

QUALITÉ DE L'EAU ET CONTAMINATIONS DANS L'ESTUAIRE DE LA SEINE

Contamination microbiologique

Problématique

Jusqu'au XIX^e siècle, l'histoire de l'humanité a été marquée par des grandes pandémies (peste, variole, choléra...). La découverte du rôle des microorganismes comme agents responsables des maladies infectieuses par Pasteur et ses disciples a été à l'origine d'avancées majeures en médecine et de l'introduction de la notion d'hygiène. Si aujourd'hui, l'ingénierie sanitaire permet à une grande partie de l'Humanité d'accéder à une eau exempte de microorganismes pathogènes, les maladies infectieuses d'origine hydrique restent encore la 1^{re} cause de mortalité à l'échelle mondiale dans les pays en voie de développement.

Dans les pays où la qualité microbiologique des eaux à destination de la consommation humaine est contrôlée, les maladies infectieuses d'origine hydrique sont essentiellement liées aux usages récréatifs et à la consommation de produits de la mer. Parmi les maladies d'origine hydrique, la pathologie la plus fréquente est la gastroentérite, même si des cas de méningite-encéphalite ou des dermatoses ont été renseignés. Ces gastroentérites sont dues à la présence de microorganismes pathogènes* d'origine fécale, tels les virus (entérovirus, rotavirus, astrovirus, virus de Norwalk...), des bactéries (*Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Escherichia*



coli, *Camphylobacter*...) ou des protozoaires (*Giarda duodenalis*, *Cryptosporidium*). Ces microorganismes sont apportés dans le milieu par des sources ponctuelles (rejets traités des stations d'épuration des eaux usées), ou diffuses (ruissellement et lessivage des sols). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de suivre deux indicateurs bactériens de la contamination fécale (*E. coli* et entérocoque), pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Ce choix a été validé par des enquêtes épidémiologiques, qui ont permis d'établir des valeurs seuils utilisées pour évaluer la qualité des eaux

de baignades [Directive Européenne 2006/7/EC].

En milieu littoral, la production de toxines par des espèces phytoplanctoniques dont le développement est lié aux apports en nutriments, peut aussi être responsable de pathologies sévères lorsqu'elles se concentrent dans des organismes filtreurs destinés à la consommation humaine (moule, coquille Saint Jacques). La maîtrise du risque repose alors sur le suivi de l'eutrophisation des eaux, et non sur le suivi des indicateurs bactériens d'origine fécale.

Cette fiche thématique fait un bilan des connaissances acquises sur la contamination microbiologique de l'estuaire de la Seine.

Vulnérabilité et résilience des eaux de Seine

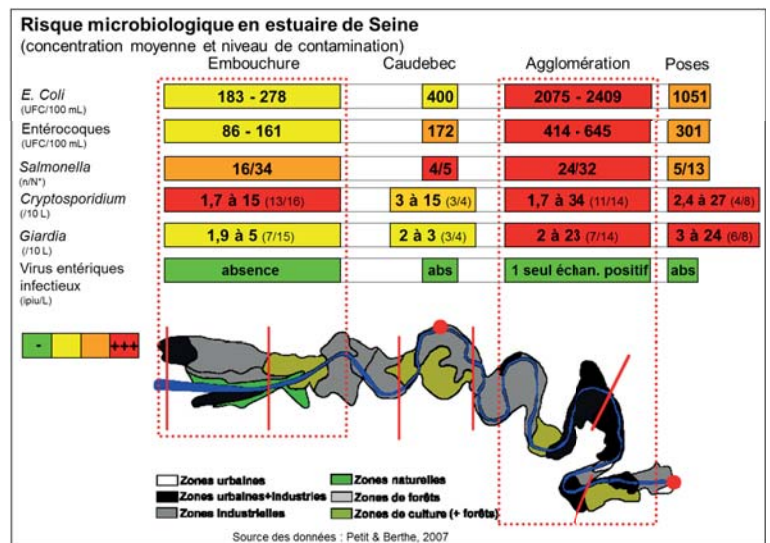
La qualité microbiologique de l'eau de l'estuaire de la Seine a été évaluée sur la période 2000-2006 en dénombrant les deux indicateurs bactériens de contamination fécale (*E. coli*, entérocoques intestinaux). En complément, des agents pathogènes ont été recherchés : *Salmonella*, principale bactérie responsable des toxi-infections alimentaires collectives en France ; *Giarda duodenalis*, (origine humaine) et *Cryptosporidium*, (origine humaine et animale) responsables des deux protozooses intestinales* les plus répandues ; les entérovirus (sous leurs formes infectieuses)

[Figure 1 ; Petit & Berthe, 2007 ; Touron et al., 2007 ; 2006/7/EC].

L'abondance en *E. coli* et en entérocoques dans l'eau de l'estuaire montre que **le secteur amont de l'estuaire et l'agglomération rouennaise sont les zones où la contamination est la plus élevée**, avec une qualité insuffisante des eaux pour permettre un usage récréatif de type baignade. Dans ces secteurs, les apports amont de la Seine (rejets traités issus de l'agglomération parisienne) sont la principale source de contamination par des microorganismes d'origine fécale, en période de fort débit. En période de faible débit, les apports des affluents et les rejets des eaux usées traitées des stations d'épuration intra-estuariennes représentent la source majeure de contamination [Garcia-Armisen et al., 2005].

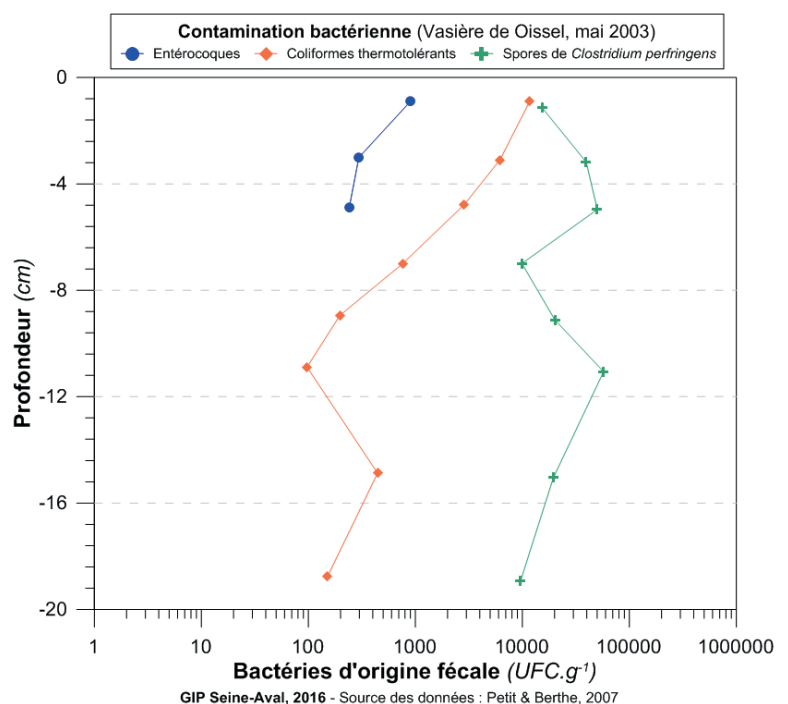
En Seine, les principales causes de disparition des bactéries d'origine fécale dans la colonne d'eau sont la prédation par des protozoaires, la lyse virale et la perte de cultivabilité* liée à leur faible capacité, pour la majorité d'entre-elles, à surmonter les stress abiotiques (température, oligotrophie, salinité). Une partie des bactéries d'origine fécale peut s'associer aux particules fines et se déposer sur les vasières. Elles perdent alors rapidement leur cultivabilité, le niveau de contamination microbienne diminuant avec la profondeur [Figure 2].

FIGURE 1



Contamination microbiologique en estuaire de Seine (période 2000-2006).

FIGURE 2



Contamination par des bactéries fécales en fonction de la profondeur du sédiment.



Ces résultats démontrent la **capacité d'autoépuration de ces milieux et le rôle important joué par les vasières en estuaire de Seine**. Cependant, l'ADN des bactéries d'origine fécale n'est pas complètement dégradé et des gènes de virulence ou de résistances aux antibiotiques ou aux métaux restent détectables dans les sédiments. **Les vasières pourraient potentiellement jouer un rôle de réservoir pour ces gènes de résistance** [Berthe *et al.*, 2008 ; Petit *et al.*, 2015].

Bactérie pathogène, *Salmonella* est fréquemment retrouvée dans l'eau de la Seine, avec une occurrence accrue en zone urbaine et en période de haut débit. La comparaison des sérovars* des souches isolées en Seine avec celles isolées en milieu clinique pour la même période, démontre une **origine humaine mais aussi animale de ces pathogènes dans les eaux de Seine** [Touron *et al.*, 2004]. De même, la présence d'oocystes* de *Cryptosporidium* témoigne une contamination d'origine bovine, avec des variations saisonnières en période de pâturage par les veaux. Ils peuvent se disséminer dans

des zones éloignées de leur point de rejet, soulignant l'importance des apports par les affluents et/ou par le ruissellement sur des sols pâturés. L'augmentation de leur abondance dans la zone du bouchon vaseux s'explique par leur association avec les matières en suspension et leur résistance à la salinité. Ils peuvent être retrouvés dans les moules à l'embouchure de la Seine en période de fort débit ou de forte pluviométrie. Au contraire, la contamination des eaux par *Giardia duodenalis* (origine humaine) est plus stable au cours du temps et est essentiellement localisée dans les zones de l'agglomération rouennaise ou au niveau du barrage de Poses en période de haut débit.

Alors que la détection moléculaire montre la présence permanente de virus entériques dans les eaux de la Seine [Castignolles *et al.*, 1998], il n'a pas été possible de mettre en évidence la présence d'entérovirus infectieux, suggérant une inactivation rapide de ces virus après leur rejet dans les eaux de Seine [Petit & Berthe, 2007].

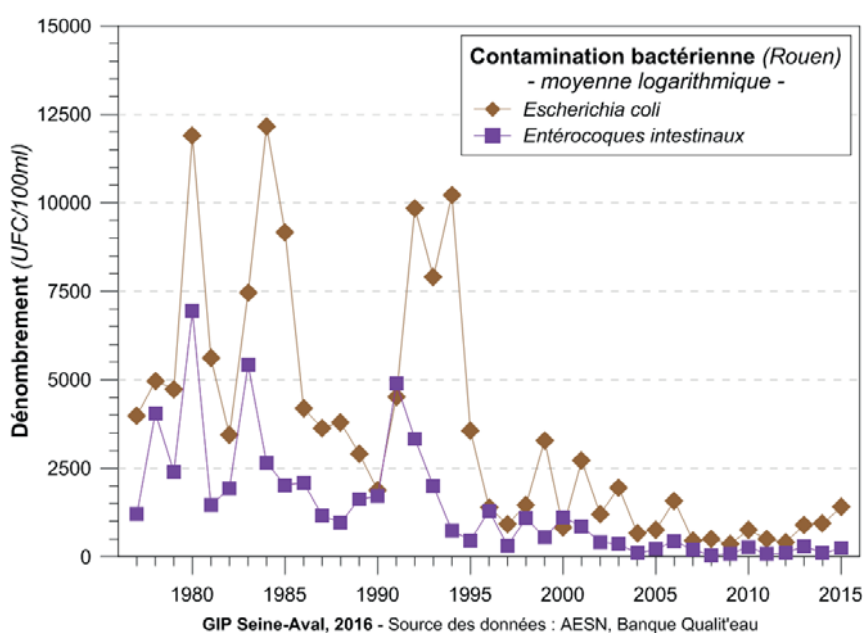
Une qualité des eaux qui s'améliore...

La qualité microbiologique des eaux de Seine a été la plus critique entre 1960 et 1980, essentiellement due à l'accroissement de la population non immédiatement

suivi par une augmentation de la capacité de traitement des eaux usées. A partir des années 1980, les mises en service successives des unités de traitement des stations

d'épuration urbaines ont amélioré la qualité bactériologique du milieu (abattement de 90 à 99% de l'abondance en bactéries fécales) [Servais *et al.*, 2009]. Cette amélioration est notamment visible à Rouen, via le suivi des abondances d'*E. coli* et d'entérocoques intestinaux (*Enterococcus*). Un point de rupture est observé en 1997, année de la mise en service de la station d'épuration des eaux urbaines de l'agglomération rouennaise, combinée au changement de norme de mesure (passage du dénombrement des coliformes thermotolérants à la recherche spécifique d'*E. coli*) [Figure 3 ; AESN & DDTM76, 2012].

FIGURE 3



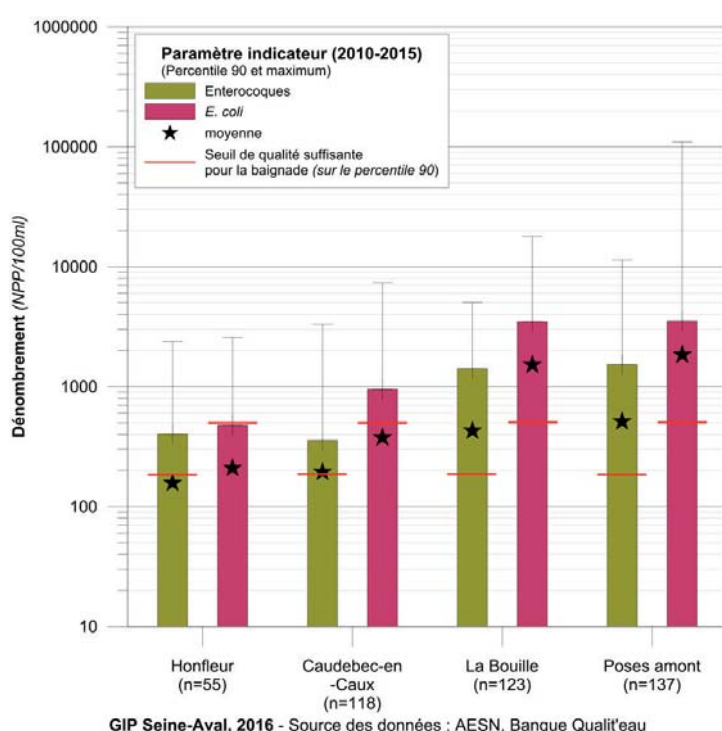
Evolution de la contamination bactérienne à Rouen.

... mais qui ne permet toujours pas les usages récréatifs

En considérant les abondances des bactéries indicatrices de contamination fécale au regard de la réglementation européenne pour définir la **qualité microbiologique des eaux de**

baignade, les résultats pour la période 2010-2015 montrent une **non-conformité des eaux pour cet usage le long de l'estuaire** (dépassement des seuils définissant une eau de qualité suffisante pour la baignade) [Figure 4 ; AESN & DDTM76, 2012].

FIGURE 4



Contamination bactérienne et qualité des eaux de baignade.

Les **autres activités nautiques** (kayak, aviron...) ne font pas l'objet de réglementation sanitaire, même si l'exposition inhérente à ces pratiques peut induire un risque en cas d'ingestion d'un volume important d'eau à proximité d'un rejet de station d'épuration [Petit et al., 2012].

L'**usage récréatif lié à l'activité pêche à pied** à l'embouchure de la Seine a été identifié comme une **pratique présentant un risque sanitaire lié à la contamination microbiologique des coquillages** [DREAL et al., 2015]. Malgré des arrêtés préfectoraux interdisant la pêche à pied sur le littoral entre Trouville et Antifer, une pratique de pêche permanente est observée sur plusieurs sites (Le Havre, Octeville-sur-Mer, Saint-Jouin-Bruneval) par une population estimée à 450 pêcheurs réguliers. Ces pêcheurs méconnaissent très majoritairement les interdictions (94 %), ne considèrent pas cette zone comme polluée (73 %) et n'identifient pas de risque sanitaire lié à une intoxication (93 %). Une partie de ces pêcheurs réguliers (17 %) déclare consommer le produit de leur pêche [Evrard, 2010].



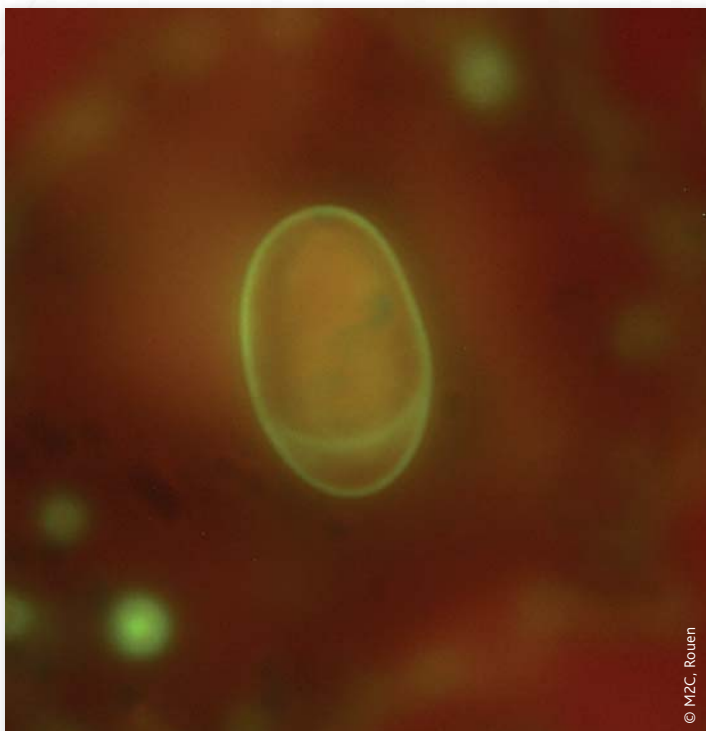
L'essentiel

La qualité microbiologique des eaux de la Seine s'est sensiblement améliorée depuis quelques décennies, grâce à l'amélioration et la généralisation des traite-

ments des eaux usées urbaines. Cependant, l'augmentation de la démographie humaine et animale explique une contamination permanente en bactéries et parasites d'origine fécale, à des niveaux parfois incompatibles avec les usages récréatifs de l'eau (baignade et pêche à pied).

Cette contamination microbiologique diffère selon les zones de l'estuaire et les conditions hydrologiques (proximité des rejets des stations d'épuration, apports des affluents en période de bas débit de la Seine, usages des bassins versants et pluviométrie...) et ses caractéristiques hydro-sédimentaires (débit, gradient de salinité, dynamique sédimentaire). Alors que les apports directs sont bien maîtrisés, la maîtrise des rejets diffus ou ponctuels (débordement des réservoirs de stations d'épuration, eaux de ruissellement sur zones de pâturage, déversoirs d'orage...) deviendra prioritaire dans les décennies à venir, dans un contexte où la pression anthropique exercée sur les bassins versants augmente.

Aujourd'hui, les travaux scientifiques menés sur l'estuaire de la Seine se focalisent sur la présence et le devenir de bactéries antibiorésistantes*. Cette problématique est reconnue comme majeure en santé publique (échecs thérapeutiques lors d'une infection bactérienne), et en écologie (transfert potentiel de gènes de résistances au sein des communautés microbiennes de l'environnement).



Dénombrement du parasite *Giardia* au cytomètre phase solide après marquage fluorescent

Glossaire

Antibiorésistance bactérienne : phénomène naturel qui permet aux bactéries de se multiplier en présence d'antibiotiques. Il a augmenté avec l'usage massif des antibiotiques en santé humaine et animale. A l'échelle mondiale et européenne, la résistance aux antibiotiques est à l'origine d'une augmentation du temps d'hospitalisation et d'un surcoût des dépenses (OMS, 2015).

Agents pathogènes : microorganismes (bactérie, levure, protozoaire appelé aussi parasite) ou virus responsables de maladies infectieuses (transmissibles) chez l'homme ou les animaux.

Cultivabilité : capacité d'une bactérie à se multiplier sur un milieu de culture conventionnel. Une bactérie à l'état

viable non cultivable a perdu cette capacité, mais possède encore une activité métabolique permettant sa survie dans des conditions défavorables.

Oocystes ou Kystes : formes de résistance des protozoaires, inertes au niveau métabolique et capables de persister dans l'environnement.

Protozoose intestinale : infection intestinale causée par l'infestation du tube digestif par un protozoaire parasite.

Sérovar : sous division au sein de l'espèce des Salmonella, sur la base de leurs propriétés antigéniques de surface. Elle présente un intérêt majeur en pathologie et en épidémiologie.

Sources et méthodes

- **FIGURE 1** Cette figure qualifie les zones de l'estuaire de Seine en fonction du danger microbiologique : abondances en *E. coli*, entérocoques intestinaux (indicateurs bactériens d'une contamination fécale), *Salmonella*, *Giardia duodenalis*, *Cryptosporidium*, virus entériques infectieux. Ces résultats sont une synthèse de campagnes menées entre 2000 et 2006 dans le cadre du programme de recherche Seine-Aval 4. [Source des données : Petit & Berthe, 2007]
- **FIGURE 2** Cette figure présente l'abondance en coliformes thermotolérants, entérocoques et spores de *Clostridium perfringens* dans les sédiments d'une vasière (Oissel) en fonction de la profondeur (20 premiers centimètres). [Source des données : Petit & Berthe, 2007]
- **FIGURE 3** Cette figure présente l'évolution de l'abondance en *E. coli* et entérocoques intestinaux (indicateurs bactériens d'une contamination fécale) dans les eaux de l'estuaire de la Seine, à Rouen. A noter qu'en 2000, les normes de mesure ont changé (passage du dénombrement des coliformes thermotolérant à celui d'*E. coli*). [Source des données : AESN, Banque Qualit'eaux]
- **FIGURE 4** Cette figure présente la qualité microbiologique des eaux de l'estuaire de la Seine (Honfleur, Caudebec-en-Caux, La Bouille, Poses) sur la base du dénombrement en *E. coli* et en entérocoques intestinaux (indicateurs bactériens d'une contamination fécale). Ces valeurs sont comparées aux valeurs seuils pour définir la « qualité suffisante » pour la baignade selon la directive européenne 2006/7/EC. [Source des données : AESN, Banque Qualit'eau]



Références bibliographiques

- AESN & DDTM76, 2012. **Suivi de la qualité des eaux de la Seine à l'aval de Poses - Année 2011**. Rapport d'étude, 124p
- Castignolles N., Petit F., Mendel I., Simon L., Cattolico L., Buffet-Janvresse C., 1998. **Detection of adenovirus in the water of the Seine-river estuary by nested PCR**. Mol. Cell. Probes, 12, 175-180
- Garcia-Armisen T., Touron A., Petit F., Servais P., 2005. **Sources of faecal contamination in the Seine estuary (France)**. Estuaries, 28 (4), 627-633
- Berthe T., Touron A., Leloup J. Deloffre J. Petit F., 2008. **Faecal-indicator bacteria and sedimentary processes in estuarine mudflats (Seine, France)**. Marine pollution bulletin, 57 (1-5), 59-67
- DREAL HN, AESN, GIP Seine-Aval, ARS, 2015. **Du Havre au Tréport, je pêche sainement et durablement – conseils pratiques et réglementation pêche à pied de loisir**. Plaquette, 6p
- Evrard B., 2010. **La côte d'Albatre comme terrain de jeux ? Aménagements, activités physiques et paysages vécus**. Thèse de doctorat – Université de Rouen, 381p. et annexes
- Petit F. & Berthe T., 2007. **Analyse du risque microbiologique en estuaire de Seine**. Projet Seine-Aval 3, 26p.
- Petit F., Berthe T., Budzinski H., Leclercq R., Cattoir V., Andremont A., Oberlé K., Laverman A. M., Denamur E., 2015. **Vulnérabilité et résilience des estuaires à la contamination en antibiotiques et en bactéries antibiorésistantes**, in André Monaco; Patrick Prouzet (coord.), Risques côtiers et adaptations des Sociétés, ISTE Editions, sous presse, 978-1-78405-002-3
- Petit F. (coord.), Denamur E., Budzinski H., Leclercq R., Favennec L., Chevê M., Bussi M., Féménias D., Garnier J., 2012. **Projet FLASH : Devenir des antibiotiques, Flux de gènes et de bactéries Antibiorésistantes en estuaire de Seine, exposition à l'Homme**. Projet Seine-Aval 4, 155p.
- Servais P., Billen G., Garcia-Armisen T., George I., Goncalves A., Thibert S., 2009. **Contamination microbienne du bassin de la Seine**. Programme PIREN-Seine, Fascicule 8, 51p.
- Touron A., Berthe T., Gargala G., Fournier M., Ratajczak M., Servais P., Petit F., 2007. **Assessment of faecal contamination and the relationship between pathogens and faecal bacterial indicators in an estuarine environment (Seine, France)**. Marine Pollution Bulletin 54: 1441-1450.



Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution.

Réalisation :

Groupe d'Intérêt Public Seine-Aval - Pôle Régional des Savoirs - 115 boulevard de l'Europe - 76100 ROUEN - www.seine-aval.fr

Infographie :

Partenaires d'Avenir

Crédits photos :

GIP Seine-Aval, M2C Rouen, CSLN

Date d'édition :

juillet 2016

Contact : gipsa@seine-aval.fr

Le GIP Seine-Aval est financé par :

