

La gestion des eaux urbaines à l'heure des « smart cities »

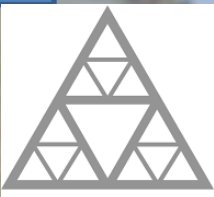
Céline Bonhomme

(Chercheur au LEESU – ENPC)

celine.bonhomme@enpc.fr



laboratoire eau environnement systemes urbains

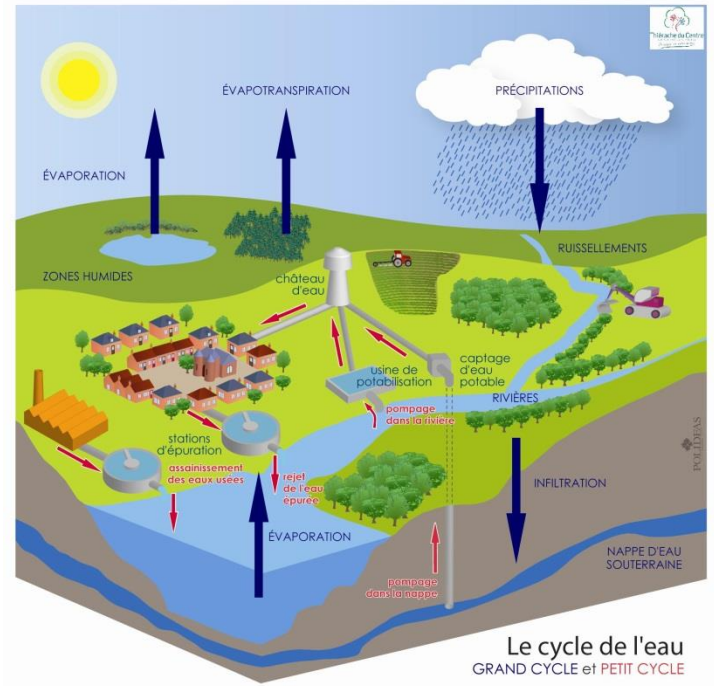


École des Ponts

ParisTech

Les eaux et la ville

- Les eaux « naturelles »
 - La pluie
 - Le réseau hydrographique
- L'eau que l'on consomme
- L'eau que l'on rejette



Maurice Roth le Gentil, Canada

Les grands enjeux autour des eaux et de la ville

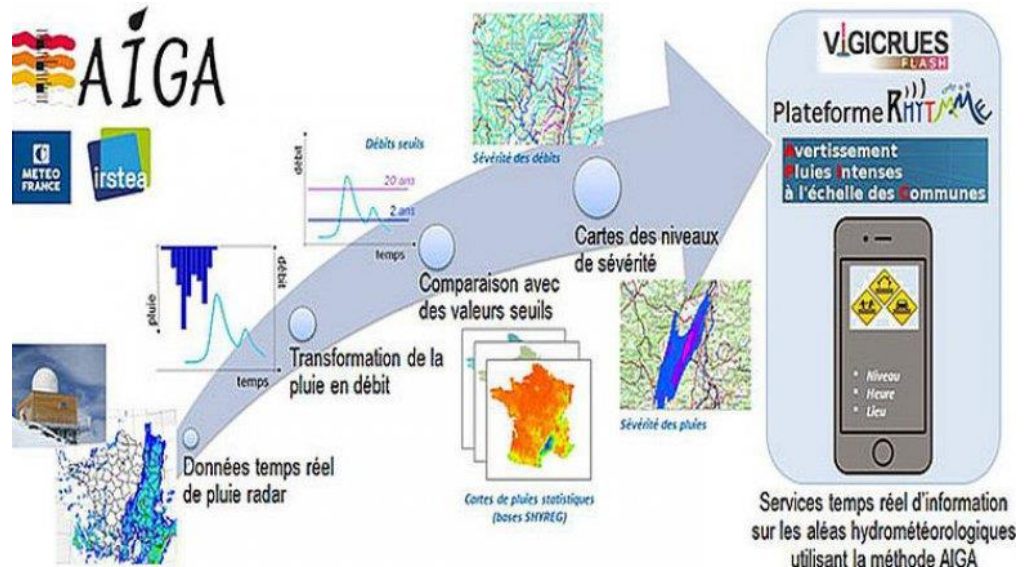
- Les inondations
- La pénurie d'eau (++)
- La qualité de l'eau que l'on consomme
- La préservation de la qualité des milieux aquatiques



Le Parisien, 2016

Gérer les eaux à l'échelle urbaine: des modèles numériques et des données pour quoi faire?

- Prévoir à des fins de gestion
(gestion temps réel au quotidien et en périodes de crise)
- Prévoir à des fins de planification
- Avènement des outils numériques autour de ces questions.



Plan de la présentation

1. La simulation numérique des eaux urbaines
2. Les « big data » des eaux urbaines

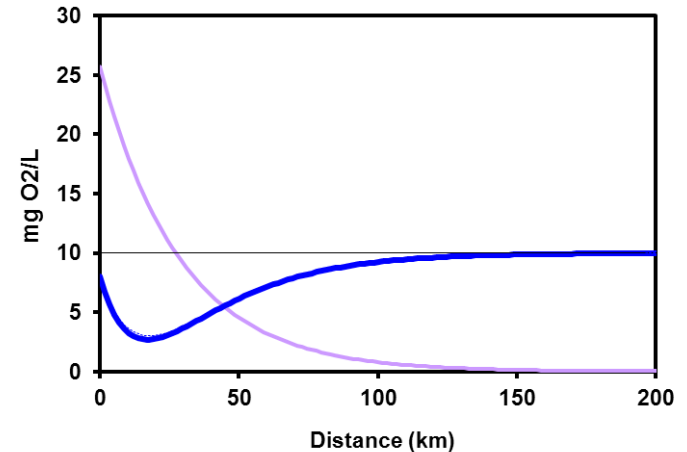
Les modèles numériques urbains

$$(X_1, X_2, \dots, X_m) \xrightarrow{\text{Modèle urbain}} (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$$

- Déterministes
 - Processus physiques
 - Conceptuels (empiriques)
- Statistiques
 - Stochastiques
- Hybrides

L'évolution de la simulation numérique

- Des moyens de calcul autrefois limités et des modèles conceptuels simples
- Ex: Evolution de la DBO (demande biologique en oxygène) et du DO (oxygène dissous) / rejet station d'épuration. Streeter-Phelps
- Aujourd'hui, des modèles plus complexes (PROSE)



— BOD — DO — Dsat
Sortie modèle, Streeter-Phelps, Wikipédia

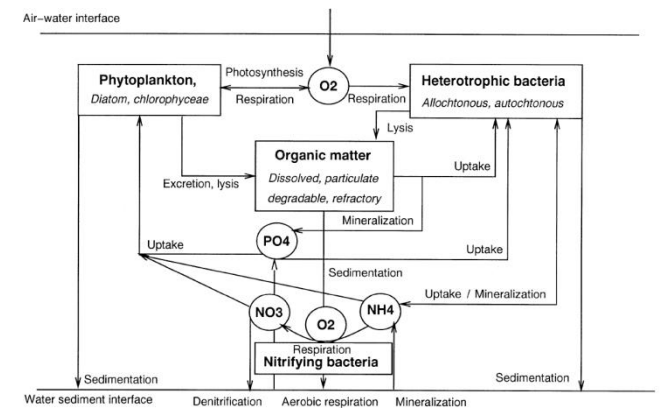
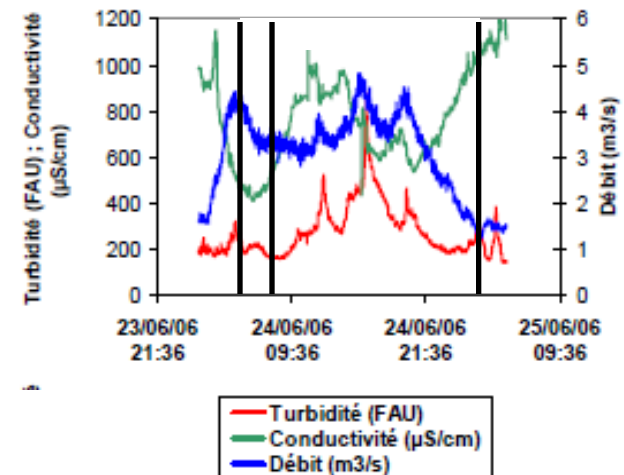


Schéma modèle PROSE, Even, 1998

Développement des modèles $\Leftrightarrow$ Données

- Nouvelles données $\Rightarrow$ nouveaux processus
- Révolution numérique avec la mesure en continu



L'usage de la turbidité pour l'évaluation de la charge polluante en réseau d'assainissement (C. Lacour, 2009)

Les modèles en hydrologie urbaine

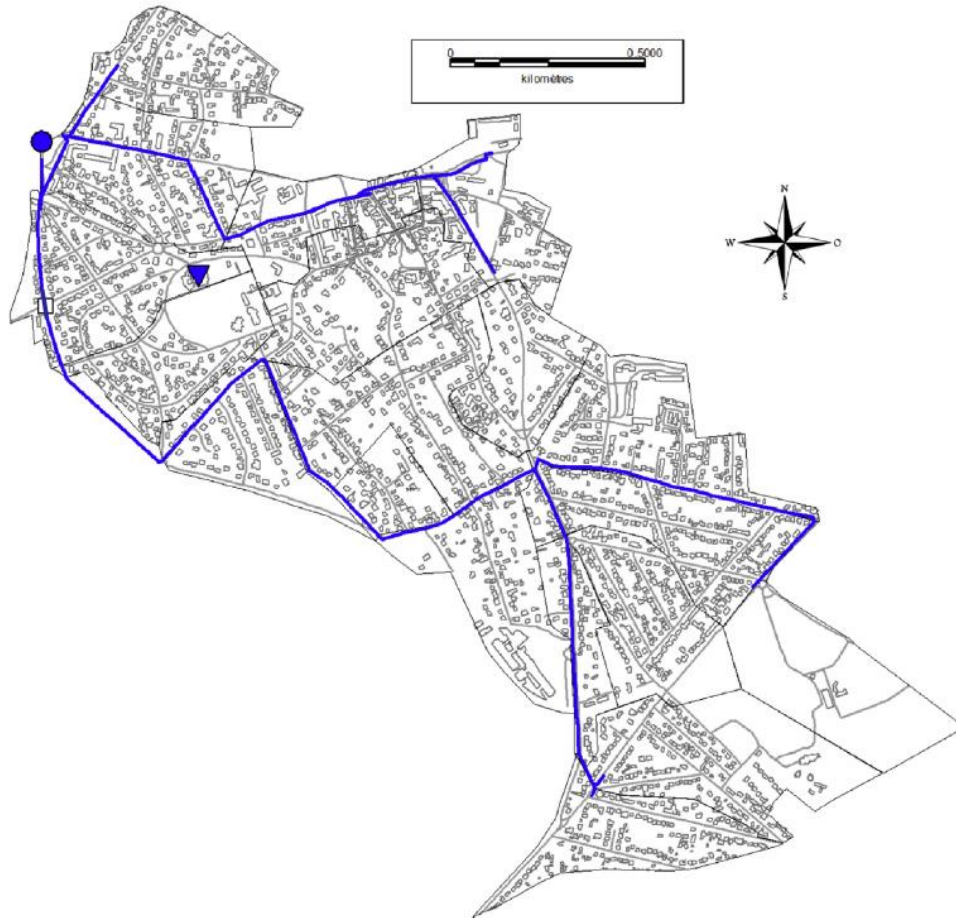
Modèles opérationnels

- Arriver à prévoir et gérer les débordements de réseau
- Arriver à connaître et limiter les rejets directs en Seine, en particulier unitaires
- Modèles plus simples, plus conceptuels

Modèles de recherche

- Améliorer la compréhension des phénomènes
- Améliorer la performance des modèles
- Modèles plus détaillés, à base physique

Les modèles conceptuels (sous-bassins versants)

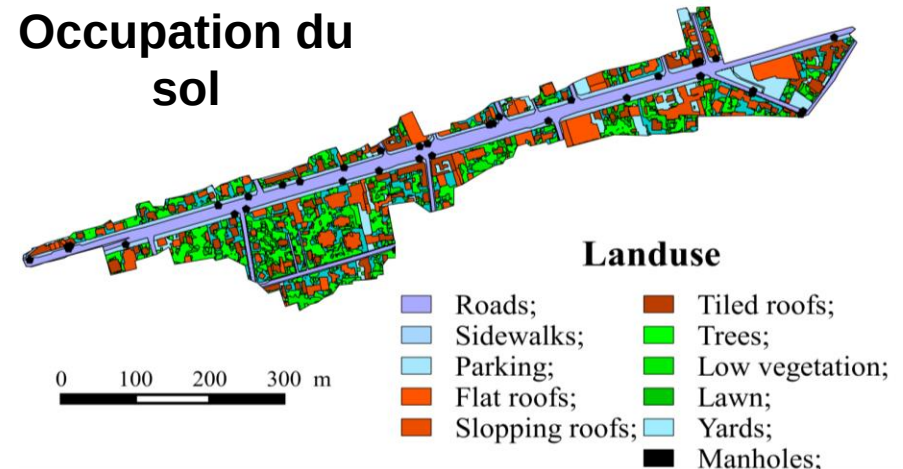
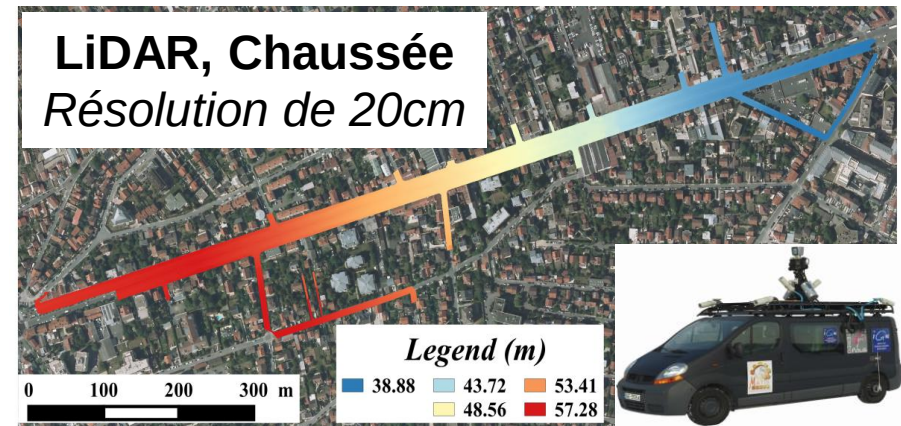


- Moyennes réalisées à l'échelle de sous-bassins versants
- Modélisation des processus de manière très conceptuelle

Bassin versant de Sucs en Brie (94). Bonhomme et Petrucci, 2016

Les modèles à base physique (maillage fin)

- Connaissance fine de l'occupation du sol/topographie
- Ruissellement 2D/1D
- Processus finement décrits pour les polluants (érosion et transport)
- Une calibration/validation basées sur des données en continu



Le revers de la médaille

- Difficulté à obtenir des données suffisamment précises pour un usage opérationnel
- Temps de calcul encore très long
- Nécessité de travailler à plus grande échelle (parfois) et de coupler avec le réseau unitaire
- Une performance parfois en question

La simulation numérique et l'action publique

- Dans le débat public

-> cf. Aménagement de la plaine de la Bassée.

Etude pour l'optimisation de l'ouvrage de la Bassée, Seine Grands Lacs, EPTB Seine Grands Lacs

- Au niveau réglementaire:

-> Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux rejets unitaires de temps de pluie par les procédé d'assainissement collectif et non collectif.



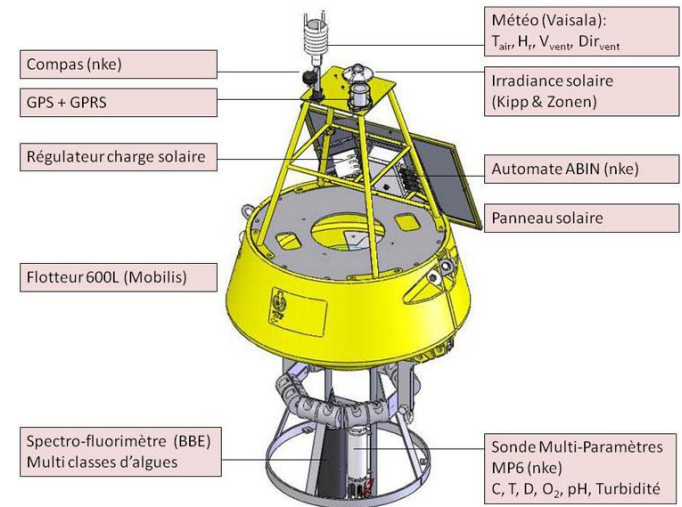
Le projet de création de casiers dans la Bassée tel que soumis au débat public.

Plan de la présentation

1. La simulation numérique des eaux urbaines
2. Les « big data » des eaux urbaines

Les apports des données en continu pour la gestion « temps réel »

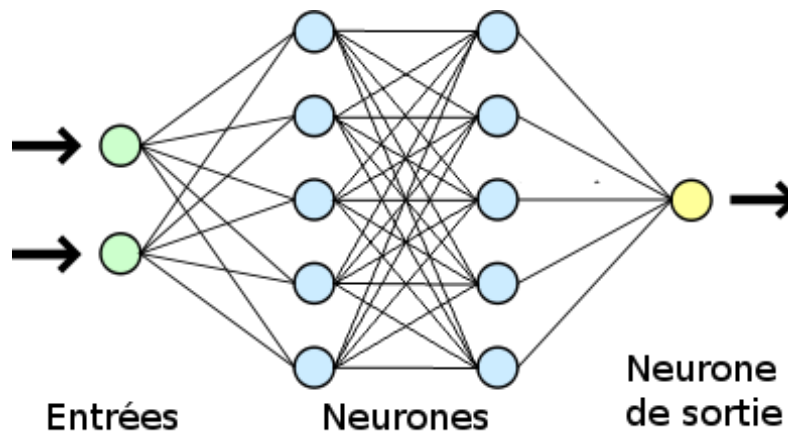
- Intérêt des capteurs pour les systèmes d'alerte
- Intérêt des modèles statistiques pour leur rapidité
- Dissonance entre le souhait d'avoir des modèles « que l'on comprend » et le besoin de rapidité



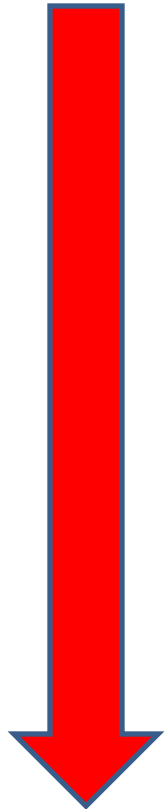
Bouées CarboSeine (alerte des proliférations algales en Seine)

Systèmes d'alerte et « machine learning »

- Fiabilité de la prévision dépend de la taille du jeu de données d'apprentissage
- Prévision de l'évolution du système avec une certaine probabilité
- Mais impossibilité par la suite de faire de la scénarisation et d'envisager l'évolution du système.



Les big data réorganisent la communauté scientifique



- Travaux sur les eaux urbaines nécessitent au départ des connaissances en **hydrologie et biogéochimie**
- Les modèles numériques exigent des connaissances en **physique, mécanique des fluides, schémas numériques**
- Puis besoin de connaissances en **mathématiques appliquées** pour traiter les big data et proposer des modèles statistiques.

Et les usagers?

- Des **systèmes d'alerte** qui sont tournés vers l'**usager** (SMS)
- Des **solutions innovantes de gestion amont**: cycles courts pour récupérer les eaux et les réutiliser -> pour cela nécessité de prise en compte de données plus locales sur les récupérations/consommations, rejets...
- **Intégration des données individuelles dans les modèles d'inondations**
- **Sites web participatifs** comme Tellmycity qui concernent aussi l'eau.



Vegetalid, Green innovation for smart cities



Vegetalid, Capteur de suivi de la performance de la toiture végétalisée

Des données qui témoignent de nos pratiques individuelles

- « Smart toilets »:
 - Etat de santé des habitants
 - Consommation de médicaments, stupéfiants....
- Nos eaux usées renseignent nos **usages**
- La domotique pour les eaux de l'habitation parmi les IoT (informations sur la maison et sur les habitants)



De nouveaux services en lien avec les données individuelles

- WaterBrain, BIC, Lauréat Challenge Start-ups, Montpellier
- « L'analyse de la consommation d'eau des personnes âgées permet de suivre leur comportement et de leur offrir des services pour prolonger leur autonomie », explique Frédéric Lavandier, président fondateur de la Senior@Home, porteuse du projet. WaterBrain utilise les compteurs d'eau connectés installés par la métropole pour détecter une activité inhabituelle et accompagner la modification des comportements quotidiens des utilisateurs grâce au suivi de l'évolution de leur consommation dans le temps. Les données sont transmises aux aidants familiaux ou professionnels, ce qui peut être particulièrement utile en temps de canicule. »
- Le Monde, 12 avril 2016

Quelques éléments à retenir

- Les modèles ne sont pas « morts », se nourrissent des données nouvelles, sont essentiels pour la planification de long terme.
- Les données ouvrent de nouveaux champs de développement de modèles et de nouvelles applications et services
- Dans le domaine des eaux urbaines, nous ne sommes qu'à une étape embryonnaire des big data.

Merci de votre attention!



www.lebigdata.fr