5.6 - Valeurs des concentrations des polluants routiers dans l'exutoire en aval du rejet, après mise en place d'un filtre à sable.

Afin de faire diminuer les concentrations en polluants routiers, notamment des métaux, en sortie du bassin de traitement, il est possible de mettre en œuvre un filtre à sable dont le dimensionnement est lié au débit de fuite maximal du bassin de traitement (ici 53 l/s pour une pluie centennale).

La largeur du filtre à sable sera au maximum de 5 mètres pour faciliter l'entretien à partir des bords : c'est la valeur retenue.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Le calcul de la surface du filtre à sable se fait alors comme suit (source : GT Pollution d'Origine Routière, SETRA 2007):

$$S = Q_s / (K_i)$$

avec

- Q_s : débit à l'entrée du filtre en m^3/s
- K : perméabilité en m/s du matériau contenant le filtre
- i : gradient hydraulique de l'écoulement (ici, $i = 1$)

pour un sable de perméabilité $10^{-4} m/s$

$$S = 0,053/10^{-4} = 530 m^2$$

d'où longueur du filtre à sable : $530/5 = 106 m$

Dans ce cas les taux de rabattements par polluants routiers sont les suivants (GTPOR, page 41):

MES	90%
DCO	75%
Cu, Cd, Zn	90%
HC, HAP	95%

Dans ce cas, les valeurs de concentrations en polluants routiers à la sortie du filtre à sable sont :

Polluant	Concentration de pointe	Charge moyenne annuelle	rappel des seuils (DCE ou SEQ 2003 si DCE ne donne pas d'indication)		
MES (g/l)	2,2	1,2	25	50	SEQ 2003
DCO (g/l)	8,0	4,6	20	30	SEQ 2003
Zn ($\mu g/l$)	13,6	7,7	7,8		NQE-MA
Cu ($\mu g/l$)	1,6	0,9	1,4		NQE-MA
Cd ($\mu g/l$)	0,08	0,05	0,25		NQE-MA
HC ($\mu g/l$)	51,7	29,3	1000		
HAP ($\mu g/l$)	0,0074	0,0042	0,1		

Tableau 20 : valeurs des concentrations en sortie de filtre à sable. En rouge les valeurs qui restent au-dessus du seuil NQE-MA de l'arrêté du 25 janvier 2010.

Si le filtre à sable se situe juste à la sortie du bassin et avant rejet dans l'ovoïde de la rue Bourbaki, il apparaît que les rejets sont de bonnes à très bonnes qualités pour tous les éléments en charge moyenne annuelle. Les concentrations de ces polluants routiers sont moins élevées que celles de l'exutoire final à l'état initial (Seine).

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

2.5.7 - Le cas des HAP et conclusion

Avant l'arrêté du 25 janvier 2010, la comparaison des concentrations mesurées sur eau brute pour les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) était impossible, car le SEQ aptitude biologique – eau de surface – 2003 définissait des classes de qualité de eaux pour chacun des 16 HAP alors que les valeurs estimées liées au trafic donne un indice de la concentration pour tous les HAP ($[HAP]_{16}$).

Au regard du nouvel arrêté, c'est encore plus compliqué puisque les valeurs de l'annexe 8 sont les suivantes :

Polluant	NQE-MA	NQE-CMA
$[HAP]_{16}$	sans objet	sans objet
anthracène ($\mu g/l$)	0,1	0,4
fluoranthène ($\mu g/l$)	0,1	1
benzo(a)pyrène ($\mu g/l$)	0,05	0,1
benzo(b)fluoranthène ($\mu g/l$)	0,03	sans objet
benzo(k)fluoranthène ($\mu g/l$)		
benzo(g,h,i)pérylène ($\mu g/l$)	0,002	sans objet

Ainsi, il est impossible de comparer $[HAP]_{16}$. Des mesures pour chacun des 16 HAP ont bien été effectuées lors des campagnes menées sur la Seine entre 2011 et 2012, mais pour la plupart de ces éléments, les valeurs trouvées sont en dessous du seuil limite de détection qui est de $0,005 \mu g/l$ ou $0,02 \mu g/l$ selon les HAP et les laboratoires utilisés (différents entre celui de 2011 et celui de 2012).

Le problème grandit avec le fait que certains seuils NQE-MA sont inférieurs au seuil de détection mesurable, quelque soit le laboratoire utilisé. Une bibliographie plus poussée, montre qu'aucune méthode ne permet de déceler des valeurs de concentration sur eau brute inférieures à $0,005 \mu g/l$, or le NQE-MA du benzo(g,h,i)pérylène est de $0,002 \mu g/l$: il est donc impossible de savoir si les eaux d'un cours d'eau sont de bonne qualité ou pas vis-à-vis de cet élément.

Cette discussion est importante, car dans le guide technique de l'état des eaux de surface en Seine Amont à Poses, il est précisé que la qualité chimique des eaux de la Seine est bonne hors HAP et indique que les éléments déclassants sont justement le benzo(g,h,i)pérylène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène : le problème de la détection des seuils est ce qui a conduit à les classer ainsi, car il est, dans l'état actuel de la juridiction et des avancées techniques, impossible d'affirmer qu'elles sont de bonne qualité.

En estuaire Seine Moyen (en aval de Rouen), d'après ce même guide, l'état des eaux est encore plus dégradé, puisque la qualité est mauvaise tant pour l'état écologique que pour l'état chimique, (y compris HAP). Les deux éléments précédents, auxquels il faut ajouter le benzo(b,k)pyrène et le fluoranthène, déclassent une nouvelle fois les eaux de la Seine Moyenne.

Il faut ajouter que la pollution routière est essentiellement particulaire, et que les mesures faites sur eaux brutes pour comparer les concentrations aux seuils définis par la Directive Cadre Eau ne sont pas forcément adaptées. Afin d'être plus précis pour chacun des

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest		service d'Ingénierie routière de Rouen																																																																											
HAP, des mesures sur sédiments ont été effectuées lors des campagnes de 2011 et 2012 sur la Seine. Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Polluants</th> <th colspan="2">sur M€S</th> <th rowspan="2">unité</th> </tr> <tr> <th>16/11/2011 à 9h00</th> <th>08/12/2012 à 15h45</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Benzocycloheptene</td> <td>360</td> <td>420</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Dibenzocycloheptene</td> <td>55</td> <td>53,7</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>HAP somme 20</td> <td>200,0</td> <td>194,0</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Pyrene</td> <td>490</td> <td>567</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Phénanthrine</td> <td>291</td> <td>320</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Naphthalène</td> <td>40,2</td> <td>55,0</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Indeno[1,2,3-cd]pyryline</td> <td>304</td> <td>360</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Fluorine</td> <td>54</td> <td>52,0</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Fluoranthène</td> <td>505</td> <td>640</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Oxyrène</td> <td>277</td> <td>420</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Benzofluoranthène</td> <td>237</td> <td>235</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Benzocyclopheylène</td> <td>216</td> <td>407</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Benzofluoranthène</td> <td>92</td> <td>105</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Benzanthracène</td> <td>294</td> <td>370</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Anthracène</td> <td>142</td> <td>127</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Acénaphthyline</td> <td>10</td> <td>21</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> <tr> <td>Acénaphthène</td> <td>30,0</td> <td>23,0</td> <td>µg/g M€S</td> </tr> </tbody> </table>				Polluants	sur M€S		unité	16/11/2011 à 9h00	08/12/2012 à 15h45	Benzocycloheptene	360	420	µg/g M€S	Dibenzocycloheptene	55	53,7	µg/g M€S	HAP somme 20	200,0	194,0	µg/g M€S	Pyrene	490	567	µg/g M€S	Phénanthrine	291	320	µg/g M€S	Naphthalène	40,2	55,0	µg/g M€S	Indeno[1,2,3-cd]pyryline	304	360	µg/g M€S	Fluorine	54	52,0	µg/g M€S	Fluoranthène	505	640	µg/g M€S	Oxyrène	277	420	µg/g M€S	Benzofluoranthène	237	235	µg/g M€S	Benzocyclopheylène	216	407	µg/g M€S	Benzofluoranthène	92	105	µg/g M€S	Benzanthracène	294	370	µg/g M€S	Anthracène	142	127	µg/g M€S	Acénaphthyline	10	21	µg/g M€S	Acénaphthène	30,0	23,0	µg/g M€S
Polluants	sur M€S		unité																																																																										
	16/11/2011 à 9h00	08/12/2012 à 15h45																																																																											
Benzocycloheptene	360	420	µg/g M€S																																																																										
Dibenzocycloheptene	55	53,7	µg/g M€S																																																																										
HAP somme 20	200,0	194,0	µg/g M€S																																																																										
Pyrene	490	567	µg/g M€S																																																																										
Phénanthrine	291	320	µg/g M€S																																																																										
Naphthalène	40,2	55,0	µg/g M€S																																																																										
Indeno[1,2,3-cd]pyryline	304	360	µg/g M€S																																																																										
Fluorine	54	52,0	µg/g M€S																																																																										
Fluoranthène	505	640	µg/g M€S																																																																										
Oxyrène	277	420	µg/g M€S																																																																										
Benzofluoranthène	237	235	µg/g M€S																																																																										
Benzocyclopheylène	216	407	µg/g M€S																																																																										
Benzofluoranthène	92	105	µg/g M€S																																																																										
Benzanthracène	294	370	µg/g M€S																																																																										
Anthracène	142	127	µg/g M€S																																																																										
Acénaphthyline	10	21	µg/g M€S																																																																										
Acénaphthène	30,0	23,0	µg/g M€S																																																																										
Tableau 21 : mesures des HAP sur sédiments et comparaisons avec les valeurs SEQ - aptitude biologique - eaux de surfaces 2003. (Seine à Rouen).																																																																													
<p>Au regard des résultats, les eaux de la Seine à Rouen sont globalement passables en ce qui concerne les HAP. Il n'y a pas de seuils pour les concentrations sur sédiments dans le cadre de la Directive Cadre Eau.</p>																																																																													
<p>En conclusion, les eaux de la Seine après dilution des rejets du bassin de traitement des polluants routiers, seraient au regard du système SEQ – Aptitude Biologique – Eau douce de surface – 2003, de qualité moyenne (bonne pour le DCO). En ce qui concerne les HAP, les limites de détection actuelles ne permettent pas de conclure. Il est à noter cependant qu'au regard des débits de fuite en sortie du bassin et/ou du filtre à sable, l'influence des rejets reste très négligeable au regard de l'état initial de l'exutoire. Sans nul doute, la mise en service d'un filtre à sable permet de ne plus avoir de discussion sur les rejets, à condition d'avoir les emprises pour construire un tel ouvrage, qui doit rester surfacique pour permettre un entretien régulier assuré.</p>																																																																													
<p>L'arrêté du 25 janvier 2010 est celui qui sert de base juridique pour comparer les concentrations en polluants routiers, mais il reste inadapté vu qu'il omet de préciser les seuils de concentration pour certains d'entre eux. Pire, les comparaisons se font avec les éléments dissous dans l'eau, alors que la forme prépondérante de la pollution chronique routière se trouve être particulière. En fait, de nouvelles recherches doivent être effectuées afin de redéfinir les seuils et d'adapter au nouveau texte juridique, afin de comparer des choses comparables et d'améliorer les seuils de détection. Cependant, l'état actuel de la recherche ne permet pas d'être plus précis que la conclusion présente.</p>																																																																													
<p>Ceci dit, conformément au guide régional technique de l'Etat des Eaux de surface en Seine-Aval édité en février 2010, un suivi de la qualité des rejets sera effectué au moins une fois par an, dans les conditions défavorables (pluie après étiage), à 200 – 300 mètres en aval du raccordement de la sortie de l'ovoïde de Bourbaki, afin de prendre les mesures nécessaires en cas d'importants dysfonctionnements des bassins de traitements. En ce qui concerne les HAP, des campagnes de mesures sur sédi-</p>																																																																													

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest		service d'Ingénierie routière de Rouen			
ments seront effectuées afin de comparer les valeurs avec les seuils du SEQ - eaux de surface, sur sédiments, ce qui a plus de sens physique.					
<h3>2.5.8 - Conclusion</h3>					
<p>En remplacement du système d'assainissement actuel qui permet de traiter les eaux de la plate-forme routière entre le Pont Flaubert et le Giratoire de la Motte, et qui est très largement insuffisant (déshuileur - débourbeurs et cuves, situés dans les emprises du CEI de Rouen) car conçu comme transitoire, seront mis en œuvre 2 bassins de traitement qui répondront aux 3 exigences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - écrêtage de la pluie d'occurrence centennale, afin que ces bassins ne fonctionnent que très rarement en surverse. Cette exigence provient du fait que l'exploitant de l'ovoïde situé sous la rue Bourbaki refuse de voir arriver des débits conséquents dans un ouvrage existant qui reprend déjà beaucoup de surface active urbaine en amont (Petit-Quevilly et une grande partie de la plate-forme de l'actuelle Sud III) et qui est soumis à l'influence des marées (donc avec un débit capable plus limité selon les variations de cette dernière). - traitement de la pollution accidentelle par fermeture de vannes et temps de propagation du panache polluant supérieur à celui de l'intervention sur les vannes, - traitement de la pollution chronique, avec mise en place d'un filtre à sable entre le bassin de traitement de l'échangeur de Madagascar et l'ovoïde de la rue Bourbaki, pour éviter toutes discussions sur la qualité des eaux de l'exutoire final qui est la Seine. Il faut vraiment insister sur le fait que ce filtre à sable doit être surfacique pour permettre un entretien moins onéreux et régulier : l'implantation d'un filtre à sable mal entretenu est pire que de ne rien faire, surtout que vu les débits de fuite du bassin de traitement, l'influence sur la qualité des eaux de la Seine est quasiment négligeable. 					
<p>Le bassin de traitement sera rendu étanche par un dispositif de géomembranes / géotextiles renforcés au regard du contexte sol pollué dans l'environnement du bassin de Madagascar entre autre.</p>					
<p>En fait, les cotes d'entrée des bassins de Madagascar et de Pasteur étant respectivement de +5,20m et +5,01m, il est notable que ces niveaux NPHE se situent sous les côtes de la Seine pour des événements de crues régulières (de l'ordre du bisannuel à quinquennal). Il est donc question de mettre en place une procédure d'alerte afin d'isoler les bassins dès que la côte +5,00m est atteinte pour que les eaux de la Seine ne rentrent pas dans le bassin et remettent en suspension les boues déjà accumulées. Lors des principales crues, les bassins fonctionneront en mode bipasse.</p>					
<p>Une étude relative à l'hydrodynamique des nappes à l'aplomb des bassins devra être réalisée dans le cadre de l'étude projet (conception détaillée) afin de vérifier si leur rabattement est à envisager au niveau des ouvrages d'assainissement.</p>					

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

3 - Estimation financière du volet assainissement du projet

Dans le cadre des voiries d'accès définitives en rive gauche du pont Flaubert, une estimation relative à l'assainissement des voiries et à la réalisation des bassins de traitement (Madagascar et Pasteur) a été établie. Le tableau ci-après, détaillé par grands postes, présente cette estimation.

L'estimation pour la mise en place d'un système d'étanchement du Bassin Madagascar s'est appuyée sur la consultation de sites Internet d'entreprises spécialisées (avec contact si possible) et des informations fournies par le réseau des CEREMA (majoritairement). En l'occurrence, les unités géotechnique et mécanique des sols des Dter Nord et Dter Centre Est représentées respectivement par :

- Julien HABERT, responsable de l'unité Mécanique des Sols et Fondations ;
- Mathieu FEREGOTTO, adjoint au chef de l'unité Géomécanique.

D'autres Dter (Normandie-Centre par exemple) ont également été contactées pour fournir des informations complémentaires relatives aux systèmes d'étanchement (battage palplanche, parois moulées, soil mixing, etc).

L'objectif initial de la demande était la définition du système de protection le plus sécuritaire pour le futur bassin Madagascar compte-tenu des données techniques actuellement à la disposition du SIR de Rouen. La solution des parois moulées a été retenue compte-tenu des paramètres suivants :

- influence de la nappe et la marée (éventuellement concomitante) ;
- inondation très probable du bassin Madagascar en cas de faible crue donc besoin d'étancher le fond et son pourtour ;
- pollution éventuelle (et à vérifier) des sols en place par des métaux lourds à l'aplomb du site d'implantation du bassin.

Le ratio financier au m^2 pour cet aménagement s'est appuyé sur un retour d'expérience des Dter Nord et Dter Centre Est. Pour mémoire, le périmètre du bassin Madagascar est de l'ordre de 615m.

La consultation des études réalisées au préalable par la Dter Normandie-Centre et les bureaux d'études privés (INGETEC et IDUNA-Environnement) a permis de fournir des informations complémentaires notamment pour la profondeur d'ancre des parois moulées (estimée à 9m pour notre projet).

Il a été convenu que le projet d'aménagement final serait néanmoins subordonné à la réalisation d'études spécifiques qui amélioreront la connaissance du site et permettront le cas échéant le choix de projets alternatifs. Sont souhaitées comme études spécifiques :

- géologie ;
- géotechnique ;
- hydrodynamique de la nappe ;
- pollution.

Les projets alternatifs envisagés selon les résultats des reconnaissances complémentaires pourront être les suivants :

- ouvrage de génie civil après terrassement compte-tenu du peu de place disponible ;
- enceinte en palplanches ;
- mur de soutènement type berlinoise avec coffrage à l'intérieur si les palplanches ne sont pas possibles.

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'Ingénierie routière de Rouen

Pont Flaubert - Voiries d'accès définitives en rive gauche
Dossier Etudes préalables
ESTIMATION ASSAINISSEMENT

DENOMINATION	unité	prix unitaire HT	quantité	coût HT
Canalisations				
- Phi 300	ml	77,00 €	888,00	68 376,00 €
- Phi 400	ml	93,50 €	685,50	64 094,25 €
- Phi 600	ml	110,00 €	433,50	47 685,00 €
- Phi 600	ml	143,00 €	365,00	52 195,00 €
- Phi 800	ml	203,50 €	186,50	37 952,75 €
- Phi 1000	ml	242,00 €	24,00	5 808,00 €
Caniveau phi300	ml	104,01 €	256,50	26 678,57 €
Caniveau phi400	ml	134,01 €	154,00	20 637,54 €
Caniveau rectangulaire	ml	122,10 €	262,50	32 051,25 €
Regards	unité	840,00 €	70,00	58 800,00 €
	Sous total			414 278,36 €
Bassin Madagascar				
Ouvrages amont	unité	24 950,00 €	1,00	24 950,00 €
Ouvrages aval	unité	18 000,00 €	1,00	18 000,00 €
Bypass phi 1000	ml	242,00 €	100,00	24 200,00 €
Regard (bypass)	unité	3 380,00 €	1,00	3 380,00 €
Complexe d'étanchéité	m^2	20,00 €	4350,00	87 000,00 €
Déblai pour mise en décharge	m^3	350,00 €	13572,00	4 750 200,00 €
Remblai en matériaux d'apport	m^3	30,00 €	6786,00	203 580,00 €
Piste d'entretien GNT 0/31,5	m^3	36,00 €	300,00	10 800,00 €
Clôture	ml	35,00 €	450,00	15 750,00 €
Mur ouest	ml	300,00 €	300,00	90 000,00 €
Portail	unité	1 460,00 €	2,00	2 920,00 €
	Sous total			5 230 780,00 €
Bassin Pasteur				
Ouvrages amont	unité	24 950,00 €	1,00	24 950,00 €
Ouvrages aval	unité	18 000,00 €	1,00	18 000,00 €
Complexe d'étanchéité	m^2	20,00 €	1014,00	20 280,00 €
Déblai pour mise en décharge	m^3	100,00 €	3549,00	354 900,00 €
Piste d'entretien GNT 0/31,5	m^3	36,00 €	150,00	5 400,00 €
Béton pour bassin	m^3	200,00 €	1560,00	312 000,00 €
Clôture	ml	35,00 €	270,00	9 450,00 €
Portail	unité	1 460,00 €	1,00	1 460,00 €
	Sous total			746 440,00 €
Provision pour un étanchement type parois moulées du Bassin Madagascar	m^2	1 000,00 €	5500,00	5 500 000,00 €
			TOTAL ASSAINISSEMENT	11 891 498,36 €
			TVA (20%)	2 378 299,67 €
			TOTAL TTC	14 269 798,03 €



maîtrise d'ouvrage

ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Haute-Normandie

service Déplacements, Transports multimodaux et Infrastructures

7.2.3

dressé par le service d'ingénierie routière de Rouen

à Rouen le,

Aménagement des accès définitifs du Pont Flaubert en Rive Gauche de la Seine

Dossier d'Etudes Préalables

↳ Sous-dossier 7 : Terrassements, assainissement, chaussée

↳ 7.2 : Assainissement

7.2.3. Coupe bassin

maîtrise d'œuvre

direction interdépartementale des Routes Nord-Ouest

service d'ingénierie routière de Rouen

97, boulevard de l'Europe
BP: 61141 - 76175 ROUEN cedex 1
tél : 02 76 000 373 - fax : 02 76 000 433

Préparé par : pôle TEE

échelle : 1/500

références :

YermePontprojet_definitif tg
Dossier études préalables
Sous-dossier 7 sous-dossier
7.2.7.2.2. Vue en plan niveau
et bassins.dwg
(coupe bassin)

date : Juillet 2015