

# Singapour

## Gestion et traitement de l'eau: que retenir ?

**Daniel Thévenot**

Rapport pour d'Ambassade de  
France à Singapour publié par

**ADIT: Veille technologique  
internationale**

(bulletins-electroniques.com)

Décembre 2006



[http://www.bulletins-electroniques.com/rapports/smm06\\_091.htm](http://www.bulletins-electroniques.com/rapports/smm06_091.htm)

1



# Contexte de la mission

## □ Ambassade de France à Singapour

### – Service de Coopération et d'Action Culturelle



#### ● Activité de veille scientifique

- Appel d'offre et sélection d'un candidat
- Prise en charge du voyage et de 5 j d'hébergement
- Préparation de rapport diffusé en ligne par l'**ADIT: Veille technologique internationale**

#### ● Objectifs

- Evaluer le **potentiel scientifique et technique** de Singapour
- **Politique et organisation** pour l'approvisionnement et le traitement de l'eau à Singapour
- Enseignements à tirer pour la **France**
- **Collaborations** scientifiques, universitaires et industrielles **2**



# Singapour : entre Asie et Moyen-Orient

## Sous l'équateur : latitude 1,5°N



3





# Singapour : une ile de 680 km<sup>2</sup>



4



# Singapour : une ile de 4,2 M hab

- Singapour et villes satellites : réseau de métro et routes



5





# Singapour et Méga Paris

## □ Points communs

- Urbanisation intense → forte densité de population
- Des fleuves et des canaux: l'eau est fort présente !
- Assainissement séparatif

## → Gestion des eaux pluviales urbaines

Une question vitale

Tant pour le centre que la banlieue



# Singapour et Méga Paris

## □ Points communs : une **urbanisation** intense !

- Singapour
  - 4,2 Mhab sur 680 km<sup>2</sup> → 6.120 hab/km<sup>2</sup>
- Paris intra-muros
  - 2,15 Mhab sur 105 km<sup>2</sup> → 20.480 hab/km<sup>2</sup>
- Méga Paris
  - 9,47 Mhab sur 2.740 km<sup>2</sup> → 3.450 hab/km<sup>2</sup>
- Ile de France
  - 11 Mhab sur 12.100 km<sup>2</sup> → 910 hab/km<sup>2</sup>

## □ Mais, différent **type** d'urbanisation

- Singapour: essentiellement collectif (env. 15% pavillonnaire) avec espaces verts naturels & artif.



# Singapour: urbanisation collective

- Nord de l'île : urbanisation récente collective !





# Singapour et Méga Paris

## □ Différences environnementales

### – Pluviométrie et climat

- 2.360 vs. 750 mm / an
- Mousson équatoriale vs. orages estivaux & pluies hivernales

### – Températures

- 19 to 36°C vs -5 to 30°C → impact sur les cinétiques

### – Ressource en eau pour les usages domestiques et industriels: ruissellement vs. fleuve, rivières & nappe

→ Grande différence de conditions **hydrologiques** et **écologiques**

→ Mais la gestion du **ruissellement urbain** reste dans chaque cas **une question** importante et complexe

→ **Espace libre** très limité et **qualité des eaux de surface** importante pour habitants & touristes !



# Plan de la présentation

---

- ❑ 1. Contexte de la recherche et du développement technique sur l'eau
- ❑ 2. Priorités scientifiques et techniques à Singapour
- ❑ 3. Avancées scientifiques attendues
- ❑ 4. Messages aux acteurs économiques et politiques français
- ❑ 5. Conclusion : collaborations possibles
- ❑ Contacts

10



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.1 Contexte

- Politique de développement très **volontariste**
  - *La Cité-Etat Ambitieuse*, R. De Koninck, La Documentation Française, 2006
  - Ressource en eau et gestion de l'eau = l'un des 3 domaines prioritaires de la *National Science Foundation*
  - Ouverture à l'expertise internationale : USA & GB
  - Fort soutien du *Public Utilities Board* (PUB), de l'*Economical Development Board* et du *Ministry of Trade and Industry*
    - Entreprises nationales
    - Équipes de recherche universitaires
  - Valorisation et expansion économique vers Chine, Inde, Moyen Orient où la demande est forte !





# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.1 Contexte

- **Centralisation** du secteur de l'eau *Public Utilities Board*
- Equivalent pour Méga Paris de
  - Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN)
    - Gestion des ressources en eau et de traitement des rejets
    - Soutien financier et technique aux opérations
    - Etudes et recherches en interne ou en partenariat avec des organismes publics ou des entreprises
  - Lyonnaise des Eaux, Véolia, SAUR ou Eaux de Paris
    - Production et la distribution d'eau potable
    - Contrôle de la qualité des ressources
    - Epuration des eaux usées
    - Recherche et développement (R&D)



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.1 Contexte

- **Centralisation** du secteur de l'eau *Public Utilities Board*
- Equivalent pour Méga Paris de
  - Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement (DSEA) du Département du Val de Marne
  - Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA) du Département de Seine-Saint Denis
    - Définition de schémas directeurs d'assainissement
    - Conduite d'opérations d'assainissement ou de préservation des milieux naturels
    - Education, sensibilisation des enfants (collégiens), des associations ou des citoyens aux enjeux de l'eau (Festival de l'Oh!, Observatoire en Hydrologie Urbaine, Plan Bleu...)

13



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.1 Contexte

- **Centralisation** du secteur de l'eau *Public Utilities Board*
- Equivalent pour Méga Paris du
  - Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP)
    - Collecte et le traitement des eaux usées
  - Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE, ex-AGHTM)
    - Animation des échanges entre les organismes publics d'enseignement et de recherche et les sociétés privées
  - Ponts Formation Edition (PFE)
    - Formation continue aux ingénieurs et techniciens de l'eau et de l'environnement





# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.1 Contexte

- **Limitation** des ressources en eau de Singapour
  - quatre '**robinets**' (1,3 M m<sup>3</sup>/jour)
    - souplesse économique & indépendance politique
    - **Eau de ruissellement pluvial** sur les zones urbaines et périurbaines → réservoirs situés soit dans l'embouchure des rivières, soit au centre et à l'ouest
    - **Eau potable** produite dans des usines installées en Malaisie → Singapour par canalisations
    - **Eau de mer**, après traitement en osmose inverse
    - **Eau usée**, en sortie de station d'épuration, après un traitement supplémentaire → **NEWater**
      - » micro- ou ultrafiltration
      - » osmose inverse
      - » irradiation aux rayonnements ultraviolets



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

□ Réservoir et usine de potabilisation: Chestnut Avenue



16



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

- ❑ Réservoir d'eau de ruissellement en milieu urbain
  - Ouvert au public
  - Activités nautiques et loisir



17





# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.1 Contexte

- **Forte demande** en eau de Singapour + **exigüité** du territoire
  - Demande : 1,3 M m<sup>3</sup>/jour
  - Territoire limité : 680 km<sup>2</sup>
    - Malgré la récupération de terrain sur le littoral
  - Bonne qualité de la gestion et du traitement de l'eau
    - Exemple: importation et développement de traitement par filtration membranaire



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 Etat des lieux

– **Public Utilities Board** : un service public très particulier !

- **Gestion des ressources en eau** destinée à la production d'eau potable

- **Production d'eau potable** et d'eau industrielle ultra pure

- **Collecte des eaux usées** domestiques et industrielles

  - usine en construction sur le site de Changi, à l'extrémité sud est du territoire

- **Traitement des eaux usées** domestiques et industrielles

  - Rejet des eaux traitées en mer: diffuseurs de Changi situés à 5 km de la côte, par 25 à 45 m de profondeur

  - Réutilisation partielle de cette eau traitée pour produire de l'eau ultra pure *NEWater*

  - mise en décharge des boues après digestion, centrifugation et séchage

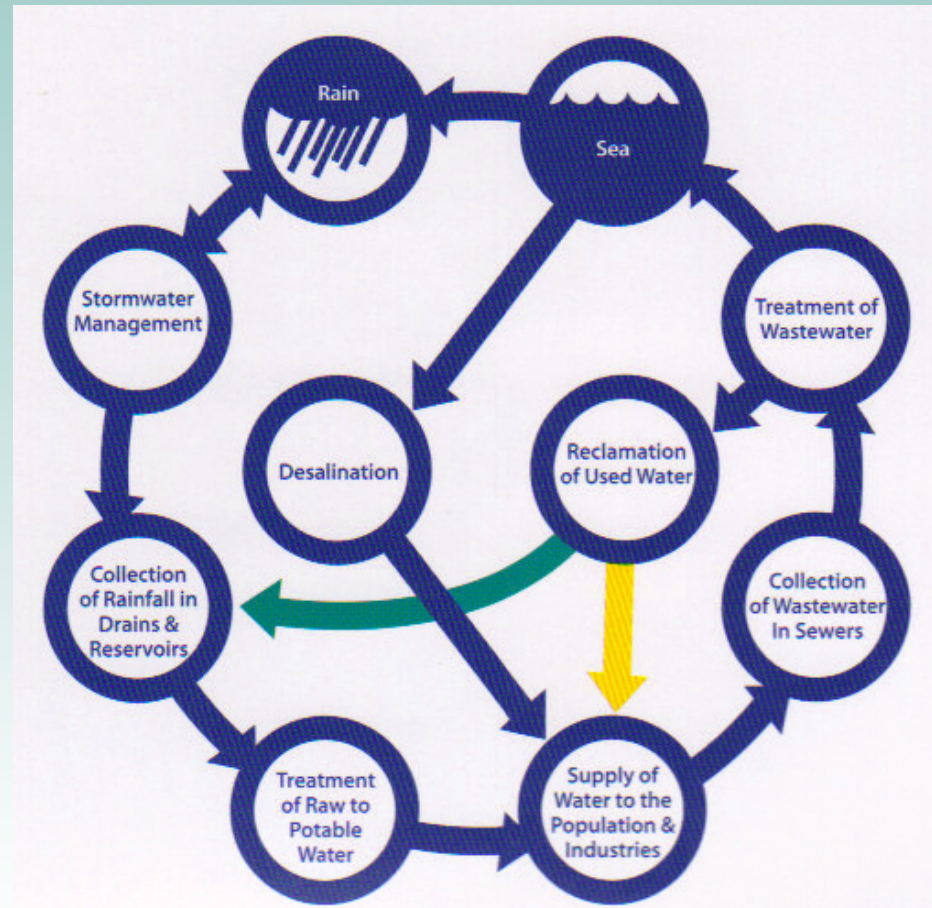


# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 Etat des lieux

### – Public Utilities Board

- Responsabilité du cycle complet de l'eau



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.2 Etat des lieux

- **Public Utilities Board** : un service public très particulier !
  - Etudes finalisées confiées aux universités et entreprises
  - *Centre for Advanced Water Technology (CAWT)* : centre d'analyse, de recherche et développement mais aussi d'animation scientifique et technique, sur un site dénommé *WaterHub*
  - *Singapore Utilities International (SUI)* : filiale à caractère commercial qui 'vend' son savoir faire en Chine, Inde ou Moyen Orient
    - Formation continue de techniciens et ingénieurs étrangers
    - Conduite de chantiers





# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 Etat des lieux

– **Public Utilities Board** : un service public très particulier !

● Multiples opérations de **communication**, d'éducation et de sensibilisation des scolaires, des associations et du public

– Opération en direction des 3 P : *People, Public & Private*

» Présenter les enjeux du cycle de l'eau à Singapour

» Diminuer les rejets d'ordures ménagères ou d'emballages

» Valoriser les plans d'eau disponibles sur le territoire (parcs et constructions d'habitation et de commerce)

» Exemple : *Marina Barrage* chantier en cours sur la rivière Singapour, transformant un estuaire urbain en plan d'eau à usages multiples : loisirs, réserve d'eau douce, collecte sur bassin versant de 10 000 ha

22



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 Etat des lieux

- Equipes de **recherche** en concurrence
  - PUB : 80% des ressources des équipes universitaires du domaine
  - *Nanyang Technological University* (NTU)
    - Récente et très orientée vers l'innovation
  - *National University of Singapore* (NUS)
    - Ancienne mais en développement
  - Collaborations internationales : chercheurs, doctorants, stagiaires
    - Europe (France), Australie ou Europe de l'Est
  - Cadres universitaires des NTU et NUS : thèse à l'étranger (Etats-Unis, Grande Bretagne ou Australie)



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 *Nanyang Technological University (NTU)*



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 *National University of Singapore (NUS)*



25





# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

## □ 1.2 Etat des lieux

- Formation supérieure relativement **peu visible**
  - Surprenant car Singapour a très fortement investi dans l'enseignement supérieur public ou privé
  - Faible intérêt des universitaires pour les formations supérieures dans le domaine de **l'environnement**
    - Deux diplômes de *Master of Science* (MSc) en *Environmental Engineering* existent respectivement à NTU et NUS
    - Peu/pas présent dans les programmes
      - » Milieux non aquatiques, comme l'atmosphère et les sols
      - » écologie, l'économie, la gestion, la politique
    - Peu/pas de préparation à la recherche
    - Peu/pas de participation du PUB et industriels



# 1. Contexte de la R&D sur l'eau

---

## □ 1.3 Principales observations

- **Fort affichage politique, scientifique et économique** de l'eau et l'environnement aquatique
- **Lourd investissement dans des technologies nouvelles**
  - Coûteuses et complexes à maîtriser
  - Bien adaptées aux moyens intellectuels et financiers de Singapour
- **Recherche universitaire ou privée** : fort soutien financier continu du Ministère de l'Environnement et du PUB
  - Situation fort différente de la France (ex: PIREN Seine avec un montage complexe de 10-15 financeurs)



## 2. Priorités scientifiques et techniques

### □ 2.1 Durabilité de l'approvisionnement en eau

#### – Regroupement et amélioration des **usines de traitement d'eau usée**

- 6 stations d'épuration d'eaux usées progressivement remplacées par la nouvelle usine de Changi (sud est de l'île, à proximité de l'aéroport)
- *Deep Tunnel Sewage System* (DTSS) est en cours de mise en place depuis le nord et le centre historique de l'île jusqu'à l'usine de Changi
- Station d'épuration de Changi (0,8 → 2,4 M m<sup>3</sup>/j)
  - Techniques traditionnelles en France
  - Conçue de façon compacte dans un bâtiment fermé (ex: Seine-Centre à Colombes)



## 2.1 Usines de traitement d'eau usée

- ❑ Mise en place de **tunnel profond** (DTSS) pour collecte des eaux usées et transfert vers nouvelle STEP de Changi





## 2.1 Usine de traitement de Changi

- STEP de Changi ( 2001 à 2008) : 0,8 → 2,4 M m<sup>3</sup>/jour
  - Décanteurs, boues activées et clarificateurs couverts



30



## 2. Priorités scientifiques et techniques

- 2.1 Création de réservoir d'eau douce en estuaire : **Marina Barrage** en centre ville sur la rivière Singapour



31





## 2. Priorités scientifiques et techniques

- 2.1 Création de réservoir d'eau douce en estuaire : **Marina Barrage** en centre ville sur la rivière Singapour
  - Retenir eau douce
  - Permettre ouverture (basses eaux)



## 2. Priorités scientifiques et techniques

### □ 2.1 Marina Barrage : chantier en octobre 2006



33





## 2. Priorités scientifiques et techniques

### □ 2.1 Durabilité de l'approvisionnement en eau

- Traitement et réutilisation des eaux usées : **NEWater**
  - Initialement : eau ultra pure pour les industriels de l'électronique
  - Grande campagne de communication et d'éducation
    - Centre d'accueil du public et des scolaires
    - Accoutumer le public à l'idée de la réutilisation des eaux usées
    - Réalimentation des réservoirs collectant les eaux de ruissellement
- Communication pour éduquer et sensibiliser à l'eau (PUB)
  - Mobilisation des scolaires et des associations de quartier ou d'activité sportive → responsabilités individuelles !



## 2. Priorités scientifiques et techniques

- 2.1 Durabilité de l'approvisionnement en eau
  - Traitement et réutilisation des eaux usées : **NEWater**
  - *Visitor centre*



35



## 2. Priorités scientifiques et techniques

- 2.1 Durabilité de l'approvisionnement en eau
  - Actions de communication et sensibilisation
    - Ramassage des **flottants** dans les barrages et canaux



## 2. Priorités scientifiques et techniques

---

### □ 2.2 Participation au développement du marché international de l'eau

- **Importation** de nouvelles techniques (membranes d'osmose inverse issues des Etats-Unis)
- **Développement** de techniques innovantes
  - *Membrane BioReactor* (MBR) : traitement biologique associé à procédé membranaire → commercialisé par Hyflux
  - *Institute of Environmental Science and Engineering* (iESE) : production et caractérisation des membranes organiques ou céramiques de traitement de l'eau





## 2. Priorités scientifiques et techniques

---

- 2.2 Participation au développement du marché international de l'eau
  - Soutien des **activités à l'étranger**
    - entreprises comme Dayen ou Hyflux
    - service public, comme le PUB : filiale internationale SUI
  - **Exportation** du savoir faire vers des pays où les besoins en production d'eau potable et en traitement d'eau usée sont importants (Chine, Inde ou Moyen Orient)



# 3. Avancées scientifiques attendues

- Activités soutenues de **R&D sur l'eau** à Singapour
  - Equipes universitaires à NTU et NUS
  - Centres de recherche publics, comme le CAWT et l'iESE
  - Entreprises, comme Dayen ou Hyflux
- 3.1 Nouveaux procédés de traitement de l'eau
  - **Granulation des bactéries** utilisées en épuration des eaux
    - EERC et l'iESE à NTU
    - Production de granules de bactéries aérobies ou anaérobies (0,5 à 1 mm de diamètre)
    - Epuration biologique du carbone, de l'azote ou du phosphore



# 3. Avancées scientifiques attendues

---

## □ 3.1 Nouveaux procédés de traitement de l'eau

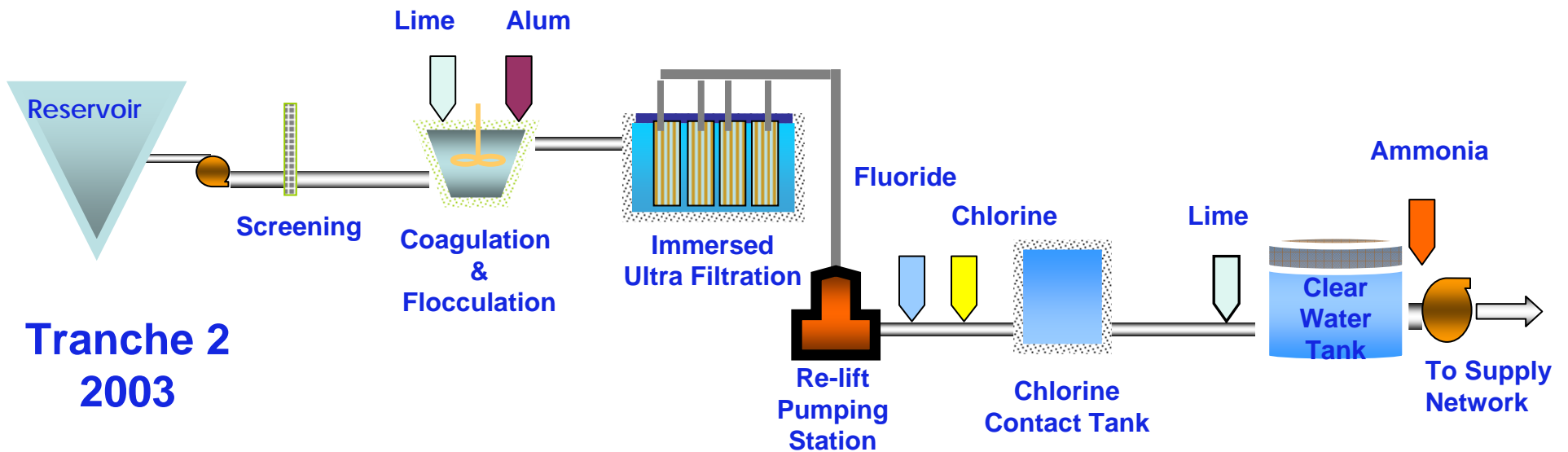
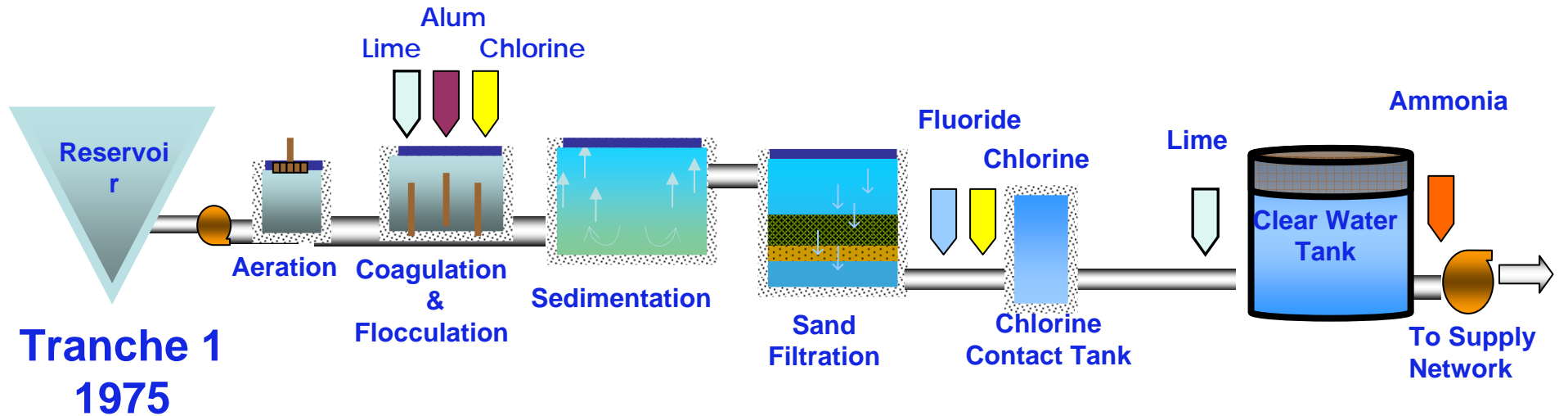
### – **Membranes** de microfiltration, ultrafiltration ou osmose inverse

- La micro- ou l'ultrafiltration se développent rapidement dans les usines de production d'eau potable de Singapour
  - unités sur bicyclette, énergétiquement autonomes (utilisation des pédales pour actionner les pompes), développées pour les situations de crise comme celle rencontrée après le Tsunami
- Osmose inverse
  - Dessalement eau de mer
  - Production NEWater
- Fabrication de fibres creuses
  - Parfois d'origine étrangère (USA)
  - Fabrication est spécifiquement étudiée à l'iESE → Hyflux **40**



# 3. Avancées scientifiques attendues

## 3.1 Unité d'ultra filtration : Chestnut Avenue





# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.1 Unité de micro filtration sur bicyclette



42



# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.1 Nouveaux procédés de traitement de l'eau

- **Réacteurs biologiques** à membranes (MBR)
  - Pilotes universitaires, au CAWT ou à l'iESE
  - Eaux usées domestiques et procédés de traitement embarqués sur les bateaux
  - Commercialisé par Hyflux
- **Stérilisation** par irradiation ultraviolette (PUB)
  - Production d'eau *NEWater*
- Utilisation de traitement aux **ultrasons** en digestion anaérobie des boues (EERC à NTU)
  - création de cavitations réduit la taille des particules et augmente la vitesse de digestion



# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.1 Nouveaux procédés de traitement de l'eau

### – Diversification des procédés de **valorisation des boues** (EERC à NTU)

- Démarche très semblable à celle développée par le SIAAP (Seine-Amont, à Valenton)
- Filières de traitement et valorisation des boues, des ordures et des déchets domestiques et industriels
  - Agriculture (engrais)
  - Traitement industriel (charbon activé)
  - Construction (ciment, briques, asphalte)



# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.2 Méthodes non structurelles de gestion des eaux de ruissellement

- Actions de **sensibilisation** du public
  - Opérations conduites à Singapour en direction des scolaires, des associations et des citoyens
  - Analogie avec actions de la DSEA du CG94: Festival Oh!
- Choix de réseau pluvial à **l'air libre** (séparatif)
  - Ecoulement à l'air libre de toutes les eaux de ruissellement pluvial
    - Depuis les toitures, les trottoirs ou les chaussées
    - Vers les canaux secs ou les rivières
    - Permet l'identification immédiate des rejets parasites d'eau usée ou de déchets domestiques (flottants)





# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.2 Choix de réseau pluvial à l'air libre (séparatif)



# 3. Avancées scientifiques attendues

## □ 3.2 Méthodes non structurelles de gestion des eaux de ruissellement

### – **Entretien** de la voirie

- Voirie, abords et zones piétonnes ou jardins
- Très haut niveau d'entretien
  - Toute feuille d'arbre ou déchet est ainsi balayé ou aspiré par des traitements au moins quotidiens
- Propreté de la Cité-Etat
- Eviter le développement d'insectes vecteurs de maladies équatoriales (dengue)
- *La Suisse en extrême orient !*



## 4. Messages aux acteurs économiques et politiques français

---

- 4.1 Intégration des différents acteurs du cycle de l'eau
  - PUB : service public contrôlant et exploitant complètement ce **cycle de l'eau** → intégration exemplaire
    - Depuis la récolte de l'eau de pluie
    - Jusqu'au rejet en mer des eaux traitées
    - Eau potable et eaux usées domestiques et industrielles
    - Exporte ses activités à l'étranger
  - Les Agences de l'Eau françaises sont loin d'atteindre une telle intégration !



## 4. Messages aux acteurs économiques et politiques français

---

### □ 4.2 Gouvernance des recherches sur l'eau et l'environnement

- PUB : **regroupement** d'une importante partie de la conduite et du soutien des **activités de R&D** (publiques et privées)
- Nombreux atouts de cette intégration
  - Volume et pérennité des moyens financiers de R&D
  - Attire les meilleurs doctorants, chercheurs et ingénieurs





## 4. Messages aux acteurs économiques et politiques français

### □ 4.3 Intensification des relations publiques et privées avec Singapour

- **Relations** entre la France et Singapour existent
  - Accueil d'étudiants stagiaires ou de doctorants français
  - Utilisation de quelques procédés d'épuration français
  - Double diplôme et accueil réciproque d'étudiants par la NUS et l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
- Mais pas à la hauteur
  - Des compétences disponibles dans chaque pays
  - Des intérêts réciproques à échanger des connaissances, du savoir faire ou des personnes, et à mettre en place des coopérations pédagogiques



# 5. Conclusion: collaborations possibles

## □ 5.1 Procédés de traitement de l'eau

- Micro-, ultra- ou nano **filtration sur membrane**
  - Production et la mise en œuvre des membranes (fibres creuses) et des modules
  - Conduite de leur utilisation
    - Contrôle du colmatage des membranes
    - Détection des ruptures des fibres
  - Suez Environnement, Véolia, Hyflux
- **Osmose inverse**
  - Production et la mise en œuvre des membranes en spirale et des modules
  - Effets de taille des modules sur leurs propriétés
- **Stérilisation** par irradiation ultraviolette
  - Mise en œuvre, conduite
  - SIAAP



# 5. Conclusion: collaborations possibles

## □ 5.1 Procédés de traitement de l'eau

- **Traitements biologiques** de l'azote et du phosphore bien connus et étudiés par les équipes universitaires des NTU et NUS, et par le PUB
  - Peu utilisées, même dans les installations récentes
  - SIAAP : cultures bactériennes libres (usine de Seine-Amont à Valenton) ou fixées (usine de Seine-Centre à Colombes)  
→ PUB.
- Réacteurs biologiques à membranes (**MBR**)
  - Objet de R&D dans les 2 pays
  - Pourraient donner lieu à des collaborations publiques et privées



# 5. Conclusion: collaborations possibles

---

## □ 5.1 Procédés de traitement de l'eau

- Traitement et valorisation des **boues** de station d'épuration et des déchets urbains
  - Large panoplie de procédés de traitement et valorisation des boues de station d'épuration mise en œuvre par le SIAAP et les industriels français (nouvelles installations de l'usine de Seine-Amont)
  - ➔ Pourrait forment intéresser le PUB et les entreprises de Singapour, comme Dayen





# 5. Conclusion: collaborations possibles

- 5.2 Gestion à la source des eaux pluviales urbaines
  - **Collecte de l'eau de pluie**, après ruissellement
    - Une des principales ressources de Singapour pour produire de l'eau potable → qualité = **enjeu important** !
    - Collecte est conduite de façon exhaustive (réseaux de canaux à ciel ouvert, bassins et réservoirs)
    - Gestion de sa **qualité**
      - Peu étudiée par les équipes universitaires (projet du EERC)
      - Apparemment, pas encore réalisée par le PUB
  - Bureaux d'études et entreprises françaises en hydrologie urbaine
    - Collaborations dans ce domaine à établir ?
    - ➔ Avec les équipes de NTU et de NUS
    - ➔ Avec le CAWT du PUB



# 5. Conclusion: collaborations possibles

- 5.2 Gestion à la source des eaux pluviales urbaines
  - Procédés de **stockage temporaire** des eaux pluviales
    - Pour éviter les pics de débit lors des violents orages équatoriaux
    - De multiples procédés de stockage temporaire envisageables
      - Toiture en terrasse
      - Toits enherbés
      - Chaussées réservoir
      - Bassins en eau...
    - Réapprovisionnement de la nappe inutile : non exploitée
  - ➔ Portail DayWater [www.daywater.cz](http://www.daywater.cz)



# 5. Conclusion: collaborations possibles

## □ 5.2 Gestion à la source des eaux pluviales urbaines

### – Procédés de **traitement des eaux pluviales**

#### ● Traitements à la source

- Pour soulager le traitement en usine de potabilisation
- Pour améliorer la qualité écotoxicologique des bassins et réservoirs (ouverts au public)

#### ● Traitements physiques pour retenir flottants et particules

- Grilles, barrages flottants, hydrocyclones, décanteurs lamellaires

#### ● Traitements biologiques

- Zones humides artificielles, fossés drainants, noues...

### – **Multi usages** des stockages & traitements

→ Portail DayWater [www.daywater.cz](http://www.daywater.cz)

56



# 5. Conclusion: collaborations possibles

## □ 5.3 **Modélisation** des bassins versants hydrographiques

- Apparemment pas couramment utilisée par ses chercheurs et cadres environnementaux à Singapour
- PIREN Seine : modèles hydrauliques et de qualité

## □ 5.4 Cycle des **flux de matière** (*Material Flow Analysis*)

- Programme *ABC : Active, Beautiful & Clean*
  - Réaménagement urbain : berges de la rivière Singapour (centre historique)
- Bilan de matière semble peu développé
  - PIREN Seine : métaux lourds (Thévenot *et al.*, STOTEN, 2007; Lestel *et al.*, HESS, 2007)

57



# 5. Conclusion: collaborations possibles

## □ 5.5 Formation supérieure en environnement

– Master SGE : coopération pédagogique à envisager

→ Avec équipes du *NTU & NUS*

→ Avec représentants du *PUB*, du *National Environmental Agency* et du *Ministry of Environment and Water Resources*

- Biogéochimie des milieux aquatiques
- Bassins versants hydrographiques : modèles
- Données environnementales : représentativité, contrôle qualité
- Sciences humaines et environnement : économie, politique, gestion
- Pays en voie de développement





# 5. Conclusion

---

A vous de jouer !

Des questions ?



[thevenot@cereve.enpc.fr](mailto:thevenot@cereve.enpc.fr)

59



# Contacts

## □ Gouvernementaux

- Ministry of Environment and Water Resources  
<http://www.mewr.gov.sg/>
- National Environment Agency (NEA) <http://www.nea.gov.sg/>
- Public Utilities Board (PUB) <http://www.pub.gov.sg/>
  - Kah Poh PENG, Director, InfoComm Department  
[peng\\_kah\\_poh@pub.gov.sg](mailto:peng_kah_poh@pub.gov.sg)
  - Aik Num PUAH, Deputy Director, Technol. & Water Quality Office  
[puah\\_aik\\_num@pub.gov.sg](mailto:puah_aik_num@pub.gov.sg)
- Centre for Advanced Water Technology (CAWT)  
<http://www.sui.com.sg/CAWTWebpage/CAWTIndex.htm>
- Bala VISWANATH, Senior Assistant Scientist, Advance Water Reuse Technologies
- Singapore Utilities International (SUI) <http://www.sui.com.sg/>
  - Rajiv DIXIT, Senior Vice President, Business Development  
[ddrajiv@cawt.sui.com.sg](mailto:ddrajiv@cawt.sui.com.sg)
  - Dr Paul Stephan KLOSE, Senior Vice President, Project Development  
[psklose@cawt.sui.com.sg](mailto:psklose@cawt.sui.com.sg)



# Contacts

## □ Académiques

### – Nanyang Technological University (NTU)

<http://www.ntu.edu.sg/>

- Environmental Engineering Research Centre (EERC)  
<http://www.ntu.edu.sg/Centre/wwwweerc/eerc.htm>
- Prof. Jing-Yuan WANG, Director [jywang@ntu.edu.sg](mailto:jywang@ntu.edu.sg)
- Prof Eng Ban SHUY [cshuyeb@ntu.edu.sg](mailto:cshuyeb@ntu.edu.sg)
- Institute of Environmental Science and Engineering (iESE)  
<http://www.iese.ntu.edu.sg/>
- Prof Joo Hwa TAY, Director & CEO [jhtay@ntu.edu.sg](mailto:jhtay@ntu.edu.sg)
- Mrs Rong WANG, Deputy Centre Director [RWang@ntu.edu.sg](mailto:RWang@ntu.edu.sg)
- David Tee LIANG, Director, Advanced Clean Energy Centre  
[dtliang@ntu.edu.sg](mailto:dtliang@ntu.edu.sg)

### – National University of Singapore (NUS)

<http://www.nus.edu.sg/>

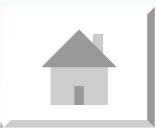
- Centre for Water Research (CWR)  
<http://www.ese.nus.edu.sg/CWR/index.html>
- Prof Say Leong ONG, Director [eseongsl@nus.edu.sg](mailto:eseongsl@nus.edu.sg)
- Mrs Jiangyong HU, Prof, Deputy Head [esehuji@nus.edu.sg](mailto:esehuji@nus.edu.sg)



# 5. Conclusion

---

Des questions ?



[thevenot@cereve.enpc.fr](mailto:thevenot@cereve.enpc.fr)

62

