

IMPACT DE LA CRUE DE JUIN 2016 SUR L'ESTUAIRE DE LA SEINE

Juillet 2017

Cédric Fisson



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	3
CONTEXTE	4
A- L'ÉVENEMENT DE JUIN 2016	5
1 L'estuaire de la Seine	5
2 Description de l'évènement de juin 2016	6
B- CONSÉQUENCES HYDRO-MORPHO-SEDIMENTAIRES	11
1 Débit	11
2 Niveaux d'eau	12
3 Bouchon vaseux	13
4 Facies sédimentaires à l'embouchure	14
C- CONSÉQUENCES SUR LA QUALITE DE L'EAU	15
1 Suivis haute-fréquence	15
1.1 L'oxygène	16
1.2 Salinité	17
2 Suivis basse-fréquence	18
2.1 Minéralisation	19
2.2 pH	20
2.3 Oxygène	20
2.4 Nutriments	22
2.5 Métaux	24
2.6 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	25
2.7 Substances pharmaceutiques	25
2.8 Produits phytosanitaires	27
2.9 Autres composés chimiques	29
2.10 Microbiologie	30
D- CONSÉQUENCES BIOLOGIQUES	31
1 Habitats benthiques	31
2 Poissons migrateurs	32
SYNTHESE	34
GLOSSAIRE	35
BIBLIOGRAPHIE	36

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : L'estuaire de la Seine.	5
Figure 2 : Rapport à la normale (1981-2010) du cumul des précipitations du mois de mai 2016 sur les bassins versants amont de la Seine.	7
Figure 3 : Cumul de précipitations à Rouen-Boos.	7
Figure 4 : Chronique de la crue de juin 2016 dans l'estuaire de la Seine.	8
Figure 5 : Niveaux d'eau atteints pour les principaux événements de hautes eaux des XX et XXIème siècles.	9
Figure 6 : Hauteurs de submersion en Seine (Poses - Oissel).	10
Figure 7 : A/ Débits de la Seine à Poses (1941-2016) : B/ Distribution statistique des débits des mois de juin.	11
Figure 8 : Niveau d'eau atteint dans l'estuaire de la Seine et période de retour associée.	12
Figure 9 : Position du bouchon vaseux de la Seine en 2016.	13
Figure 10 : Proportion d'envasement supplémentaire entre juillet et février 2016.	14
Figure 11 : Réseaux de suivi haute-fréquence en estuaire et baie de Seine.	15
Figure 12 : Oxygène dissous et turbidité à Rouen entre mai et juillet 2016.	16
Figure 13 : Salinité à l'embouchure de la Seine entre mai et juillet 2016.	17
Figure 14 : Salinité en baie de Seine entre mai et juillet 2016.	18
Figure 15 : Stations de suivis 'basse-fréquence' de la qualité des eaux de l'estuaire de la Seine.	19
Figure 16 : Rapport DCO/DBO ₅ , COT et oxygène dissous dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	21
Figure 17 : Phosphore total et orthophosphates dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	22
Figure 18 : Ammonium, Azote kjeldahl et Nitrates dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	23
Figure 19 : Métaux dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	24
Figure 20 : Pyrène dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	25
Figure 21 : Paracétamol, Ibuprofen et Carboxy Ibuprofen dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	26
Figure 22 : Herbicides dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	28
Figure 23 : Fongicide et insecticide dans les eaux de l'estuaire de la Seine.	29
Figure 24 : Contamination microbiologique de l'estuaire de la Seine.	30
Figure 25 : Stations échantillonnées lors des campagnes PECTOW 2016.	31
Figure 26 : Effectifs journaliers des anguillettes en montaison à Poses.	33
Tableau I : Paramètres suivis sur les stations du réseau SYNAPSES.	15
Tableau II : Stations échantillonnées lors des campagnes de l'AESN sur la matrice 'eau' en mai, juin et juillet 2016.	19
Tableau III : Principaux produits phytosanitaires présentant des concentrations à la hausse durant l'évènement de juin 2016.	27
Tableau IV : Comparaison des 10 espèces les plus abondantes lors des campagnes de février et juillet 2016.	32

CONTEXTE

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une commande du premier ministre au préfet de bassin, relative à l'élaboration d'un retour d'expérience de la crue de la Seine de juin 2016. Cette commande comprend un diagnostic de la genèse des crues et l'élaboration de recommandations pour gérer au mieux ces événements (avant, pendant, après). Ce travail est coordonné par l'AESN et la DRIEE, avec l'appui des acteurs concernés. Il est principalement axé sur l'impact de la crue vis-à-vis de la qualité des eaux.

Le bassin versant de la Seine a connu de fortes précipitations à la fin du mois de mai 2016, intervenant sur un sol déjà saturé par un mois d'avril excédentaire en précipitations. Elles ont provoqué des crues importantes sur les affluents de la Seine et de la Marne qui se sont répercutées sur la Seine et son estuaire courant juin 2016. Afin d'apporter des éléments sur les conséquences environnementales de cette crue sur la partie estuarienne de la Seine (Poses – embouchure), les données disponibles ont été compilées et mobilisées dans le présent rapport. Après une description de l'évènement de juin 2016, les conséquences de cette crue seront abordées sous trois aspects : hydro-morpho-sédimentologie, qualité de l'eau et biologie.



A-L'ÉVÈNEMENT DE JUIN 2016

Ce chapitre rappelle succinctement les spécificités du fonctionnement hydrologique de l'estuaire de la Seine, et plus particulièrement en ce qui concerne la genèse des hauts niveaux d'eau. L'évènement de juin 2016 est ensuite décrit et replacé parmi les évènements historiques comparables.

1 L'estuaire de la Seine

L'estuaire de la Seine correspond à la portion aval de la Seine, et plus précisément à la zone soumise à la marée. Il couvre 160km entre le barrage de Poses en amont et la partie orientale de la baie de Seine à l'aval [Figure 1].



Figure 1 : L'estuaire de la Seine.

Les niveaux d'eau atteints dans l'estuaire dépendent de différents facteurs naturels : *i*) l'**hydrologie**, notamment le débit de la Seine, de ses affluents et le niveau des nappes ; *ii*) l'**astronomie**, notamment l'effet de la marée et sa propagation ; *iii*) les **surcotes*** océaniques et estuariennes liées à des phénomènes météorologiques (vent, pression atmosphérique). L'importance de chaque facteur dans la survenue d'une inondation sera plus ou moins forte selon son intensité et le secteur de l'estuaire considéré. Leur combinaison déterminera la typologie des inondations, qui présentent une dynamique mixte marine/continentale [Fisson & Lemoine, 2016]. Il est donc important de considérer l'ensemble de ces paramètres pour bien comprendre la dynamique d'un évènement donné.

En estuaire de Seine, une typologie des évènements pouvant déclencher des inondations a été proposée [ARTELIA & GIP Seine-Aval, 2013] :

- **Évènements de type fluvial** : ils sont engendrés par une crue de la Seine faisant suite à des pluies longues, régulières et généralisées sur toute l'étendue du bassin versant amont de la Seine. Ils peuvent être renforcés par des conditions météorologiques défavorables et soutenus par des forts coefficients de marée. Les évènements de type fluvial se produisent généralement en hiver et début de printemps, avec une occurrence plus marquée en janvier et février (respectivement

30% et 24% des crues). Ils impactent plus significativement les niveaux d'eau à l'amont de l'estuaire, entre Poses et Val-des-Leux/Duclair, avec une durée de submersion pouvant atteindre plusieurs semaines. Les principaux événements rapportés sont liés aux crues de 1740, 1876, 1910, 1920, 1955, 1958, 1970, 1978, 1988, 2001 et 2013. Les niveaux atteints en Seine dépassent les 10m CMH, voire 11m CMH à Rouen, avec une ligne d'eau qui s'accroît fortement en amont de ce point. En aval de Rouen, la ligne d'eau maximale passe rapidement sous les 9m CMH.

- **Evènements de type maritime** : ils sont assimilés à des tempêtes et engendrés par des phénomènes météorologiques de forte intensité (vent, pression atmosphérique). La force et la direction des vents peuvent engendrer des surcotes, mais ne sont cependant pas des facteurs suffisants pour déclencher à eux seuls une inondation ou une submersion marine. Un coefficient de marée important et la conjonction de la tempête avec le moment de la marée sont les éléments déterminant les niveaux d'eau plus ou moins importants atteints. Le long de la Seine, ces événements impactent directement les niveaux d'eau jusqu'à Heurteauville, même si ils peuvent avoir une influence significative jusqu'à Rouen. A l'embouchure et sur le littoral, les événements de type maritime peuvent être responsables de submersions. La zone havraise est documentée pour des événements de ce type, avec des niveaux d'eau atteints au Havre associés à des événements relativement récents : tempête de février 1990, janvier 1999 et février 2010 avec des niveaux atteints respectivement de 9.33m, 8.92m et 8.85m CMH.
- **Evènements de type fluvio-maritime** : ils sont liés à la fois à un débit important de la Seine et à une tempête. Ils peuvent impacter tout l'estuaire de la Seine. Ces événements présentent des conditions de déclenchement qui ne sont pas marquées par un seul forçage (crue ou tempête), mais par une combinaison de conditions défavorables. Les niveaux d'eau atteints en Seine sont ainsi moins élevés à l'amont de Rouen comparativement à un événement de type fluvial ; et à l'aval de Heurteauville comparativement à un événement de type maritime. Ce sont des événements dont les conditions de déclenchement peuvent être qualifiées d'intermédiaires, à l'image des inondations rapportées en 1982, 1994, 1995, décembre 1999, 2002.

2 Description de l'évènement de juin 2016

La crue de la Seine de juin 2016 est intervenue sur un bassin-versant amont saturé par des mois d'avril et mai excédentaires en précipitations. Le cumul mensuel a été supérieur à la normale sur l'ensemble du bassin versant amont de la Seine, avec un rapport à la normale de 150 % à 180 % en amont des lacs réservoirs et supérieur à 200%, voire 300%, sur les bassins intermédiaires. [[Seine Grands Lacs, 2016](#) ; [Figure 2](#)].



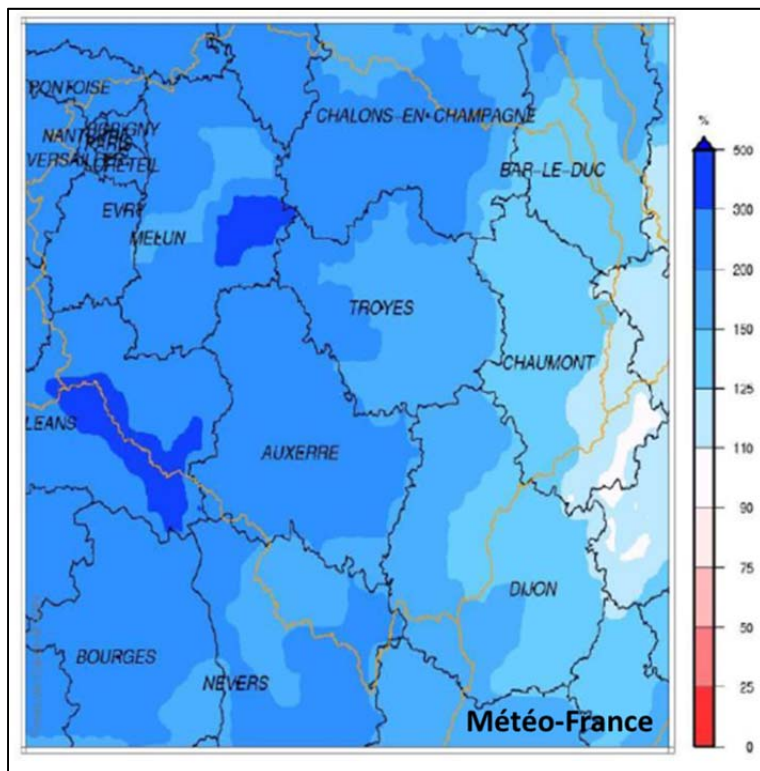


Figure 2 : Rapport à la normale (1981-2010) du cumul des précipitations du mois de mai 2016 sur les bassins versants amont de la Seine.

Pour l'estuaire de la Seine (station météorologique de Rouen-Boos), les **six premiers mois de 2016 ont été excédentaires en précipitations**, avec un cumul de 519mm pour une normale à 380mm. Les mois de mai et juin ont été particulièrement pluvieux, avec des cumuls de précipitations parmi les plus élevés des 30 dernières années [Figure 3].

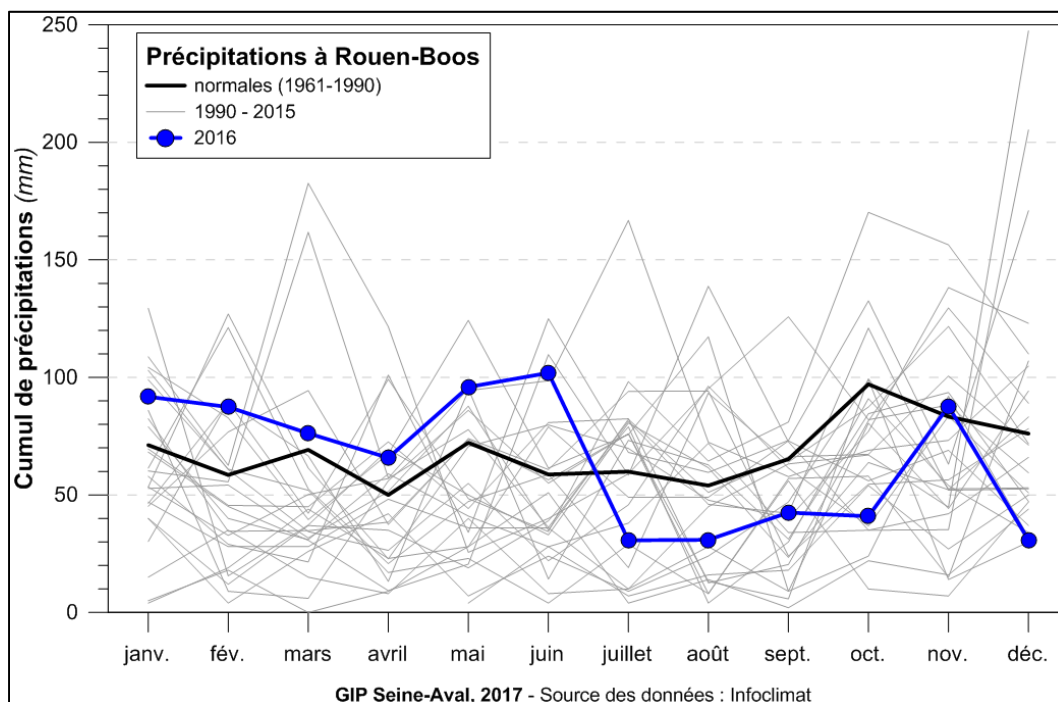


Figure 3 : Cumul de précipitations à Rouen-Boos.

La montée des **débits à Poses** a débuté le 29 mai (562m³/s) pour atteindre un maximum le 05 juin (2010m³/s) et décroître ensuite. Les débits ont été supérieurs à 1000m³/s durant 25 jours (du 31 mai au 24 juin). Concernant le facteur **marée**, le revif* a débuté le 30 mai (coefficient de marée* de 53) et le déchet* a débuté le 06 juin (coefficient de marée de 103). Le pic de débit et les plus fortes marées dans l'estuaire ont donc été concomitants, amplifiant les niveaux d'eau atteints. Concernant les **conditions météorologiques**, les pressions atmosphériques et les conditions de vent n'ont pas présenté de configurations favorables à une surcote (faible pression atmosphérique, fort vent d'ouest) ou à une décote (pression atmosphérique élevée, fort vent d'est) pendant le pic de crue. Les **hauteurs d'eau maximales** ont été observées les 5 et 6 juin, avec des débordements sur les quais à Rouen lors des marées hautes du 04 au 08 juin [Figure 4].

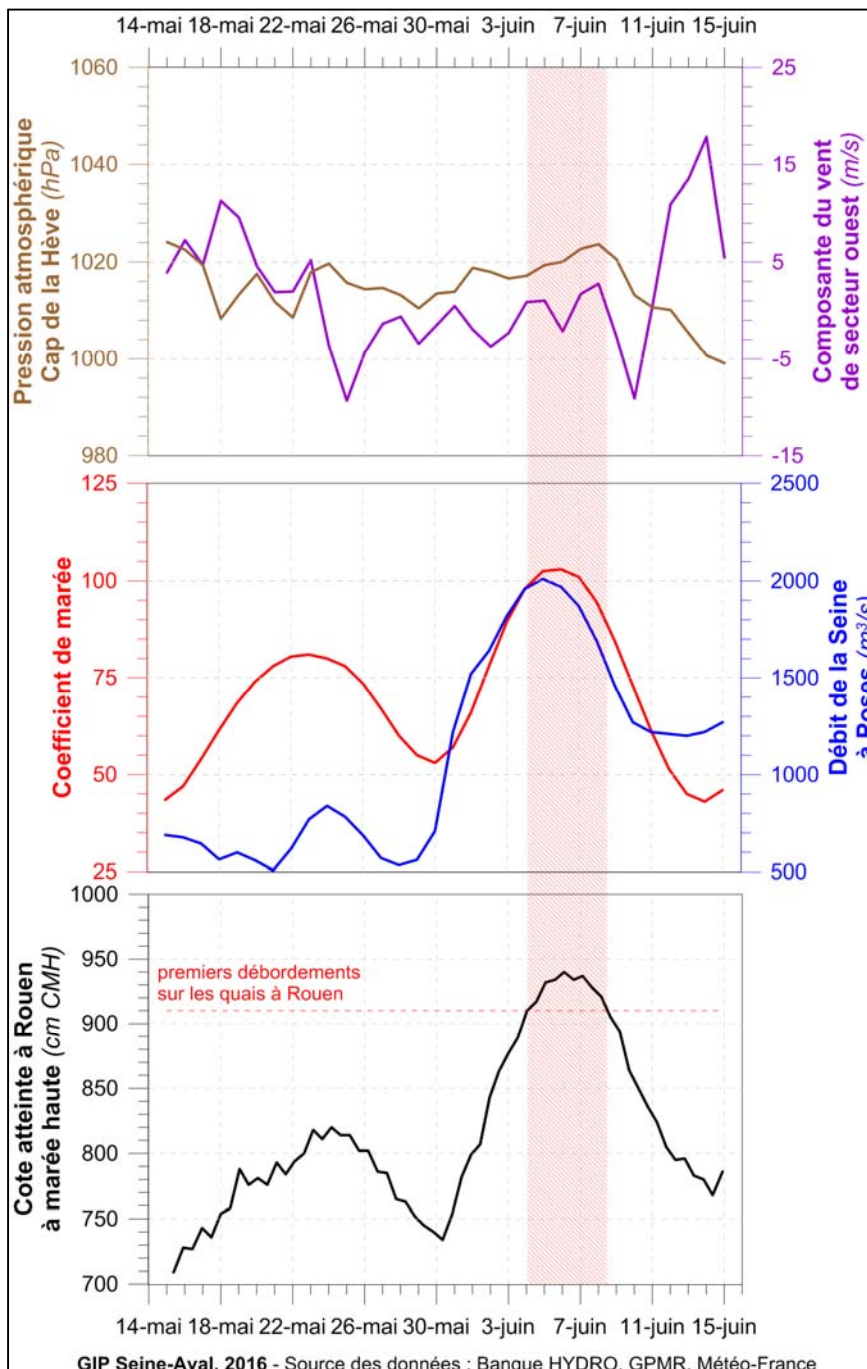


Figure 4 : Chronique de la crue de juin 2016 dans l'estuaire de la Seine.

L'évènement de juin 2016 peut être assimilé un évènement de type fluvial, avec des conditions déclenchantes liées au fort débit de la Seine renforcé par des coefficients de marée élevés, mais sans condition météorologique défavorable. Les niveaux maximum mesurés dépassent 10m CMH en amont de Rouen (10.67m à Elbeuf), atteignent 9.40m CMH à Rouen et passent sous les 9m CMH à partir du Mesnil-sous-Jumièges (pk 286) [Figure 5].

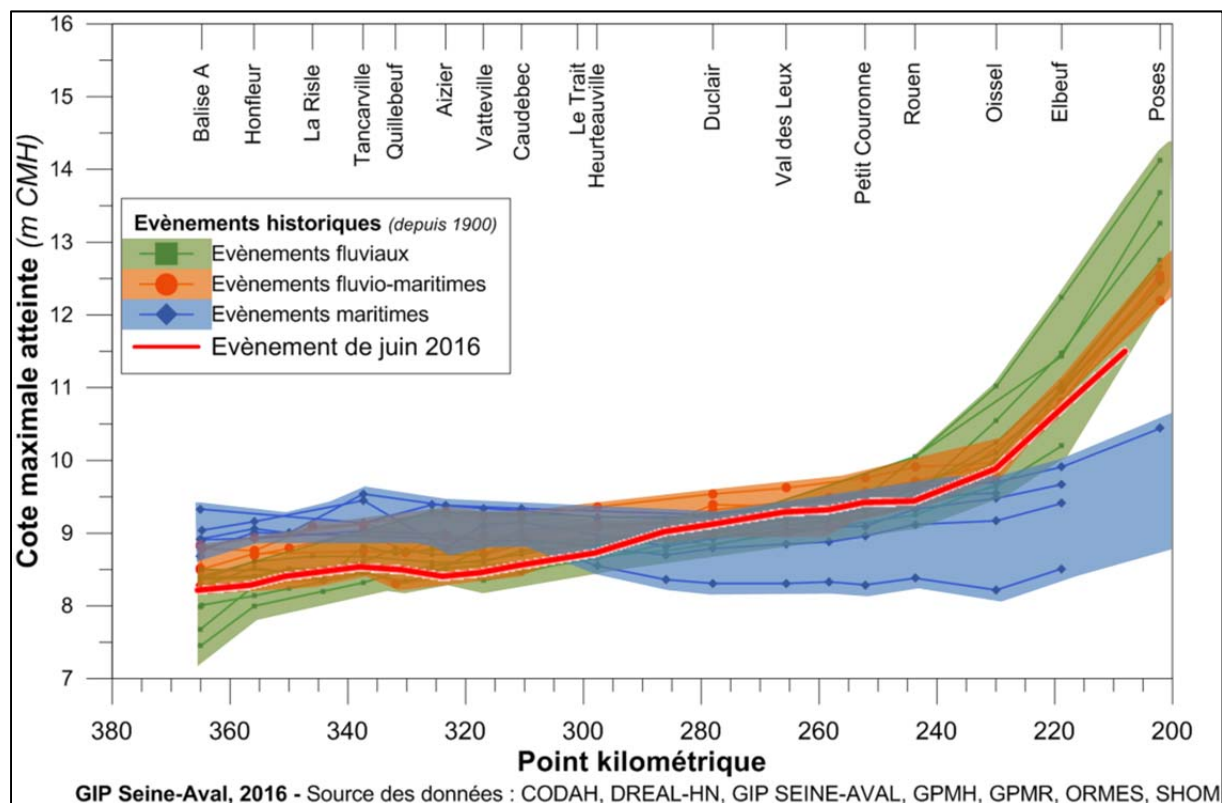


Figure 5 : Niveaux d'eau atteints pour les principaux évènements de hautes eaux des XX et XXIème siècles.

Une enveloppe des zones inondées a été réalisée pour la section Poses-Oissel. Elle a été réalisée à partir de la ligne d'eau maximale observée et de la topographie du lit majeur. Cette méthodologie est susceptible ponctuellement d'aboutir à une enveloppe des zones inondées supérieure à celle observée, en particulier sur les secteurs pour lesquels un remblai sépare la zone concernée des lits mineurs de l'Eure et de la Seine : les volumes débordant ne sont pas susceptibles alors de mobiliser l'ensemble de la zone située sous la cote maximale atteinte. Une visite détaillée de terrain, l'analyse du survol mené par le SDIS de l'Eure, et les relevés de laisses de crues menés ont permis cependant de valider la cartographie produite : cette possible surévaluation de l'enveloppe des zones inondées reste limitée [Figure 6 ; DREAL, 2016].

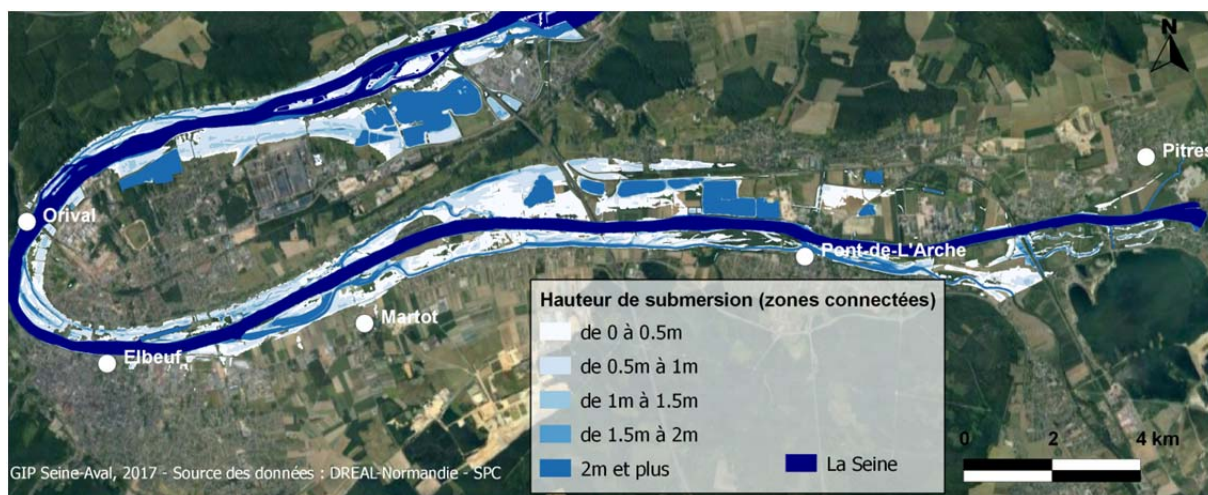


Figure 6 : Hauteurs de submersion en Seine (Poses - Oissel).

B-CONSEQUENCES HYDRO-MORPHO-SEDIMENTAIRES

Ce chapitre s'appuie sur les données de débit (Banque HYDRO), de niveaux d'eau (Réseau de marégraphes du GPMR), de suivi du bouchon vaseux (Réseau de suivi en continu SYNAPSES) et des faciès sédimentaires à l'embouchure (Campagnes PECTOW et CrueSeine) pour évaluer les conséquences hydro-morpho-sédimentaires de l'évènement de juin 2016 sur l'estuaire de la Seine.

1 Débit

Que ce soit pour le débit maximal mesuré à Poses (période de retour* comprise entre 2 et 5 ans) ou au vu de la durée de la crue (25 jours avec un débit supérieur à 1000m³/s), l'évènement de juin 2016 n'a rien d'exceptionnel pour l'estuaire de la Seine. Par contre, **la date de survenue de cet évènement est beaucoup plus inhabituelle [Figure 7] :**

- Le débit moyen de juin 2016 est de 1270m³/s, contre un débit moyen de 276m³/s pour les mois de juin entre 1941 et 2015 ;
- Les débits mesurés en juin 2016 n'ont jamais été observés lors de ce mois depuis les premières mesures en 1941 ;
- 17 des 20 plus fortes valeurs de débits mesurées au mois de juin l'ont été en 2016 et les 30 valeurs mesurées en juin 2016 sont parmi les 53 valeurs les plus fortes mesurées sur les mois de juin depuis 1941.

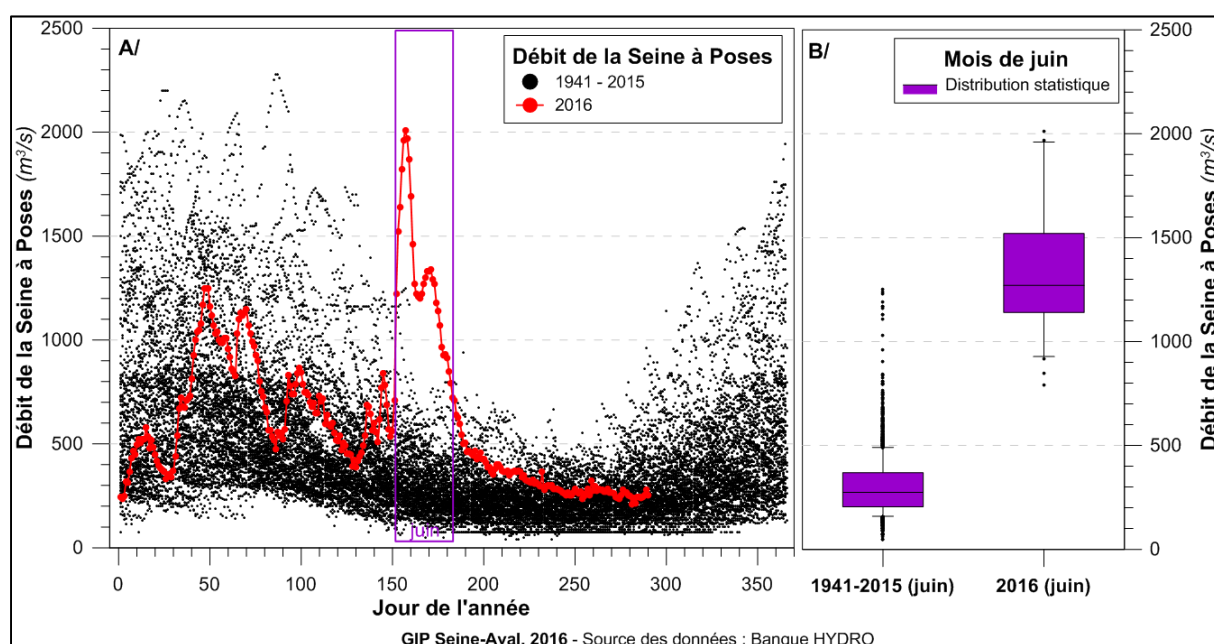


Figure 7 : A/ Débits de la Seine à Poses (1941-2016) : B/ Distribution statistique des débits des mois de juin.

2 Niveaux d'eau

Dans un contexte estuarien où le poids de chaque forçage évolue en fonction du secteur géographique considéré, **il n'est pas possible d'associer une période de retour à un évènement donné pour l'ensemble de l'estuaire**. Elle ne pourra être considérée que pour chaque forçage et pour un niveau d'eau atteint à un endroit donné [ARTELIA & GIP Seine-Aval, 2013 ; Fisson & Lemoine, 2016]. Pour ce faire, les relations définies à partir des données historiques ont été appliquées à l'évènement de juin 2016 :

- période de retour entre 5 et 10 ans pour les niveaux d'eau atteints à Elbeuf ;
- période de retour inférieure 1 an pour les niveaux d'eau atteints à Rouen ;
- période de retour très inférieure 1 an pour les niveaux d'eau atteints à Tancarville.

Ces chiffres montrent que l'évènement de juin 2016 a engendré des niveaux d'eau fréquemment atteints entre Oissel et Duclair, un peu plus rarement atteint entre Poses et Oissel et très communément atteint en aval de Duclair [Figure 8].

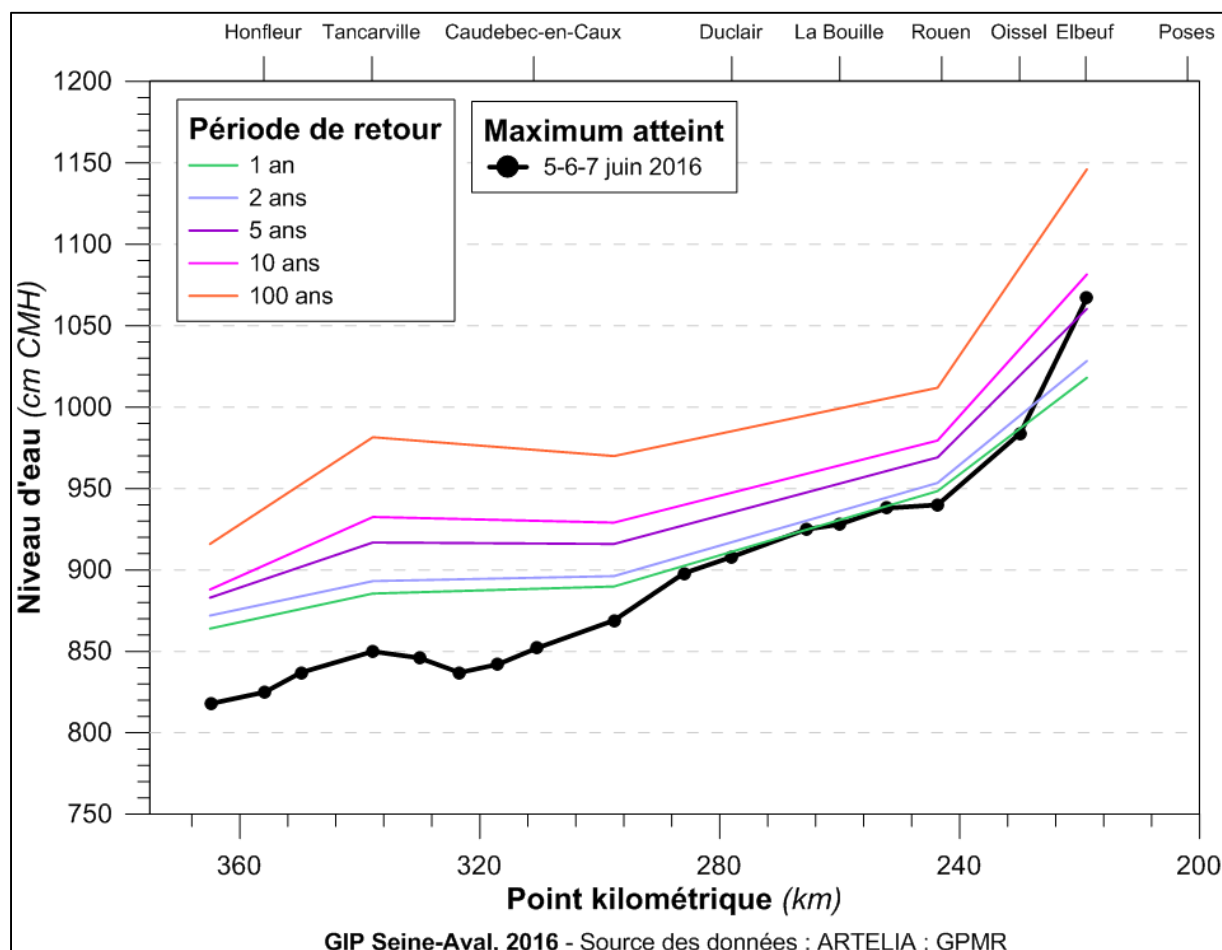


Figure 8 : Niveau d'eau atteint dans l'estuaire de la Seine et période de retour associée.

3 Bouchon vaseux

La rencontre entre les eaux douces du fleuve et les eaux salées introduites par la marée dans les estuaires forme une zone d'accumulation de particules appelée bouchon vaseux ou zone de turbidité maximale. Cette zone est générée par 1) l'asymétrie de l'onde de marée et sa propagation dans l'estuaire et ; 2) la circulation résiduelle induite par la différence de densité existant entre les eaux douces et salées. La dynamique de ce bouchon vaseux est caractérisée par des forts gradients verticaux, horizontaux et temporels [Lemoine & Verney, 2015] :

- Les concentrations au fond sont plus élevées qu'en surface ;
- Les concentrations massiques sont très variables à l'échelle du cycle vive-eau / morte-eau ;
- Sa position est dépendante des conditions hydrodynamiques, avec une modulation en fonction de la phase de la marée (pleine mer / basse mer) et des débits, avec une expulsion possible en baie de Seine en cas de forts débits.

La situation du bouchon vaseux est suivie en haute-fréquence grâce à l'acquisition de données par le réseau SYNAPSES, l'exploitation des données de turbidité à Tancarville, Fatouville et Balise A [Figure 11] permettant d'estimer la position moyenne et l'étendue du bouchon vaseux. Pour l'évènement de juin 2016, **la position moyenne du bouchon vaseux est située autour du pk 350 et son étendue varie entre les pk 345 et 355**. Ces positions sont celles classiquement observées lors des périodes de vive-eau. Cependant, l'incertitude associée à cette estimation est relativement élevée du fait de valeurs de turbidité très faibles (<500NTU). Cette faible turbidité observée à l'embouchure de la Seine s'est maintenue durant les mois d'été. Ces résultats posent l'hypothèse d'une expulsion du bouchon vaseux en baie de Seine [Figure 9].

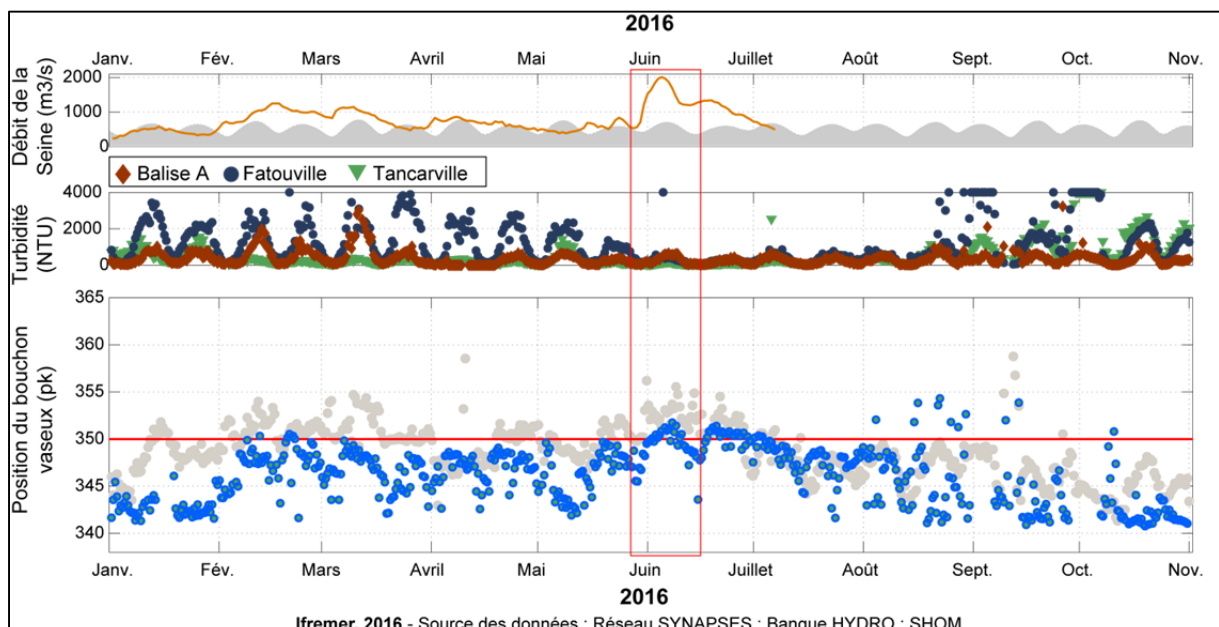


Figure 9 : Position du bouchon vaseux de la Seine en 2016.

4 Facies sédimentaires à l'embouchure

Deux campagnes menées en février et juillet 2016 ont respectivement permis l'échantillonnage de 73 et 23 stations à l'embouchure de la Seine. La comparaison des caractéristiques granulométriques des stations communes aux deux campagnes a permis de rechercher un impact éventuel de l'évènement de juin 2016 sur les facies sédimentaires observés dans ce secteur. La composition sédimentaire des stations échantillonnées est relativement similaire entre les deux campagnes. Une tendance à l'envasement pour les stations échantillonnées suite à l'évènement de juin 2016 est cependant observée, une majorité de stations montrant une proportion de vases plus importante en juillet 2016 qu'en février 2016. Cet envasement semble très localisé sur les stations les plus proches de la Seine, avec des envasements supérieurs à 15%. Les envasements observés sur les stations entre le Cap de la Hève et le Cap d'Antifer sont moindres (entre 5 et 15%), mais restent notables [Figure 10 ; Thiébaud & Baux, 2017].

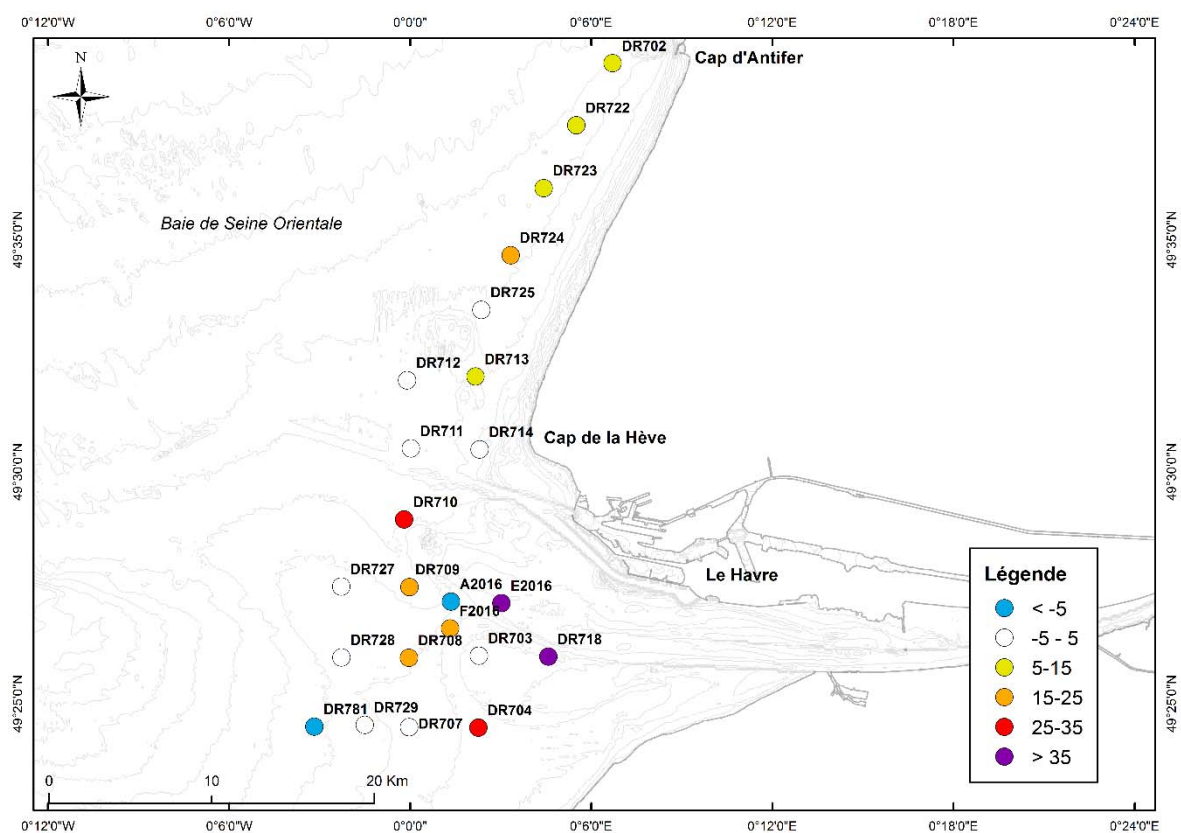


Figure 10 : Proportion d'envasement supplémentaire entre juillet et février 2016.

C-CONSEQUENCES SUR LA QUALITE DE L'EAU

Ce chapitre s'appuie sur les données de qualité des eaux 'haute fréquence' (Réseau de suivi en continu SYNAPSES, bouée MAREL-SMILE) et des données 'basse fréquence' (Suivis AESN, campagne spécifique 'microbiologie' du laboratoire M2C) pour évaluer les conséquences de l'évènement de juin 2016 sur la qualité de l'eau de l'estuaire de la Seine.

1 Suivis haute-fréquence

Le **réseau SYNAPSES** permet le suivi haute-fréquence (5 minutes) des principaux paramètres de qualité des eaux sur différentes stations en estuaire de Seine [Tableau I ; Figure 11]. La **bouée SMILE** permet le suivi haute-fréquence (20 minutes) de cinq paramètres en subsurface : température, salinité, oxygène dissous, turbidité, fluorescence [Figure 11].

Tableau I : Paramètres suivis sur les stations du réseau SYNAPSES.

Station	Turbidité	Oxygène dissous	pH	Conductivité	Température	Chlorophylle a	Salinité
Rouen / Surface	X	X	X	X		X	
Val-des-Leux / Surface	X	X	X	X			
Tancarville / Fond	X	X	X	X	X	X	X
Tancarville / Surface	X	X	X	X		X	X
Fatouville / Fond	X	X	X	X	X	X	X
Fatouville / Surface	X	X	X	X		X	X
Balise A / Fond	X	X	X	X	X	X	X

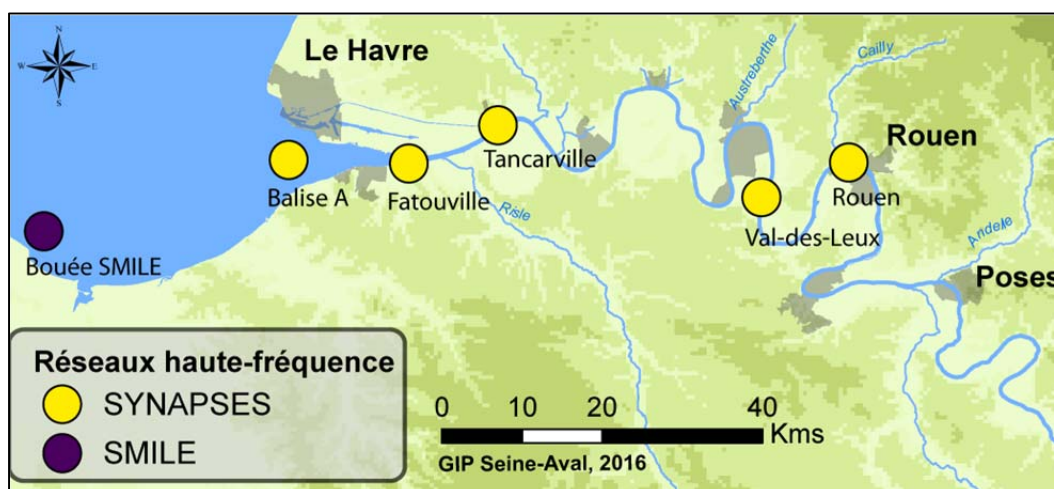


Figure 11 : Réseaux de suivi haute-fréquence en estuaire et baie de Seine.

1.1 L'oxygène

L'oxygène est un élément fondamental pour juger de la qualité des eaux douces et marines, car indispensable au développement de toute forme de vie. Des faibles concentrations en oxygène provoquent des dysfonctionnements écologiques et mettent en péril la survie d'organismes aquatiques (asphyxie) ou le déroulement de leur cycle de vie (barrière infranchissable entre l'océan et les eaux continentales pour les poissons migrateurs tels que la truite de mer ou l'anguille). Particulièrement importants lors de situations de faible débit et de forte température de l'eau du fait d'une moindre solubilité de l'oxygène, les déficits en oxygène sont renforcés par des processus biologiques de consommation d'oxygène (dégradation de la matière organique, dénitrification). Une baisse des teneurs en oxygène peut aussi être observée lors d'une crue, du fait d'apports abondants de matière organique d'origine animale ou végétale qui va stimuler la respiration bactérienne associée au processus de décomposition de cette matière organique.

L'évolution des teneurs en oxygène dans l'estuaire de la Seine est suivie en haute fréquence grâce à l'acquisition des données par le réseau SYNAPSES. Le tracé de ces valeurs sur une période de trois mois permet d'estimer l'impact de la crue sur l'oxygénation des eaux à Rouen. Avant la montée du débit, les teneurs mesurées sont comprises entre 8 et 9mg/l, avec des fluctuations reliées à la marée. Début juin, lorsque les débits ont augmenté et dépassé 1000m³/s, les teneurs en oxygène ont chuté à des valeurs comprises entre 7 et 8mg/l. **Cette consommation d'oxygène pourrait être reliée à un apport important de matière organique animale ou végétale, dont la dégradation stimule la consommation bactérienne en oxygène.** Cette hypothèse d'apport en matière organique est renforcée par la hausse observée de la turbidité sur la même période [Figure 12]. Il faut cependant noter que les valeurs d'oxygénation atteintes restent parfaitement compatibles avec la vie aquatique.

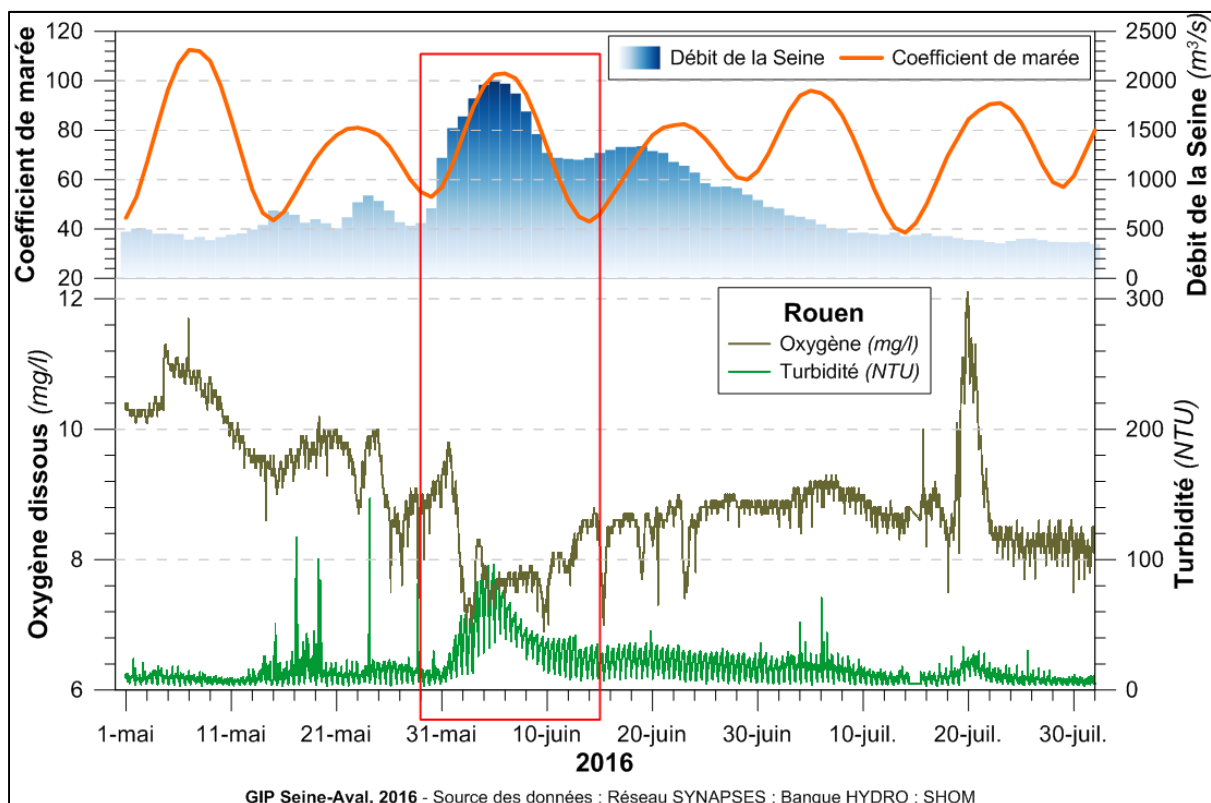


Figure 12 : Oxygène dissous et turbidité à Rouen entre mai et juillet 2016.

1.2 Salinité

Les estuaires, en tant que zone de transition entre le milieu continental et océanique, voient se mélanger les eaux marines venant du large et les eaux douces s'écoulant du fleuve. La dynamique de cette zone de mélange est rythmée par la marée et le débit de la Seine, et fluctue aux échelles de temps propres à ces phénomènes. Dans l'estuaire de la Seine, elle est généralement positionnée entre Tancarville et Honfleur, mais peut être décalée vers l'amont et/ou l'aval dans des conditions particulières [GIP Seine-Aval, 2013].

Les variations de salinité à l'embouchure de la Seine sont suivies en haute fréquence grâce à l'acquisition des données par le réseau SYNAPSES. Le tracé de ces valeurs sur une période de trois mois permet d'estimer l'impact de la crue sur la position du gradient de salinité. Lors de l'évènement de juin 2016, la salinité de surface à Fatouville a alterné entre l'oligohalin (0.5 – 5 PSU) et le mésohalin (5 – 18 PSU), alors que des conditions polyhalines (18 – 30 PSU) sont généralement observées pour des conditions de marée équivalentes. Ceci témoigne du **passage d'un important volume d'eau douce lié à l'expulsion des eaux de la crue de la Seine**, sur une durée d'une vingtaine de jours. Les mesures de salinité de fond à la Balise A montrent un décrochage autour du 10 juin, avec des valeurs comprises entre 12 et 18 PSU, alors que des valeurs supérieures à 25 sont généralement observées dans des conditions de marée équivalentes. Ceci témoigne d'une **moindre pénétration de la marée vers l'amont, du fait de la force exercée par le débit de la Seine** [Figure 13].

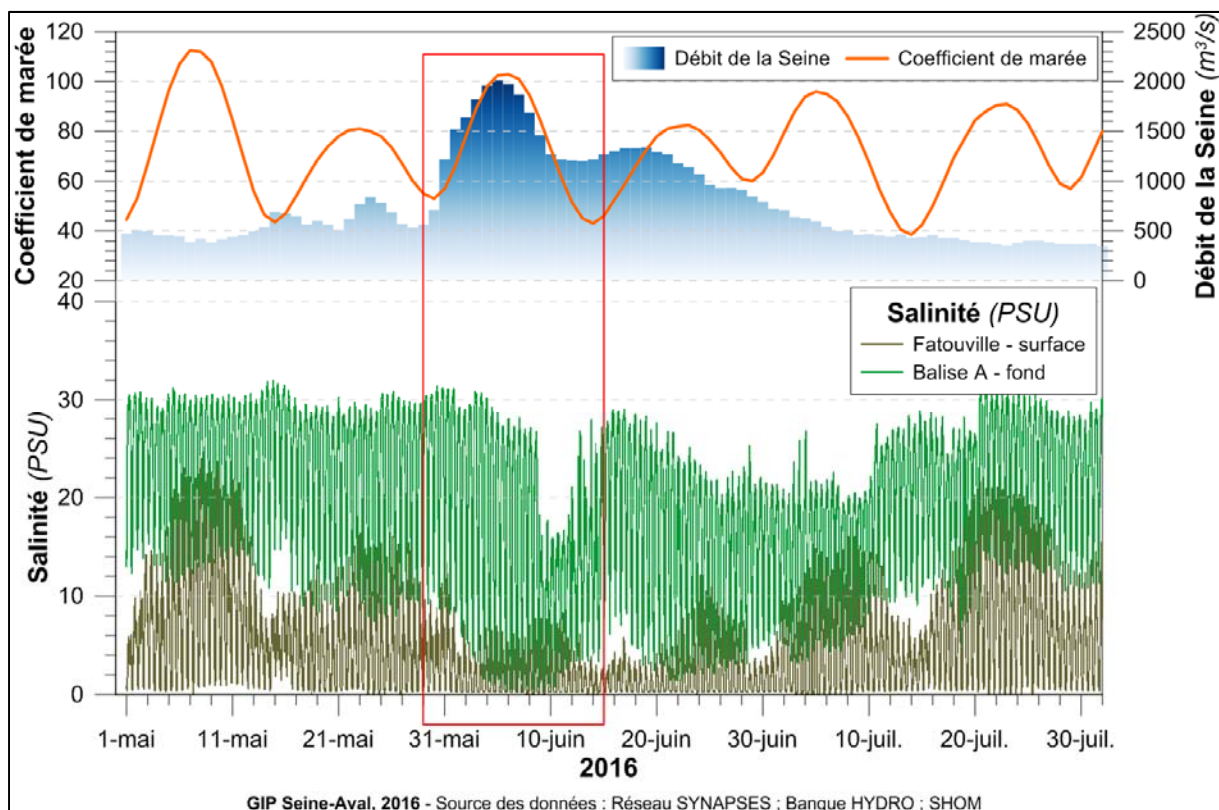


Figure 13 : Salinité à l'embouchure de la Seine entre mai et juillet 2016.

Plus au large, la bouée SMILE permet la mesure haute-fréquence de plusieurs paramètres physico-chimiques, dont la salinité. Associée à la crue de juin 2016, **des dessalures sont observées en baie de Seine**, avec des salinités pouvant être inférieures à 28 PSU, alors qu'elles dépassent généralement 32 PSU. En juillet, des dessalures sont également observées ; elles pourraient être liées à la circulation dans la baie de Seine de masses d'eau de salinité moindre liées aux apports d'eau douce lors de la crue [Figure 14].

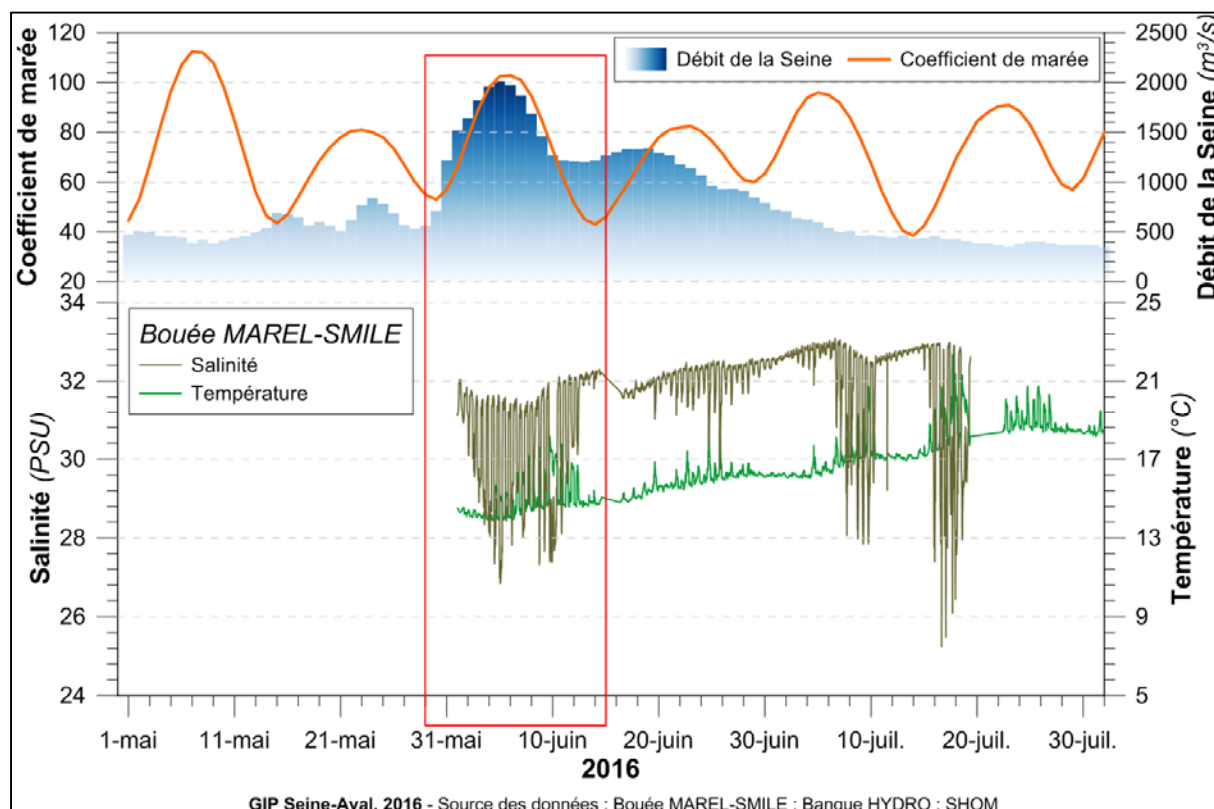


Figure 14 : Salinité en baie de Seine (bouée SMILE, au large de Luc-sur-mer) entre mai et juillet 2016.

2 Suivis basse-fréquence

Le suivi de la qualité des eaux de la Seine à l'aval de Poses est aujourd'hui piloté par l'AESN. Créé en 1956 par la Cellule AntiPollution (CAP) de la Seine, ce suivi s'est progressivement enrichi et englobe aujourd'hui des mesures sur quatre compartiments : 'eau' (physico-chimie, nutriments, chimie, bactériologie), 'sédiment' (chimie), 'macro-invertébrés benthiques' (IBGA) et 'diatomées' (IBD). Ce suivi mobilise 18 stations prélevées 6 à 24 fois par an [Figure 15].



Figure 15 : Stations de suivis 'basse-fréquence' de la qualité des eaux de l'estuaire de la Seine.

Pendant l'évènement de juin 2016, deux campagnes ont été réalisées sur le support 'eau' (près de 700 paramètres) : les 9-10 juin et le 29 juin 2016, respectivement sur 8 et 3 stations de l'estuaire de la Seine [Tableau II]. Pour l'analyse des effets potentiels de l'évènement de juin 2016, les données acquises lors de ces campagnes seront mobilisées et comparées aux données acquises sur les 18 mois précédents.

Tableau II : Stations échantillonnées lors des campagnes de l'AESN sur la matrice 'eau' en mai, juin et juillet 2016.

Station	11-12 mai	25 mai	09-10 juin	29 juin	06-07 juillet	25 juillet
Poses	X	X	X	X	X	X
Pont-de-l'Arche	X		X		X	
Elbeuf	X				X	
Oissel	X		X		X	
Rouen	X		X		X	
Canteleu	X				X	
Petit-Couronne	X				X	
Grand-Couronne	X				X	
La Bouille	X	X	X	X	X	X
Duclair	X				X	
Heurteauville	X				X	
La Mailleraye-sur-Seine	X				X	
Caudebec-en-Caux	X	X	X	X	X	X
Vatteville-le-Rue	X				X	
Trouville-la-Haule	X				X	
Tancarville	X		X		X	
Berville-sur-mer	X				X	
Honfleur	X		X		X	

2.1 Minéralisation

La mesure des ions majeurs d'origine naturelle (calcium, potassium, magnésium, sodium, etc.) permet le suivi de la minéralisation des eaux. Les mesures réalisées lors de l'évènement de juin 2016 ne montrent **pas de modification de la minéralisation des eaux de la Seine**, les valeurs atteintes pour les différents ions restant dans la gamme des valeurs classiquement mesurées.

2.2 pH

Le pH mesuré lors de la campagne des 9-10 juin (pH=7.6) est dans la fourchette basse des valeurs classiquement mesurées (pH entre 7.5 et 8.8), indiquant une **légère baisse du pH des eaux de la Seine**.

2.3 Oxygène

Bien que dans la gamme de valeurs habituellement mesurées, une **baisse de la concentration en oxygène dissous** est observée dans la partie amont de l'estuaire (6.6mg/l à Poses) lors de la campagne des 9-10 juin. Elle est associée à une **hausse de la demande chimique en oxygène (DCO>20mgO₂/l) et du carbone organique dissous (COD>6mgC/l)**, témoignant d'un apport de matière organique. Cependant, le rapport DCO/DBO₅ reste compris entre 5 et 20 durant la durée de l'évènement, témoignant d'une **faible biodégradabilité des eaux de la Seine** [Figure 16].

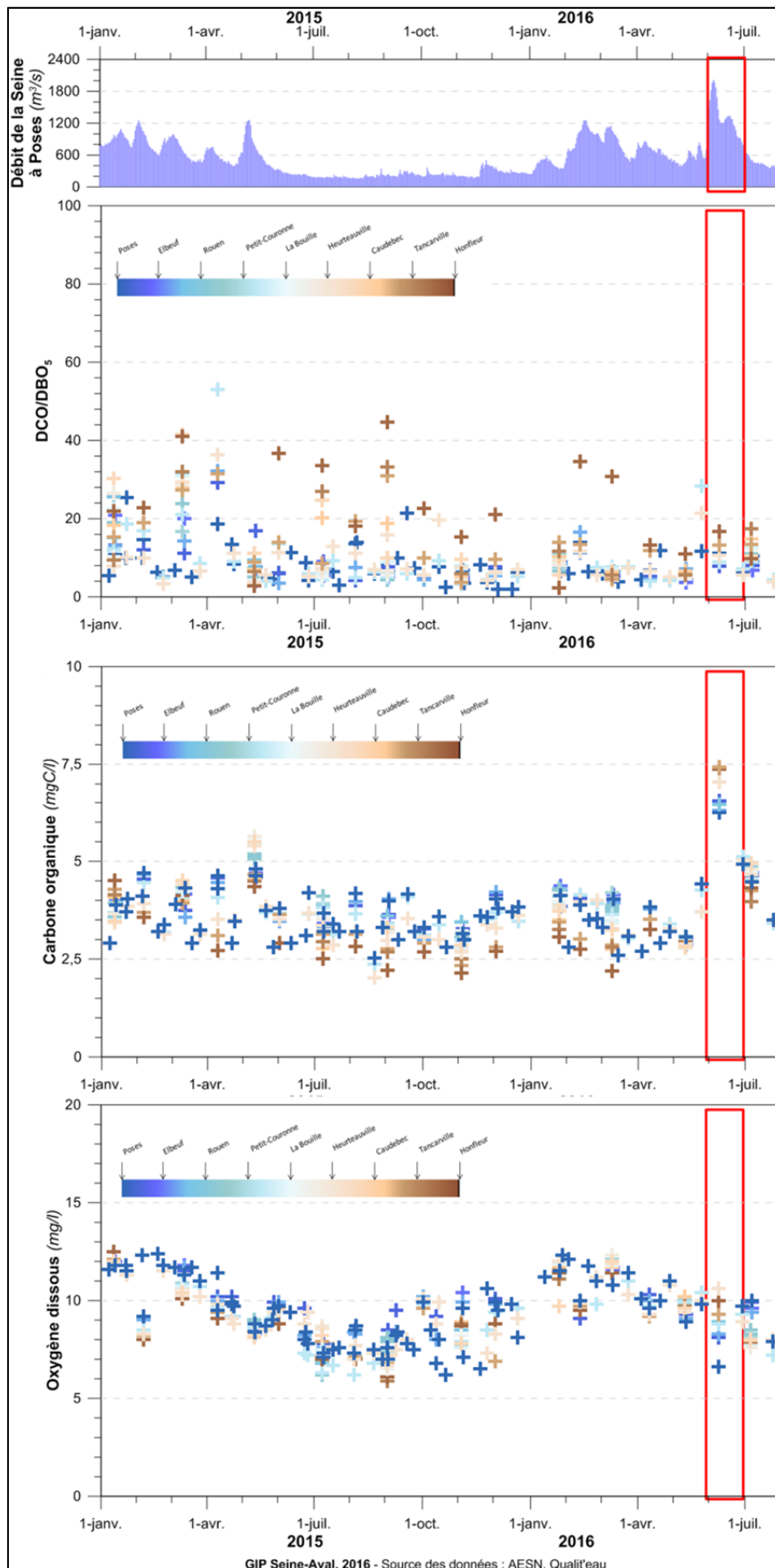


Figure 16 : Rapport DCO/DBO₅, COT et oxygène dissous dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.4 Nutriments

Concernant les nutriments, le phosphore total est resté inférieur à 0.61mg(P)/l avec les concentrations les plus fortes observées à l'embouchure. Les mesures d'orthophosphates restent proches de 0.30mg(PO₄)/l. Ces valeurs sont dans la gamme des valeurs classiquement mesurées, ne montrant **pas d'enrichissement particulier en phosphore** [Figure 17]. Pour l'azote, il faut le considérer sous ses différentes formes : les mesures de nitrates sont comprises entre 14 et 17mg(NO₃)/l, les mesures en nitrites entre 0.15 et 0.35mg(NO₂)/l, les mesures en azote Kjeldahl entre 2 et 4mg(N)/l, les mesures en ammonium inférieures à 0.25mg(NH₄)/l. Ces valeurs sont dans la gamme des valeurs classiquement mesurées, ne montrant **pas d'enrichissement particulier en azote**. A noter cependant, une **légère hausse en azote kjeldhal, montrant un apport en azote organique non transformé** [Figure 18].

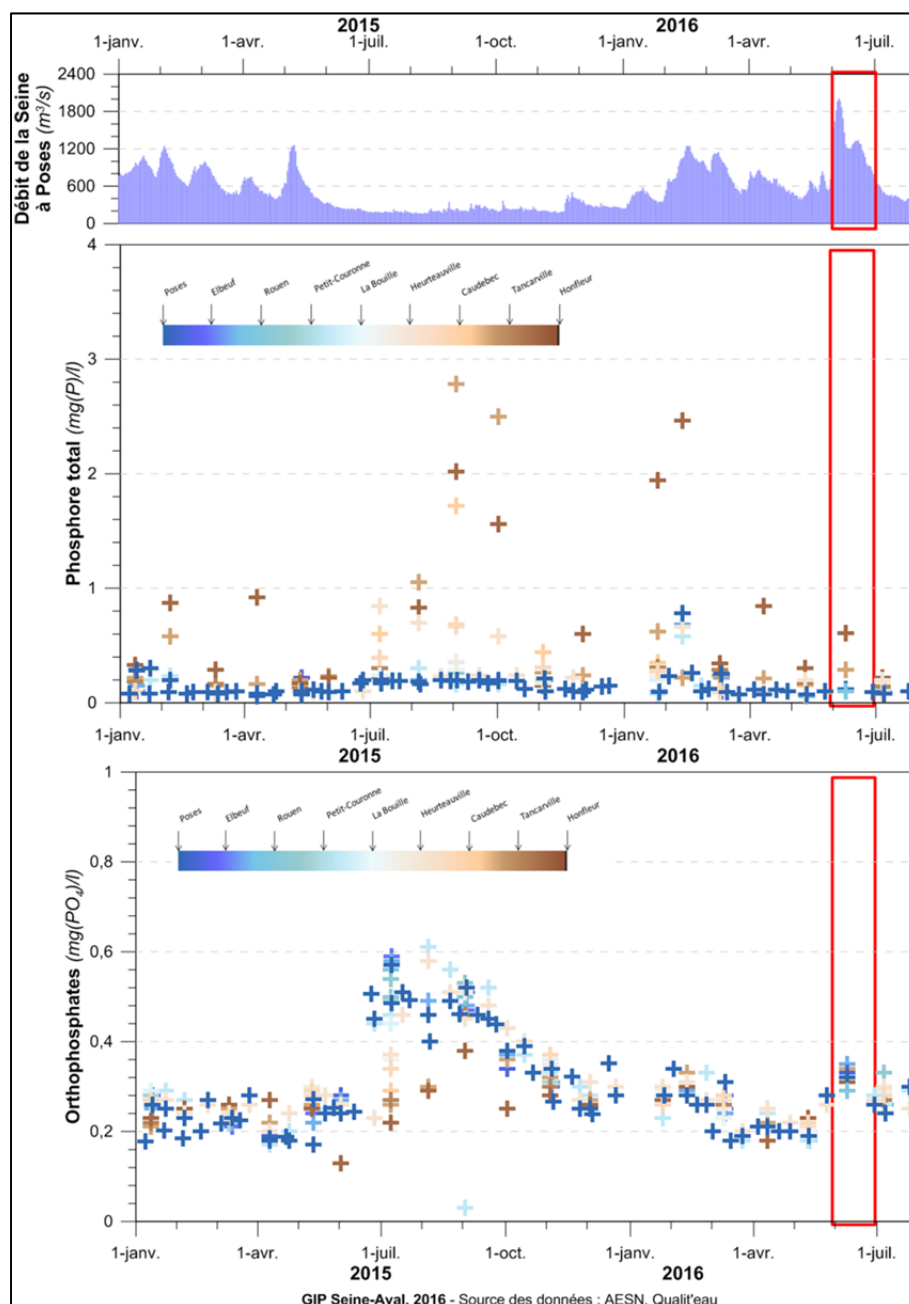


Figure 17 : Phosphore total et orthophosphates dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

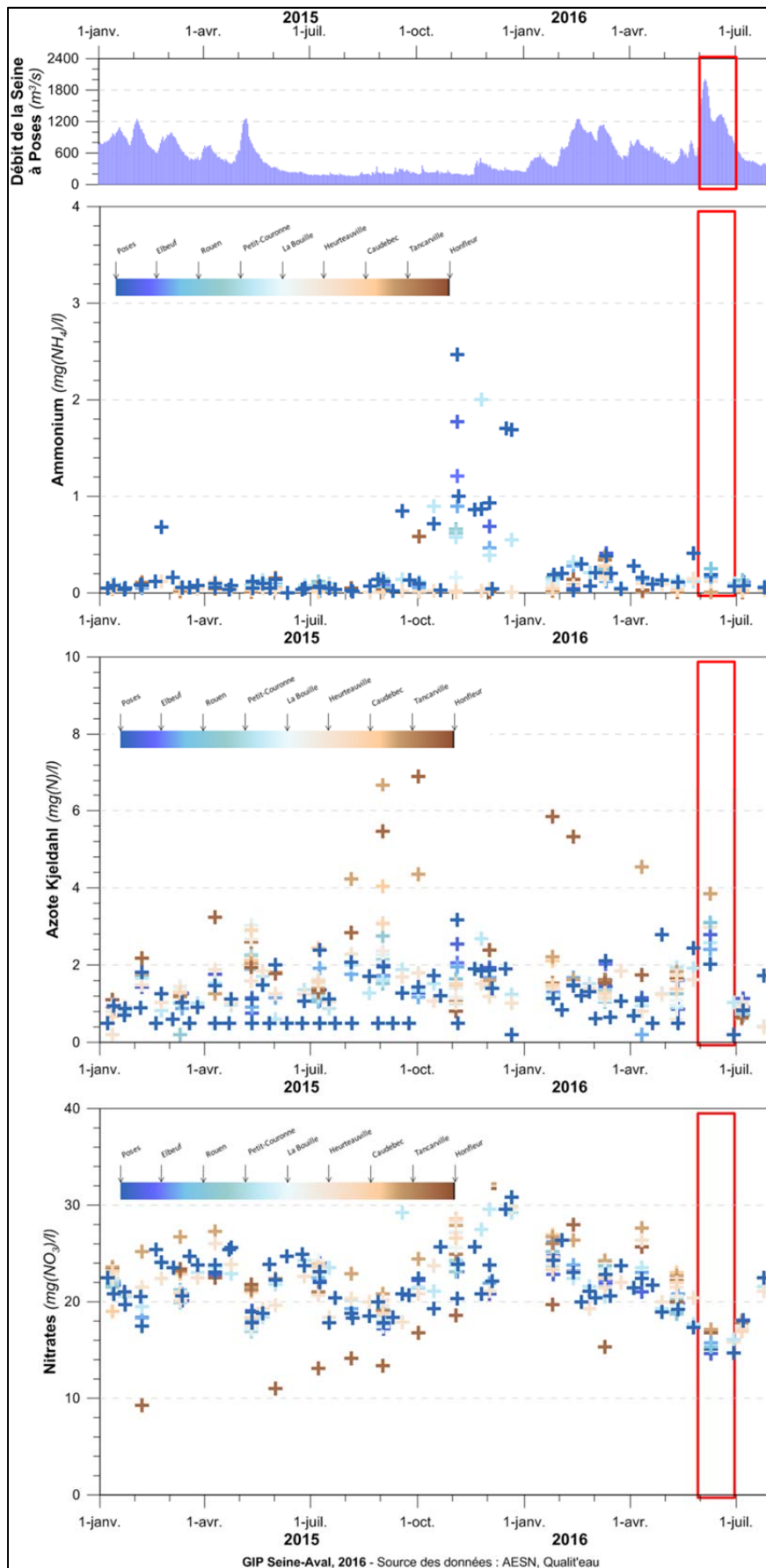


Figure 18 : Ammonium, Azote kjeldahl et Nitrates dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.5 Métaux

22 métaux ou métalloïdes ont été recherchés lors des campagnes de juin 2016. Les valeurs mesurées restent dans les **gammes de valeurs classiquement mesurées**, avec cependant quelques métaux (aluminium, arsenic, cuivre, fer,...) pour lesquels des **légères hausses des concentrations semblent associées à la crue** [Figure 19].

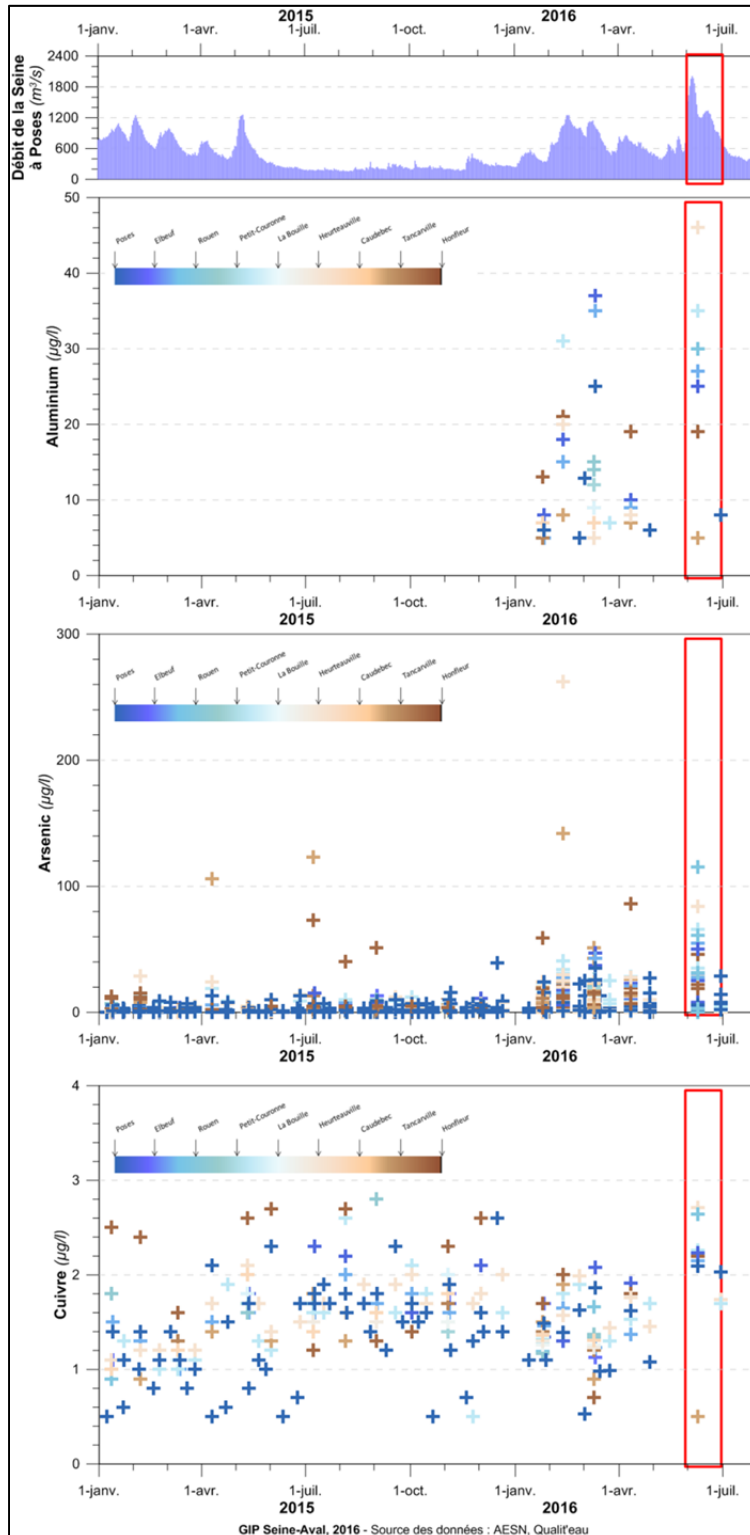


Figure 19 : Métaux dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.6 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ont été suivis à travers 20 paramètres lors des campagnes de juin 2016. Une **légère hausse des concentrations sur les stations amont de l'estuaire peut être observée pour quelques HAP** (Pyrène, Fluoranthène, Benzo(g,hi,)Pyrène, Benzo(a)Pyrène, Benzo(a)Anthracène), **tout en restant dans les gammes de valeurs classiquement mesurées** [Figure 20]. A noter que 8 substances parmi les 20 recherchées n'ont jamais été détectées ou à des concentrations de l'ordre de la limite de détection.

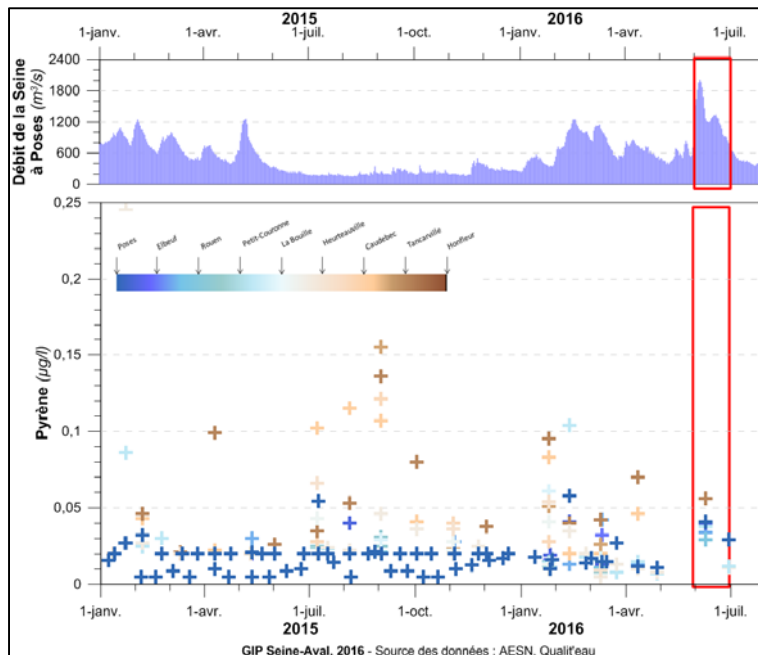


Figure 20 : Pyrène dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.7 Substances pharmaceutiques

Depuis 2016, des substances pharmaceutiques (et métabolites) sont recherchées dans le cadre du suivi de la qualité des eaux de l'estuaire de la Seine. Lors de l'évènement de juin 2016, 18 substances ont été détectées à des teneurs du même ordre de grandeur que celles mesurées lors des campagnes scientifiques précédentes [Budzinski *et al.*, 2012]. Parmi ces substances, **le paracétamol présente des concentrations plus élevées lors de l'épisode de juin 2016** en comparaison des 6 mois précédents. Sa présence dans les eaux est associée au **rejet d'effluents mal ou pas traités** (saturation des ouvrages de traitement). La **présence de métabolites de l'ibuprofène** (Carboxy Ibuprofen, 1-Hydroxy Ibuprofen, 2-Hydroxy Ibuprofen) semble également reliée aux phénomènes de crue [Figure 21].

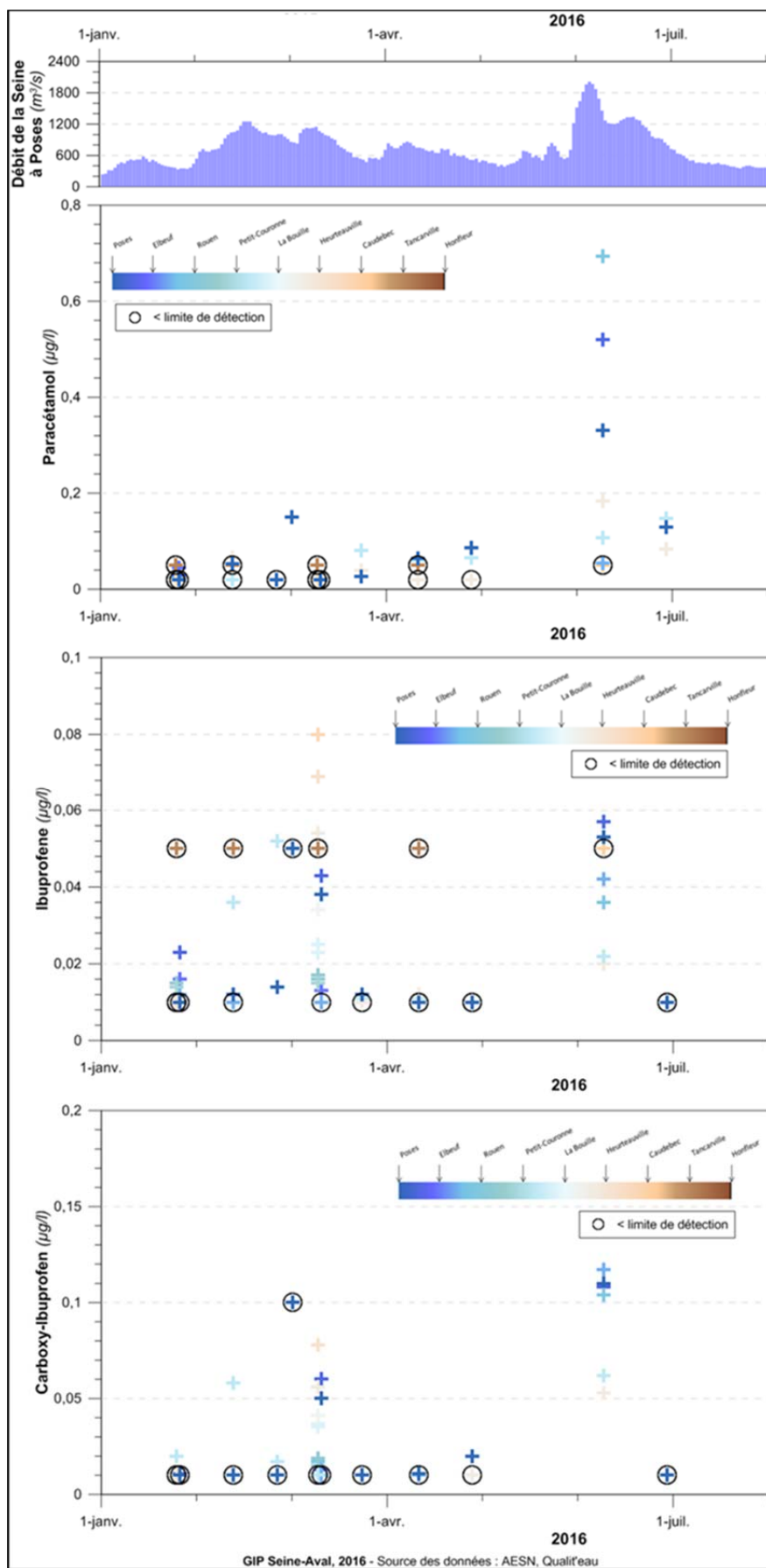


Figure 21 : Paracétamol, Ibuprofen et Carboxy Ibuprofen dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.8 Produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires recherchés regroupent un grand nombre de familles (anilines, carbamates, organochlorés, organophosphorés, pyréthriinoïdes, triazines, triazoles, urées, etc.) et d'usages (acaricides, bactéricides, fongicides, herbicides, insecticides, régulateurs de croissance, répulsifs, etc.), que ce soient pour les substances actives ou leurs métabolites (près de 450 substances). **Seuls 10% de ces substances ont été détectées** à au moins une reprise lors des campagnes de juin 2016. **Quelques hausses de concentrations semblent être reliées à la crue sont également observées** pour diverses substances actives herbicides, fongicides ou insecticides [Tableau III ; Figure 22 ; Figure 23]. Ces hausses pourraient être liées à un **apport par ruissellement sur les zones de cultures** utilisant ces substances.

Tableau III : Principaux produits phytosanitaires présentant des concentrations à la hausse durant l'évènement de juin 2016.

Substance	Famille	Usage principal	Cultures concernées	Concentration maximale mesurée (juin 2016)
2,4-D	Phénoxyacides	Herbicide, Régulateur de croissance	Fruits, grandes cultures, légumes	0.068µg/l
Diméthénamide	Organochloré	Herbicide	Grandes cultures	0.153µg/l
Ethofumésate	Benzofurane	Herbicide	Grandes cultures, légumes	0.031µg/l
Métamitron	Triazine	Herbicide	Grandes cultures, légumes	0.032µg/l
Métolachore	Acétamide	Herbicide	Grandes cultures	0.331µg/l
Nicosulfuron	Urée	Herbicide	Grandes cultures	0.091µg/l
Boscalid	Amide	Fongicide	Légumes, grandes cultures, vigne	0.027µg/l
Imidaclopride	Néonicotinoïde	Insecticide	Fruits	0.038µg/l



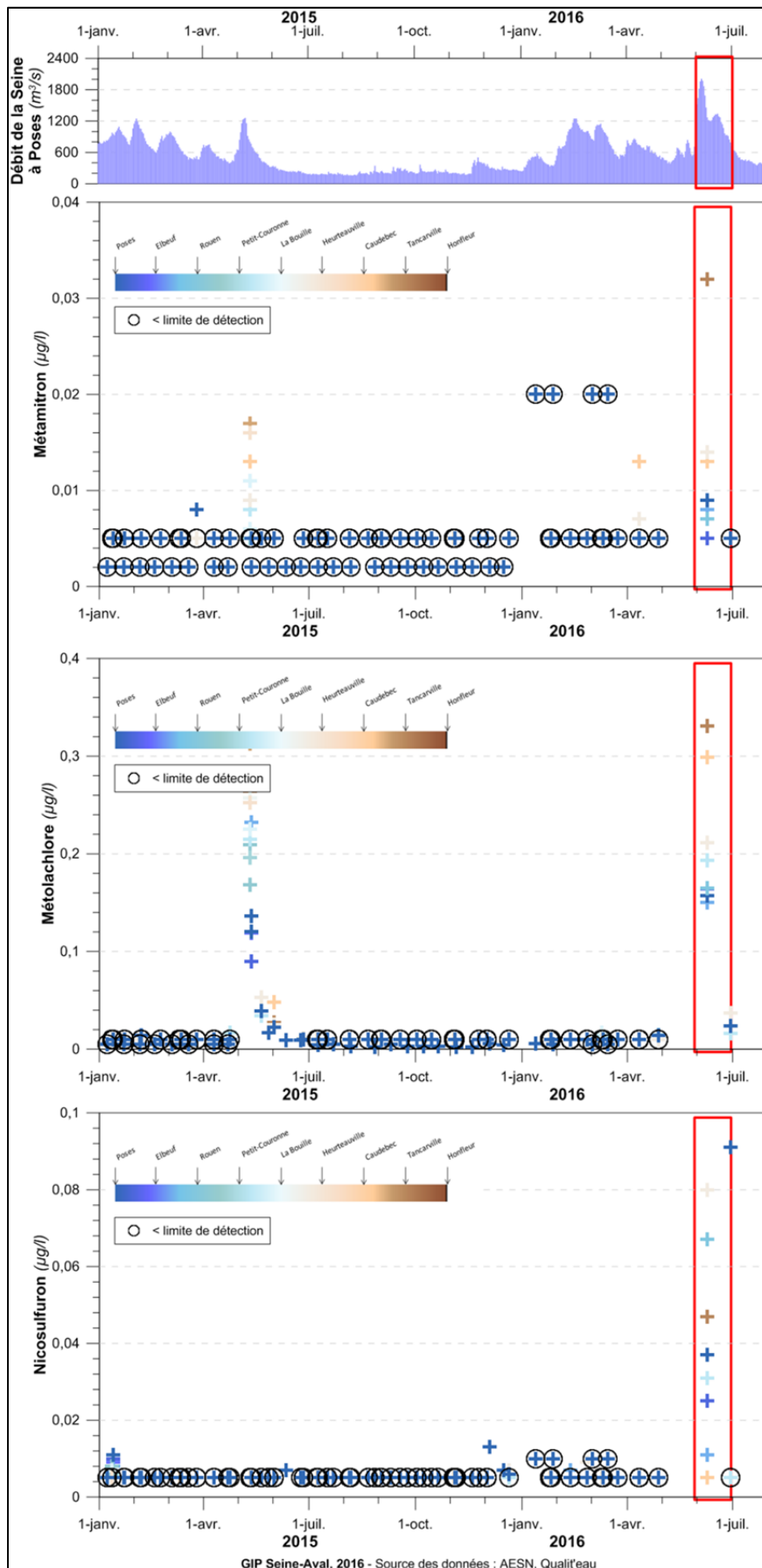


Figure 22 : Herbicides dans les eaux de l'estuaire de la Seine.



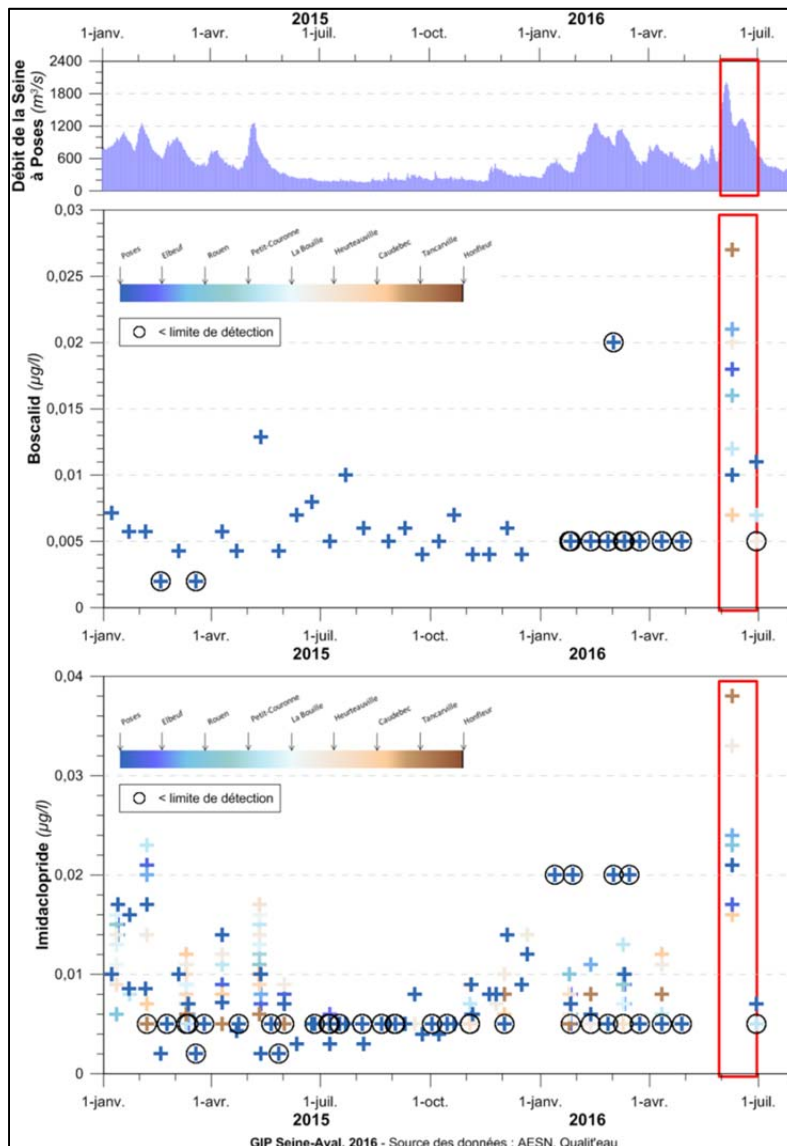


Figure 23 : Fongicide et insecticide dans les eaux de l'estuaire de la Seine.

2.9 Autres composés chimiques

En complément des familles de substances décrites dans les chapitres précédents, de nombreuses autres substances ont été recherchées, mais **non détectées** (ou à des valeurs très proches des limites de détection) lors des campagnes de juin 2016. A noter que ces substances sont également très rarement détectées lors des autres campagnes :

- Benzène et dérivés (14 substances)
- Organostanneux (3 paramètres)
- Acides carboxyliques (3 paramètres)
- Chlorobenzène et mono-aromatiques halogénés (22 paramètres)
- Chloroalcanes (1 paramètre)
- COHV, solvants chlorés, fréons (36 paramètres)
- Stéroles et stéroïdes (4 paramètres)
- Phénols (45 paramètres)
- PCB, PCT, dioxines et furanes, PFC, PBDE et PBB (21 paramètres)
- Phtalates (14 paramètres)



2.10 Microbiologie

Plusieurs campagnes ponctuelles dédiées à l'évaluation de la qualité microbiologique des eaux de l'estuaire de la Seine ont été menées en juin 2016 en différents points de l'estuaire de la Seine : les 5-6-7 juin [Petit & Berthe, 2016], le 9 juin et le 29 juin [AESN]. Les analyses ont consisté en un dénombrement d'*Escherichia coli* (*E. coli*) et *Enterococcus*.

Les abondances les plus élevées en *E. coli* et Entérocoques sont observées lors de la première campagne (débits les plus élevés), quel que soit le site (sauf pour les Entérocoques à La Bouille). Elles sont globalement dans la fourchette haute des valeurs observées ces cinq dernières années, sans pour autant être très élevées (les valeurs sont comprises entre la moyenne et le percentile 90). **Les mesures réalisées lors de la descente de crue** (campagnes du 9 et du 29 juin) **présentent des abondances plus faibles**, inférieures à la moyenne des mesures des cinq dernières années [Figure 24].

Lors de l'évènement de juin 2016, les campagnes ponctuelles n'ont pas permis de mettre en évidence une hausse de la contamination microbiologique de l'eau de l'estuaire de Seine par les indicateurs bactériens de contamination fécale. Ces résultats s'expliquent probablement par un effet de dilution massive des masses d'eaux notamment en fin de crue. Le pic de contamination microbiologique, s'il y en a un, doit se situer en début de crue, du fait du lessivage des sols et des by-pass des stations d'épuration urbaines [Petit & Berthe, 2016]. Cette période, antérieure au 5 juin, n'est pas couverte par les campagnes menées.

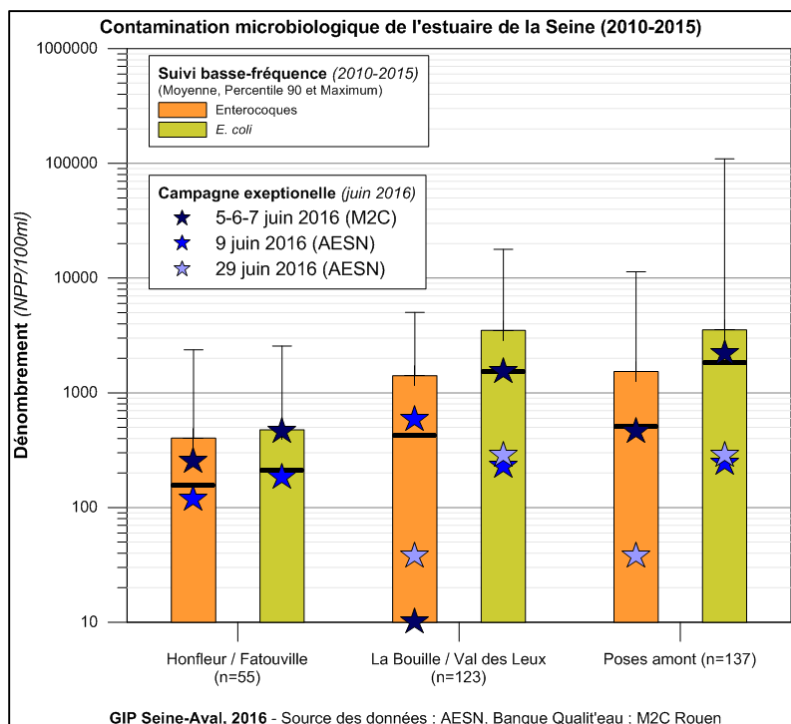


Figure 24 : Contamination microbiologique de l'estuaire de la Seine.

D-CONSEQUENCES BIOLOGIQUES

Ce chapitre s'appuie sur les données de campagnes ou suivis biologiques (Campagne PECTOW, Seinoscope) et des observations de terrain pour évaluer les conséquences de l'évènement de juin 2016 sur la biologie de l'estuaire de la Seine.

1 Habitats benthiques

Depuis 1986, des suivis scientifiques sont réalisés en baie de Seine orientale tous les 5 ans en février-mars (campagnes PECTOW). Ils permettent d'étudier l'évolution sur le long terme de la nature du sédiment et des peuplements benthiques associés. En complément d'une campagne en février 2016, une campagne a été menée en juillet 2016 pour étudier les effets potentiels de l'évènement de juin 2016 sur les habitats benthiques (sédiment et macrofaune) [Figure 25 ; Baux, 2016].

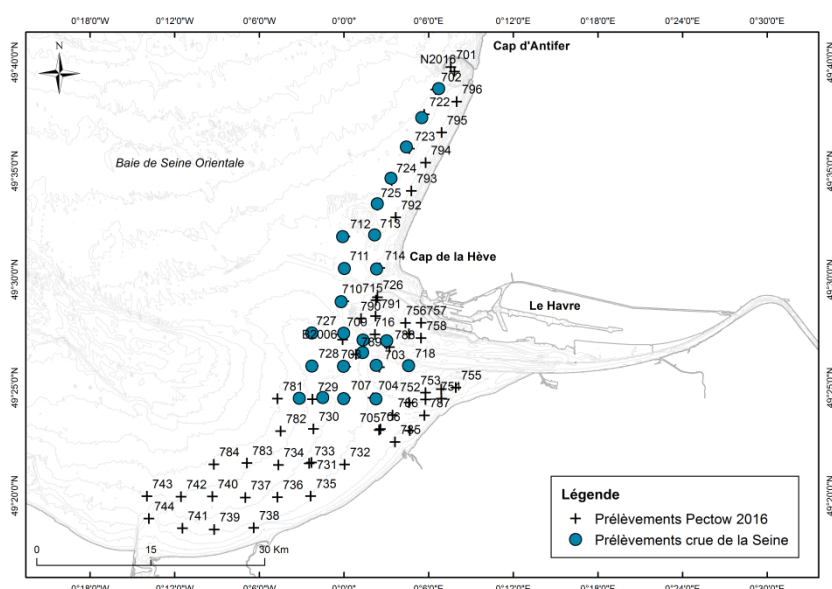


Figure 25 : Stations échantillonnées lors des campagnes PECTOW 2016.

La campagne de juillet 2016 a permis l'échantillonnage de 160 taxons, identifiés le plus souvent au niveau spécifique et 42953 individus. Cette campagne montre une richesse taxonomique et un nombre total d'individus plus élevés que lors de la campagne de février 2016, à mettre en relation avec le recrutement printanier et estival de la majorité des invertébrés benthiques. La comparaison des densités des dix espèces dominantes pour chacune des deux campagnes montre des différences de dominances assez fortes. Les densités observées sont plus importantes en juillet 2016, avec une nette dominance d'*Ampelisca tenuicornis* (379 ind/0,5m² contre 18 ind/0,5m² en février 2016). La majorité des espèces dominantes sont les mêmes d'une campagne à l'autre, hormis pour trois taxons. En effet, *Nephtys hombergii*, *Ampharete balthica* et *Acrocnida brachiata* observées avec de fortes dominances en février 2016 sont remplacées par *Ampelisca diadema*, *Phyllodoce spp.* et *Nucula nitidosa* [Tableau IV]. Pour la majorité des stations échantillonnées, les prélèvements réalisés en février 2016 et en juillet 2016 appartiennent à un même assemblage faunistique, ce qui traduit l'absence de modifications importantes de la structure spatiale de la communauté suite à la crue de juin 2016 [Thiébaud & Baux, 2017].

Tableau IV : Comparaison des 10 espèces les plus abondantes lors des campagnes de février et juillet 2016.

Février 2016		Juillet 2016	
Espèces	Densité (ind/0.5m ²)	Espèces	Densité (ind/0.5m ²)
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	379	<i>Owenia fusiformis</i>	93
<i>Abra alba</i>	304	<i>Kurtiella bidentata</i>	60
<i>Aphelochaeta marioni</i>	154	<i>Phaxas pellucidus</i>	43
<i>Kurtiella bidentata</i>	149	<i>Lagis koreni</i>	34
<i>Owenia fusiformis</i>	97	<i>Ampharete baltica</i>	25
<i>Ampelisca diadema</i>	87	<i>Aphelochaeta marioni</i>	24
<i>Phyllodoce spp.</i>	56	<i>Nephtys hombergii</i>	21
<i>Lagis koreni</i>	54	<i>Abra alba</i>	20
<i>Nucula nitidosa</i>	53	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	18
<i>Phaxas pellucidus</i>	51	<i>Acrocnida brachiata</i>	16

L'impact de la crue semble limité avec un apport de vase localisée sur certaines stations situées face à l'estuaire et le long du pays de Caux. Il existe une variabilité temporelle de la communauté macrobenthique présente en baie de Seine orientale, certainement liée au recrutement larvaire. Il apparaît difficile en revanche de dégager un effet direct de la crue même si certaines stations où l'envasement fut le plus fort se distinguent par une plus forte variabilité saisonnière de la structure de la communauté. Le fort envasement se traduit plus particulièrement par des abondances et une richesse spécifique plus faible. On note la présence en fortes abondances de l'espèce *Ampelisca tenuicornis* et *Ampelisca diadema*, espèces dites « sensibles », ce qui traduit néanmoins un milieu avec une bonne qualité écologique [Thiébaud & Baux, 2017].

2 Poissons migrateurs

Le barrage de Poses est le premier obstacle pour la migration des poissons sur la Seine. Pour en permettre le franchissement, il est équipé d'une passe à poisson et d'une chambre d'observation en rive gauche¹. Les enregistrements réalisés permettent d'apporter des éléments qualitatifs sur les espèces présentes en Seine (i.e. richesse spécifique) et des éléments sur les rythmes migratoires pour des espèces catadromes* comme l'anguille. Pour cette espèce, il est noté une arrivée des premières civelles avec les grandes marées d'avril ; une activité de montaison et un recrutement fluvial en mai et début juin ; une dévalaison des premières anguilles argentées fin juillet. Seul le facteur thermique (15°C) a pu être identifié comme déclenchant et stoppant l'activité migratoire, ce qui n'en exclue pas d'autres comme le débit ou le coefficient de marée [GIP Seine-Aval, 2015 ; SEINORMIGR, 2016].

Pour les anguillettes, les résultats de montaison enregistrés en 2016 (13746 individus) sont plus importants qu'en 2014 et 2015 (respectivement 12406 et 4901 individus). Pour la première fois, **un pic tardif de migration a été observé début septembre**, avec près de

¹ Un second dispositif de franchissement et de comptage est en cours de finalisation sur la rive droite, au droit des écluses. Sa mise en eau définitive est attendue pour 2017.

4000 individus dénombrés en cinq jours [Figure 26]. Lors de l'évènement de juin, de très nombreuses anguilles ont été observées dans la passe. Ces observations non quantifiables n'ont pas pu être intégrées dans les résultats, mais la proportion d'anguilles semblait très largement supérieure à ce qui est habituellement comptabilisé. Ces observations confortent l'hypothèse, qu'en conditions normales, de très nombreuses anguilles restent bloquées au pied de la passe et ont des difficultés à s'y engager [SEINORMIGR, 2016 ; Cioffi & Paporey, 2016].

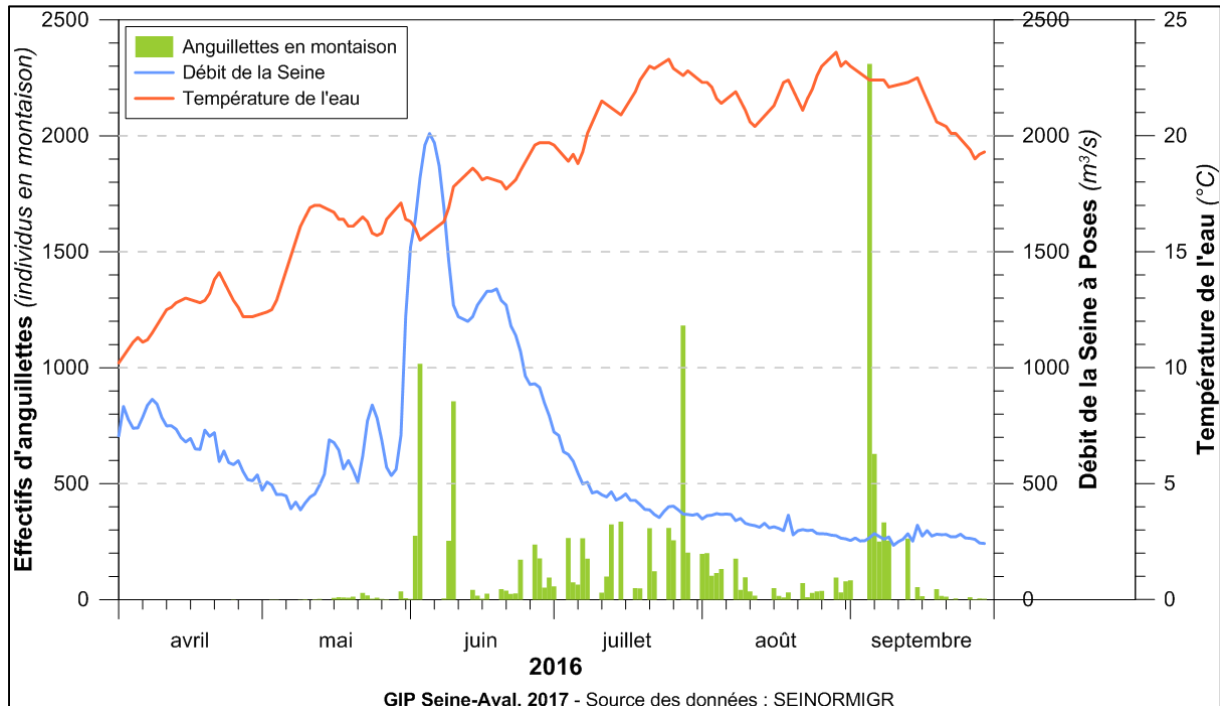


Figure 26 : Effectifs journaliers des anguillettes en montaison à Poses.

Pour les autres espèces de poissons, **les passages n'ont pas été enregistrés lors du pic de montée de la crue**, du 3 au 23 juin, période habituellement active pour l'activité de montaison. En effet, les niveaux d'eau exceptionnels ont temporairement ennoyé la quasi-totalité de la passe à poisson et mis les systèmes de dénombrement (vidéo et piégeage) hors d'état de fonctionnement. **Les observations de terrain ont cependant montré que les conditions hydrologiques rendaient l'ouvrage presque transparent et facilitaient le passage des espèces en montaison à cette période** [Cioffi & Paporey, 2016].

SYNTHESE

Les principales conséquences identifiées de l'évènement de juin 2016 sont compilées ci-après.

Paramètres	Principaux résultats
Typologie de l'évènement	Evènement de type fluvial, avec des conditions déclenchantes liées au fort débit de la Seine renforcées par des coefficients de marée élevés, mais sans condition météorologique défavorable pour le niveau d'eau.
Débordements	Du 4 au 8 juin 2016 lors des marées hautes dans la zone de l'estuaire amont.
Débit à Poses	Débit maximal de période de retour comprise entre 2 et 5 ans, mais plus hauts débits atteints pour un mois de juin depuis le début des mesures en 1941.
Niveaux d'eau atteints	Niveaux d'eau fréquemment atteints entre Oissel et Duclair, un peu plus rarement atteints entre Poses et Oissel et très communément atteints en aval de Duclair.
Bouchon vaseux	Position légèrement aval, associée à une turbidité très faible. Expulsion du bouchon vaseux en baie de Seine.
Oxygène	Baisse de l'oxygène (apport de matière organique), tout en restant dans une gamme compatible avec la vie aquatique.
Salinité	Décalage vers l'aval du gradient de salinité, du fait d'un important passage d'eau douce lié à l'expulsion des eaux de la crue de la Seine et d'une moindre pénétration de la marée vers l'amont, à cause de la force exercée par le débit de la Seine. Dessalures observées en baie de Seine
Minéralisation	Pas de modification mesurée.
pH	Observation d'une légère baisse.
Nutriments	Pas d'enrichissement particulier en phosphore ou en azote. Légère hausse en azote kjeldhal, montrant un apport en azote organique non transformé.
Métaux	Quelques hausses observées (aluminium, arsenic, cuivre, fer,...), mais valeurs dans les gammes habituellement mesurées.
HAP	Légères hausses observées (Pyrène, Fluoranthène, Benzo(g,hi)Pyrène, Benzo(a)Pyrène, Benzo(a)Anthracène), mais valeurs dans les gammes habituellement mesurées.
Substances pharmaceutiques	Détection de 15% des substances recherchées (18/84). Hausse des concentrations en paracétamol pouvant être associée à des rejets d'effluents mal ou pas traités.
Produits phytosanitaires	Détection de 10% des substances recherchées (46/440). Quelques hausses de concentrations sont observées pour diverses substances actives herbicides, fongicides ou insecticides. Ces hausses sont à relier à un apport par ruissellement sur les zones de cultures utilisant ces substances.
Autres contaminants organiques	Pas de détection (ou à des valeurs très proches des limites de détection) pour les autres familles de contaminants (Benzène et dérivés ; Organostanneux ; Acides carboxyliques ; Chlorobenzène et mono-aromatiques halogénés ; Chloroalcanes ; COHV, solvants chlorés, fréons ; Stéroles et stéroïdes ; Phénols ; PCB, PCT, dioxines et furanes, PFC, PBDE et PBB ; Phtalates)
Microbiologie	Pas de mise en évidence d'une hausse de la contamination microbiologique.
Habitats benthiques	Il est difficile de dégager un effet direct de la crue même si certaines stations où l'envasement fut le plus fort se distinguent par une plus forte variabilité saisonnière de la structure de la communauté benthique. Le fort envasement se traduit plus particulièrement par des abondances et une richesse spécifique plus faible.
Poissons migrateurs	Observation d'un très important passage d'anguilles en montaison, mais impossibilité de les enregistrer et de les comptabiliser. Pas d'enregistrement pour les autres espèces.

GLOSSAIRE

Aléa : Evènement (naturel ou non) potentiellement dangereux.

Catadrome : migration d'une espèce qui se reproduit en mer et qui réalise sa croissance en eau douce (anguille européenne, flet, mullet porc,...).

Coefficient de marée : Nombre sans dimension calculé d'après le marnage qui caractérise la grandeur de la marée sur une échelle de 20 à 120.

Déchet : Période durant laquelle le coefficient de marée diminue. (vs Revif)

Décote : Diminution du niveau de la surface de l'eau du fait de phénomènes météorologiques. (vs Surcote)

Période de retour : Utilisée pour caractériser les risques naturels, elle correspond à la durée (au sens statistique) entre deux occurrences de même intensité pour un évènement. Par exemple, une crue décennale a chaque année 10% de chance de se produire. Dans le cadre de la gestion du risque inondation, elles servent de base de connaissance pour caractériser et quantifier l'aléa*. Pour l'estuaire de la Seine, cela concerne à la fois les occurrences des niveaux d'eau atteints en Seine et les forçages hydro-météorologiques qui déterminent ces niveaux (débit de la Seine et de ses affluents, coefficient de marée, vent et pression atmosphérique).

Revif : Période durant laquelle le coefficient de marée augmente. (vs Déchet)

Surcote : Augmentation du niveau de la surface de l'eau du fait de phénomènes météorologiques. (vs Décote)

BIBLIOGRAPHIE

- ARTELIA & GIP Seine-Aval, 2013. **Définition de scénarios et modélisation des niveaux d'eau pour la gestion du risque inondation dans l'estuaire de la Seine – Rapport de l'objectif A : Définition des périodes de retour des événements jouant un rôle dans les inondations.** 131p. et annexes.
- Baux N., 2016. **Rapport de la campagne du 28 juillet 2016 pour le suivi des peuplements benthiques de la Baie de Seine Orientale - Suivi post crue de la Seine de juin 2016.** Rapport de l'Université de Caen, 9p.
- Budzinski H. (coord.), Forget-Leray J., Aït-Aïssa S., 2012. **Projet MEDSEINE : Étude de la contamination par les médicaments de l'estuaire de la Seine. Application des capteurs passifs à un meilleur diagnostic de leur présence, flux et impact toxique.** Projet Seine-Aval 4, 53p.
- Ciolfi C. & Paplorey B., 2016. **Comité de pilotage du suivi par vidéo-comptage de la passe à poissons de Poses et de l'animation du Seinoscope – Résultats premier semestre 2016.** 60p.
- Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Normandie – Service Ressources Naturelles – Bureau de l'Hydrométrie, de l'Hydrologie et de la Prévision des Crues, 2016. **Bilan des eneux touchés sur le tronçon Seine aval et cartographie des zones inondées – Crue du 1^{er} au 10 juin 2016 sur le tronçon Seine aval.** Rapport d'étude, 9p. et annexes.
- Fisson C. & Lemoine J.P., 2016. **Les niveaux d'eau en estuaire de Seine : risque inondation et changement climatique.** Fascicule Seine-Aval 3.5, 35p.
- GIP Seine-Aval, 2016. **Les poissons migrateurs de l'estuaire de la Seine.** Fiche thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution, 6p.
- GIP Seine-Aval, 2013. **La salinité dans l'estuaire de la Seine.** Fiche thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution, 6p.
- Seine Grands Lacs, 2016. **Crue de mai-juin 2016 – bilan de la crue et de la gestion des ouvrages.** Rapport technique, 30p.
- Lemoine J.P. & Verney R., 2015. **Fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire de la Seine.** Fascicule Seine-Aval 3.3, 64 p
- Petit F. & Berthe T., 2016. **Qualité microbiologique des eaux de l'estuaire de la Seine – fin de crue 5-6-7 juin 2017.** UMR CNRS M2C / FR CNRS SCALE, 2p.
- SEINORMIGR, 2015. **L'anguille en Seine.** Lettre d'information n°1, 8p.
- SEINORMIGR, 2016. **L'anguille en Seine.** Lettre d'information n°2, 12p.
- Thiébaud E. & Baux N., 2017. **Variation pluri-décennale du peuplement de sables fins plus ou moins envasés de la Baie de Seine orientale : évolution des diversités spécifique et fonctionnelle.** Projet Seine-Aval, 51p.

POUR PLUS D'INFORMATIONS SUR LE GIP SEINE-AVAL

www.seine-aval.fr

CONTACT

Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval
Pôle Régional des Savoirs
115 boulevard de l'Europe
76100 ROUEN
Tél : 02 35 08 37 64
gipsa@seine-aval.fr

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce rapport, il devra être cité sous la forme suivante :

Fisson C., 2017. **Impact de la crue de juin 2016 sur l'estuaire de la Seine**. Rapport réalisé par le GIP Seine-Aval, 36p.

Le GIP Seine-Aval ne saurait être tenu responsable d'évènements pouvant résulter de l'utilisation et de l'interprétation des informations mises à disposition.

Pour tout renseignement, veuillez contacter le GIP Seine-Aval.

Les membres financeurs du GIP Seine-Aval sont :

