Projet de reconquête de la baignade en Seine Essonnienne

Rapport de synthèse sur la campagne de mesure de la qualité de l'eau

Année 2018

07/12/2018
Conseil Départemental de l'Essonne
Service de l'Eau

SOMMAIRE

Sommaire 1
Introduction 3
Contexte 4
I. Généralités sur la bactériologie 4
1. Risque sanitaire 4
2. Source de pollution 4
3. Devenir de la pollution microbienne 5
4. Quantification de la pollution 5
II. Norme et réglementation 6
Matériel et méthode 7
I. Paramètres à analyser 7
1. Paramètres bactériologiques 7
2. Paramètres physico-chimiques 7
3. Données météorologiques 8
III. Identification des sites de prélèvement 8
IV. Organisation de la campagne 9
Résultats 8
I. Données météorologique 8
1. Les débits de la Seine et la pluviométrie 8
2. Débits des affluents 10
V. Résultats des 5 sites de prélèvements 11
1. Résultats physico-chimique 11
2. Résultats bactériologiques 14
VI. Résultats au niveau des Affluents 23
1. Résultats physico-chimiques 23
2. Résultats bactériologiques 24
VII. Synthèse et comparaison avec la réglementation 25
1. Synthèse des données percentiles globale 25
2. Analyse avec 85% des données sur l'ensemble de la campagne (de Juin à Septembre). 26
3. Analyse pour la période de baignade entre Juillet et Août 27
4. Analyse pour la période entre le 15 Juin au 15 septembre 28
Discussion 29

Conclusion 30
Bibliographie..... 30
Annexe..... 31

INTRODUCTION

Les Hommes se baignent depuis toujours en milieu naturel mais les premiers aménagements spécifiques le long des berges parisiennes puis franciliennes datent du XVIIIème siècle. A cette époque, il existait des dizaines de plages aménagées en Île-de-France le long des rives de la Seine, de la Marne, de l'Oise et d'autres cours d'eau. De nombreux sites de baignade étaient localisés dans le département de l'Essonne. Cependant, la dégradation de la qualité de la Seine a conduit certaines préfectures ou mairies à interdire, à partir des années 1970, de se baigner dans la Seine et la pratique de la Baignade en Seine a été « oubliée ».

Actuellement, la reconquête de la baignade en Seine fait l'objet de projets au sein du périmètre de la Métropole du Grand Paris (MGP), en raison de la dynamique créée par les Jeux Olympiques et Paralympiques (JOP) de Paris 2024. La ville de Paris et la préfecture de Région envisagent de pérenniser, suite à ces JOP, des sites de baignade dans la Métropole parisienne. Un projet de baignade en 2022 dans la Marne est par ailleurs conduit depuis quelques années par le syndicat Marne Vive.

Les élus du Conseil Départemental de l'Essonne ont décidé de porter le projet de baignade en Seine Essonnienne, au titre de la politique de l'eau du Conseil Départemental de l'Essonne. Ce projet est en lien étroit avec les autres politiques du Département (sport, tourisme, aménagement) et les acteurs publics concernés (communes, établissement public de coopération intercommunale, agence régionale de santé…). Le Conseil Départemental de l'Essonne, en partenariat avec le CAUE (Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement), s'implique afin d'animer un réseau d'acteurs et de mettre en œuvre des plans d'actions visant l'ouverture de sites de baignade en Essonne à l'horizon de 2024.

La première campagne de mesure de la qualité bactériologique de la Seine a été réalisée afin d'évaluer la faisabilité du projet, sans avoir, à ce stade du projet, une définition des futurs sites de baignade. Cette campagne a été réalisée sur 5 sites, de début Juin à fin Septembre 2018, en situation de période de baignade. Ce rapport présente les résultats obtenus lors de cette campagne de prélèvements.

CONTEXTE

Généralités sur la bactériologie

1. Risque sanitaire

La contamination des milieux aquatiques par les bactéries fécales pose un risque sanitaire important. Les pathogènes, provenant du tube digestif de l'homme ou des animaux, sont amenés vers les milieux aquatiques par le biais de leurs excréments. Dans le passé, les maladies hydriques dues aux rejets de bactéries fécales étaient responsables d'épidémies aux conséquences désastreuses en Europe. Avec l'amélioration de l'hygiène, la construction de réseaux d'assainissement, ainsi que le traitement de potabilisation de l'eau, les maladies hydriques les plus graves ont été éradiquées en Europe. La présence de bactéries fécales dans le milieu aquatique pourrait aussi favoriser le développement des bactéries résistantes aux antibiotiques (thématique de recherche du PIREN-Seine).
L'importance du risque sanitaire encouru dépend de l'usage de la ressource en eau et de la concentration en bactéries. Des limites de qualité ont donc été établies selon l'usage de la ressource : eau potable, l'irrigation des cultures ou encore la baignade. (1)

2. Source de pollution

Deux principaux apports bactériologiques d'origine fécale peuvent être distingués.

a. Rejets d'eaux usées

Des eaux usées, traitées ou non, sont amenées au milieu naturel. Les principales sources de rejet d'eaux usées traitées ou non sont les suivantes :

- Les rejets des stations d'épuration (STEP)

Les stations d'épuration sont conçues pour traiter les eaux domestiques urbaines en éliminant la matière organique, les matières en suspension et pour les stations plus récentes, l'azote et le phosphore. En l'absence de contrainte réglementaire en Ile-de-France, la plupart des STEP ne possèdent pas de traitement spécifique pour l'élimination des micro-organismes (désinfection). Le taux d'abattement des bactéries en STEP dépend du type de traitement réalisé.

- Les rejets d'eaux usées non traitées directement au milieu naturel

Les rejets d'eaux usées non traitées constituent une source importante de pollution et sont la conséquence des défauts du système d'assainissement, comme les inversions de branchements. Les bateaux logements n'ont pas l'obligation de se raccorder au réseau d'assainissement (en dehors de Paris) et peuvent être localement une source de pollution à ne pas négliger.

b. Le ruissellement et le lessivage des sols

L'autre source de pollution, plus diffuse, concerne le ruissellement et le lessivage des sols. Les sources diffuses sont relativement difficiles à quantifier. Cette pollution dépend de l'occupation des sols et aussi que des conditions hydrologiques et météorologiques.

Ces deux sources de pollutions ont un impact plus important en temps de forte pluie. En raison de la mauvaise séparation des réseaux, les eaux pluviales peuvent-être collectées avec les eaux usées, entraînant la saturation des réseaux et ayant pour conséquence le rejet d'eaux usées non traitées dans le milieu naturel. En outre, lors de fortes précipitations, des phénomènes de ruissellement et le lessivage des sols peuvent avoir lieu, entraînant également des quantités importantes de matières fécales vers les cours d'eau. (1)

3. Devenir de la pollution microbienne

Une fois dans le milieu naturel, les bactéries disparaissent relativement rapidement en raison de trois processus différents :

- **Processus hydrodynamique** avec la dilution dans le milieu récepteur, la dispersion, la sédimentation et la mise en suspension.
- **Processus biotique** avec le broutage des bactéries fécales par les protozoaires ainsi que la disparition de celles-ci par les activités des virus.
- **Processus physiologique :** les bactéries sont soumises à des conditions stressantes avec la température de l'eau, les irradiations par les ondes lumineuses ou encore la carence en nutriments. (1)

4. Quantification de la pollution

La détection de tous les pathogènes d'origine fécale est extrêmement difficile au vu de leur très grande variété et de leur faible concentration. Afin d'avoir une vision sur les quantités présentes dans un milieu, on utilise des germes indicateurs de contamination fécale. Ceux-ci ne sont pas nécessairement pathogènes, mais ils permettent de déterminer la présence, ou non, de contamination fécale. Les indicateurs les plus couramment utilisés sont les Entérocoques intestinaux et les Escherichia coli.

- **Escherichia coli (E.coli)** est considéré comme un bon indicateur de la contamination du milieu aquatique par du matériel fécal humain ou animal.
- Les **Entérocoques intestinaux (E.I)** sont également considérés comme indicateur de contamination fécale. Les E.I survivent plus longtemps que les E.Coli dans le milieu aquatique et permettent l'identification d'une contamination fécale ancienne. (1)

Norme et réglementation

Afin de protéger la population contre le risque sanitaire dû à l'exposition de bactéries fécales, des limites de qualités ont été mises en place en fonction du type d'usage de la ressource en eau. Une réglementation spécifique précise les limites de qualité concernant la baignade : la directive 2006/7/CE du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade. Cette directive repose sur deux paramètres bactériologiques : les Escherichia coli et les Entérocoques intestinaux.

Les concentrations bactériologiques mesurées, pour une période donnée, permettent de construire une loi de probabilité (loi log normale) afin de comparer les valeurs des percentiles obtenus en utilisant cette analyse mathématique avec les valeurs seuils mentionnées dans la réglementation. La loi log normale prend en compte la moyenne et l'écart-type des logarithmes des données. Plus l'écart-type et la moyenne sont importants, plus la valeur des percentiles 90 et 95 sera élevée. Il est préférable d'avoir un site avec des données moyennes, sans variation, que des données plutôt bonnes, avec des variations plus importantes. Trois classes de qualité sont définies dans la directive.

	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante
E.coli	500/100 ml*	1000/100 ml*	900/100 ml**
Entérocoques intestinaux (EI)	200/100 ml*	400/100 ml*	330/100 ml**

*Evaluation au percentile 95 **Evaluation au percentile 90 (2)

Tableau 1 : Classes de qualité pour les eaux (Source : directive 2006/7/CE)

Pour ouvrir une zone de baignade, la personne responsable (PREB) doit élaborer un profil de baignade. Ce profil doit prendre en compte **quatre années de mesure** afin de déterminer la qualité des eaux. La qualité doit être au minimum considérée comme suffisante pour permettre l'ouverture de la baignade.

MATERIEL ET METHODE

La première étape de la campagne de mesure a été de déterminer les paramètres à analyser, puis d'identifier les sites de prélèvements et enfin de déterminer l'organisation de la campagne.

Paramètres à analyser

1. Paramètres bactériologiques

Le but de la campagne de mesure est de déterminer la qualité de la Seine en vue de la baignade. La réglementation sur la baignade repose uniquement sur des paramètres biologiques à savoir les Escherichia coli et les entérocoques intestinaux. En comparant avec les valeurs des percentiles calculés selon la méthodologie demandée par la directive 2006/7/CE, une conclusion sur l'état de la qualité bactériologique en vue de la baignade a été réalisée.

2. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques ne constituent pas une obligation réglementaire pour la qualité des eaux de baignade. Cependant, il s'agit d'indicateurs importants pour la qualité de l'eau. Afin de comparer les mesures obtenues avec une échelle de qualité de l'eau, le référentiel du bon état écologique, déterminé dans la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), est utilisé pour le pH, l'oxygène dissous et la température de l'eau. Pour l'analyse de la turbidité, c'est le référentiel SEQ-EAU qui est utilisé. Le tableau 2 présente les classes du bon état écologique en fonction de l'état physico-chimique du milieu.

	Très bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
pH*	8,2	9	9,5	10
Température de l'eau	24	25,5	27	28
Turbidité **	2	35	70	105
Oxygène dissous*	8	6	4	3

**Qualité des cours d'eau en Ile-de-France (2017)* (3)
***Système d'évaluation de la qualité de l'eau, SEQ-Eau (1999)* (4)

Tableau 2 : Classes de qualité des macro-polluants et de l'état physico-chimique

L'analyse de ces paramètres permet également de connaître l'état du milieu naturel au moment du prélèvement et d'établir des relations potentielles avec la concentration bactériologique. La température, la concentration en oxygène dissous et la turbidité ont un impact direct sur la bactériologie.

- Le **pH** (potentiel Hydrogène) correspond à la concentration en ions H^+. Il permet ainsi de déterminer si une eau est plutôt acide, basique ou neutre. Le pH influe sur la décroissance bactérienne, la vie aquatique et la santé humaine. D'après le système d'évaluation de la qualité de l'eau, le pH doit être inférieur à 8 pour être de très bonne qualité.
- La **température** est un facteur de décroissance bactérienne qui agit directement sur les bactéries et indirectement sur les prédateurs des bactéries. Les bactéries fécales ont une activité métabolique croissante avec l'augmentation de la température, cependant, ce

phénomène est réduit au vu de l'augmentation des organismes protozoaires prédateurs. La température est également un paramètre utile pour le confort des futurs baigneurs.

- La **conductivité** mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La majorité des matières dissoutes dans l'eau est sous forme d'ions chargés électriquement. La conductivité permet alors d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau. Des variations de la conductivité permettent de mettre en lumière des pollutions causées par des effluents agricoles, industriels ou domestiques contenant des sels.
- La **turbidité** décèle la présence de particules en suspension dans l'eau. Cette mesure peut permettre d'expliquer des constatations visuelles sur la qualité de l'eau. Une turbidité élevée permet à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension et limiter l'action des UV sur la mortalité des bactéries.
- L'**oxygène dissous** permet d'évaluer la quantité d'oxygène en solution dans l'eau. Ce paramètre est indispensable pour le maintien de la vie aquatique.

Des analyses de redox ont également été réalisées mais en raison d'une suspicion de dysfonctionnement de la sonde REDOX celles-ci ne seront pas présentées dans ce rapport.

3. Données météorologiques

Comme évoqué dans la partie « généralités sur la bactériologie », la pollution des milieux par les bactéries fécales dépend des conditions météorologiques. Afin de prendre en compte ce phénomène dans l'analyse de la qualité bactériologique de la Seine, une collecte de données sur la pluviométrie, les températures minimales, moyennes et maximales et les débits a été réalisée. Les données pluviométriques journalières et les températures ont été récoltées à partir de la station de Brétigny-sur-Orge, à l'ouest de la Seine. Le débit mesuré au niveau de la station de Saint-Fargeau-Ponthierry a été récupéré dans la banque HYDRO de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) (5). De plus, les débits de deux affluents ont été récoltés à partir de la même banque de données pour le cours d'eau de l'Essonne, au niveau de Ballancourt-Sur-Essonne, et pour l'affluent de l'Orge, à la station de Morsang-sur-Orge.

Identification des sites de prélèvement

Cette première campagne avait pour objectif d'analyser la faisabilité du projet. Cinq sites de prélèvement ont été choisis en fonction de leur accessibilité, de leur histoire (ancien site de baignade) et de la présence de foncier public à proximité.

- **Port aux cerises**. Ce site, en rive droite de Seine sur la commune de Draveil, se situe dans la base de loisirs et présente peu de rejet de réseaux d'eaux pluviales en amont immédiat. Le prélèvement se fait à la perche depuis la berge.
- **Juvisy-sur-Orge**. Ce site, en rive gauche, est localisé près d'une promenade aménagée récemment. Les alentours du site sont urbanisés, avec des rejets d'eaux pluviales à proximité. Le prélèvement se fait à la perche.

- **Ris Orangis**. Les prélèvements ont été effectués en rive gauche, à 100 m en amont de l'ancien site de baignade (l'ancien site de baignade étant inaccessible). Le prélèvement a été fait à la main, à 2 mètres du bord.
- **Forêt du bois chardon**. Ce site, en rive droite, en face du site de prélèvement de Ris Orangis, sur la commune de Draveil, est inscrit dans un contexte moins urbanisé et en forêt. Le prélèvement a été fait à la main, à 2 mètres du bord.
- **Corbeil-Essonnes**. Le site se localise en rive gauche et il se situe en amont des STEP d'Evry et de Corbeil-Essonnes. C'est un ancien site de baignade et les anciennes infrastructures sont toujours présentes. Le prélèvement s'effectue à la perche depuis les anciens pontons de baignade.

Les 5 sites ont été choisis pour mesurer la qualité des eaux et pour déterminer la faisabilité du projet : pour cette étape du projet, il ne s'agit pas de définir les sites potentiels de baignade, ce qui nécessite une étude plus approfondie.

En plus de ces 5 sites, des analyses ont été effectuées au niveau de 6 affluents de la Seine :

- Ecoute-s'il-pleut
- Orge
- Morte rivière
- Ru des Hauldres
- Ru des près Hauts
- Essonne

Le but de l'étude au niveau des affluents est d'avoir une idée sur la qualité des cours d'eaux alimentant la Seine et d'évaluer l'apport de pollution bactériologique par ceux-ci. L'annexe I présente en détails les sites de prélèvements en Seine et sur les affluents.

Organisation de la campagne

La campagne de prélèvement s'est déroulée pendant quatre mois, entre le 1er juin et le 30 septembre 2018, durant la période estivale. Cette période correspond à la possible période d'ouverture des futurs sites de baignade. Les prélèvements sur les cinq sites ont été effectués deux fois par semaine, le lundi et le jeudi en matinée. La fréquence de prélèvements a été établie en s'appuyant sur la méthode utilisée par le syndicat Mixte Marne Vive, dans le cadre de leur campagne de mesures bactériologiques en vue de l'objectif baignade de 2022 (6) et en fonction des contraintes financières. De plus, une fois par mois, un prélèvement a été réalisé sur les 6 affluents de la Seine, afin de connaître le « bruit de fond » sur les affluents. La campagne de prélèvement a été réalisée par les agents du service de l'eau de la Direction de l'Environnement du Conseil départemental de l'Essonne. Les paramètres physico-chimiques, précédemment développés, ont été mesurés sur les lieux de prélèvement, à l'aide de la sonde multi paramètre Odéon de Ponsel. Les analyses bactériologiques ont été effectuées par le laboratoire SGS d'Evry, certifié COFRAC. Les échantillons ont été apportés aux laboratoires de SGS par le CD91, directement après prélèvement, et les résultats reçus sous 10 jours. La méthode de quantification utilisée est la norme NF EN ISO 9308-3 pour la quantification des E.Coli et la norme NF EN ISO 47899-1 pour les entérocoques intestinaux. La limite de quantification est de 38 UFC/100ml.

RESULTATS

Dans cette partie, les résultats obtenus lors de la campagne de prélèvement sont détaillés.

Données météorologique

1. Les données de température

Les températures minimales et maximales journalières ont été récupérées sur la station météo france de Brétigny-sur-Orge. Le graphique suivant présente l'évolution des températures entre le 1er juin 2018 et le 30 septembre 2018.

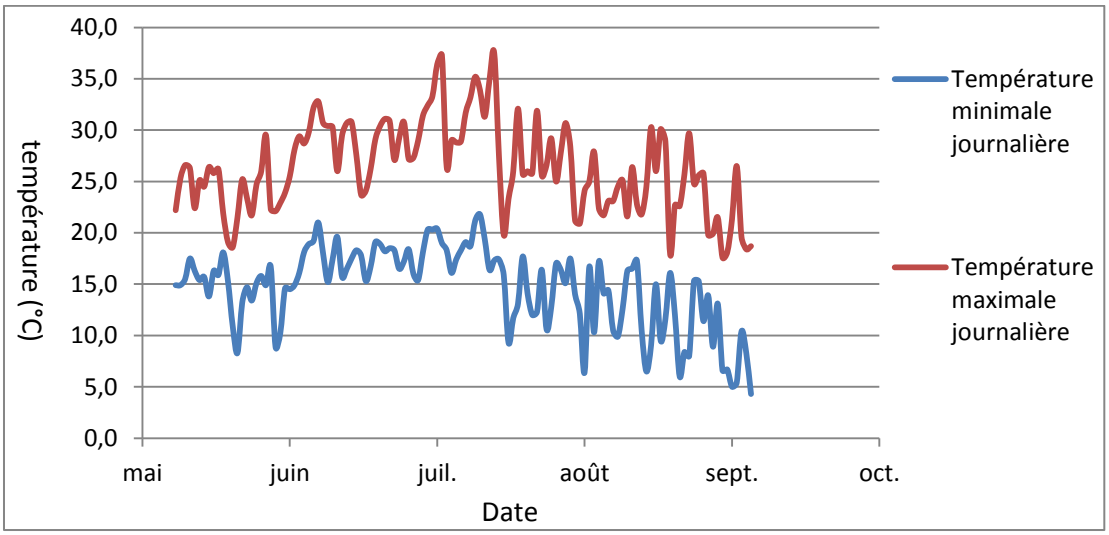


Figure 1 : Evolution des températures maximales et minimales à Brétigny sur Orge

Les températures minimales, moyennes et maximales sont synthétisées dans le tableau suivant :

Paramètre	Juin 2018	Juillet 2018	Août 2018	Septembre 2018
Température minimale moyenne (°C)	14,9	17,9	15,1	10,7
Température maximale moyenne (°C)	24,9	29,6	27,6	23,4
Température moyenne (°C)	19,9	23,75	21,3	17,05

Tableau 3 : Moyennes mensuelles des températures entre juin et septembre 2018

Ces données ont été comparées aux données moyennes à Bretigny-sur-Orge sur la période 1948-2002

Paramètre	Juin 2018	Juillet 2018	Août 2018	Septembre 2018
Température minimale moyenne (°C)	11,1	13	12,8	10,4
Température maximale moyenne (°C)	21.8	24.5	24,2	20,8
Température moyenne (°C)	16.4	18,8	18,5	15,6

Tableau 4 : Moyennes mensuelles des températures entre juin et septembre 2018 sur la période 1948-2002

Les températures minimales, moyennes et maximales mensuelles entre juin et septembre ont été supérieures d'environ 3°C aux moyennes constatées entre 1948 et 2002.

2. Les débits de la Seine et la pluviométrie

Le graphique ci-dessous présente la pluviométrie journalière et les débits mesurés, pendant la campagne de prélèvement entre juin et septembre, au niveau de Brétigny et de la station de Saint-Fargeau-Ponthierry. Le tableau 3 reprend les débits moyens mensuels (m3/s) et le cumul mensuel de la pluviométrie, durant la période d'étude.

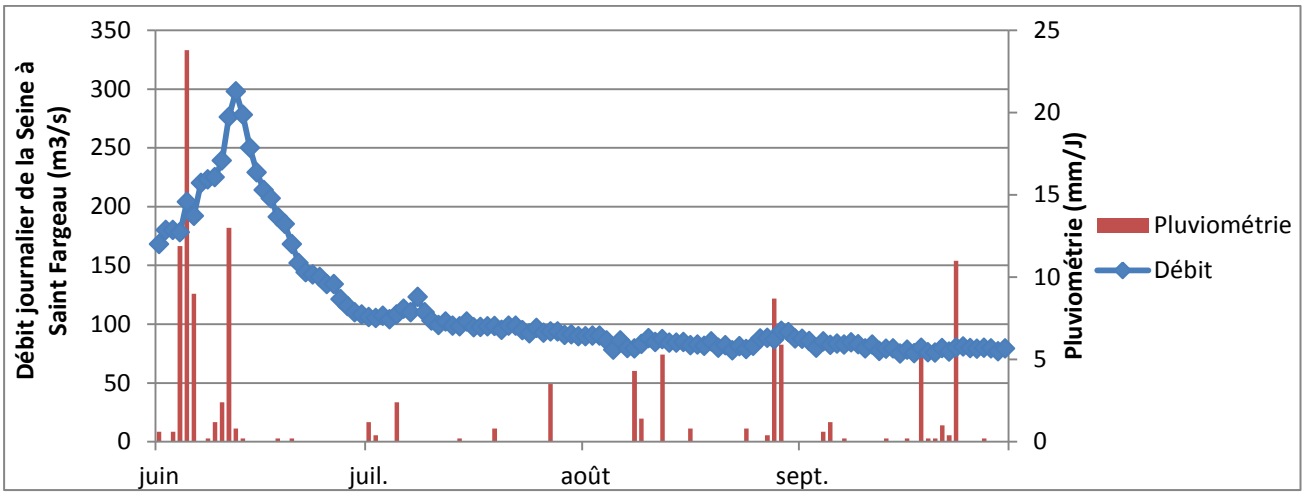


Figure 22 : Débit journalier de la Seine à Saint-Fargeau-Ponthierry et la pluviométrie de Brétigny pendant la campagne de mesure

Mois	Juin	Juillet	Aout	Septembre
Débit mensuel moyen (m3/s)	187	100	80,6	80
Pluviométrie (mm/mois)	64,1	8,5	27,6	20,6

Tableau 5 : Débit mensuel moyen et accumulation mensuelle des pluviométries mesurées pendant la campagne de prélèvement

Sur ce graphique, on peut observer une corrélation entre la pluviométrie et le débit de la Seine. Lors des épisodes de fortes pluies de début et mi-juin, le débit de la Seine a augmenté de plus de moitié, passant de 150 à 300 m3/s durant cette courte période de temps. Le débit a ensuite diminué assez rapidement jusqu'à début juillet, puis progressivement restant supérieur à un débit minimum de 80 m3/s. De faibles pluviométries ont déclenché le soutien d'étiage, réalisé par l'EPTB Seine Grands Lacs, à partir du mois de juillet. L'ensemble des données sur la période est disponible dans le bulletin mensuel d'octobre 2018 des lacs réservoirs de l'EPTB Seine Grand Lacs (7).

Les données de débit au niveau de la station de Saint-Fargeau-Ponthierry sont disponibles depuis 1999, permettant de comparer une période avec un débit moyen interannuel sur 20 ans. De plus, les données météorologiques au niveau de la station de Brétigny-sur-Orge sont disponibles entre 1981 et 2010, permettant d'obtenir un cumul mensuel de pluviométrie moyen interannuel sur 20 ans (8). Le graphique suivant présente les comparaisons effectuées pour le débit et la pluviométrie, sur un moyen interannuel de 20 ans.

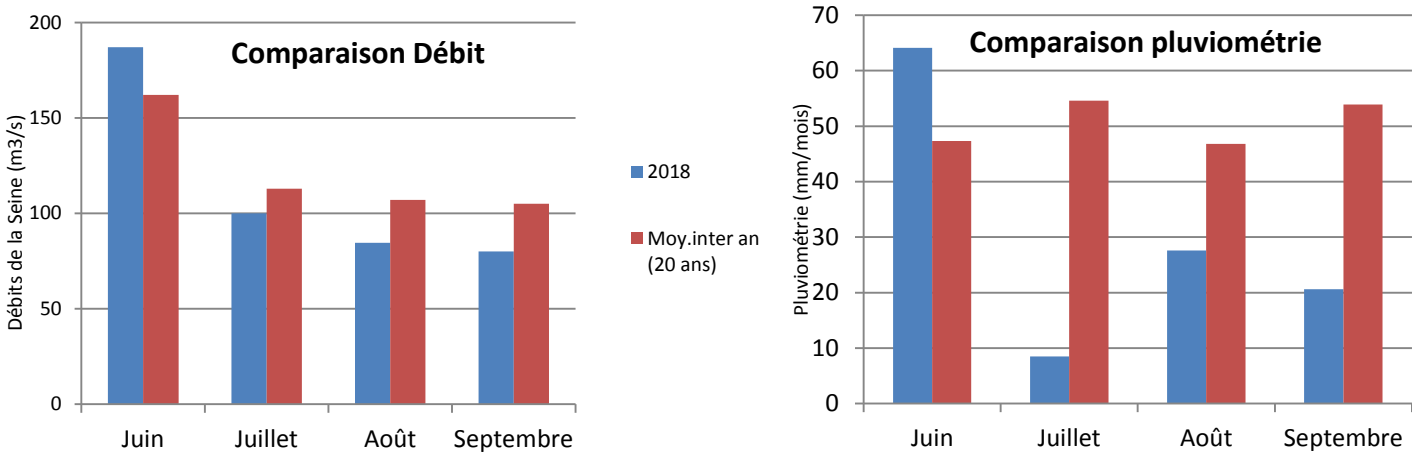


Figure 3 : Comparaison du débit et de la pluviométrie sur la période d'étude avec des moyens interannuels à Saint Fargeau Ponthierry.

Durant la campagne de prélèvement, les débits de la Seine de 2018 sont inférieurs de 10 à 30% au débit moyen interannuel entre juillet et septembre. Pour le mois de juin, les débits sont légèrement supérieurs, attestant des fortes pluies. Concernant la pluviométrie, on observe que l'année 2018 a été globalement plus sèche. Le mois de juillet a été particulièrement sec avec 6 fois moins de pluie que la valeur moyenne.

3. Débits des affluents

Une étude simplifiée des flux a été réalisée afin d'estimer la proportion de débit provenant des affluents. Le tableau 4 présente les débits moyens mensuels des stations, entre juillet et septembre 2018, obtenus à partir des données de la banque HYDRO (3), pour les cours d'eau de l'Essonne, à Ballancourt-Sur-Essonne, de l'Orge, à la station de Morsang-sur-Orge, et sur la Seine au niveau de Saint-Fargeau-Ponthierry. Pour les autres affluents, les données ne sont pas disponibles sur la banque HYDRO. Ces données sont fournies à titre indicatif en raison de l'éloignement des stations de la banque HYDRO des sites de mesure.

Mois	Juin	Juillet	Aout	Septembre	MOYENNE
Seine (m3/s)	187	100	85,6	80	**112,9**
Essonne (m3/s)	9,05	6,99	6,11	6,42	**7,14**
Orge (m3/s)	7,47	1,62	1,64	1,64	**3,09**

Tableau 6 : Débits mensuels (m3/s) de la Seine, de l'Orge et de l'Essonne entre juin et septembre

Résultats des 5 sites de prélèvements

1. Résultats physico-chimique

a. pH

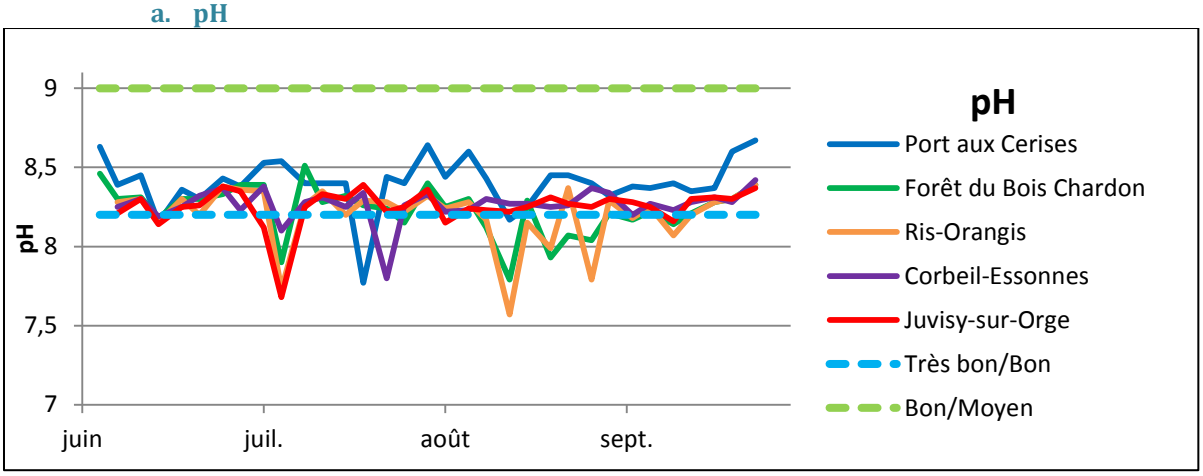


Figure 4 : Variation du pH entre Juin et septembre 2018 pour les 5 sites

Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau. Il est considéré comme en bon état écologique lorsqu'il se situe entre 6,5 et 9. En effet, dans cette gamme de valeur, il a un rôle tampon et assure une viabilité pour la vie aquatique. Lors de la campagne de prélèvement, les pH mesurés se situent entre 7,5 et 8,7, synonyme du bon état écologique.

b. Température

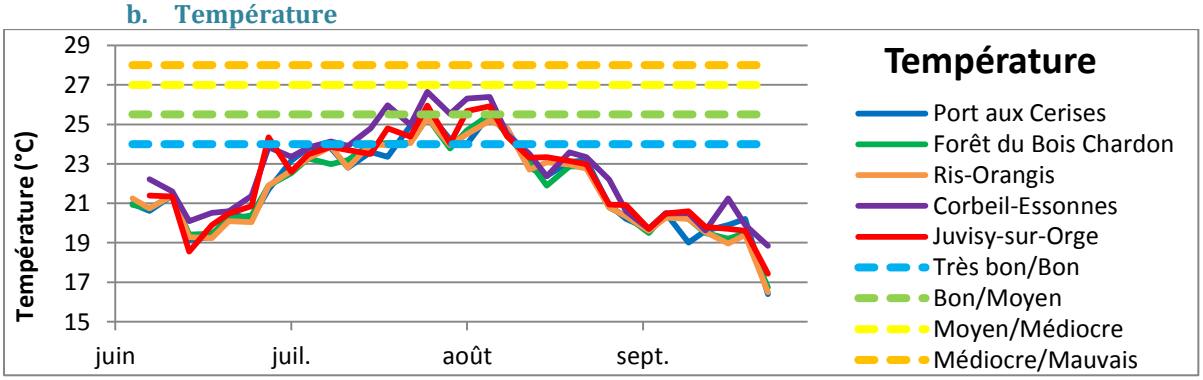


Figure 5 : Variation des températures entre Juin et septembre 2018

La figure 4 présente la variation des températures sur les 5 sites de prélèvements. La température dépend fortement de l'heure de prélèvement. Durant cette campagne de prélèvement, les mesures ont été effectuées en milieu de matinée. Les courbes de températures suivent la même tendance et augmentent entre début juin jusqu'à début août, où elles atteignent un pic de valeur, pour redescendre progressivement jusqu'à fin septembre. Les températures mesurées sont comprises entre 16 et 27 degrés, correspondant à un très bon à moyen état écologique.

c. Conductivité

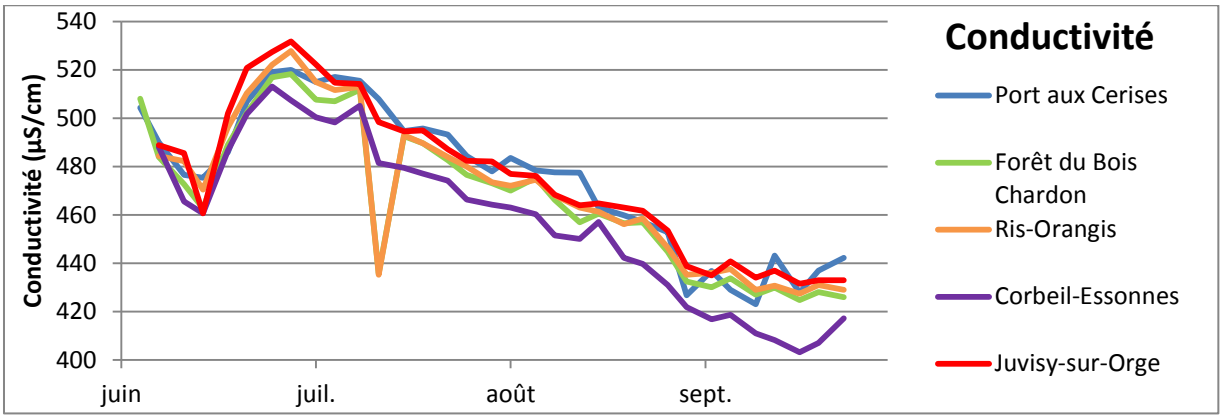


Figure 6 : Evolution de la conductivité en fonction du temps

Aucune valeur de conductivité n'est indiquée pour caractériser le bon état écologique des eaux. Cependant, ce paramètre peut être important pour révéler un cas de pollution ponctuelle en cas de fortes variations. La figure 5 présente l'évolution de la conductivité pour les 5 sites. On observe une forte augmentation entre mi-juin et début juillet, en raison des pluies, puis une diminution progressive jusqu'à fin septembre. Les 5 sites suivent la même tendance. On observe un pic de diminution à Ris-Orangis en juillet (il s'agit d'une valeur isolée pouvant être expliquée par un problème de matériel). Globalement, le site de Corbeil-Essonnes présente une conductivité plus faible que les autres sites.

d. Oxygène dissous

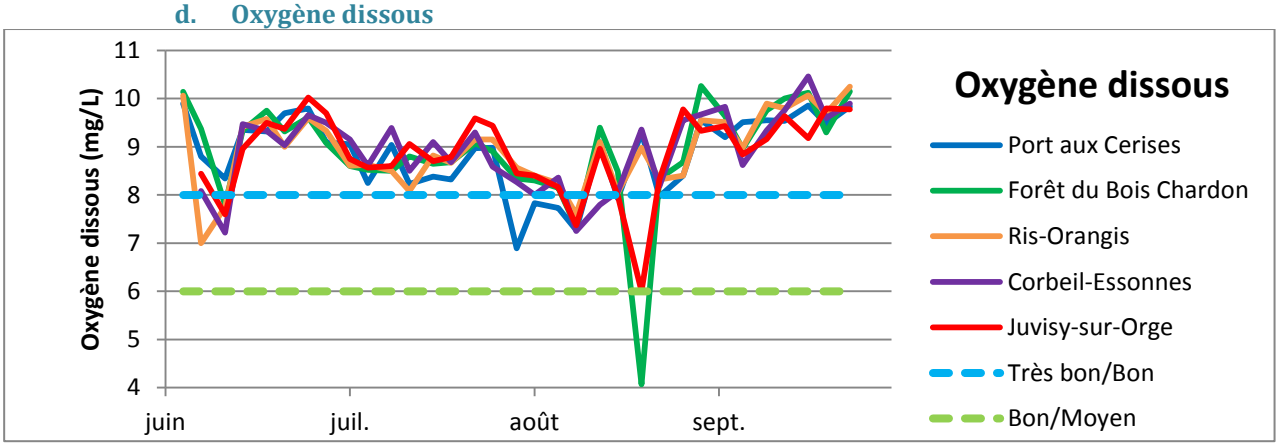


Figure 7 : Variation de l'oxygène dissous

La figure 7 présente la variation d'oxygène dissous pour les 5 sites. L'oxygène est un indicateur de l'état écologique d'un cours d'eau car il assure la survie des écosystèmes aquatiques. Le très bon à bon état écologique est défini pour une valeur supérieure à 8 mg/L et un moyen à bon état est défini pour des valeurs comprises entre 8 et 6 mg/L. Pour les 5 sites, les mesures se trouvent très majoritairement au-dessus de 8 mg/l révélant un très bon état écologique. Cependant, on observe deux pics plus bas pour le site de Juvisy et la Forêt du Bois Chardon, vers mi-août, restant inexpliqués.

e. Turbidité

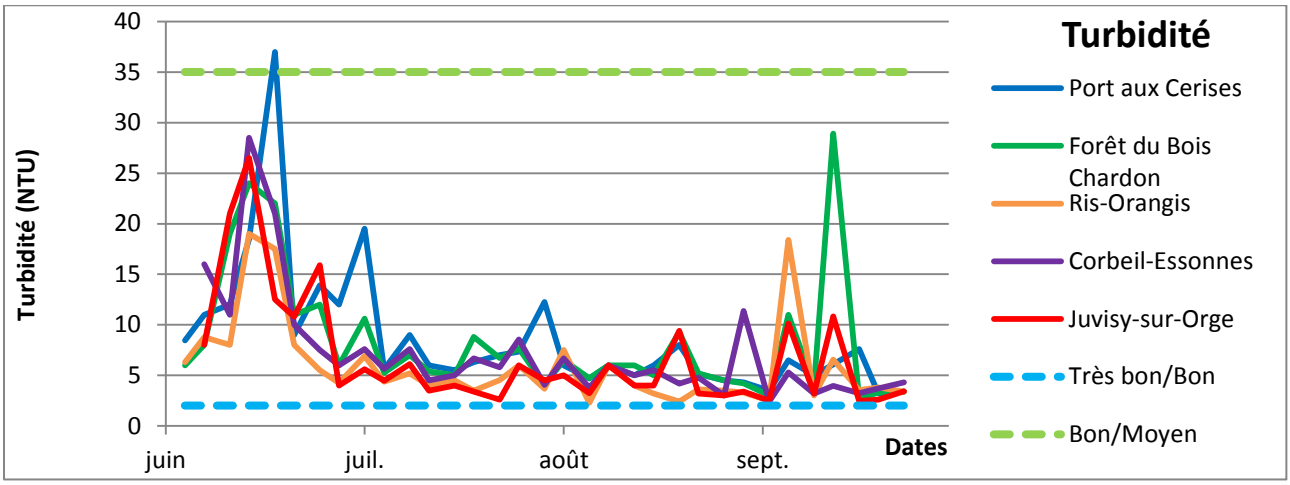


Figure 8 : Evolution de la turbidité

La figure 8 représente la turbidité en fonction de la date de prélèvement. Quand la turbidité se situe entre 2 et 35 NTU, le cours d'eau atteint le bon état écologique. On observe que les courbes de turbidité se suivent et on observe une augmentation globale en mi-juin, due aux fortes pluies, remettant en suspension les sédiments de la Seine. Les mesures de turbidité se situent au niveau d'un bon état écologique du milieu.

f. Synthèse des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques évalués sur les sites de prélèvements en Seine présentent donc une eau dite de bonne qualité au niveau physico-chimique au regard des valeurs de la Directive Cadre sur l'Eau, pour les paramètres mesurés.

2. Résultats bactériologiques

Dans cette partie, les résultats bactériologiques en Entérocoques intestinaux et Escherichia coli sont présentés. Dans un premier temps, les résultats globaux de la concentration vont être détaillés, puis chaque site sera analysé, avant une comparaison entre différents sites.

a. Résultats globaux

Escherichia coli

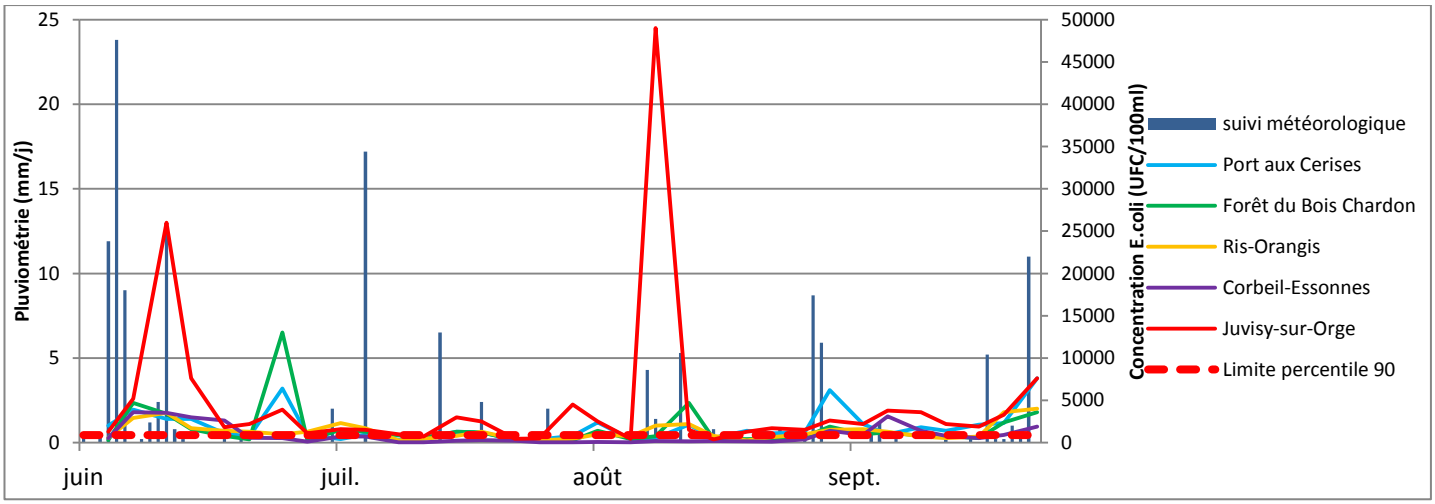


Figure 9 : Variation des concentrations en E.coli sur les sites de prélèvement avec la pluviométrie

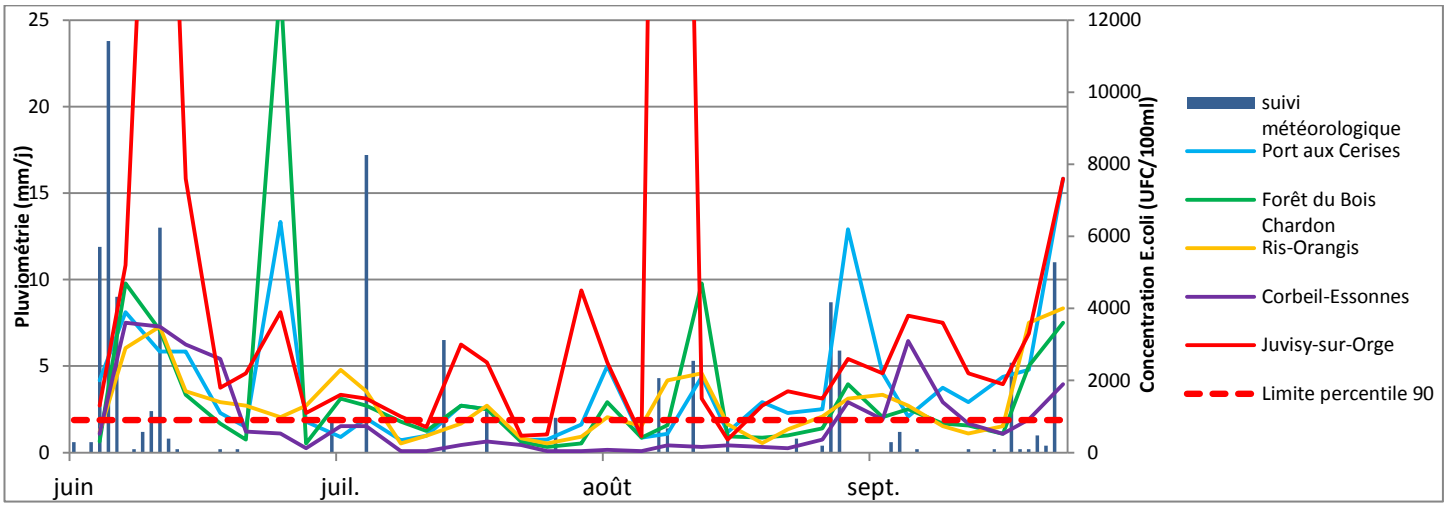


Figure 10 : Variation des concentrations en E.coli en négligeant les deux pics majeurs avec la pluviométrie

La figure 9 présente la variation des concentrations en E. coli sur les sites de prélèvement ainsi que la pluviométrie durant la période, représentée en histogramme bleue. On observe deux pics majeurs au niveau du site de Juvisy-sur-Orge. Afin de pouvoir mieux appréhender la variation en E. coli sur les autres sites, la figure 10 présente un zoom sur le reste des mesures.

La concentration en E. coli varie fortement en fonction des sites étudiés et en fonction de la date de prélèvement. Il peut y avoir de fortes variabilités entre deux points de mesure. Le seuil réglementaire du percentile 90 est représenté en pointillé rouge. On observe que la majorité des valeurs ne respecte pas la réglementation. Une corrélation entre des épisodes pluvieux et des pics de bactériologique peut être globalement observée.

Entérocoques intestinaux

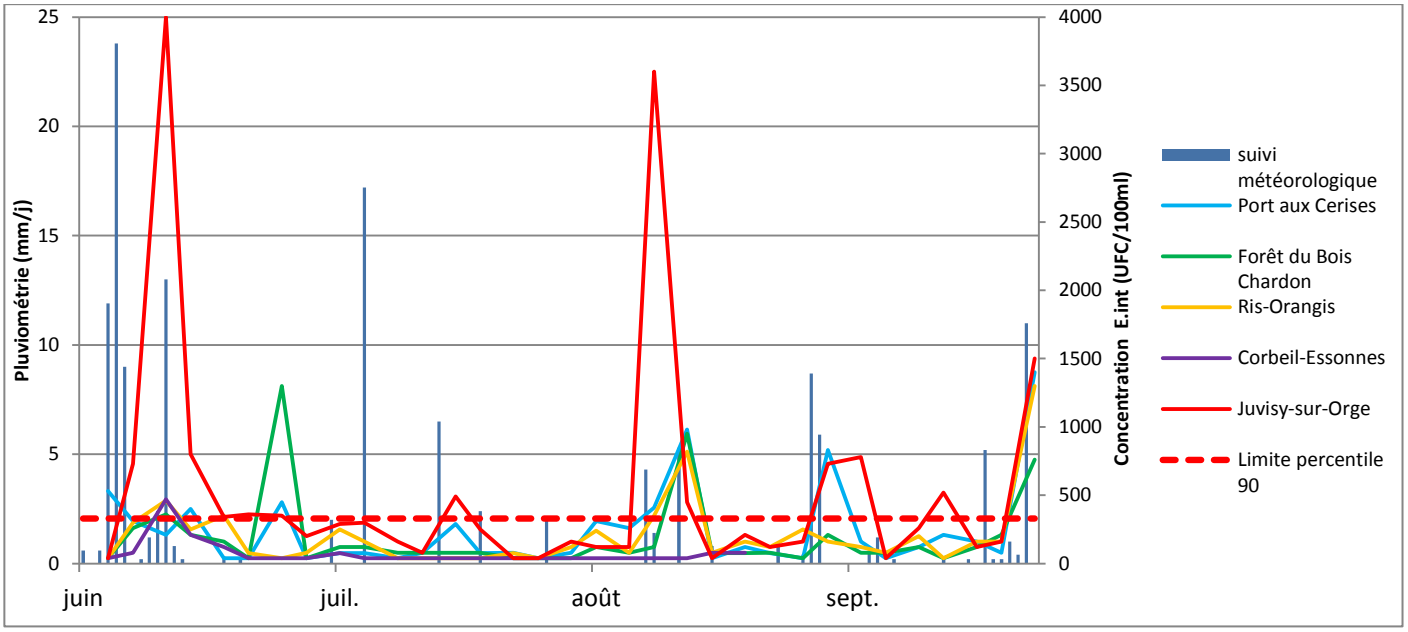


Figure 11 : Variation des concentrations en E.int sur les sites de prélèvement avec la pluviométrie

La figure 11 présente les concentrations en E.Int pour les 5 sites de prélèvements. On observe pour le site de Juvisy deux pics majeurs, aux mêmes dates que pour les pics de concentration en E.coli. Les concentrations obtenues en E.int sont moins importantes que les E. coli. De plus, la concentration en E.int semble plus stable et moins variable. En pointillé rouge, le P90 est présenté et on observe que la majorité des concentrations obtenues pour les E.int respecte ce seuil.

b. Site par site

Dans cette partie, les concentrations bactériologiques obtenues en détails sont présentées pour les 5 sites observés, des sites les plus en aval vers l'amont.

Port aux Cerises

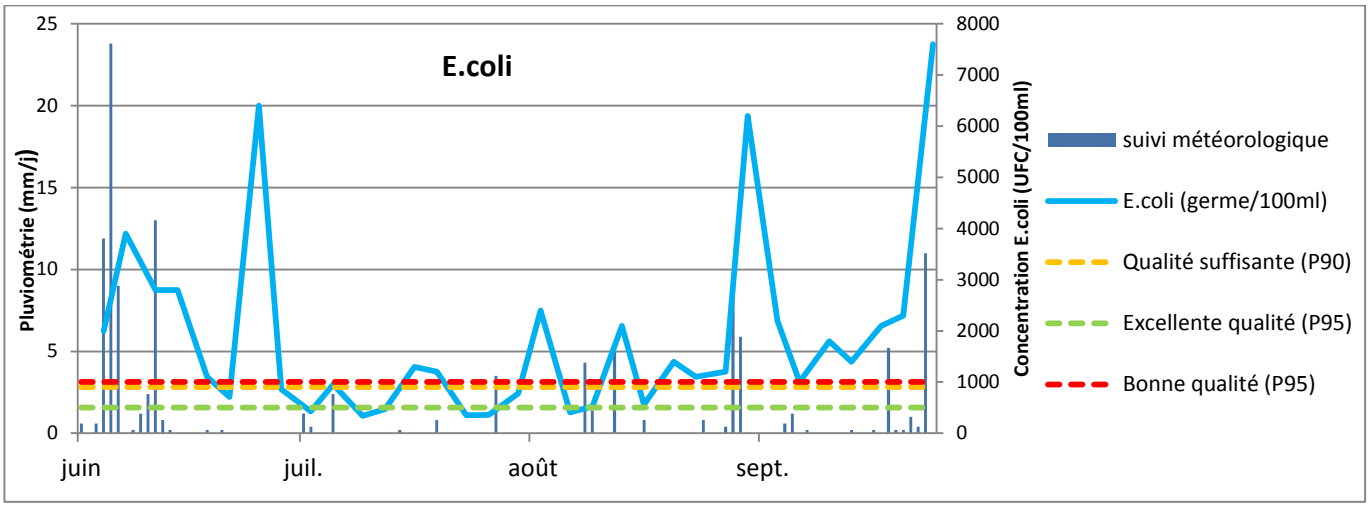


Figure 12 : Concentration en E. Coli pour le site de Port aux Cerises

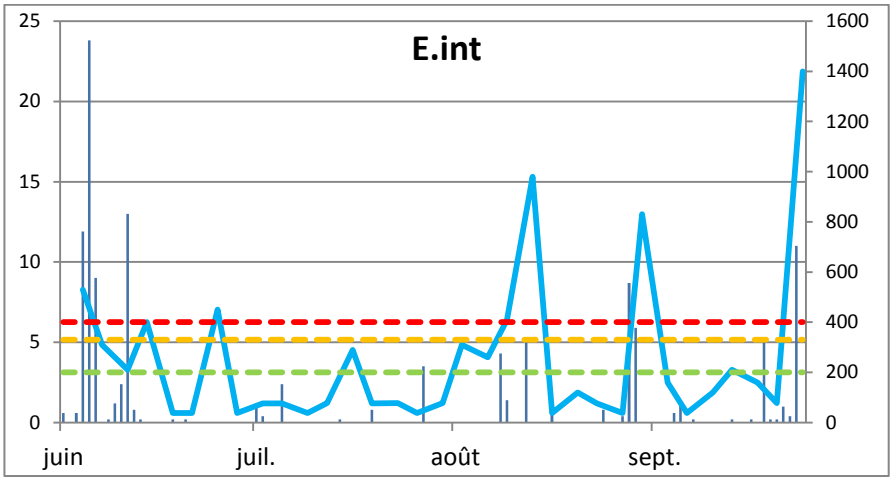


Figure 13 : Concentration en E.int pour le site de Port aux Cerises

Tableau 7 : Récapitulatif des données pour Port aux cerises

	E. coli	E.int
Moyenne	1850	245
Min	340	38
Max	7600	1400
Ecart-type	1796	307
P90	**3853**	**538**
P95	**5284**	**798**
% bonne qualité	39	81
% excellente qualité	18	55

La figure 10 représente les concentrations en E.coli et la figure 11, les concentrations en E.int, pour le site de Port aux cerises entre début juin jusqu'à fin septembre. Le tableau 5 présente un récapitulatif des données avec la moyenne, l'écart-type et le calcul des percentiles. Les deux percentiles ne sont pas respectés pour les paramètres bactériologiques. On observe que 81% des résultats en E.int respectent le seuil de bonne qualité contre 39% pour E.coli avec trois pics majeurs, survenant le 25 juin, le 30 août et le 24 septembre.

Juvisy-sur-Orge

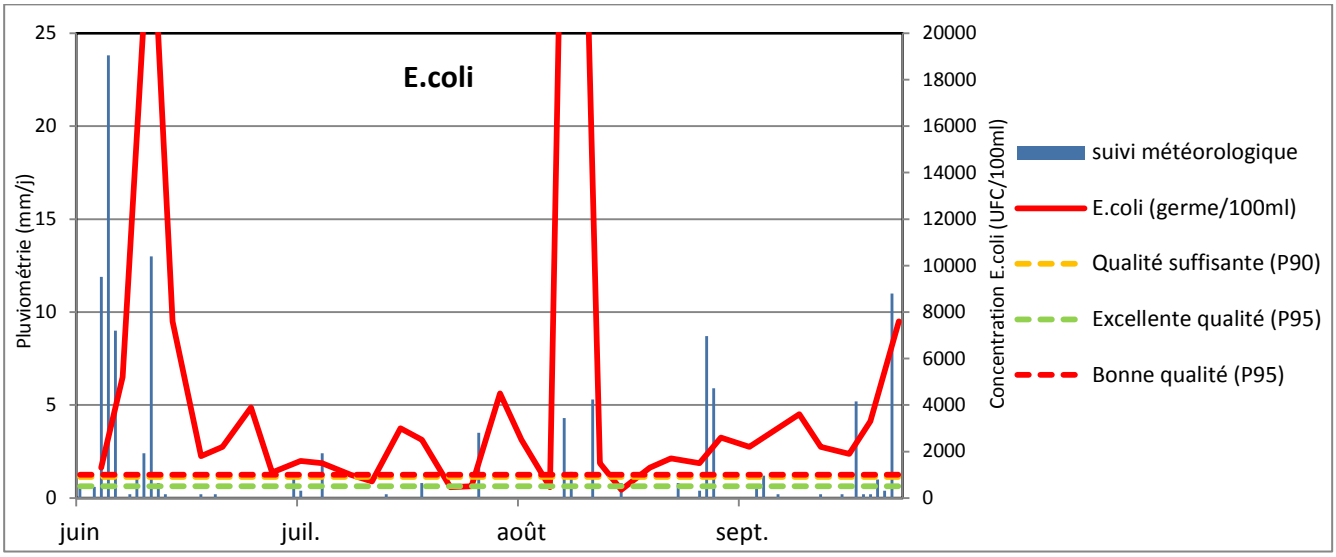


Figure 14 : Concentration en E.Coli pour le site de Juvisy

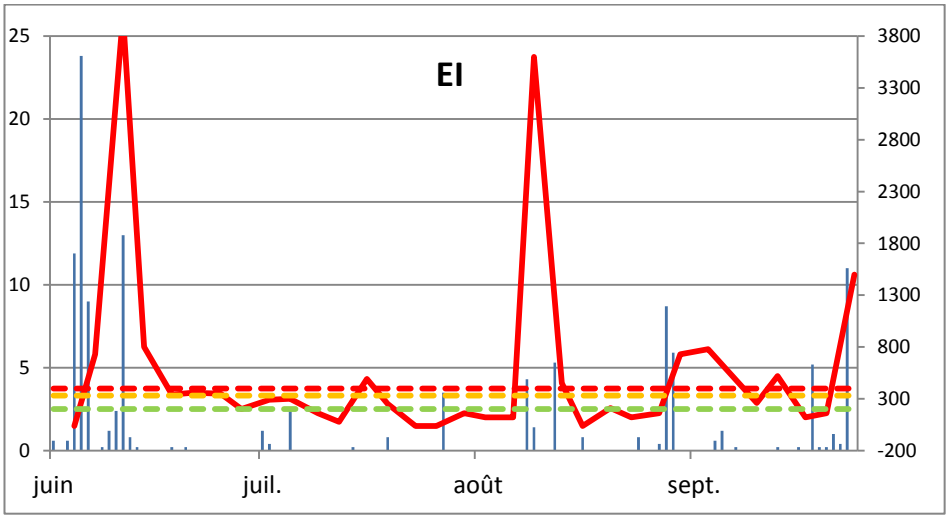


Figure 15 : Concentration en E.int pour le site de Juvisy

Tableau 8 : Récapitulatif des données pour Juvisy

	E.coli	E.int
Moyenne	4558	532
Min	360	38
Max	49000	3600
Ecart-type	9146	898
P90	**8494**	**1155,3**
P95	**12492**	**1803**
% bonne qualité	19	69
% excellente qualité	9	41

Le site de Juvisy-sur-Orge présente les résultats les moins bons. On observe deux pics majeurs de concentration en E.int et E.coli aux mêmes dates : le 11 juin et le 9 août. Le premier pic semble être corrélé avec la période de fortes pluies de début juin. Il y a également eu des pluies début août, mais moins importantes. Les deux percentiles ne sont pas respectés pour E.int et E.coli et 69% des résultats en E.int respectent le seuil de bonne qualité contre seulement 19% pour E.coli.

Ris-Orangis

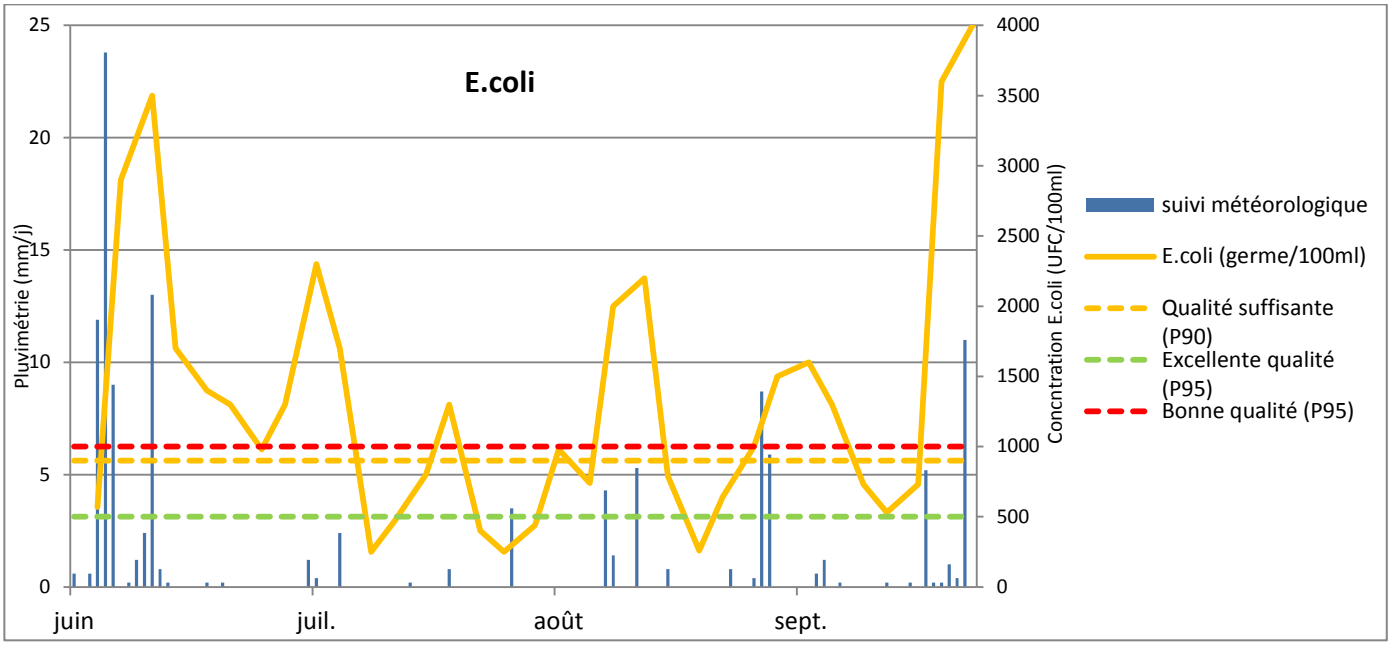


Figure 16 : Concentration en E. coli pour le site de Ris-Orangis

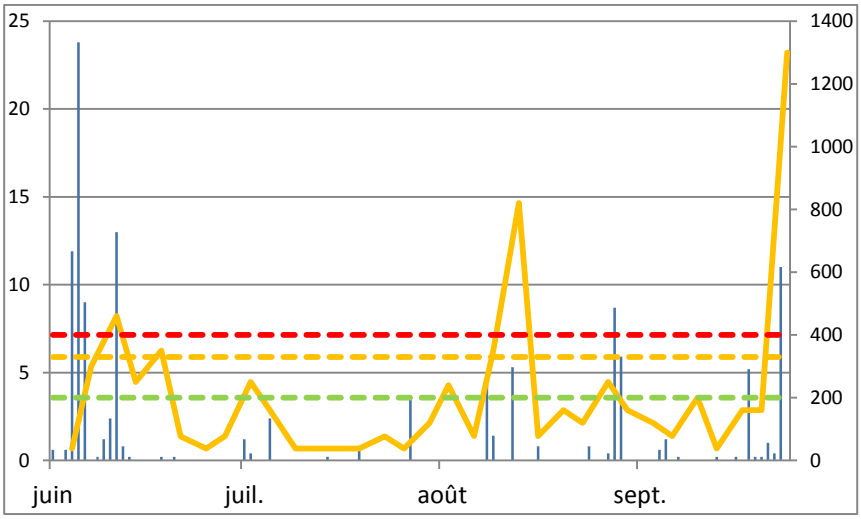


Figure 17 : Concentration en E. int pour le site de Ris-Orangis

Tableau 9 : Récapitulatif des données pour Ris-Orangis

	E.coli	E.int
Moyenne	1338	203
Min	250	38
Max	4000	1300
Ecart-type	993	253
P90	**2722**	**426**
P95	**3598**	**603**
% bonne qualité	45	91
% excellente qualité	18	67

Les figures 16 et 17 et le tableau 7 présentent les résultats bactériologiques obtenus au niveau du site de Ris Orangis. Les percentiles en E.coli ne sont pas respectés. De plus, les E.int dépassent également le seuil de conformité, même si les résultats restent proches de la limite de qualité suffisante avec seulement 3 valeurs au-dessus du seuil. On obtient 91 % des résultats en E.int respectant le seuil de bonne qualité contre 41% pour les E.coli et une moyenne de 1338 Nb/100mL en E.coli et 203 Nb/100mL en E.int.

Forêt du bois Chardon

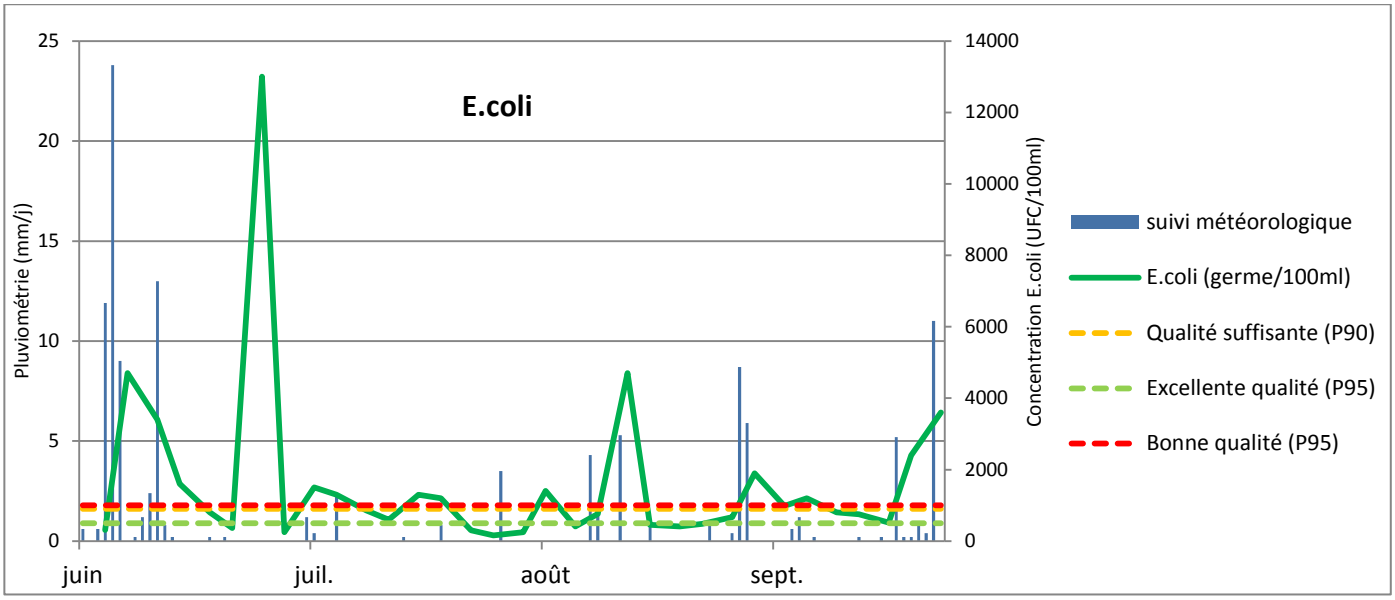


Figure 18 : Concentration en E. coli pour le site de Forêt du bois Chardon

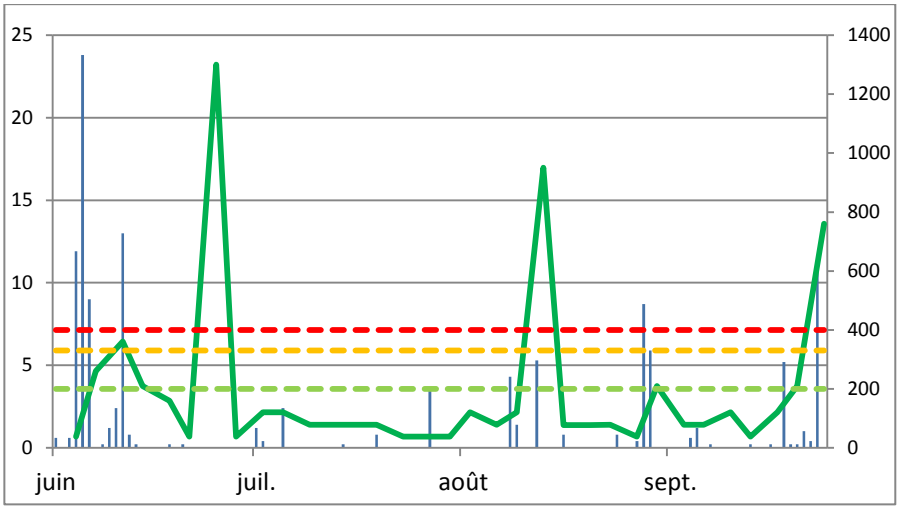


Figure 19 : Concentration en E.int pour le site de Forêt du bois Chardon

Tableau 10 : récapitulatif des données de Forêt du Bois Chardon

	E.coli	E.int
Moyenne	1616	193
Min	160	38
Max	13000	1300
Ecart-type	2374	280
P90	**3309**	**361**
P95	**4759**	**511**
% bonne qualité	58	91
% excellente qualité	33	76

Les figures et le tableau ci-contre présentent les résultats bactériologiques pour le site de la Forêt du Bois Chardon. Pour les E.coli et les E.int, on observe deux pics majeurs, le 25 juin et le 13 août, augmentant les valeurs des percentiles, supérieurs aux seuils réglementaires. Pour les E.int, les percentiles obtenus sont très proches de la réglementation; cependant, ils n'atteignent pas les valeurs réglementaires. On observe que 91 % des résultats en EI respectent le seuil de bonne qualité contre 58% pour EC.

Corbeil-Essonnes

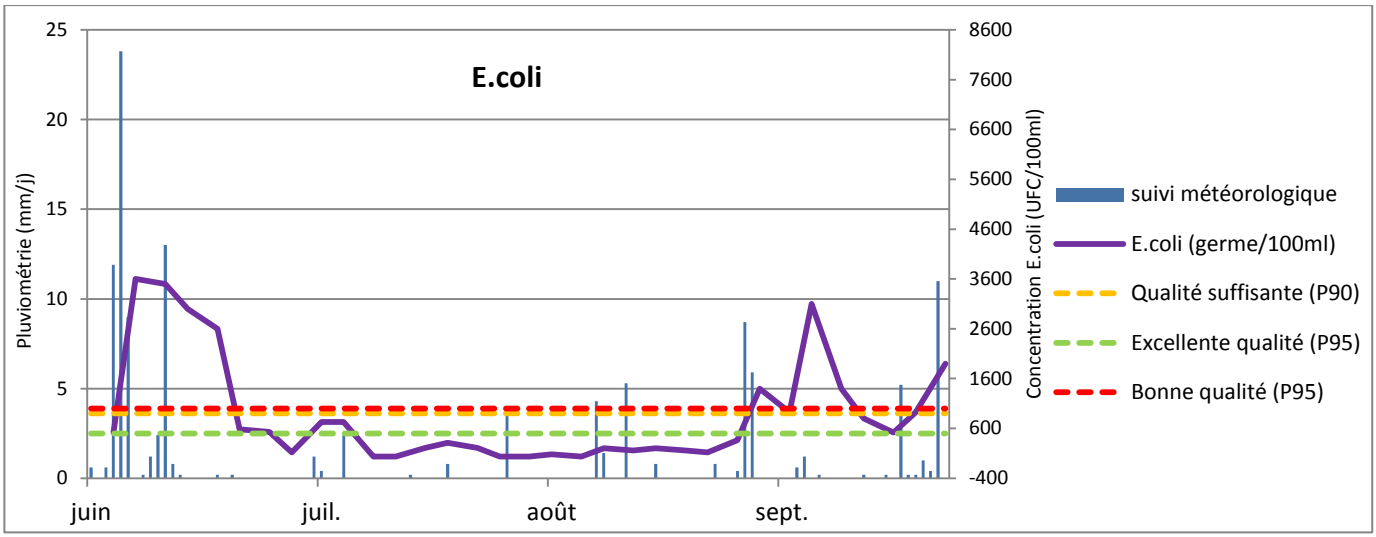


Figure 20 : Concentration en E. coli pour le site de Corbeil-Essonnes

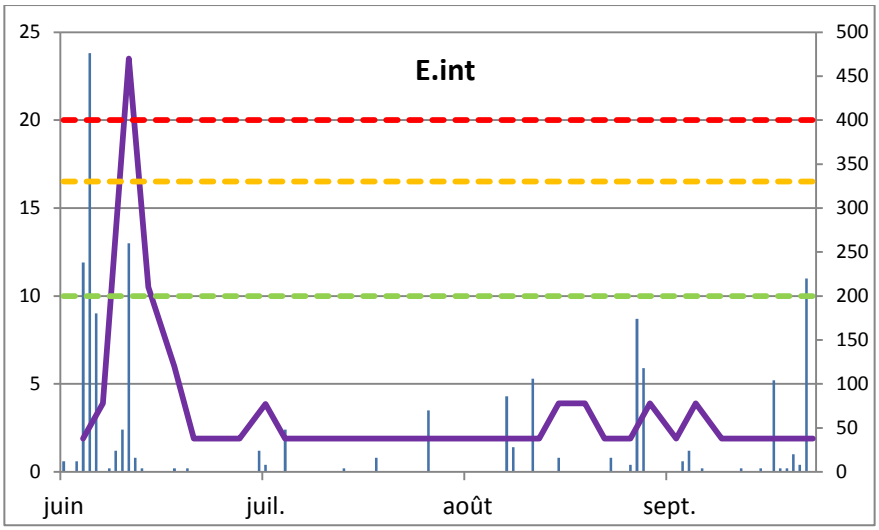


Figure 21 : Concentration en E. int pour le site de Corbeil-Essonnes

Tableau 11 : Récapitulatif des données pour le site de Corbeil Essonnes

	E. coli	E.int
Moyenne	954	86
Min	38	38
Max	3600	730
Ecart-type	1116	72
P90	**2423**	**106**
P95	**4120**	**129**
% bonne qualité	73	97
% excellente qualité	48	94

Corbeil-Essonnes est le site de prélèvement le plus en amont de la zone d'étude. Il se situe avant les rejets des STEP d'Evry et de Corbeil-Essonnes. C'est également le site obtenant les meilleurs résultats en suivi journalier. En effet, 73% des valeurs sont de bonne qualité pour les E. coli et 94% en excellente qualité pour les E.int. Les percentiles 90 et 95 sont respectés pour les E.int et ils atteignent même les seuils d'excellente qualité. Cependant, les valeurs les E.coli n'atteignent pas les valeurs seuils de qualité suffisante en raison de l'écart-type important.

c. Comparaison entre sites

Ris-Orangis et Corbeil-Essonnes

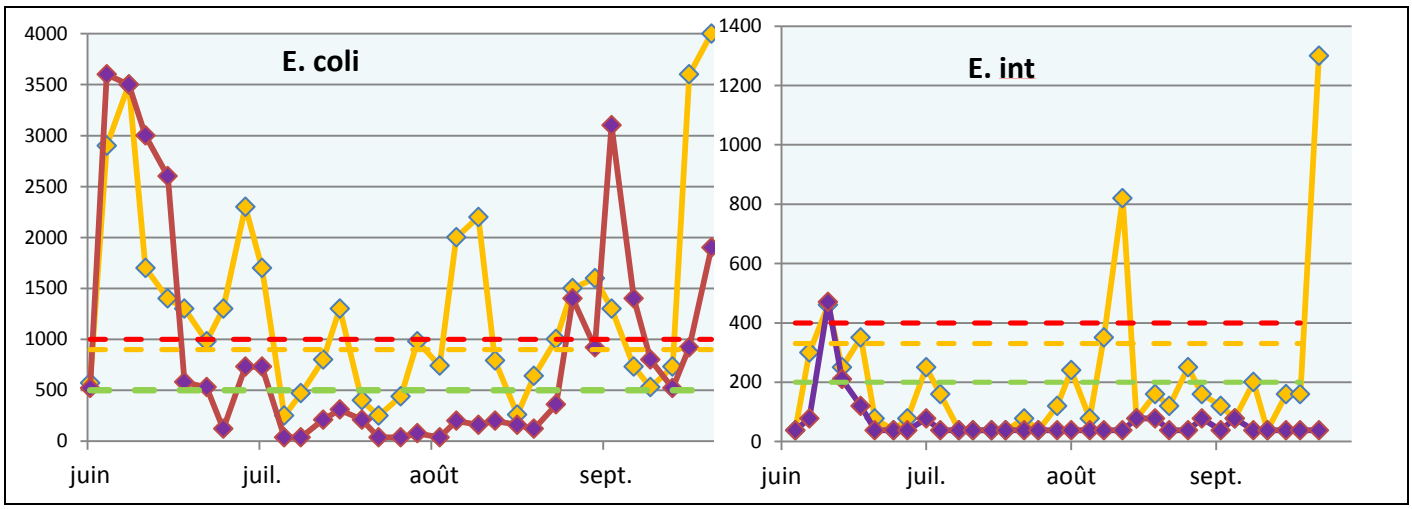
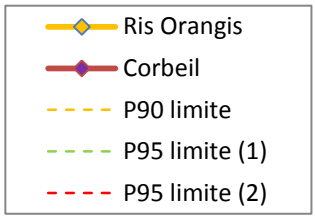


Figure 22 : Comparaison des résultats bactériologiques entre Ris et Corbeil



Cette comparaison vise à illustrer le probable impact des rejets des STEPs d'Evry et de Corbeil-Essonnes. Le site de Ris Orangis se situe en aval de ses rejets et le site de Corbeil-Essonnes se situe en amont. Ces raisons peuvent expliquer, en partie, les différences de qualité bactériologique observées sur les deux sites, et témoignent de l'apport de pollution engendré avec les rejets de STEP. Néanmoins il est intéressant de constater que les valeurs en E.Coli sont supérieures à Corbeil-Essonnes entre le 7 juin et le 18 juin alors qu'on est en amont des stations d'épuration. Il sera intéressant de chercher une explication à ce phénomène qui semble montrer une très forte réactivité du bassin versant en amont de Corbeil-Essonnes en cas de pluie. Les valeurs sur le site de Ris-Orangis peuvent être satisfaisantes à certaines périodes au regard des seuils réglementaires malgré l'apport permanent des rejets des stations d'Evry-Corbeil.

Ris-Orangis et Forêt du bois Chardon

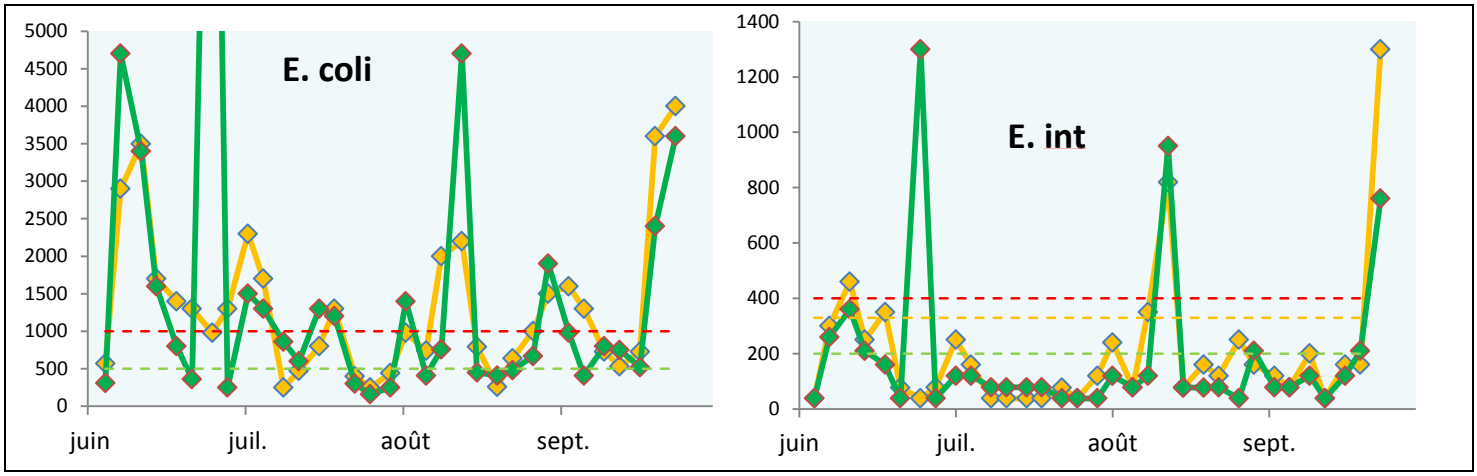
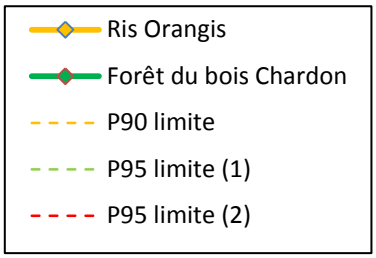


Figure 23 : Comparaison des résultats bactériologiques entre Ris et la Forêt



Cette comparaison vise à illustrer une différence de qualité entre rive droite et rive gauche. Ces deux sites se situent au même niveau sur la Seine avec Ris Orangis se situant en rive gauche, plus urbanisée, et la Forêt du Bois Chardon, en rive droite, moins urbanisée. On observe que les résultats suivent globalement la même tendance et sont cohérents indiquant une certaine homogénéité de la qualité bactériologique au niveau du tronçon de la Seine. Néanmoins, certains pics en rive droite sont difficilement explicables. L'effet de rive est donc localement moins important qu'attendu.

Résultats au niveau des Affluents

1. Résultats physico-chimiques

La figure 24 présente les paramètres physico-chimiques obtenus au niveau des affluents. Les valeurs en pointillés bleues représentent les seuils d'excellents à bon état écologique et les zones vertes de bon à moyen état. La qualité des paramètres physico-chimiques mesurées et au niveau des affluents se situe entre excellent et moyen.

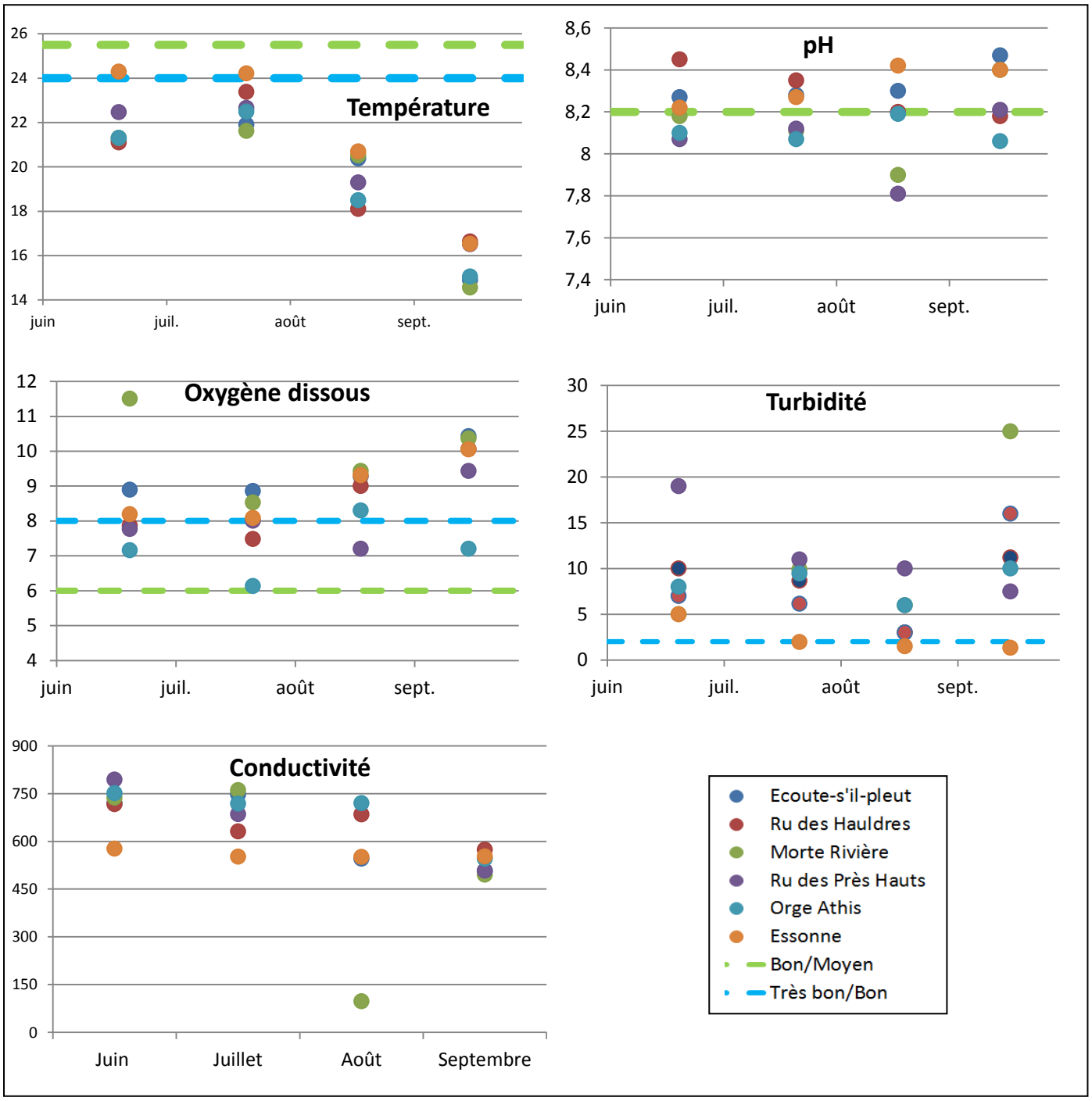


Figure 24 : Paramètres physico-chimiques des affluents

2. Résultats bactériologiques

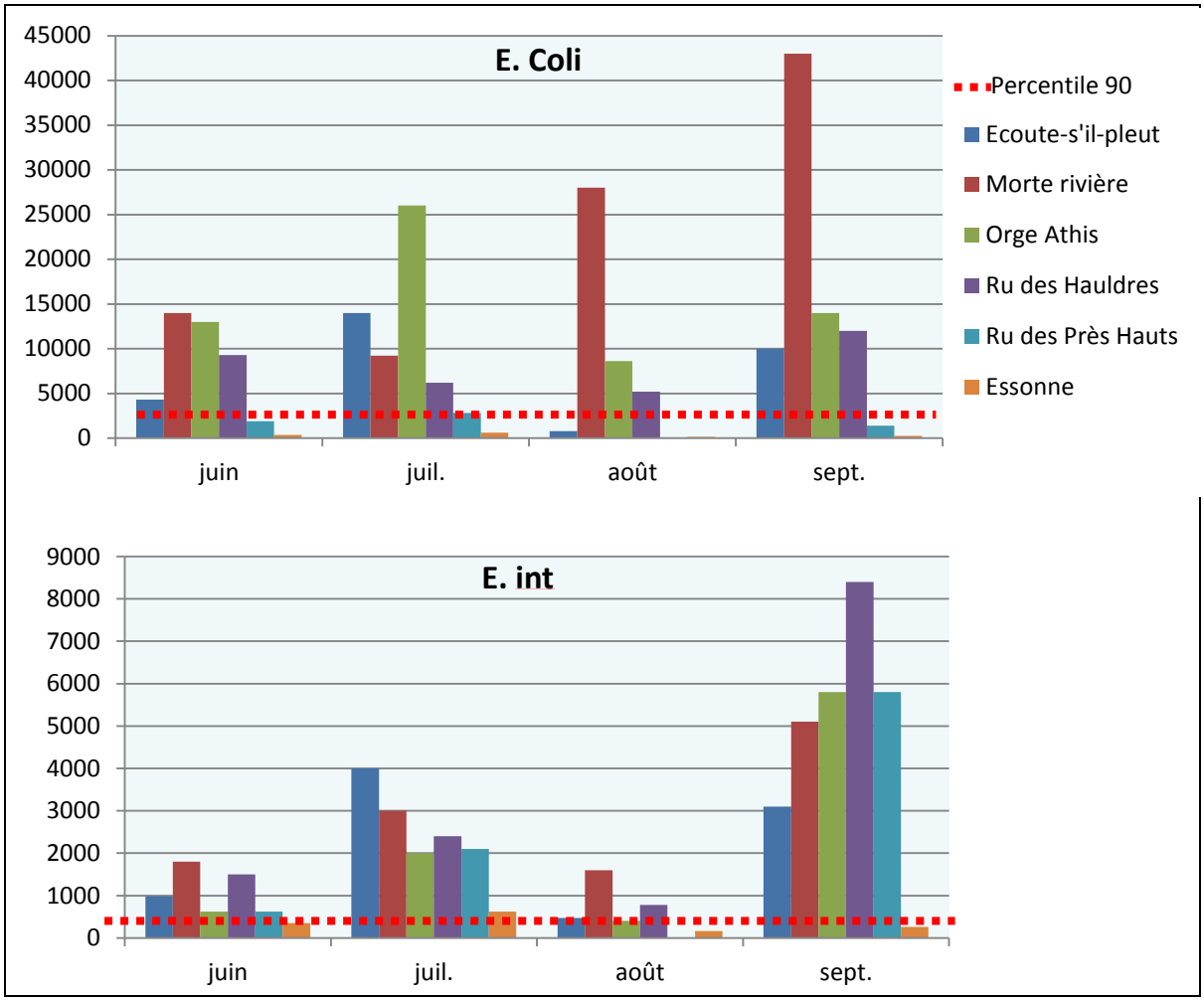


Figure 25 : Résultats bactériologique des affluents

La figure 25 présente les concentrations en E.coli et E.int mesurées au niveau des affluents par rapport au seuil réglementaire du percentile 90 (qualité suffisante). Les prélèvements ont été effectués le 28 juin, 30 juillet, 27 août et 24 septembre. Au vu de la faible fréquence de prélèvement, il est difficile de faire une analyse approfondie. Cependant, on peut toutefois conclure que les concentrations bactériologiques des affluents avant la confluence sont beaucoup plus importantes que dans la Seine et qu'elles dépassent très fortement les limites réglementaires en terme de qualité des eaux de baignades. On remarque que la rivière de l'Essonne semble faire exception et que sa qualité est meilleure que les autres affluents.

Synthèse et comparaison avec la réglementation

Cette partie consiste à faire une synthèse et une comparaison avec la réglementation. De plus, différentes analyses ont été réalisées en modifiant la période d'étude (période estivale compris entre juillet et août ou entre mi-juin à mi-septembre) et en écartant 15% des valeurs.

1. Synthèse des données percentiles globale

Le tableau 10 présente les valeurs des percentiles 90 et 95 pour E.coli et E. int obtenues pour les mois de la campagne de mesure, en prenant en compte l'ensemble des résultats.

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) E.coli	3853	8494	3309	2722	2423
P(95) E.coli	5284	12492	4759	3598	4120
P(90) E.int	538	1155	361	426	**106**
P(95) E.int	798	1803	511	604	**129**

Tableau 12 : Synthèse des valeurs percentiles sur les 5 sites de prélèvement

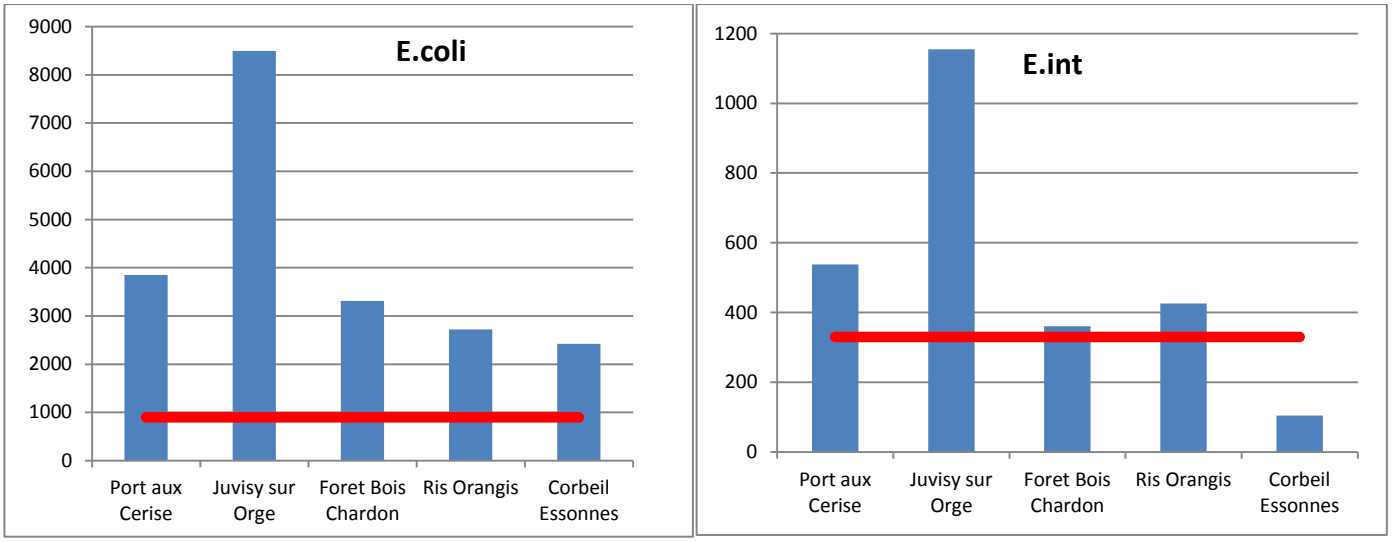


Figure 26 : Histogramme des percentiles 90 pour E. coli et E.int sur les 5 sites

Le tableau présente les percentiles site par site, pour E.coli et E.int. La figure 26 représente l'histogramme des valeurs en percentile 90 P(90) pour les 5 sites, avec le seuil de qualité suffisante pour la baignade, représenté par la ligne rouge. On peut constater que pour les E. Coli, les valeurs de percentiles varient entre 2 722 et 8 494 soit entre 3 et 9.5 fois la valeur limite. Le site ayant le meilleur résultat de percentile est Corbeil-Essonnes, devant Ris Orangis et la Forêt du bois Chardon.

Pour les E.int, on remarque que Corbeil-Essonnes est le seul point respectant les seuils réglementaires, atteignant même le seuil d'excellente qualité. Les sites de Ris-Orangis et de la Forêt du Bois Chardon sont proches de la valeur réglementaire et la valeur du site de Juvisy dépasse de 3.5 fois la valeur réglementaire.

2. Analyse avec 85% des données sur l'ensemble de la campagne (de Juin à Septembre)

Dans le guide sur l'élaboration d'un profil de baignade (9) , il est indiqué que 15% des valeurs peuvent être écartées en cas de pollution à court terme. Une analyse a donc été réalisée en écartant les 4 jours ayant obtenu les moins bons résultats en E. coli, car il s'agit du paramètre le plus pénalisant. Le tableau 11 présente les jours pour lesquels les valeurs ont été écartées.

Néanmoins la possibilité de ne pas tenir compte de certaines données dans la limite de 15% devra être validée par l'Agence Régionale de Santé.

	Port aux Cerise	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes	Juvisy sur Orge
Jours Retenus	07-juin	07-juin	07-juin	07-juin	07-juin
	25-juin	11-juin	11-juin	11-juin	11-juin
	02-août	25-juin	20-sept	14-juin	14-juin
	24-sept	13-août	24-sept	06-sept	06-sept

Tableau 13 : Jours écartés pour la première analyse

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) E.coli	2770	4049	1898	1987	1449
P(95) E.coli	3636	5256	2497	2518	2315
P(90) E.int	407	617	**215**	**318**	**66**
P(95) E.int	587	860	**277**	434	**73**

Tableau 14 : Valeurs des percentiles de l'analyse 1

Le tableau 14 reprend les valeurs des percentiles recalculés en écartant les jours les plus impactant. Les valeurs en E.coli restent, pour tous les sites, supérieures aux valeurs réglementaires. Les valeurs pour Corbeil-Essonnes, Ris Orangis et la Forêt du Bois chardon sont encore 2 à 3 fois supérieures à la limite réglementaire. On remarque également que le percentile ayant diminué le plus est celui du site de Juvisy, avec une division de sa valeur par deux.

En revanche, pour les E.int, les valeurs réglementaires sont respectées pour la Forêt du Bois Chardon, Corbeil-Essonnes, et pour Ris Orangis.

3. Analyse pour la période de baignade entre Juillet et Août

La période de baignade surveillée et réglementée s'étend généralement entre juillet et août. Cette analyse prend en compte cette période en écartant les données obtenues en juin et en septembre.

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Forêt Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) E.coli	2385	6630	2134	2040	658
P(95) E.coli	3195	10016	2893	2683	996
P(90) E.int	463	801	**234**	359	**65**
P(95) E.int	680	1216	**309**	499	**73**

Tableau 15 : Percentiles pour Juillet et Août

Pour une période d'analyse s'effectuant de juillet à août, on observe que les percentiles sont globalement meilleurs que pour la période de mesure de juin à Septembre. Le site de Corbeil-Essonnes respecte les valeurs seuils de qualité suffisante à la baignade. De plus, les valeurs de percentiles en E.int respectent la valeur seuil pour le site de la Forêt du Bois Chardon.

L'analyse sur Juillet et Août est réalisée également en utilisant 85% des valeurs. On écarte donc 2 valeurs, correspondant au moins bon résultat en E.coli sur cette période. Les résultats peuvent être observés dans le tableau 16.

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) E.coli	1522	3201	1474	1647	414
P(95) E.coli	1891	4211	1890	2115	587
P(90) E.int	342	409	**125**	**253**	**57**
P(95) E.int	484	554	146	335	63

Tableau 16 : Percentiles pour Juillet à Août avec 85% des valeurs

En écartant 15% des valeurs les moins bonnes, on observe globalement des valeurs de percentiles très proches des valeurs seuils et le site de Corbeil-Essonnes respecte la réglementation en atteignant le seuil d'excellente qualité pour les E.int. De plus, les sites de Ris Orangis et la Forêt du bois Chardon respectent également les seuils d'excellente qualité pour les E.int, les valeurs seuils en E.coli étant encore trop élevées mais proches des seuils.

4. Analyse pour la période entre le 15 Juin au 15 septembre

Pour compléter l'analyse effectuée, une dernière période de mesure intermédiaire a été choisie pour le calcul des percentiles : de mi-juin à mi-septembre. Le tableau 17 présente les résultats obtenus sur cette période :

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) Ecoli	2823	6250	2637	2027	1476
P(95) Ecoli	3781	8944	3716	2587	2423
P(90) EI	405	827	284	317	67
P(95) EI	588	1225	393	434	76

Tableau 17 : Percentiles sur la période de 15 Juin au 15 Septembre

De plus, l'analyse sur 85 % des résultats a également été réalisée et les résultats obtenus sont affichés dans le tableau 18.

	Port aux Cerise	Juvisy sur Orge	Foret Bois Chardon	Ris Orangis	Corbeil Essonnes
P(90) Ecoli	1918	3459	1416	1678	874
P(95) Ecoli	2401	4445	1786	2098	1337
P(90) EI	307	620	130	222	61
P(95) EI	432	878	154	288	68

Tableau 18 : Percentiles sur la période de 15 Juin au 15 Septembre avec 85% des valeurs

On observe que pour tous les sites, excepté Juvisy, la qualité suffisant de baignade a été atteinte pour les entérocoques intestinaux. Cependant, pour les E.coli, les valeurs des percentiles sont encore supérieures à la valeur réglementaire sauf pour le site de Corbeil-Essonnes.

DISCUSSION

Afin de compléter l'analyse de la campagne de mesure de 2018, quelques points restent à affiner :

- Collecter des données afin de pousser l'analyse plus finement sur la détermination des pics bactériologiques non corrélés avec des phénomènes pluvieux. Les rejets des déversoirs d'orage et les chômages des STEP d'Evry et de Corbeil-Essonnes survenus pendant la campagne de prélèvement doivent être récoltés auprès des acteurs de l'assainissement.
- Pousser l'analyse sur l'impact des affluents sur la qualité bactériologique de la Seine.

La préparation de la prochaine campagne de mesure pour l'année 2019 nécessite:

- L'identification des sites de prélèvement en prenant en compte la volonté des acteurs locaux, la qualité bactériologique, les contraintes du site (prise d'eau potable, périmètre de sécurité, différent usages …)
- La définition des prescriptions techniques : fréquence d'analyse, paramètres à mesurer lors de la campagne (paramètres bactériologiques, analyse d'ammonium, chlorophylle…) en cohérence avec les autres projets sur la Seine et sur la Marne.

Conseils pour la prochaine campagne de mesure :

- Lors de la prochaine campagne d'analyse, deux points de mesures, en amont et en aval d'un affluent, peuvent être effectués afin de voir l'impact de la pollution sur la Seine.
- Pour la prochaine campagne de mesure, il pourra être intéressant d'utiliser des données pluviométriques plus proches des sites de prélèvements. Effectivement, la pluviométrie est un phénomène très local. Ceci pourra permettre de mieux comprendre les résultats obtenus et les apparitions de pics bactériologiques actuellement inexpliqués.
- Prendre un contact préalable avec les gestionnaires de réseau pour communiquer sur les évènements particuliers.

CONCLUSION

Ce rapport présente la campagne de mesure réalisée par le service de l'eau du Conseil Départemental de l'Essonne lors de la saison estivale de l'année 2018. Le but de cette campagne est d'avoir une vision plus précise de la qualité bactériologique de la Seine, sur le tronçon essonnien, afin de déterminer la faisabilité du projet sur la reconquête de la baignade. Les résultats obtenus sont encourageants même si la qualité n'atteint pas les seuils de la réglementation. Il reste donc des efforts à mener sur la qualité de la Seine en améliorant le système d'assainissement. Un travail de collecte de données sur la performance de l'assainissement est nécessaire afin de d'identifier les bassins versants prioritaires et de définir un plan d'action.

BIBLIOGRAPHIE

1. **SERVAIS, Pierre, BILLEN, Gilles; GARCIA-ARMISEN, Tamara; GEORGE, Isabelle; GONCALVES, Alexandre; THIBERT, Sylvie.** *La contamination microbienne dans le bassin de la Seine;* 2009. 978-2-918251-07-1.

2. **Parlement Européen et conseil.** *Directive 2006/7/CE concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade.* Journal officiel du 15 février 2006.

3. **Direction Régionale de l'Environnement.** *Qualité des cours d'eau en île de france, évolution des critères d'évaluation pour la DCE .* 2007.

4. **Agende de l'Eau.** *Système d'évaluation de la qualité de l'eau et des cours d'eau (SEQ-Eau version 2.* 2003 .

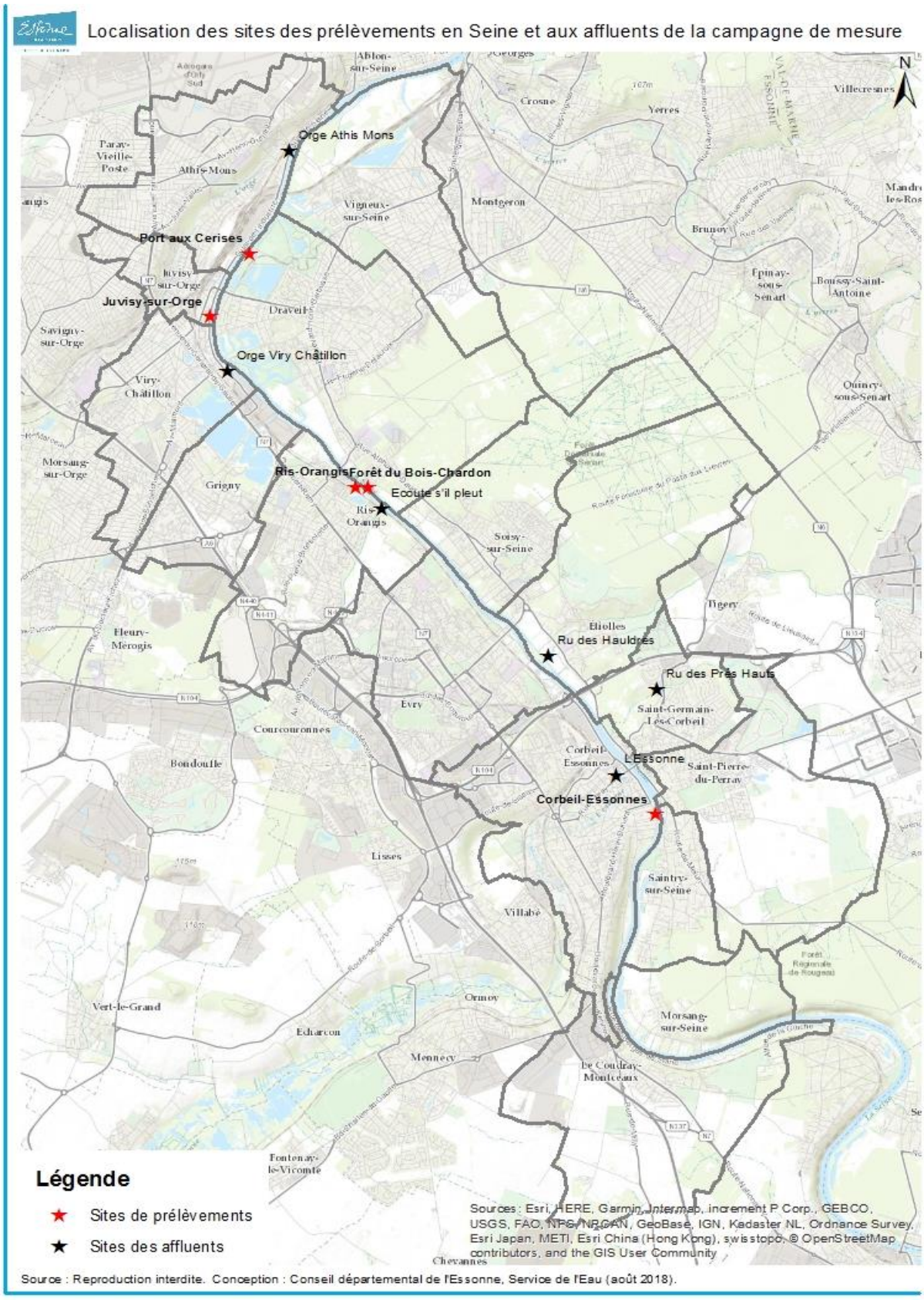
5. **Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.** *Banque HYDRO.* [En ligne] Disponible sur: *http://www.hydro.eaufrance.fr/.* (consulté en octobre 2018).

6. **Syndicat Marne Vive.** *CCTP Mesure bactériologique en Marne en vue de l'objectif Baignade .* 2017.

7. **EPT Seine Grands Lacs.** *Bulletin mensuel des lacs-reservoirs de novembre 2018.* 2018.

8. **Info climat.** *Normales et records pour la période 1981-2010 à Brétigny-sur-Orge.* [En ligne] Disponible sur *https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1981-2010/ (*consulté en 2018).

9. **Minitère de la santé et des sports.** *Guide national pour l'élaboration d'un profil de baignade.* 2009.

ANNEXE

Annexe I : Localisation des sites de prélèvements en Seine et aux confluences