



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement

citeres
UMR 7324

université
de **TOURS**

Projet de Fin d'Études (PFE) 2019

Méthodes innovantes d'adaptation aux inondations en milieu urbain



WANG Zhi & ZHU Jinwei - IMA

Tuteur: Vincent Rotgé

Projet de Fin d'Études (PFE) 2019

**Méthodes innovantes d'adaptation aux
inondations en milieu urbain**



WANG Zhi & ZHU Jinwei - IMA

Tuteur: Vincent Rotgé

Résumé:

Dans le contexte de l'urbanisation, en Chine, plus de 10 millions de personnes pénètrent dans la ville chaque année et les bâtiments nouvellement construits équivalent à la moitié de la construction totale dans le monde. Dans ces circonstances, si le mode de construction de la ville-éponge n'est pas introduit, le ruissellement urbain en surface augmentera considérablement, ce qui posera des problèmes tels que les inondations urbaines et la pollution de l'eau. Sponge City est comme une éponge qui peut garder la pluie. Cet article décrit la situation actuelle de Pékin et de Shenzhen, qui présente des similitudes et des différences dans le processus de construction d'une ville-éponge, ainsi que de nouvelles méthodes pour faire face aux inondations urbaines. Cet article traite également de la technologie étrangère avancée.

Mots clé: l'inondation urbaine, ville-éponge, Chine, Shenzhen, Pékin

SOMMAIRE :

1	Contexte Chinois	1 -
1.1	Préoccupation Majeure Actuelle	1 -
1.2	Inondation de 2012 à Beijing	1 -
2	Deux Sites: Shenzhen et Pékin	3 -
2.1	Les Situations	3 -
2.1.1	Shenzhen.....	3 -
2.1.2	Pékin.....	6 -
2.2	Des Raisons Principales des Inondations	8 -
2.2.1	Shenzhen.....	8 -
2.2.2	Pékin.....	9 -
2.3	Des Impacts Concrets Apportés par des Inondations.....	10 -
2.3.1	Les Pollutions	10 -
2.3.2	Perte humaine et matérielle	11 -
3	L'Analyse	11 -
3.1	Les Méthodes Généraux au Monde.....	11 -
3.3.1	Le jardin de la pluie	11 -
3.3.2	Toiture végétale	12 -
3.3.3	Trame verte et bleue	12 -
3.2	Les Méthodes Appliqués à Shenzhen	12 -
3.2.1	Mesures de 'LID'	12 -
3.2.2	Réservoir de régulation.....	13 -
3.3.3	Renforcement des Gestions.....	14 -
3.3	Les méthodes innovantes à pékin.....	15 -
3.3.1	Introduction du Parc olympique	15 -
3.3.2	Analyse	19 -
3.3.3	Améliorations.....	20 -
3.4	Des nouvelles méthodes à l'étranger - Japon.....	21 -
3.4.1	L'introduction.....	21 -
3.4.2	L'inspiration	22 -
4	Perspective	23 -

4.1 Les difficultés	- 23 -
4.2 Le développement futur	- 24 -
5 Conclusion	- 24 -
Remerciements	- 25 -
La Bibliographie.....	- 26 -

1 Contexte Chinois

1.1 Préoccupation Majeure Actuelle



Figure 1, L'inondation urbaine en Chine (SOHU news)

Une inondation urbaine se produit quand des précipitations abondantes ou continues dépassent la capacité de drainage d'une ville.

Cela est devenu une problématique majeure pour l'aménagement urbain en Chine, après des problèmes urbains tels que la population surpeuplée, les embouteillages et la pollution de l'environnement. Les inondations urbaines attirent de plus en plus l'attention ces dernières années.

Au cours des cinq dernières années, plus de 300 villes chinoises ont été victimes d'engorgement urbains à des degrés divers. La couverture géographique, les durées d'inondations, et les pertes humaines et dégâts sont les caractéristiques principales de l'engorgement urbain devenu une préoccupation commune à l'échelle nationale pour le gouvernement et le public.

1.2 Inondation de 2012 à Beijing

Du 21 au 22 juillet 2012, la plupart des régions de la Chine ont subi de fortes précipitations. En particulier, Beijing et ses banlieues ont subi les tempêtes de pluie et de graves inondations. C'était la plus violente inondation depuis 61 ans.



Figure 2, le bus et le station du métro dans la pluie (Eastday news)

Cette catastrophe présente quatre caractéristiques principales:

- ◆ Premièrement, la quantité totale de précipitations était massive et exceptionnelle. A l'échelle de ville, les précipitations moyennes étaient de 170mm, et de plus de 200mm au centre-ville. Plus de 86% de la surface de Beijing a été impactée.
- ◆ Deuxièmement, la durée de ces précipitations était longue: plus de 16 heures sans interruption.
- ◆ Troisièmement, l'intensité était importante. Dans certaines zones, les précipitations étaient de plus de 400mm.
- ◆ Quatrièmement, le débit par l'inondation était très élevé. Dans la rivière Juma, le débit était 2500 m³/s au maximum, et le débit de maximum de la rivière de Beiyun était 1700m³/s. Or, ces deux rivières traversent les banlieues de Beijing.

Les fortes pluies ont eu des effets négatifs pour le centre-ville de Beijing, les routes, le chemin de fer, l'aviation civile et d'autres modes de transport. Ils ont été touchés à des degrés divers. À l'aéroport international de Beijing, plus de 500 vols ont été annulés et plus de 80,000 passagers ont été bloqués. [1]En puis, les fortes

pluies ont provoqué l' inondation sur l' autoroute, et de nombreux véhicules ont été bloqués. La profondeur des eaux les plus profondes est arrivé à 6 mètres dans certains points, au moins trois personnes ont été tuées. [2]

A la fois, il y a eu des graves dégâts humains et matériaux. Selon les données par le département officiel au 6 août, 79 personnes sont mortes sous cette catastrophe à Beijing. En plus, les fortes pluies ont provoqué l'effondrement de 10 660 maisons, entraînant des divers dégâts de 1,602 million de personnes et de pertes économiques de 11,64 milliards yuan.

Cet événement a attiré plein d'attention du gouvernement et du public forcément. Et l'inondation urbaine est devenue une forte préoccupation du tout le monde.

2 Deux Sites: Shenzhen et Pékin

2.1 Les Situations

2.1.1 Shenzhen

Caractéristiques géographique

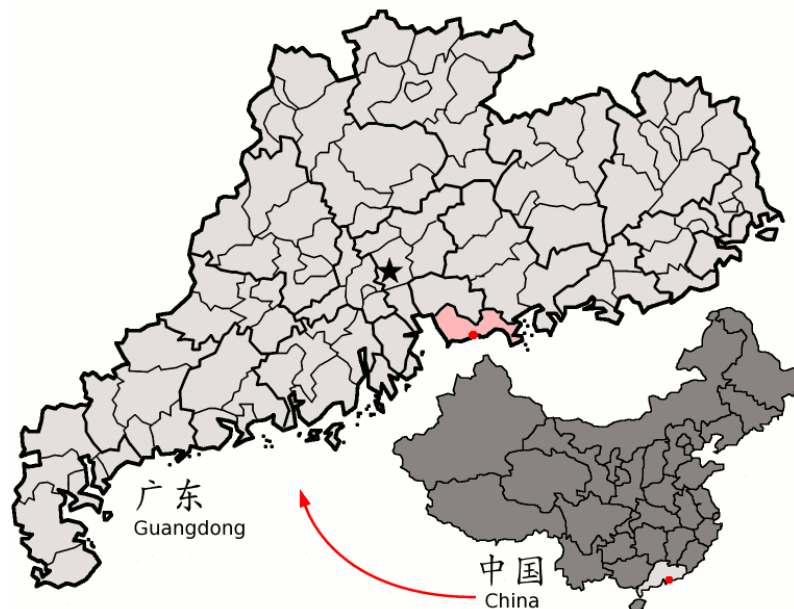


Figure 3, Guangdong province sur la carte de Chine (Source: Google Map)

A) Localisation

Shenzhen est une ville sous-provinciale de la province du Guangdong en Chine, et il est à l'une des extrémités du delta de la rivière des Perles. Shenzhen est

adjacent avec Hongkong, alors il y a des connections fortes entre les deux villes.



Figure 4, localisation de Shenzhen (Wikipédia)

B) Surface

La surface de Shenzhen est 1996.85 km²,

C) Population

Après être nommé une région économique spéciale en 1980, Shenzhen était développé très rapide, d'une village de pêche à la quatrième grande ville en Chine. Maintenant, la population résidente est environ 11.91 millions. Mais, la mobilité de la population très énorme. Selon l'étude, la population à Shenzhen est plus de 22 millions.[3]

D) Topographie

Le relief à Shenzhen est des collines basses principalement. Parce que Shenzhen est à côté de la mer, l'altitude là-bas est très basse, de 10 à 23 mètres.

Caractéristiques climatiques

A) Climat

Shenzhen est un climat de maritime subtropical, les hautes températures et les fortes précipitations arrivent en même temps. L'été est plus long que l'hiver.

B) Température

La température moyenne annuelle à Shenzhen est de 23,0 °C. Pendant douze mois, la température moyenne en janvier est la plus basse, de 15,4 °C, et en juillet

elle est la plus élevée, de 28,9 °C.

C) Précipitations

Les précipitations annuelles moyennes sont 1955 mm, et elles se concentrent en été. Surtout en juin, en juillet et en août, les précipitations de chaque mois sont plus de 320 mm, et en ces trois mois les les précipitations sont 84.8% de précipitations d'une année. En même temps, Shenzhen est souvent attaqué par des typhons, environ 3 fois par an. Des typhons entraînent des risques d'inondation.

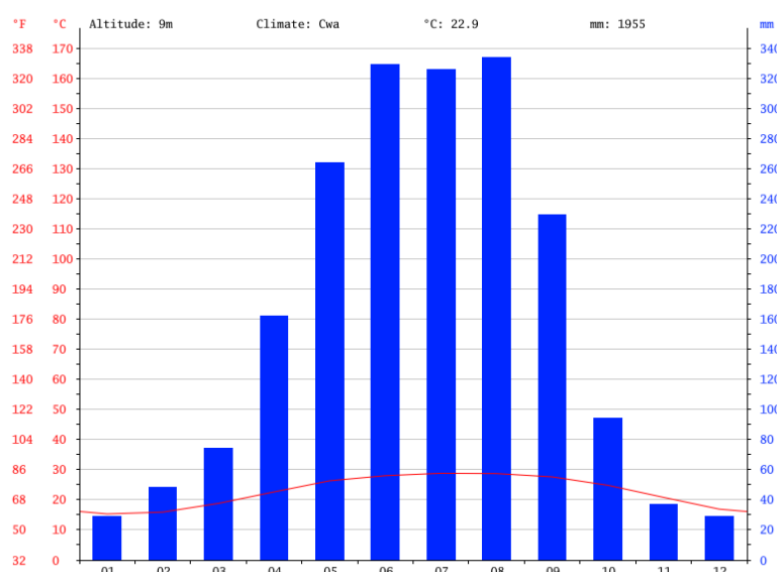


Figure 5, Les températures et les précipitations à Shenzhen (zh.climate-data)

Caractéristiques hydraulique

Shenzhen a des ressources abondantes sur l'eau. Il y a plus de 160 grandes et petite rivières qui passent Shenzhen. Parmi les nombreuses rivières, les surfaces du bassins versant varient beaucoup. Et il y a cinq bassins versant qui sont plus de 100 km²: la rivière de Shenzhen, la rivière de Maozhou, la rivière de Longgang, la rivière de Guanlan, et la rivière de Pinshan.

L'utilisation de l'eau du citoyen vient des réservoirs principalement. Il y a 24 réservoirs à Shenzhen avec une capacité totale de stockage 525 millions. Et plus, Shenzhen a des ressources des eaux souterraines, environ 650 millions.[4]

2.1.2 Pékin

Caractéristiques géographique

A) Latitude et longitude

Le centre de Pékin est situé aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord et du district d'East Eight (39,9 degrés de latitude nord et 116,4 degrés de longitude est).

B) Mer et terre

Pékin est située dans la partie nord de la Chine Est (nord de la plaine HUA Bei), à proximité de la baie de Bohai.

C) Position relative

Pékin est adjacente à Tianjin et est entourée par la province du Hebei avec Tianjin.

Caractéristiques topographiques

- ◆ Plaine et montagne dominée ;
- ◆ Le terrain est en pente du nord-ouest au sud-est ;
- ◆ Le sud-est appartient à la plaine HUA Bei. Au nord se trouvent les montagnes de Yanshan et à l'ouest, les montagnes de Taihang (Figure 6).



Figure 6. Carte topographique de Pékin (Map.Ps123.Net)

Caractéristiques climatiques

- A) Type de climat: climat typique de la mousson
- B) Caractéristiques climatiques: le printemps est sec et venteux, l'été est chaud et pluvieux, l'automne est rafraîchissant et agréable et l'hiver est froid et sec. La saison des précipitations est inégalement répartie, principalement en été, avec des pluies souvent abondantes en juillet et en août.

Caractéristiques du système de drainage

Le système de drainage urbain de Pékin est actuellement principalement composé des deux types de système combiné et de système de dérivation. Les anciens pipelines sont principalement des systèmes combinés et les nouveaux pipelines sont principalement des systèmes de dérivation.

Selon le «Rapport d'enquête sur les installations de réseaux de pipelines» de la branche du réseau de pipelines de Drainage Company en 2008, la longueur totale du pipeline de drainage de Pékin est actuellement de 4 349 km, parmi lesquels: la longueur du pipeline d'égout: 1807 km, la longueur du pipeline d'eau de pluie: 1809 km, la longueur du pipeline combiné: 732 km.

Le système de drainage combiné assure non seulement le rejet des eaux usées quotidiennes, mais également le canal de rejet des eaux de ruissellement.

2.2 Des Raisons Principales des Inondations

2.2.1 Shenzhen

Le 11 mai en 2014, Shenzhen a subi une forte inondation. D'après cette inondation, l'analyse sur les points d'inondation à Shenzhen a été faite. Les raisons d'inondation urbaine sont toujours complexes.

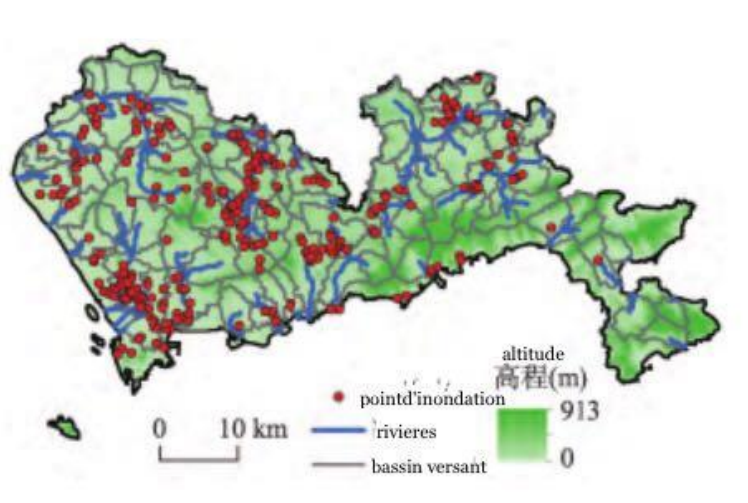


Figure 7, distribution des points d'inondation à Shenzhen [5]

Facteur climatique

Avec le réchauffement climatique, la fréquence des conditions météorologiques extrêmes augmente de plus en plus. A Shenzhen, la distribution dans le temps et dans l'espace est inégale. Les précipitations abondantes de courte durée et fortes précipitations à long terme sont les raisons directes de l'inondation à la ville.

Shenzhen est une ville à côté de la mer, alors la marée est un important facteur de l'inondation. Quand les précipitations fortes et la marée haute arrivent en même temps, les eaux de drainage ne peuvent pas évacuer. C'est une raison principale de l'inondation à Shenzhen.

Facteur de l'urbanisation

Actuellement, le système de drainage à la ville fonctionne à la façon surchargée, parce que le développement trop rapide aux dernières trente années.

Avec le développement de gentrification, les espaces verts et naturels sont

disparus, à la place des bâtiments et chemins. La pourcentage de surface d'étanche augmente petit à petit. C'est à dire, la capacité d'absorber de l'eau est plus faible qu'avant, et le coefficient de ruissellement augmente. Et le risque d'inondation augmente.

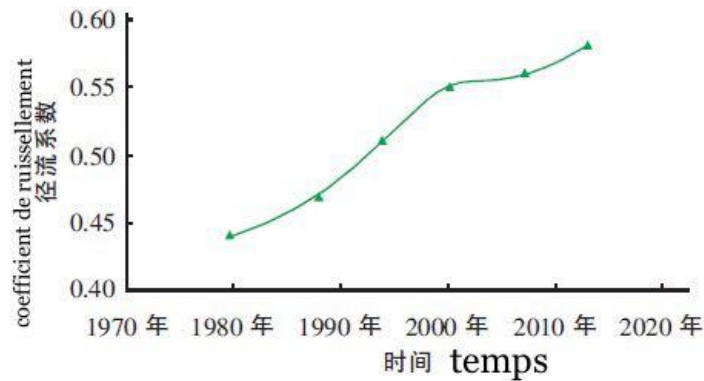


Figure 8, le changement de coefficient de ruissellement à Shenzhen [6]

Facteur de l'administration

Le système de drainage est de plus en plus complexe, mais la gestion ne peut pas s'adapter bien ce changement. Il manque une gestion globale et commune. Les données ne sont pas complètes, et les anciennes données ne sont pas exactes et disponibles.[7]

2.2.2 Pékin

- ◆ **La construction urbaine n'est pas synchronisée avec la planification et la construction de rivières, de réseaux de canalisations et d'autres installations.**

Avec l'accélération de l'urbanisation, la construction de routes est évidemment plus rapide que la gestion de rivières et de pipelines, et la planification et la construction d'installations de drainage ne sont pas coordonnées. Cela n'a conduit à aucune exportation raisonnable d'eau de pluie. Certaines rivières urbaines de petite et moyenne taille n'ont pas été planifiées et certaines n'ont pas de sortie en aval des canalisations de drainage, ce qui entraîne un système de drainage urbain médiocre. En cas de pluie, il est facile de provoquer des inondations locales.

- ◆ **La norme de système de drainage urbain est faible et la pression d'inondation est éliminée.**

Les installations de drainage des routes urbaines à Pékin sont de mauvaise qualité: une fois que les précipitations dépassent la capacité nominale des installations de

drainage, les eaux de pluie ne peuvent pas être éliminées à temps, ce qui est sujet aux inondations.

◆ **La capacité de drainage du chenal de la rivière responsable du drainage urbain est insuffisante.**

Certaines des petites et moyennes rivières de la zone urbaine n'ont pas été draguées ni rectifiées depuis de nombreuses années, les rivières sont bouchées par l'envasement et la capacité de drainage est très insuffisante.

◆ **Les conditions météorologiques extrêmes dans la ville augmentent et les tempêtes de pluie locales sont fréquentes.**

Au cours des 20 dernières années, le développement rapide de la construction urbaine à Pékin a eu un effet d'îlot thermique urbain évident. Les conditions microclimatiques locales sont susceptibles de former rapidement de fortes pluies soudaines de courte durée, d'intensité élevée et de faible ampleur. La fréquence et l'intensité des fortes pluies locales dans les zones urbaines sont plus élevées que dans les zones environnantes, et l'intensité des pluies d'1 h dépasse souvent la norme de 70 mm, provoquant fréquemment des conditions météorologiques extrêmes en zone urbaine et en provoquant une inondation locale. En 2004, il y a eu plus de quarante phénomènes météorologiques extrêmes à Pékin. Les tempêtes sont violentes, de courte durée et les catastrophes semblent rapides. Il n'y a pas de période prévisible.

2.3 Des Impacts Concrets Apportés par des Inondations

2.3.1 Les Pollutions

Dans certaines zones, il y a des un seul système de drainage pour des pluies et des eaux usées. Quand il y a des engorgements à la ville, les eaux surabondantes évacuent dans la rivière ou la mer directement. Les eaux surabondantes n'accordent pas le standard de la qualité de l'eau d'évaluation.

Même s'il y a des deux système, et la séparation les pluies et les eaux usées, les eaux surabondantes apportent des polluants sur les chemins. Il va prendre des polluants.

2.3.2 Perte humaine et matérielle

Sans doute, les inondations provoquent des fortes pertes humaines et matériaux. En même temps, les inondations à la ville arrêtent les fonctions de la ville, et apportent énorme dégât économique. Par exemple, l'inondation à Beijing en été de 2012, des pertes sont énormes. C'est difficile d'imaginer que il y a plus de 300 événements d'inondations en Chine aux cinq dernières années.

3 L'Analyse

3.1 Les Méthodes Généraux au Monde

3.3.1 Le jardin de la pluie



Figure 9, le jardin de la pluie (Baiké)

Le jardin de la pluie est un espace vert qui est peu profond, naturellement ou artificiellement. Il est utilisé pour collecter et absorber les eaux pluviales du toit ou du sol. Et aussi il peut purifier les eaux pluviales par des plantes et de sable. En fin, les eaux sont absorbées par le sol. Rendez-le disponible pour les eaux urbaines telles que les eaux de paysage et les eaux de toilette. Il s'agit l'écologie durable de contrôle des risques d'inondation et d'utilisation des eaux de pluie.

Il y a plusieurs d'avantages du jardin de la pluie:

- Il peut efficacement éliminer les particules en suspension, les polluants organiques et les substances nocives telles que les ions de métaux lourds.
- Grâce à planter les végétations raisonnables, le jardin pluvial peut constituer un

bon habitat pour les insectes et les oiseaux.

- Le coût de la construction du jardin pluvial est acceptable, et l'entretien et la gestion sont simples.

3.3.2 Toiture végétale



Figure 10, toiture végétale (Shengsheng)

En cas de précipitations fortes, le ruissellement vient du toit du bâtiment est l'une grande partie des principales causes des inondations en ville.

Par conséquent, transformer le toit du bâtiment de la ville en un toit vert, il peut atténuer efficacement la pression des eaux de ruissellement urbaines quand il y a des risques d'inondation urbaine. D'une part, collecter et stocker l'eau de pluie, et utiliser l'eau de pluie pour arroser. Il peut économiser des consommations d'énergie. D'autre part, le toiture végétale prend un bon paysage urbain et augmente le taux de verdissement général dans la ville.

3.3.3 Trame verte et bleue

La Trame verte et bleue est un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements.

Dans une certaine mesure, la trame verte et bleue diminuer le risque d'inondation urbaine.

3.2 Les Méthodes Appliqués à Shenzhen

3.2.1 Mesures de 'LID'

Avec le développement très rapide, le nombre de bâtiments augmente très vite. Il

provoque de plus en plus de surface étanche. Et la surface étanche est un facteur négatif à cycle hydrologique naturel. Le pourcentage de surface étanche est plus élevé, le risque d'inondation est plus fort.

Shenzhen a cité le concept de "LID" (low Influence Development) en 2004. Le noyau est diminuer les influences sur le cycle naturel de l'hydrologie pendant le développement de ville, et diminuer le coefficient de ruissellement de la surface. Les mesures spéciales incluent utiliser des briques perméables, augmenter des espaces verts qui sont plus bas que les chemins, mettre en oeuvre des jardins de la pluie.



Figure 11, des briques perméables et des espaces verts plus bas que les chemins (Chla.com)

3.2.2 Réservoir de régulation

Les réservoirs de régulation de la pluie peuvent stocker les précipitations temporairement. Quand le pic de ruissellement des eaux de pluie, les réservoirs acceptent les eaux de pluie temporairement. Et après le pic, les eaux évacuent des réservoirs.

Les réservoirs diminuent le débit du pic, et ils aussi peuvent diminuer les dimensions des canaux à l'aval. Cette mesure nous permet augmenter la capacité d'évacuer des eaux, et diminuer le risque d'inondation. A la fois, elle peut économiser certainement l'argent de construction des canaux.

Les réservoirs de régulation, il faut s'adapter bien aux conditions locales, aussi au paysage. Par exemple, on met en œuvre des réservoirs après des espaces verts. Les réservoirs fonctionnent comme une mesure de contre l'inondation, et aussi ils

fonctionnent comme un paysage.



Figure 12, les deux réservoirs à Shenzhen [7]

Cette figure présente les deux réservoirs à Shenzhen qui se situent au centre-ville. La surface de réservoir de parc du centre est 300 m², et le volume est 1000 m³, pour réguler les eaux au pic. L'altitude de réservoir est un peu plus basse que le réseau de canalisations de drainage à l'aval. Il permet que les eaux ruissellent vers le réservoir, et se concentrent ici. Et après le pic, les eaux évacuent sous la force de gravité.



Figure 13, la comparaison de champs d'inondation [7]

3.3.3 Renforcement des Gestions

Une gestion qui s'adapte bien avec les conditions locales et dernières est très important pour éviter les risques d'inondation. Shenzhen

manque une bonne gestion sur ce domaine avant. Avec l'augmentation de l'attention sur l'inondation, Shenzhen a établi une gestion plus détaillée, elle s'adapte bien aux conditions de maintenant.

Le standard de construction

Les installations urbaines pour contre l'inondation accordent le standard de subir l'inondation la plus forte pendant 50 ans. Pour quelques zones où les installations sont difficiles à mettre en œuvre, le standard est de subir l'inondation la plus forte pendant 20 ans.

Mécanisme d'urgence

C'est très important de renouveler le mécanisme d'urgence sur l'inondation à la ville. Les événements accidentels ne peuvent pas être évitables absolument.

Mais, ce que nous pouvons faire est prévenir et analyser les risques, à la fois, nous faisons un plan détaillé à faire face à cette urgence. Un plan d'urgence nous aide à diminuer les dégâts, et aussi il nous aide à maintenir l'ordre social.

3.3 Les méthodes innovantes à Pékin

3.3.1 Introduction du Parc olympique

La partie nord est un parc forestier d'une superficie de 680 hectares. La zone centrale couvre 330 hectares. Le "Nid d'oiseau" et le "Cube d'eau" se trouvent tous les deux ici. La zone sud est de 140 hectares. La superficie totale est de 1150 hectares (Figure 14).

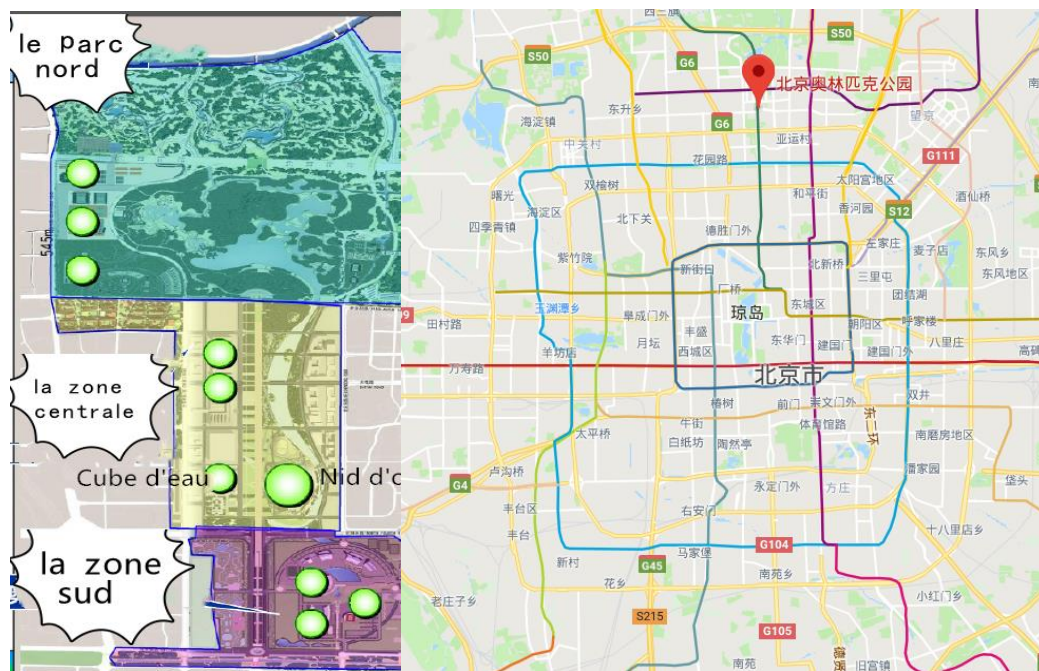


Figure 14. Emplacement et Panorama du parc olympique (Google map)

Les méthodes de collecte d'eau de pluie qui ont été adoptées comprennent: un sol perméable (Figure 15), un jardin pluvial (Figure 16) et diverses installations d'infiltration.



Figure 15. Sol en brique perméable en béton (Shuhan ZHANG)



Figure 16. Utilisation des eaux pluviales du jardin (Shuhan ZHANG)

Il existe maintenant 10 réservoirs souterrains (6 700 mètres carrés au total), 7 000 mètres carrés de fossé de stockage des inondations et 250 000 mètres carrés de sol perméable.

Nouvelle méthode: système d'auto-irrigation par infiltration d'eau dans les arbres.

Le système comprend un système de récupération d'eau de pluie, un système de stockage d'eau de pluie et un système d'irrigation automatique.

Dans cette méthode, un pavage dur et perméable est utilisé entre chaque arbre. Pour atteindre le but de la collecte des infiltrations d'eau, un fossé d'infiltration perméable est nécessaire. Le fossé d'infiltration est pavée d'une brique perméable et d'un coussin perméable. Un tuyau perméable est enterré sous celle-ci. L'eau de pluie peut lentement s'infiltrer dans les arbres du réseau d'irrigation du sol, réduisant ainsi la quantité d'irrigation sans même une irrigation artificielle. Les eaux de pluie d'infiltration en excès sont collectées par des conduites de collecte souterraines, puis introduites dans des réservoirs spéciaux destinés à l'irrigation en arrière-plan(Figure 17).

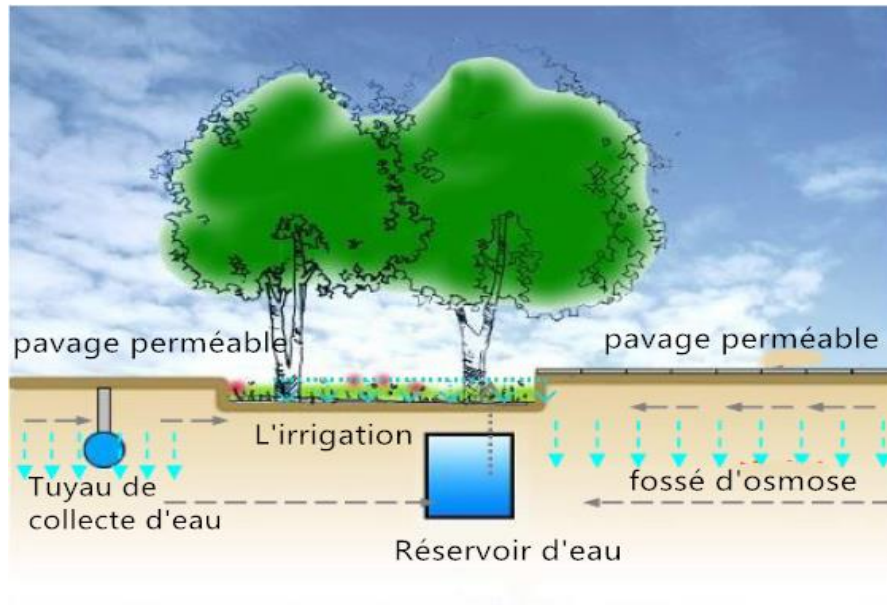


Figure 17. Système d'auto-irrigation par infiltration d'eau

(Guide de la construction d'éponge-ville à Pékin)

Le fossé collecteur d' eau de pluie est à proximité. Le fossé collecteur d' eau est construit avec des briques perméables et est relié au fossé d'infiltration environnant, de sorte que les eaux d'infiltration et de pluie collectées par le fossé de drainage s'imbriquent les unes dans les autres pour former un système complet d'utilisation des eaux de pluie. Une plaque de retenue d'eau d'une certaine hauteur est également disposée dans le fossé collecteur d' eau. Lorsque l' eau de pluie dépasse la norme de conception, elle peut être évacuée.

Les précipitations annuelles moyennes dans la zone centrale du parc olympique sont de 495 000 mètres cubes par an. Si les mesures d'utilisation des eaux de pluie ne sont pas mises en œuvre, le drainage externe annuel sera d'environ 300 000 mètres cubes par an et le taux d'utilisation global des précipitations et des inondations sera de 40%. Après la mise en œuvre de mesures d'utilisation des eaux de pluie, le déplacement externe est inférieur à 75 000 mètres cubes par an. Et après l'achèvement du système, le volume d'eau souterraine peut être augmenté à 280 000 mètres cubes par an, les eaux de pluie pour l'irrigation aux terres vertes atteignent 50 000 mètres cubes par an et la quantité d'eau fournie par système d'alimentation en eau est de 90 000 mètres cubes par an. Les résultats des calculs sont conformes aux données mesurées en 2009. Le taux d'utilisation global des pluies et des inondations est de 85%. On peut constater que, grâce à la construction

d'installations utilisant l'eau de pluie, le coefficient de ruissellement des pluies qui a augmenté en raison du développement et de la construction dans la zone centrale du parc olympique a été réduit et que l'augmentation du drainage externe a été strictement contrôlée. Les résultats sont remarquables.

3.3.2 Analyse

Avantages

- A) En termes de coût, le budget du système est d' environ 30 RMBs par mètre carré. Dans le même temps, le système ne nécessite pas de frais d' exploitation. Économisez sur les coûts d'entretien écologiques.
- B) Cela permet non seulement d'économiser de l'eau, mais ne nécessite pas d'irrigation manuelle. Cette méthode peut être largement appliquée pour garer des espaces verts et des trottoirs le long de la route (Figure 18).



Figure 18. système d'irrigation automatique aux espaces verts (Shuhan ZHANG)

- C) Le développement urbain a considérablement accru les eaux de ruissellement et la pollution des eaux locales. Par conséquent, des méthodes d'infiltration, telles que le fossé d'infiltration, sont généralement utilisées pour éliminer les solides en suspension, les contaminants en particules, les coliformes, les matières organiques ainsi que certains métaux et nutriments solubles dans les eaux de ruissellement. Le fossé d'infiltration alimente également les nappes phréatiques et maintient le débit de base dans les cours d'eau voisins.

Désavantages

- A) Une contamination potentielle des eaux souterraines, ainsi qu'un entretien inadéquat, est susceptible de provoquer une défaillance prématurée. Le fossé d'infiltration ne conviendrait pas aux endroits où des produits chimiques ou des matières dangereuses sont utilisés.
- B) L'utilisation de fossé d'infiltration peut être limitée par de nombreux facteurs, notamment le type de sol, le climat et l'emplacement de la nappe phréatique. Par exemple, par temps froid, la surface du fossé d'infiltration peut geler et le sol environnant peut geler, ce qui réduit le degré de perméation.
- C) Le fossé d'infiltration a une courte durée de vie et plus de 50% d'entre eux ne sont pas utilisés après 5 ans.

3.3.3 Améliorations

- A) En raison de la contamination potentielle des eaux souterraines, des études de terrain approfondies doivent être effectuées tôt sur le terrain afin de déterminer si le site convient à l'installation du fossé d'infiltration.
- B) Le fossé d'infiltration est assuré d'être construit sous la ligne de congélation. Après la construction, la surface du fossé d'infiltration a été maintenue libre de neige et de glace.
- C) Pour la courte durée de vie du fossé d'infiltration, une évaluation géotechnique minutieuse peut être effectuée avant la construction, et l'espérance de vie peut être améliorée en concevant et en mettant en œuvre des plans d'inspection et de maintenance. La perméabilité du sol et la profondeur de la nappe phréatique doivent être évaluées pour s'assurer que les conditions du site respectent le fonctionnement normal du fossé d'infiltration. Les structures de prétraitement, telles que les tampons de végétation, peuvent prolonger leur durée de vie en éliminant les dépôts, les hydrocarbures et autres matériaux susceptibles d'obstruer le fossé d'infiltration. Un entretien régulier, y compris le remplacement des agrégats de bougies, peut également augmenter l'efficacité et la longévité du fossé d'infiltration.

3.4 Des nouvelles méthodes à l'étranger - Japon

3.4.1 L'introduction

Afin de prévenir les inondations urbaines, Tokyo utilise pleinement la fonction de contrôle des crues du système hydraulique urbain afin de permettre à une quantité importante de pluie de se déverser dans le fleuve, comme le «projet de drainage extérieur du cercle de la capitale». Il s'agit de la plus grande installation de drainage souterrain au monde (Figure 19).

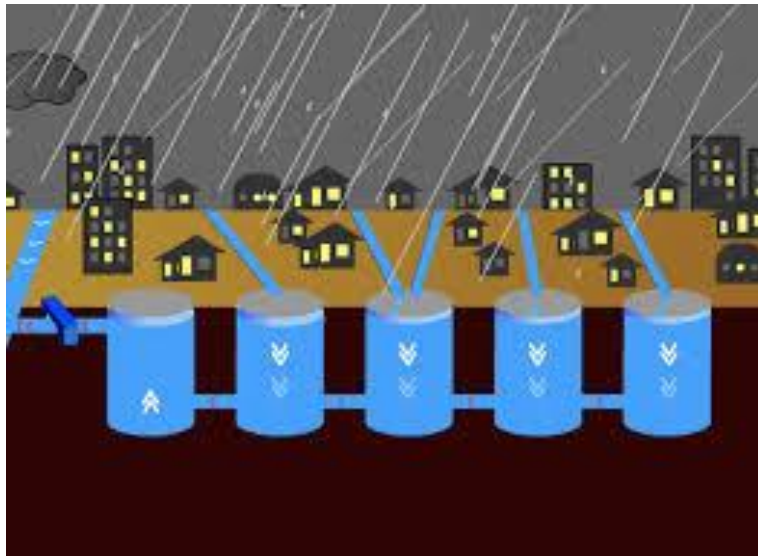


Figure19. La plus grande installation de drainage souterrain au Japon (China News Net)

Construit par le ministère des Terres, de l'Infrastructure et des Transports du gouvernement japonais, ce projet de drainage a débuté en 1992 et a été partiellement utilisé en 2002. Il a été achevé en 2006 avec un investissement total de 240 milliards de yens (environ 18 milliards de RMBs). Le projet consiste principalement en un pipeline souterrain d'une longueur totale de 6,3 km et d'un diamètre intérieur de 10 m, de cinq fosses de stockage d'un volume d'environ 42 000 mètres cubes et d'un réservoir artificiel souterrain. Afin d'empêcher les petites et moyennes rivières de causer des inondations internes lors de fortes pluies, utilisez pleinement la fonction de débordement des petites et moyennes rivières et construisez des fosses de stockage d'eau aux endroits appropriés dans les petites et moyennes rivières locales. Les fosses sont reliées par des canalisations souterraines qui mènent finalement au réservoir souterrain situé près de la rivière Edogawa, près de la métropole de Tokyo.

Le réservoir a un volume de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes, ce qui peut jouer un rôle dans le stockage des inondations. Le réservoir est également équipé de quatre unités de drainage à grande vitesse modifiées par des moteurs d'avion. La puissance d'une unité est de 14 000 chevaux. Lorsqu'elles sont toutes commencées, l'inondation peut être évacuée à Edogawa à une vitesse de 200 mètres cubes par seconde.

En cas de fortes pluies, le réseau d'égout interne de la ville rejette les eaux de pluie dans les petites et moyennes rivières avoisinantes. Les inondations qui débordent lorsque le niveau de l'eau monte dans les petites et moyennes rivières pénètrent dans les fosses et les pipelines, puis se propagent dans Edogawa.

D'une part, le projet dispose d'une énorme capacité de stockage contre les inondations, avec une réserve système totale de 670 000 mètres cubes, et d'autre part, d'une forte capacité de décharge, ce qui lui permet de jouer un rôle déterminant lors de sa mise en service. L'année suivant l'achèvement du projet, le nombre de maisons inondées pendant la saison des pluies dans la zone du projet a été réduit de 41 544 à 245, et la zone d'inondation a été réduite de 27 940 à 65 hectares. Il joue un rôle important dans la lutte contre les inondations dans les zones orientales et périphériques de Tokyo.

Les gouvernements du Japon attachent une grande importance à la préservation des rivières et des lacs lors de la planification urbaine. On voit souvent à Tokyo des rivières d'une largeur de seulement trois à cinq mètres: creusées et durcies, les berges sont hautes, elles relient les conduites d'eaux pluviales dans les zones adjacentes et ont une grande capacité de stockage et de décharge des crues.

Au cours des dernières années, de nombreux gouvernements locaux au Japon ont progressivement transformé la surface de la route en asphalte perméable respectueux de l'environnement. Dans certains parcs, petites places, piscines et autres installations, il existe également de petits réservoirs, généralement des milliers de mètres cubes, utilisés pour le stockage de l'eau pendant la saison des pluies.

3.4.2 L'inspiration

Faites attention à la question du contrôle des inondations. D'une part, nous

attachons de l'importance à la planification urbaine, nous veillons à la préservation des rivières et des lacs dans le processus de planification urbaine, nous permettons de jouer pleinement le rôle de contrôle des crues du système hydrique urbain, d'augmenter les espaces verts urbains et les zones de grès pour absorber les eaux pluviales et de minimiser la zone de durcissement du sol.

D'autre part, il devrait investir beaucoup de main-d'œuvre, de ressources matérielles et financières, accorder une importance particulière à la construction et à la gestion des installations d'égout et construire des installations de drainage urbaines plus parfaites.

4 Perspective

4.1 Les difficultés

Au point de vue du développement des villes-éponges à Pékin et à Shenzhen, les difficultés restent nombreuses.

D'une part, pour le projet de rénovation urbaine ancien, le taux de terres vertes est très bas et il est difficile de fournir un espace au sol suffisant pour aménager un développement à faible impact ou une infrastructure d'eau de pluie verte. D'autre part, il est également confronté à la transformation de l'espace vert existant, à la transformation de l'espace et des relations verticales des routes municipales, à la modernisation du réseau régional du système de confluence, à la coordination de nombreux services et à la compréhension du public.

Dans la nouvelle zone urbaine à fort taux de verdissement, il existe des problèmes professionnels tels qu'une grande résistance à la reconstruction du paysage et un petit espace d'amélioration. L'impact du projet de rénovation à grande échelle de l'espace public sur le fonctionnement normal de la ville et les interférences avec les résidents feront également face à la pression de la résistance et même aux plaintes du public.

Au total, la construction de la ville des éponges dans la vieille ville et la nouvelle ville se heurteront à de nombreuses difficultés et obstacles majeurs et objectifs. Le manque de compréhension de ces difficultés et obstacles, ainsi que des avancées et arrangements institutionnels efficaces et des stratégies de réponse efficaces,

auront une incidence importante sur la mise en œuvre efficace des travaux de suivi.

4.2 Le développement futur

À long terme, le modèle de construction de systèmes urbains d'eaux pluviales en Chine passera inévitablement au modèle de construction de systèmes d'eaux pluviales à faible impact et villes des éponges. Qu'il s'agisse de gestionnaires techniques, universitaires ou gouvernementaux, il a été clairement reconnu que les modèles originaux à source unique, à fortes émissions de dioxyde de carbone, à forte pollution et de déversement extensif d'eau de pluie sont devenus insoutenables. Toutefois, à en juger par l'expérience de certains pays leaders dans le domaine de la gestion des eaux pluviales, cette transformation et la mise en place d'un nouveau système ne sont pas une tâche ponctuelle. C'est un projet à la fois long et ardu qui nécessite des avancées majeures dans les concepts de gestion et les mécanismes politiques. Il est nécessaire d'établir une théorie de base plus systématique, un système de technologie d'ingénierie, une équipe de professionnels et de favoriser la création de nouvelles industries. Il est impossible d'obtenir des résultats rapides à court terme.

5 Conclusion

Les inondations urbaines constituent un problème majeur du développement urbain. Le développement par la Chine de la ville des éponges est une initiative majeure qui permettra d'améliorer efficacement le problème des inondations internes en milieu urbain. Il existe de nombreuses difficultés et obstacles dans le processus de développement. Nous ne pouvons pas être anxieux et devons prendre le temps de progresser étape par étape. Le projet pilote de construction de villes-éponges constitue un progrès décisif dans cette direction. Nous attendons avec impatience une étape plus importante et plus stable dans le futur et rendons la construction de la ville des éponges plus parfaite.

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l' équipe pédagogique de l'école polytechnique de l'Université de Tours et les intervenants professionnels.

Nous profitons de l'occasion pour remercier tout d'abord notre tuteur Monsieur Vincent Rotgé qui n'a pas cessé de nous encourager pendant la durée du projet, ainsi pour sa générosité en matière de formation et d'encadrement. Nous le remercions également pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, qu'il nous a apporté lors des différents suivis, et la confiance qu'il nous a témoigné.

Nous sommes ici pour remercier tous les enseignants.

La Bibliographie

- [1] Chin, Josh, Deadly Beijing Floods Spark Anger, 2012.07, The Wall Street Journal.
- [2] Les situations dernières à Pékin après l'inondation, 2012.07, Tencent News.
- [3] Le recensement de la population à Shenzhen, 2018.01, Sohu news.
- [4] Baïke Baidu de shenzhen
- [5] Wu jiansheng, The influence of urban landscape pattern on urban waterlogging, 2017.03, ACTA GEOGRAPHICA SINICA.
- [6] Zhangliang, Construction strategy of Sponge City based on historical waterlogging survey in Shenzhen, 2015.12, China Water & Wastewater.
- [7] Liu Yao, Development of urban drainage and flood control scheme based on modeling analysis taking Shenzhen Futian River as an example, 2015.06, Master's thesis.
- [8] Luo jing, Construction and application of drainage system model in Baishizhou urban village of Shenzhen, 2014.06, Master's thesis.
- [9] Huang Tielan, A study of urban waterlogging characteristics in Pearl River Delta region based on GIS, 2017.01, <Journal of Guangdong University of Technology.
- [10] Institut de l'urbanisme de Pékin, Conception de l'utilisation des eaux de pluie du parc olympique de Pékin, 2013.02, China Water & Wastewater.
- [11] Wang Yi, Principales causes et mesures de prévention des inondations dans la ville de Pékin, 2014.06, Rapport de la conférence au siège de Pékin sur le contrôle des inondations.
- [12] Shi Hongfang, Environnement géographique naturel de Pékin, 2016.12, China Water & Wastewater .
- [13] Zhang Shuhan, Pratique de la construction de la ville-éponge de Pékin, 2015.08, Master's thesis.
- [14] Che Wu, Froid pensant sous la construction d'une ville-éponge, 2015.04, Southern Architecture Journal .