

# Colloque des 30 ans du PIREN-Seine

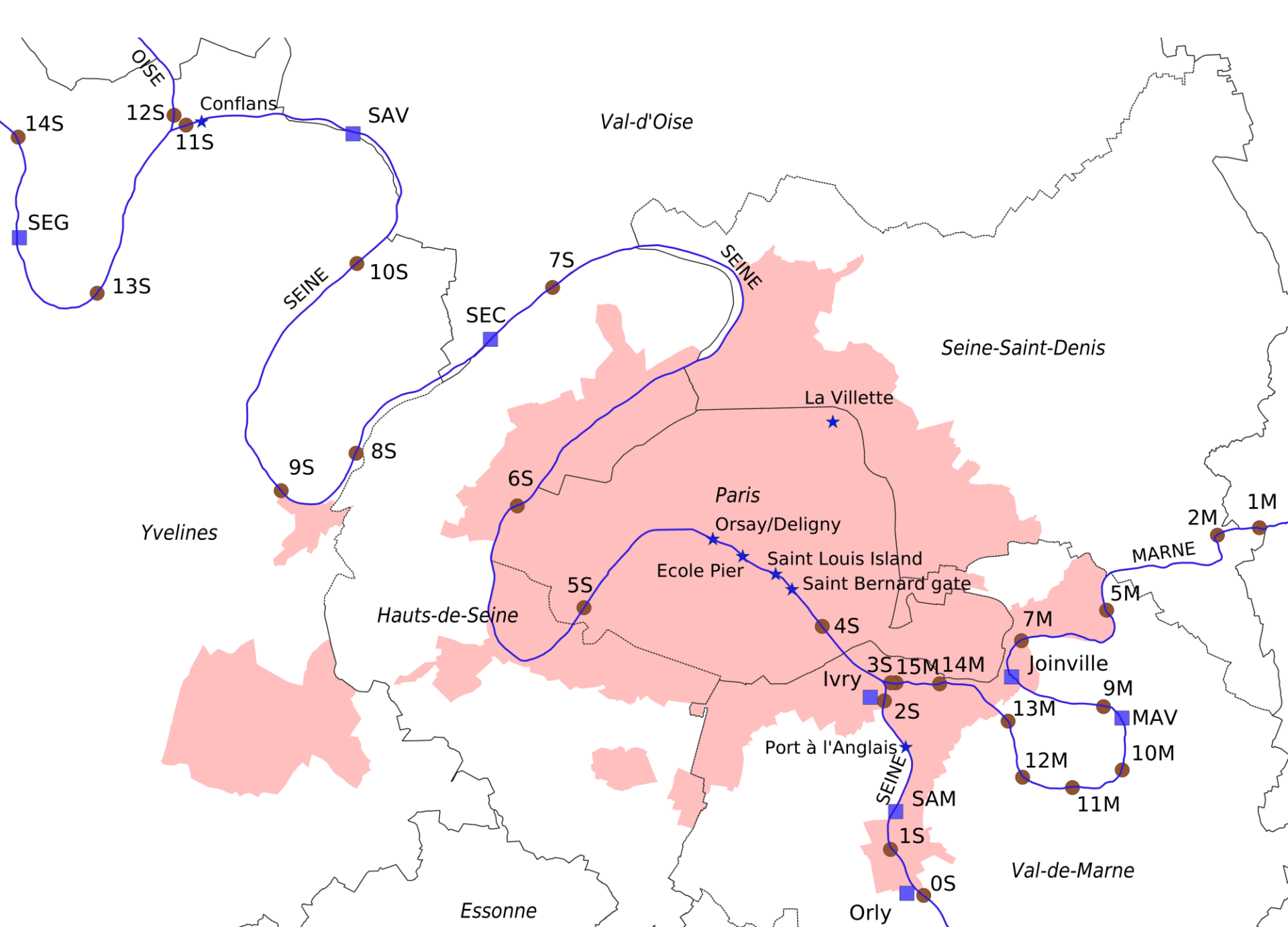
11, 12 & 13 décembre 2019

Un siècle de contamination fécale dans la Seine  
et la Marne au sein de l'agglomération  
parisienne, et maintenant ?

*J.M. Mouchel, F. Lucas, L. Moulin, S. Wurtzer, A.  
Euzen, J.P. Haghe, V. Rocher, S. Azimi, P. Servais*

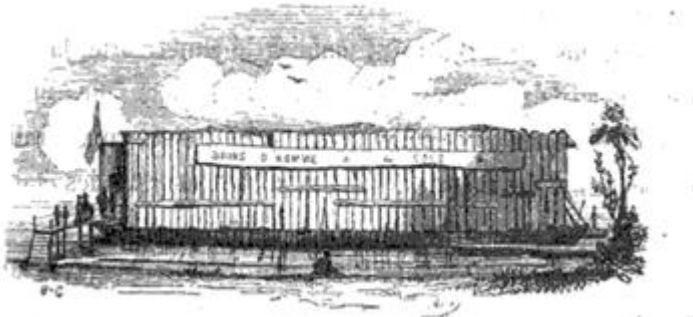


- ❖ La baignade, une pratique ancienne à Paris et dans l'agglomération parisienne
- ❖ Laver et se laver, se rafraîchir, se détendre et s'encanailler
- ❖ Des établissements de bain (chauds et froids) dans l'eau de Seine





Port à l'anglais, XVIIIe



Les bains à 4'sous  
et les bains Deligny  
au XIXe

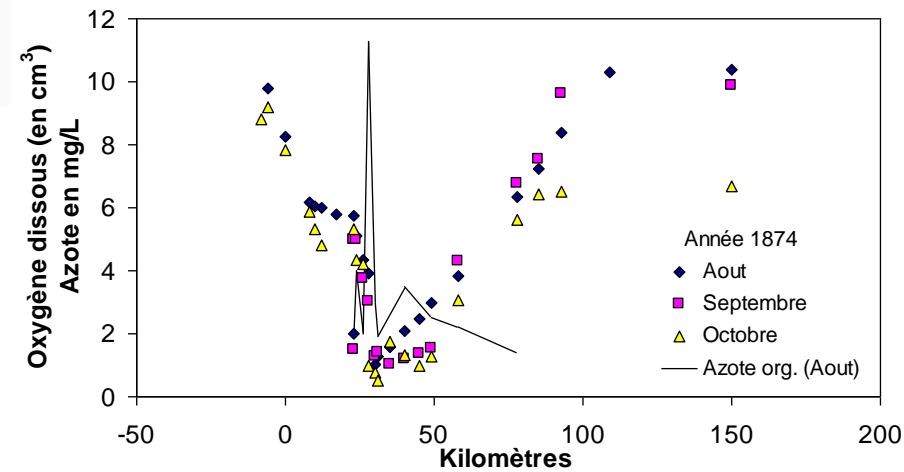
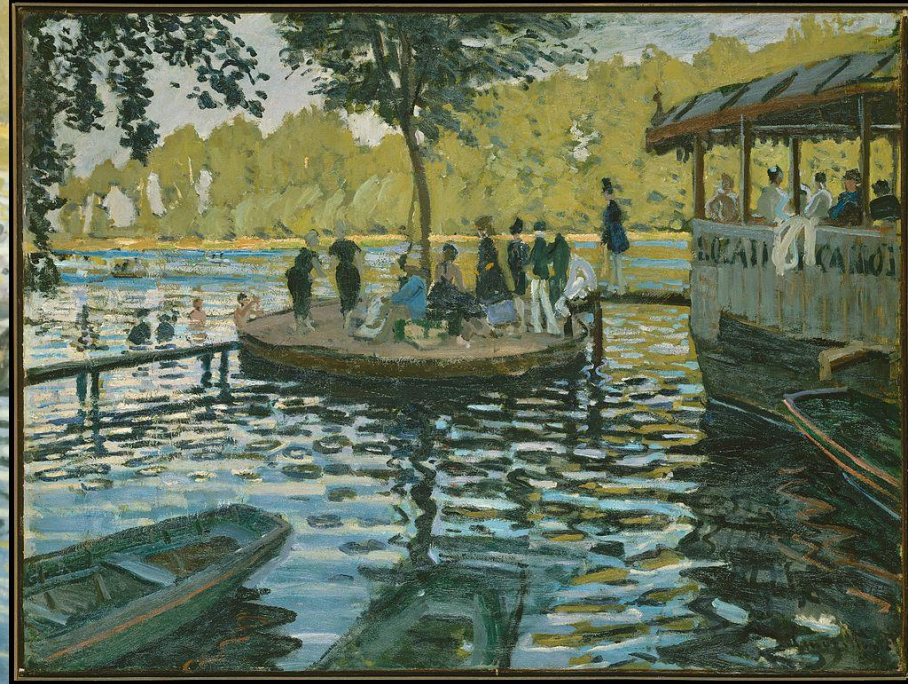


Port à l'anglais et Ivry en 1932



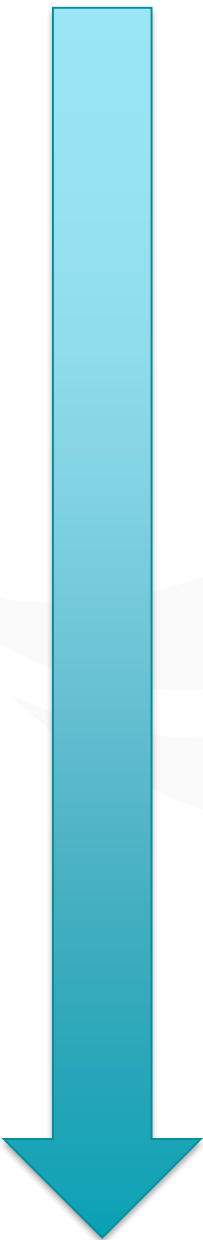
Le pont d'Iena en 1945





La grenouillère est au km 45





XVIIIe-XIXe, des interdictions à caractère « d'**ordre public** », et usage portuaire. Baignade progressivement interdite à Paris au XVIIIe-XIXe, en 1923 en proche banlieue (préfet du département de la Seine) et ouverture de maisons de bains (froids)

### Saleté décrite au XIXe

« [...] une **macération de choses mortes** que cette rivière immonde [...] : 2.021 chiens, 977 chats, 2.257 rats, 507 poulets et canards, 3.066 kilogrammes d'abats de viande, [...], 3 hérissons, 2 paons, 1 phoque !!! » (Le Figaro, 1869)

« une bande de démons noirs de charbon et de fumée [...] plongés dans un bain qu'un seul instant rend **épais et fangeux** »

« L'eau du quai d'Orsay [...] **fétide et malsaine** [...] avait déjà roulé les immondices de la grande ville. **La moindre pluie** rend les bassins vaseux. » (Eugène Briffault, 1844)

### Enjeu sanitaire mis en avant au début du XXe

1921 : Val-de-Grâce recommande de **fermer la bouche quand on se baigne dans la Seine**, et de se faire vacciner contre la typhoïde. (Le Figaro)

1970 : OMS, relation entre baignade maladie hydrique  
Interdiction dans la Marne en 1970 au-delà de la banlieue proche, plus tard encore dans la Seine. Le risque majeur aujourd'hui est la gastro-entérite

## L'invention de Bacterium Coli

Découverte par Theodor Escherich (1885), proposé comme indicateur de feces d'animaux à sang chaud en 1892 (Scharlinger), devenu *Escherichia coli* en 1919.

Un fort enjeu lié à l'alimentation en eau.

Ses atouts :

- ❖ Cultivable (plusieurs media plus ou moins sélectifs, conditions de culture, moyens de détection). [coliformes, coliformes fécaux, *E. coli*].
- ❖ Hôte des intestins des animaux à sang chaud
- ❖ Supposée ne pas pouvoir pousser dans l'environnement (pas tout à fait vrai)

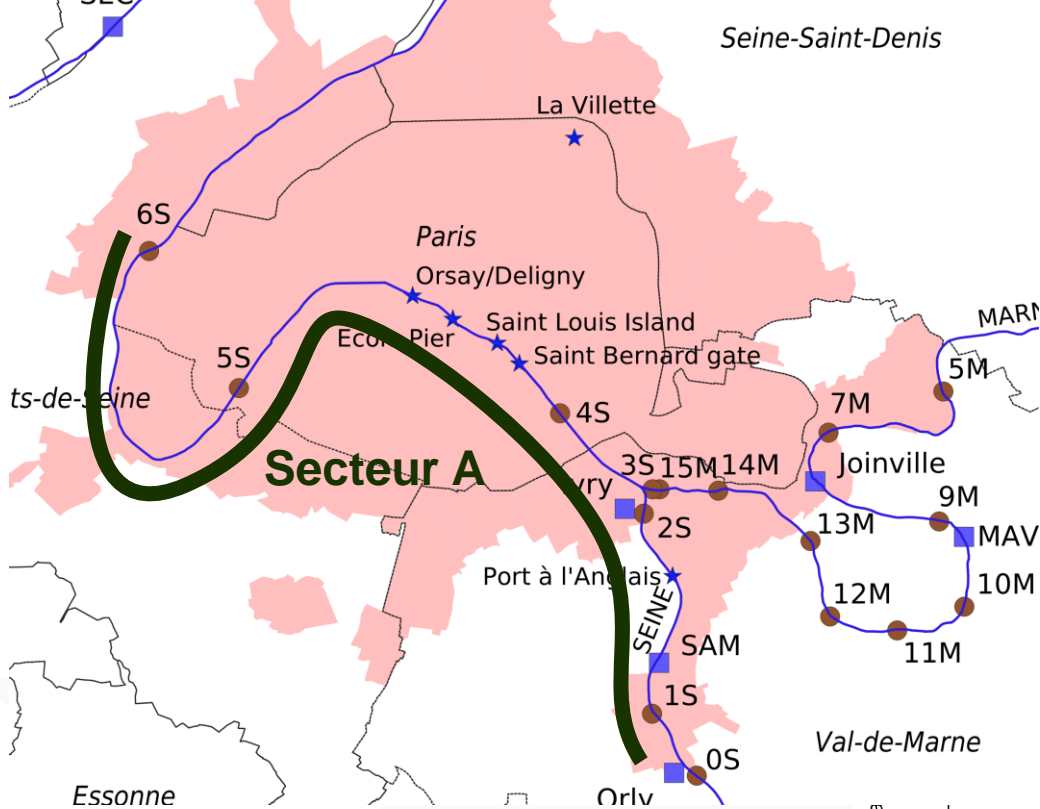
Enterocoques introduits par Stanetz et al. (1955)



## Les bactéries indicatrices fécales (BIF) indicatrices de quoi ?

- ❖ de l'existence d'**apports récents** de matériel fécal, et risque potentiel de présence de pathogènes pour l'homme
- ❖ mais n'est **pas indicatrices de la quantité de pathogènes**
  - Les BIF sont **moins résistantes aux traitements** de désinfection que les virus et les protozoaires (giardia, cryptosporidium...)
  - Les BIF sont assez **rapidement dégradées** dans le milieu (ici en eau douce)
    - $\sim 0.04 \text{ h}^{-1}$ , donc -62 % en un jour, -86 % en deux jours, -95 % en 3 jours....
  - La présence de pathogènes est très fortement liée à l'**état de santé des habitants**.



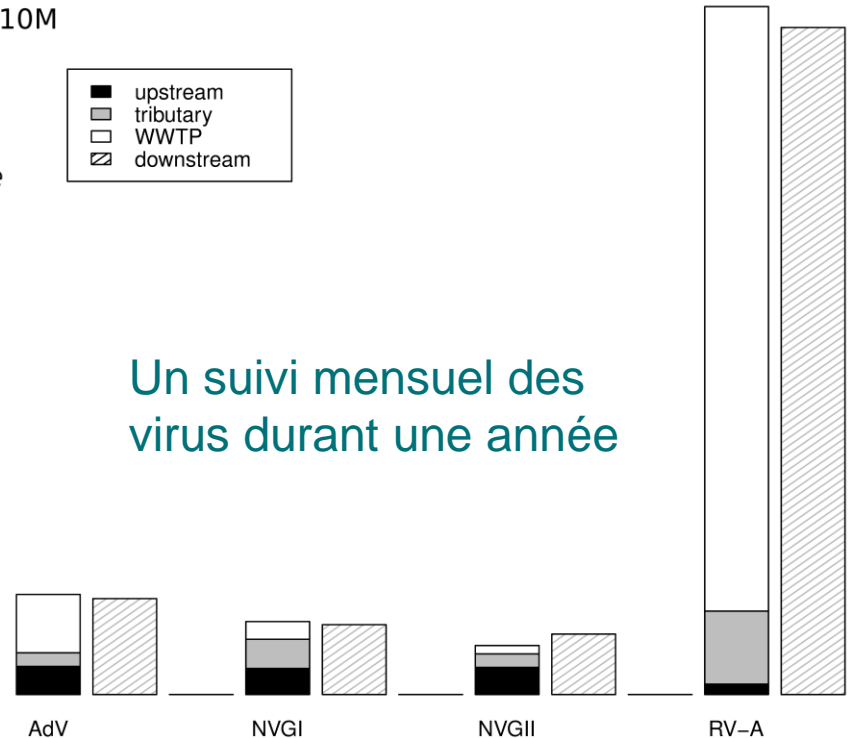


Importance plus ou moins forte des émissions de l'usine d'épuration Seine-Aval, selon les virus

Bilan sensiblement équilibré, pas d'évidence d'élimination des virus

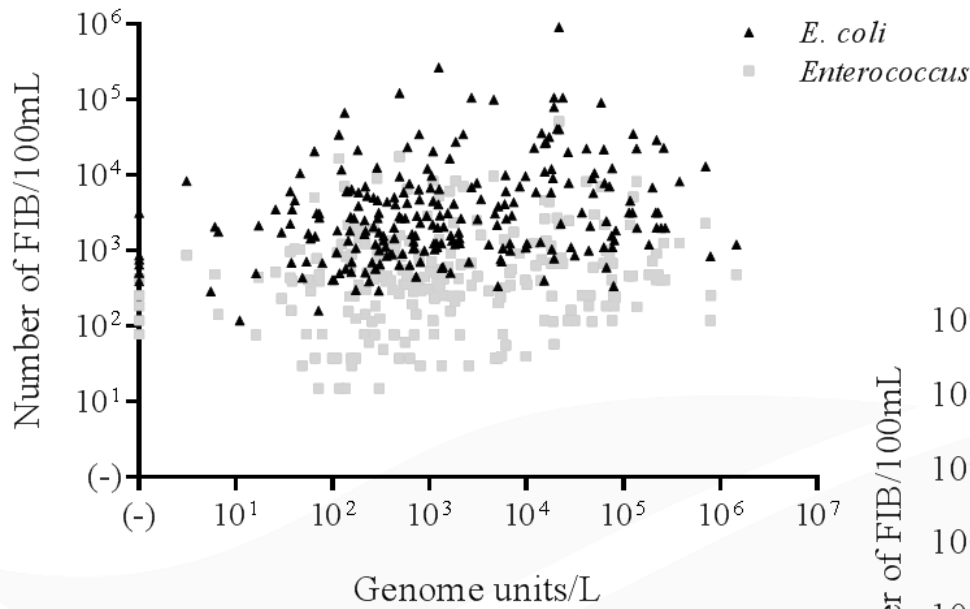
Virus flux,  $10^{12}$  GU per da

Un suivi mensuel des virus durant une année



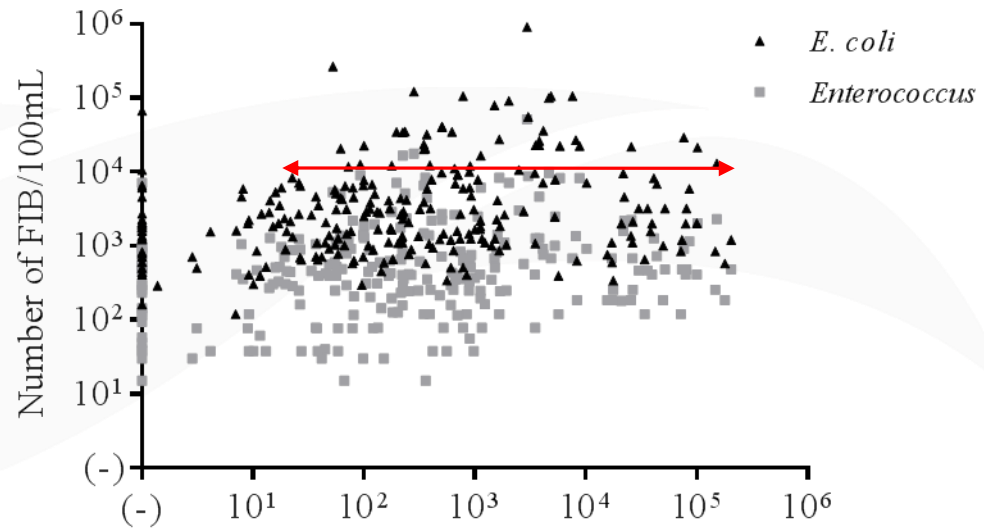
(Prévoit et al., 2015)

## Adenovirus



(Prévot et al., 2015)

## Norovirus GI

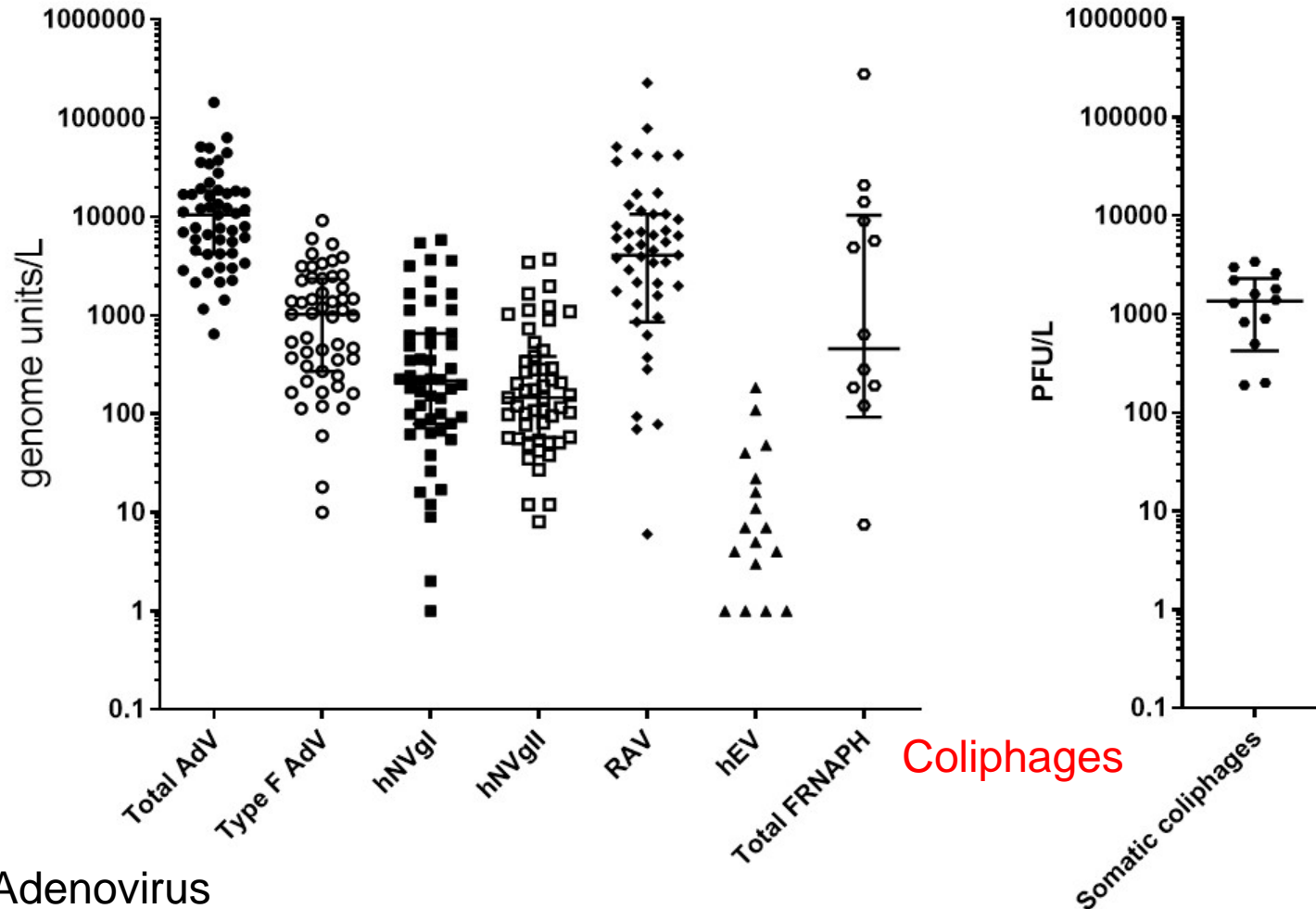


Variabilité de 10<sup>4</sup>

- ❖ Très faible corrélation entre la quantité de BIF et les quantités de virus (mesurées via leur génome)
- ❖ Très mauvaise prédiction de la quantité d'un virus à partir de la quantité de BIF.

# Virus en Seine

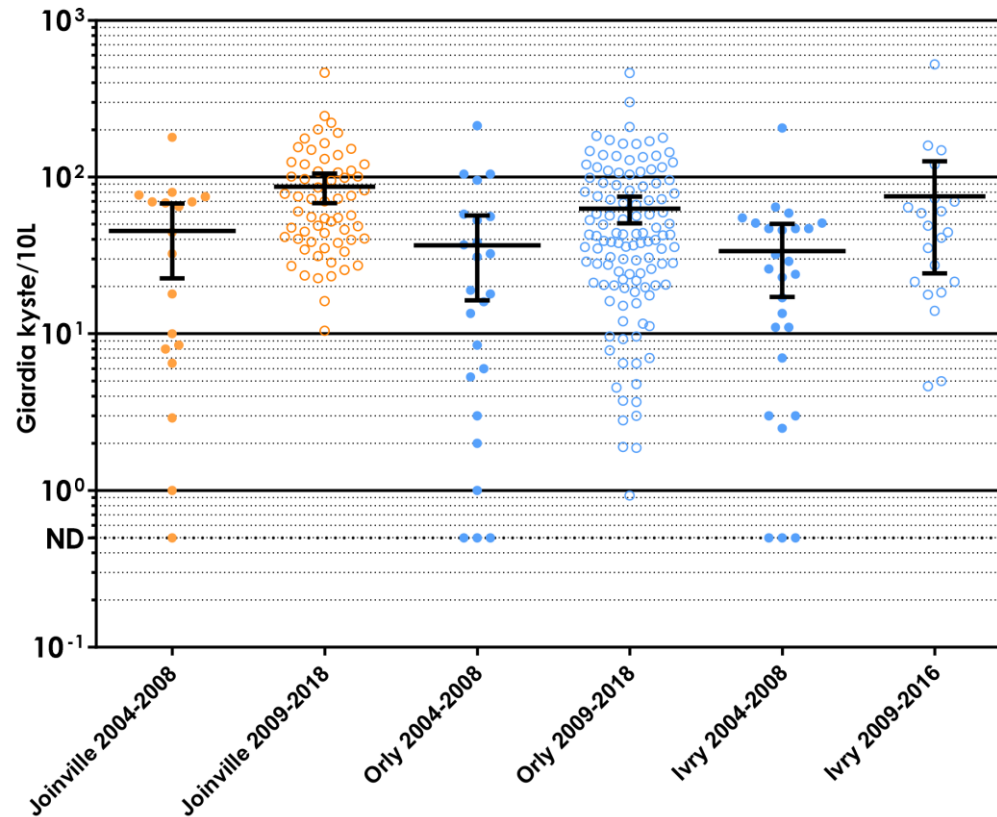
Seine 2017-2018



AdV : Adenovirus  
hEV : Enterovirus humains  
hNV : Norovirus humains  
RAV : Rotavirus

(Prevost, 2015)

# Protozoaires pathogènes



Cryptosporidium : 1-4 oocyste pour 10 L

(Mons et al., 2009)  
(Moulin et al., 2010)

## Maladies liées à la baignade en eau douce (hors piscines)

| Facteur étiologique  | Bactéries intestinales | Parasites intestinaux | Virus intestinaux | Autres |
|--|------------------------|-----------------------|-------------------|--------|
| Pourcentage de patients (1971-2000)<br>( <i>Craun et al., 2003</i> ) | 48.8 %                 | 13.7%                 | 23.7 %            | 13.8 % |
| Pourcentage de patients (1994-2014)                                  | 28.4%                  | 10.5%                 | 38.4%             | 22.7%  |

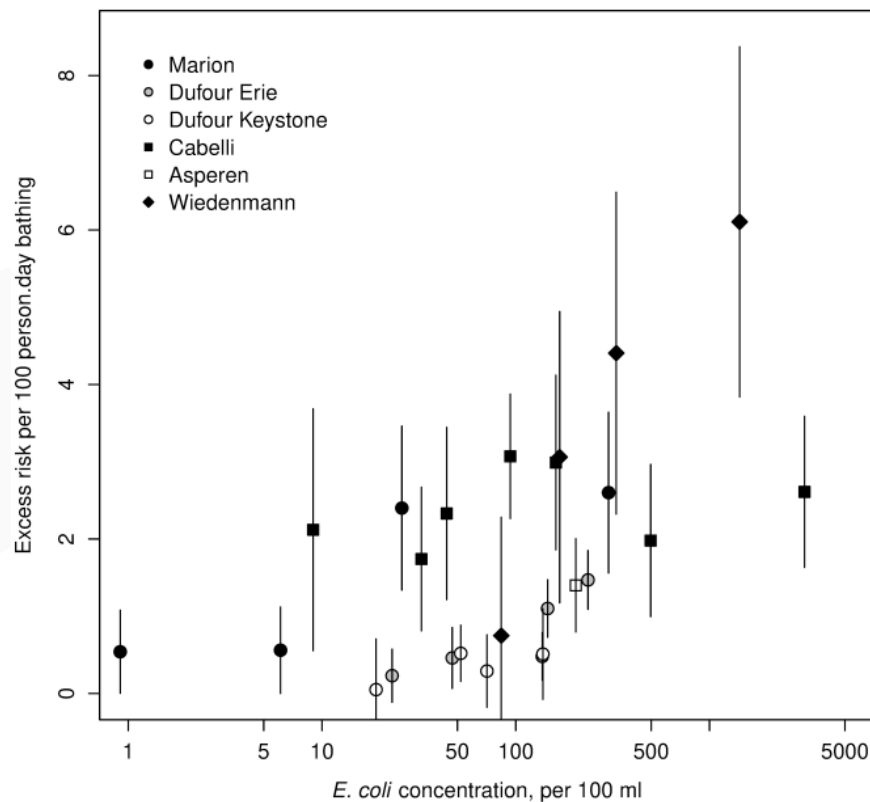
*Cause majoritaire :* **Shigella**      **Crypto**      **Norovirus**      **Schistosome**  
**Leptospire**

*Données du CDC américain (Center for Disease Control and Prevention)*

Les bactéries indicatrices restent  
l'indicateur majeur et réglementaire...

... y compris pour la prochaine version  
de la directive baignade

## Une synthèse des études épidémi. menées en eau douce



## Qualité des eaux de baignade Directive européenne (2006) Sera modifiée en 2020-2022

|                | Excellent | Bon    | Suffisant | Mauvais |
|----------------|-----------|--------|-----------|---------|
| <i>E. coli</i> | <500*     | <1000* | <900**    | >900**  |
| IE             | <200*     | <400*  | <330**    | >330**  |

Données à collecter durant 4 années.

\*\* quantile 90 % \* quantile 95 %

Aussi :

- Profil de baignade
- Procédures de gestion de crise

Evolutions possibles :

- quantiles 95 % pour tous les critères
- plus de données nécessaires
- a priori pas de nouvel indicateur sur les virus

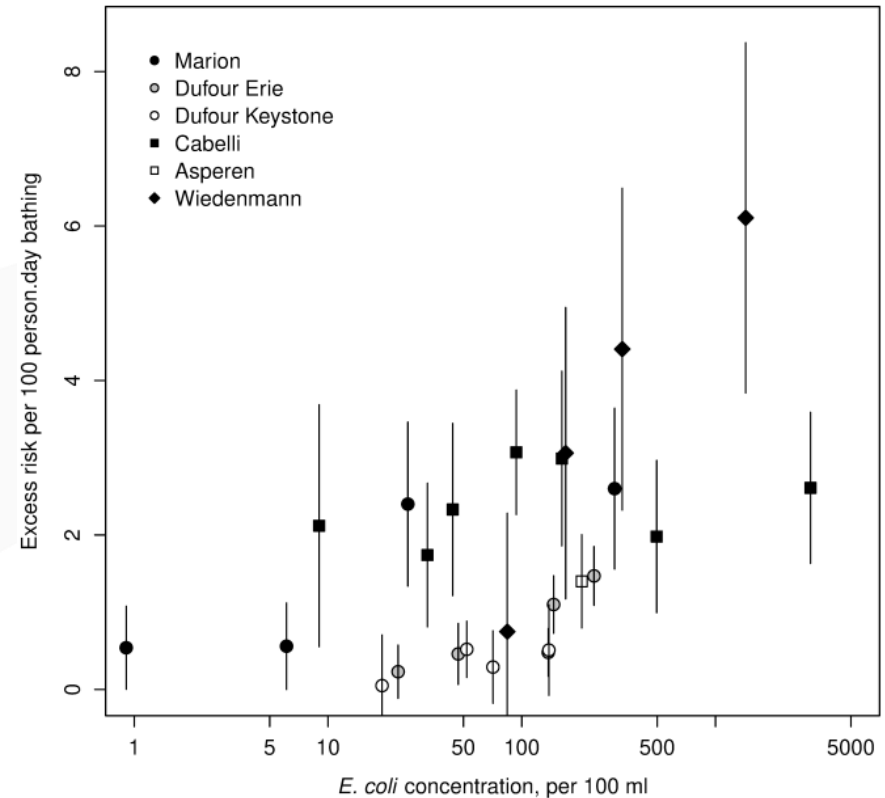


Les bactéries indicatrices restent  
l'indicateur majeur et réglementaire...

... y compris pour la prochaine version  
de la directive baignade

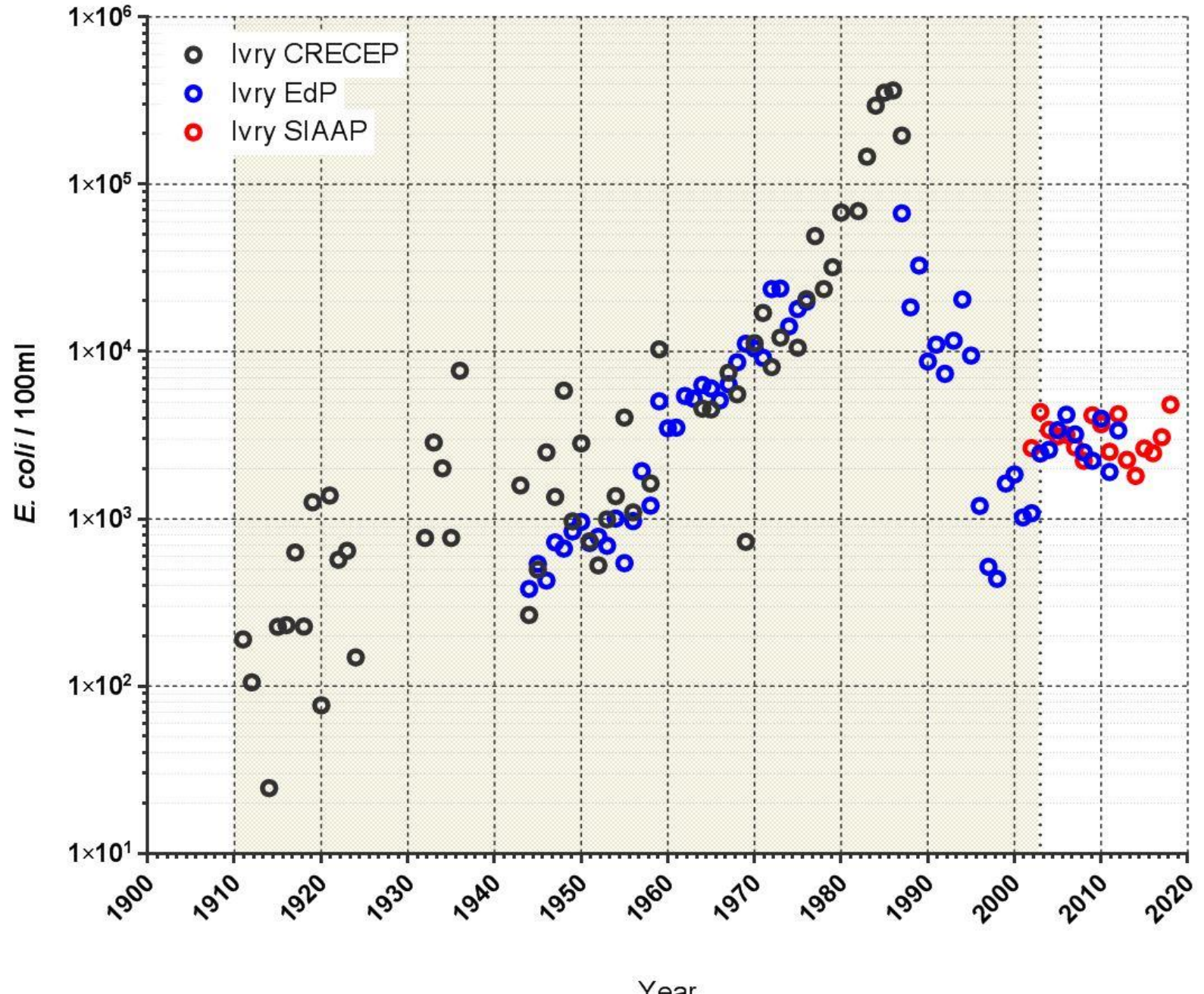
## Une synthèse des études épidémi. menées en eau douce

900 *E.coli* (90 %) ~ 500 *E.coli* (médiane)  
d'où un risque de 2 à 4 % de contracter une  
gastro-entérite en se baignant dans des eaux  
juste de qualité suffisante

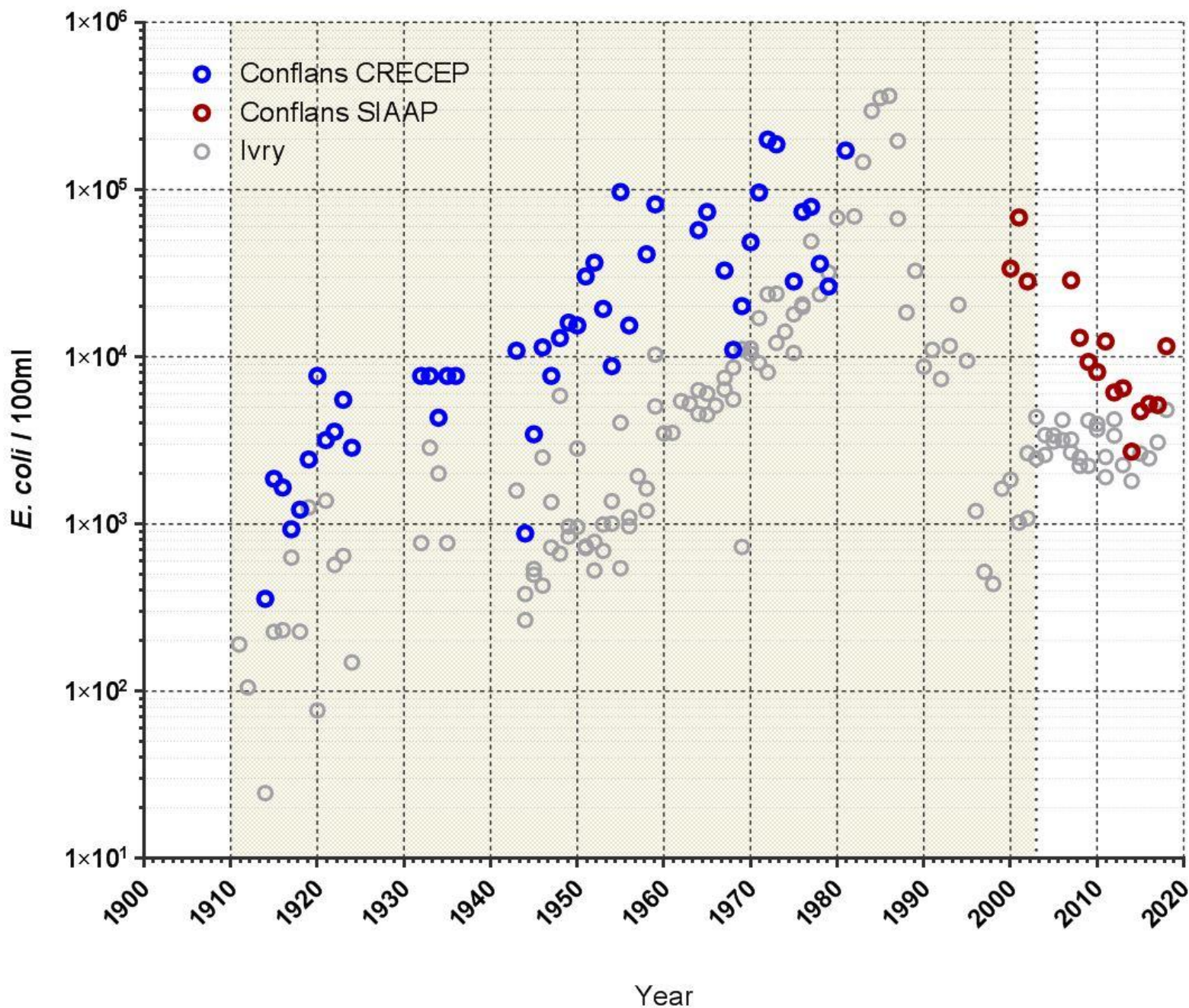




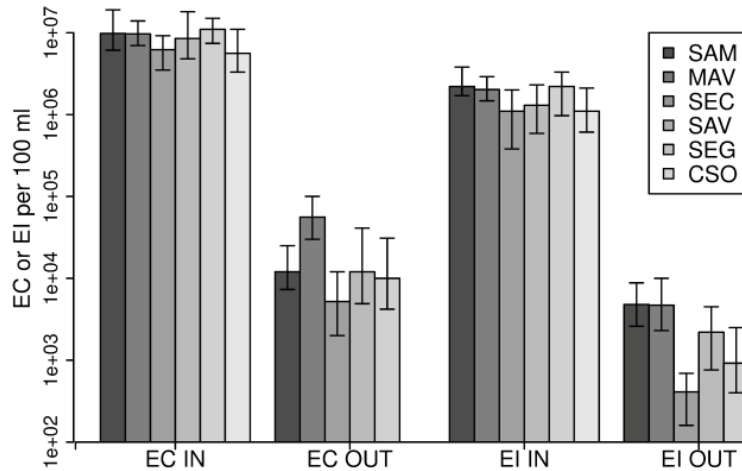
# Geometrical mean of *E. coli* @ Ivry between 1911 and 2018



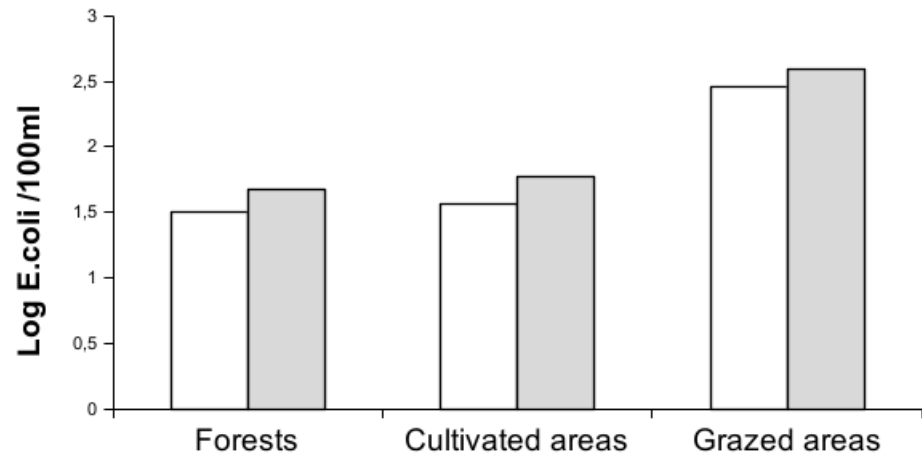
# Geometrical mean of E. coli @ Conflans between 1911 and 2018



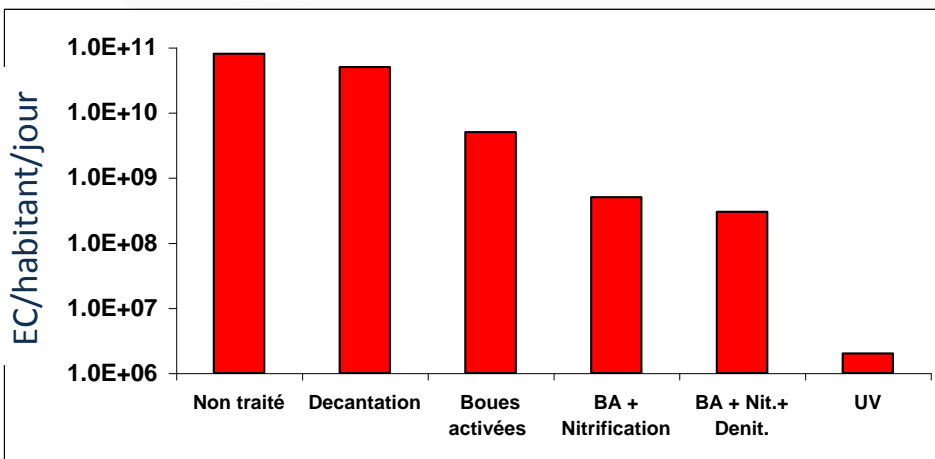
## Sources de BIF dans les eaux de rivière



(Rocher et al. 2016)



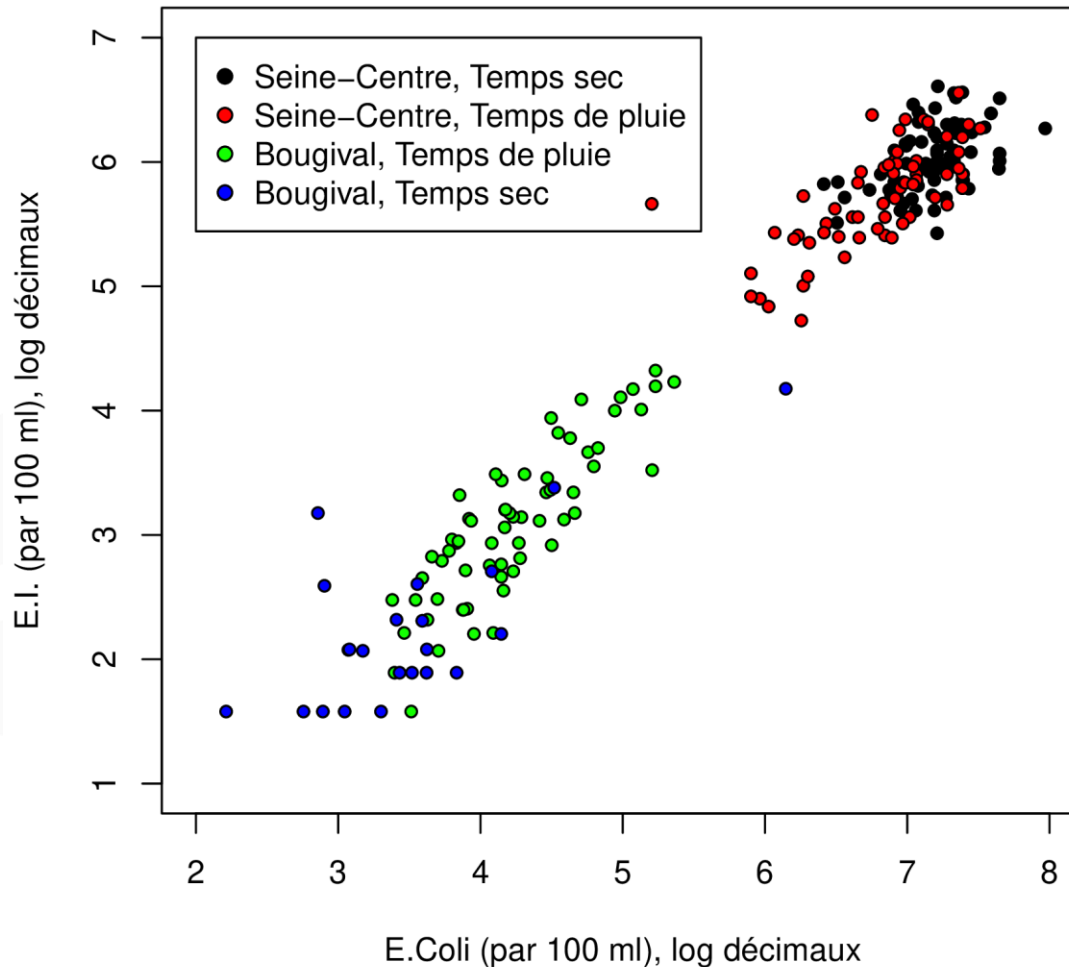
(George et al., 2004),  
(Garcia-Armisen et al., 2007)



(Servais et al. 2007)

Plus le débit est faible, plus les sources locales comptent, et vice versa

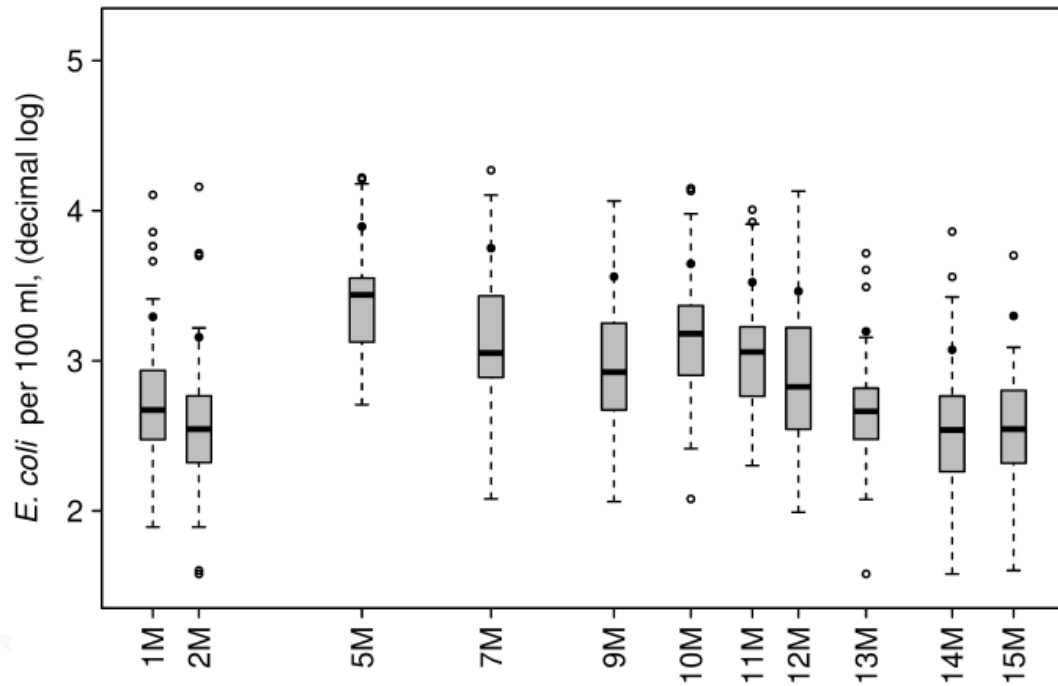
# L'importance des rejets urbains de temps de pluie



Les concentrations en rivière (station de Bougival) sont beaucoup plus élevées en temps de pluie

*(Mouchel et al., 2011)*

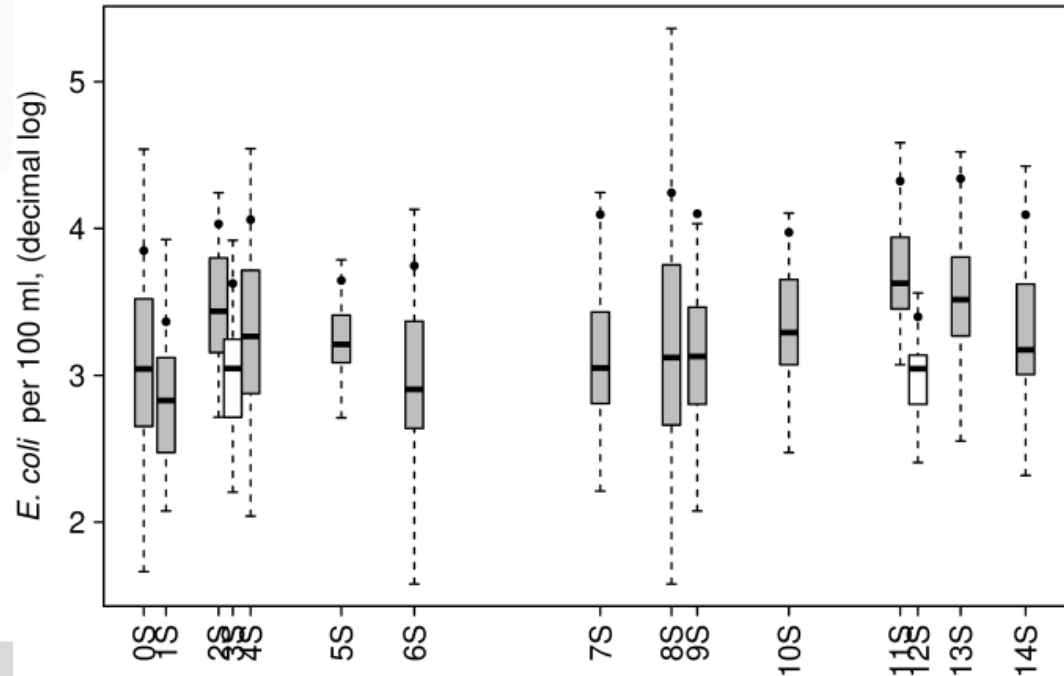
# L'état des lieux en Marne et en Seine

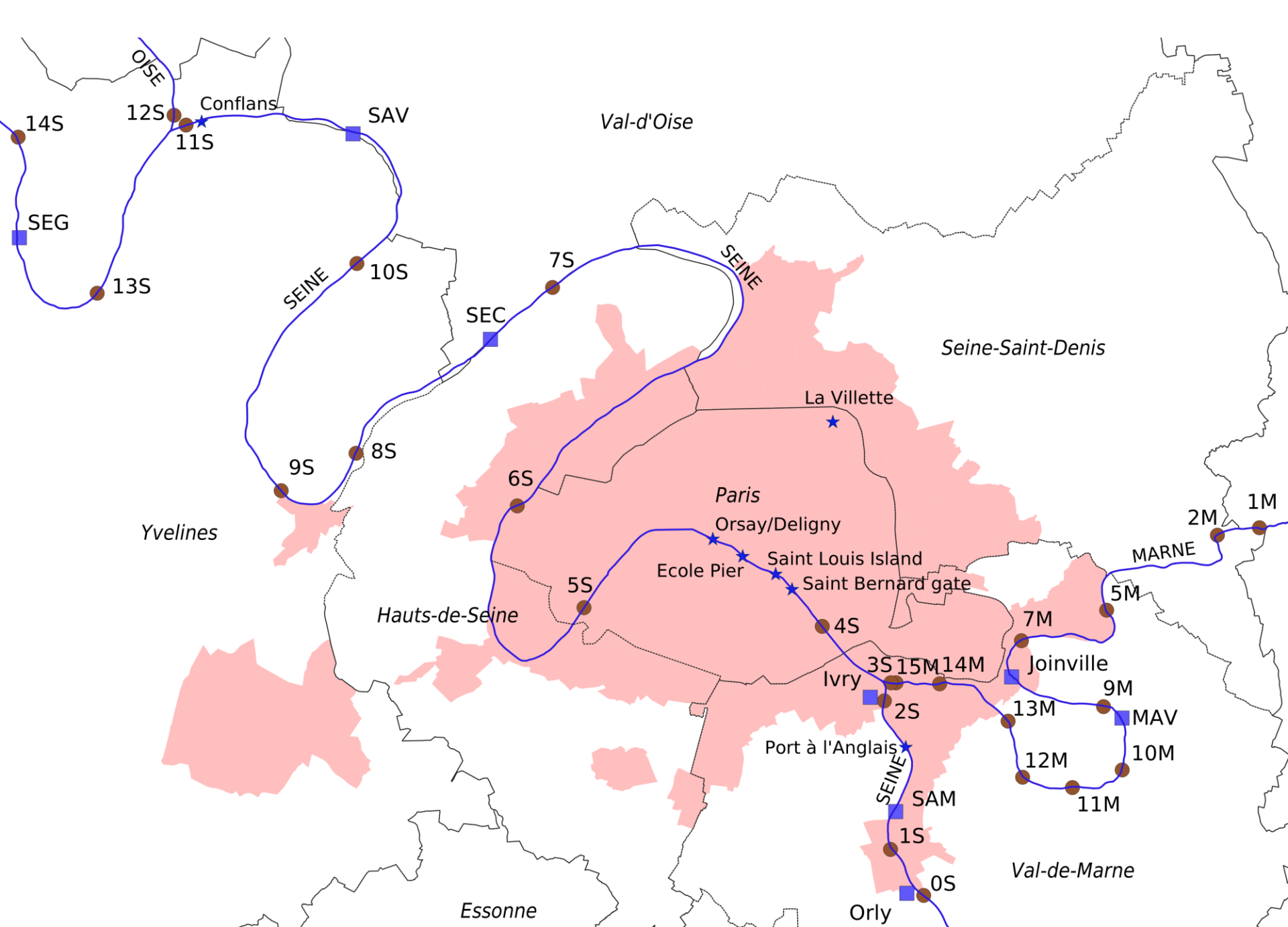


Les quantiles 90 sont les petits points noirs

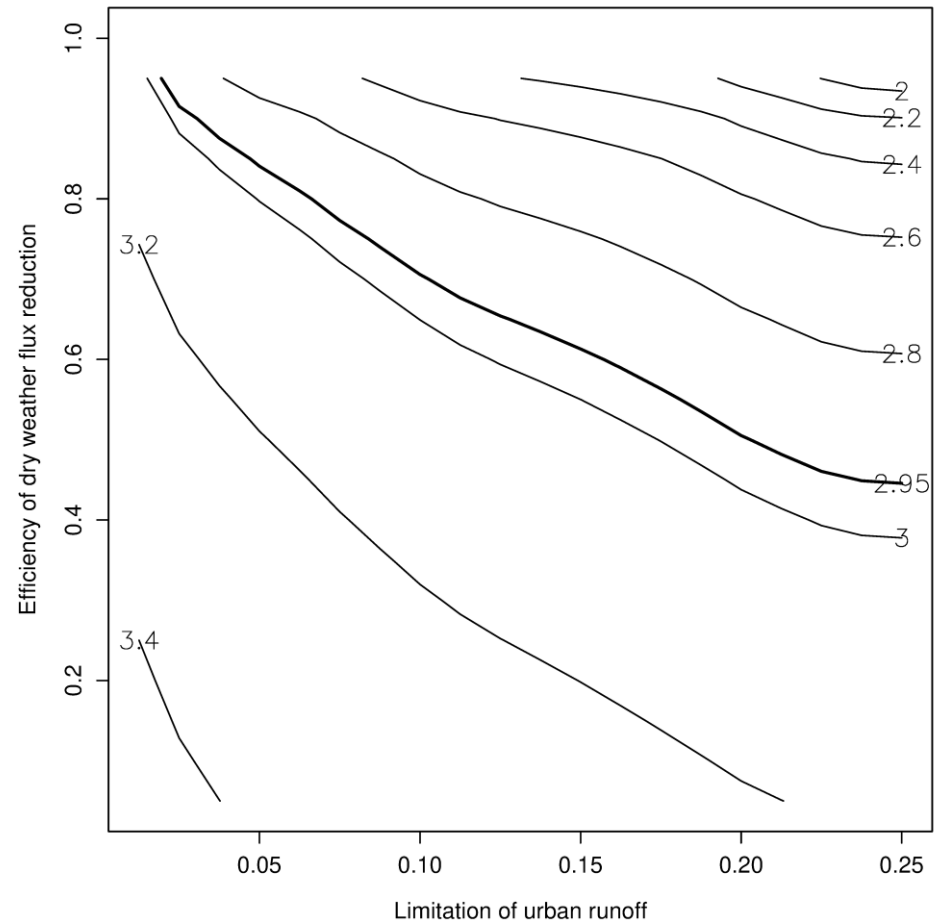
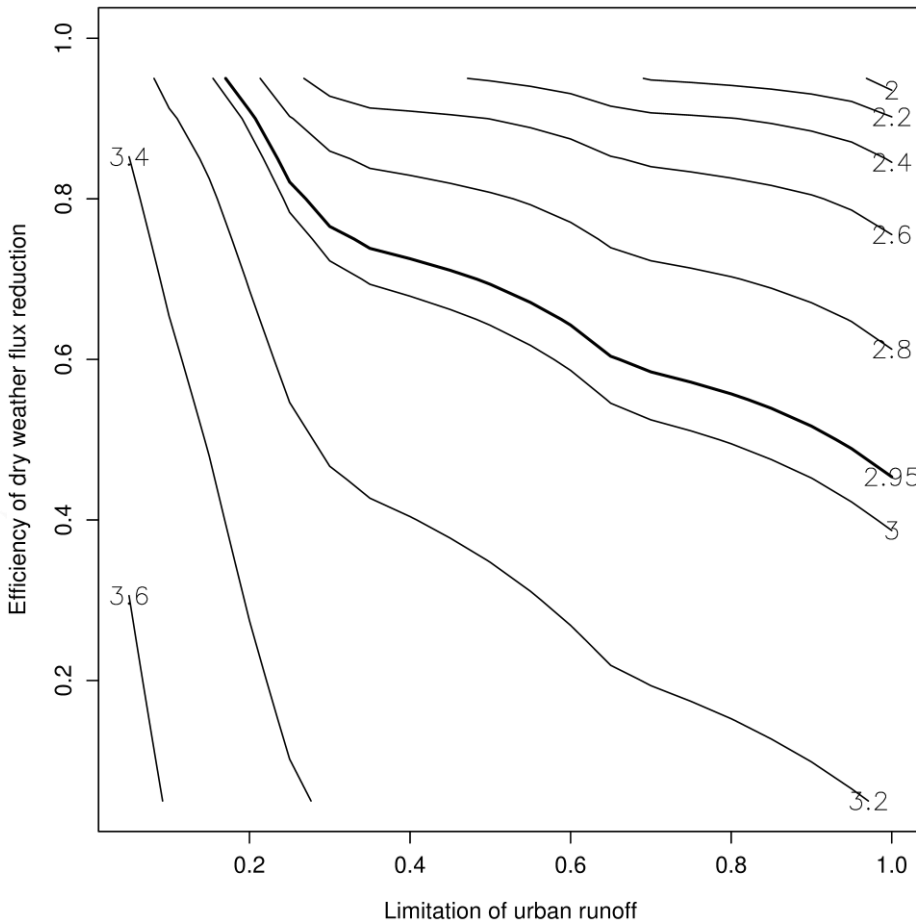
Données Syndicat Marne-Vive, SIAAP, Ville de Paris

(Mouchel et al., 2019)





# Stratégies pour l'amélioration



Deux cibles possibles : **traiter les flux de temps sec** (désinfection, élimination de rejets directs) et **limiter les apports de temps de pluie** (rétention, **limitation des mauvais branchements**)

## Éléments de conclusion

Un vaste programme pluri-acteurs est en cours pour limiter les apports de temps sec et de temps de pluie.

L'effort nécessaire sur les rejets de temps de pluie prendra sans doute encore du temps.

Par sécurité, il est **nécessaire de s'intéresser aux virus** (et aux protozoaires), même s'ils ne sont pas concernés par la réglementation, parce que leur comportement est différent dans le milieu et vis-à-vis du traitement. **Évaluer directement les risques.**

Ouvrir (et fermer) des baignades en Seine et en Marne va nécessiter un effort spécifique pour la **gestion du réseau et l'anticipation des risques**, et aussi pour l'**information du public**, et va contribuer sans doute à un renouvellement de la perception de l'eau en ville par ses habitants



# Merci de votre attention



*Merci en particulier au Syndicat  
Marne-Vive, à la ville de Paris et au  
SIAAP pour l'accès aux données et  
pour leurs commentaires.*