



POLYTECH[®]
TOURS
Département
Aménagement et Environnement

*Dynamiques et
Actions Territoriales et
Environnementales*

CITERES
UMR 6173
**Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés**

Equipe IPA-PE
**Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement**

ST université
de **TOURS**

Projet de Fin d'Etudes

PFE Fermeture des voies sur berge rive droite à Paris :

Partie II Reconquête des berges urbaines à l'international



CONESA DE WARLINCOURT Gabriel

MIAGAT Antoine

2018

Directeur de recherche : V. Rotgé

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons adresser nos remerciements à M. Rotgé pour nous avoir guidé et renseigné tout au long de notre travail.

Table des matières

Introduction	6
La reconquête des berges urbaines de l'Isar.....	7
I. Présentation de l'aménagement urbain	7
a) Contexte contemporain de Munich et histoire des quais de l'Isar	7
b) Le "plan Isar"	8
II. Conséquence des travaux sur les berges urbaines de Munich.....	12
a) Impact sur la ville	12
b) Impact sur l'environnement.....	17
III. Discussion de l'aménagement	20
La restauration de la Cheong Gye Cheon et la réforme des transports	21
IV. Contexte.....	21
a) Le projet	22
V. Les impacts sur le trafic :.....	24
a) Résultats :	25
b) Critiques :.....	25
VI. L'air et le bruit	26
a) Résultats	26
b) Critiques	27
VII. Les impacts environnementaux.....	28
a) Résultats	29
b) Critiques	30
VIII. Les impacts socio-culturels et économiques.....	31
a) Critiques	31
IX. Discussion.....	32
Conclusion	33
Table des figures	34
Sources.....	36
Annexes.....	39

Introduction

La fermeture des voies sur berge à Paris s'est faite avec une volonté affichée de réduire la pollution dans la métropole. Face aux opposants de cette fermeture, la mairie a communiqué un certain nombre d'indicateurs qui tendraient à prouver l'efficacité de cette mesure. Il a cependant été possible de relever un certain nombre de points négatifs, en particuliers lorsqu'on ne s'intéresse plus seulement à l'échelle des berges mais à l'échelle globale de la ville ou de la métropole.

Ce projet n'est pas un cas isolé, de nombreuses municipalités veulent aujourd'hui reconnecter leur ville au fleuve qui les traverse et gérer de façon durable la problématique des transports urbain.

La ville de Munich en Allemagne a réalisé de grands travaux sur l'Isar, dans un projet principalement axé sur la restauration et la gestion durable des écosystèmes.

La ville de Séoul en Corée a elle aussi réalisé une importante restauration de la Cheong Gye Cheon, restauration qui fut associée à une importante réforme du système de transports de la ville.

Nous verrons donc, à travers ces exemples, différentes visions de la place d'un cours d'eau en ville et une autre méthode de gestion des transports au sein d'une métropole.

La reconquête des berges urbaines de l'Isar

I. Présentation de l'aménagement urbain

a) Contexte contemporain de Munich et histoire des quais de l'Isar



Figure 1 : Situation de la ville de Munich en Allemagne. (Source : Wikipédia)

Capitale de la Bavière et 3ème plus grande ville d'Allemagne après Berlin et Hambourg en comptant plus de 1,46 millions d'habitants (Civitas Initiative, 2013), Munich est par ailleurs une véritable vitrine de la renaturation d'un cours d'eau en milieu urbain (Figure 1). Cette grande ville est traversée par l'Isar, un affluent du Danube. Cette rivière, qui prend sa source dans les Alpes, possède un régime de rivière alpine. Entre un régime torrentiel et celui d'une rivière de plaine, son cours est souvent imprévisible surtout en période estivale.

La construction au XIVe siècle de la porte sud de la ville de Munich, sur la rive gauche de l'Isar, marquait d'ores et déjà un prudent recul de 400 mètres par rapport à la rivière (Rossano, 2005). Ainsi considérée comme une ennemie de l'urbanisation, la rivière a subi des travaux de calibration au XIXe siècle (Figure 2). Son cours a été rectifié, son lit dessiné en trapèze, et des digues ont été érigées afin de protéger la ville des crues.

L'ISAR À MUNICH	
Bassin versant	9000 km²
Longueur	270 km
Débit d'étiage	40 m³/s
Débit moyen	90 m³/s
Débit de crue	420 m³/s
Débit de crue centennale	1.100 m³/s



Figure 2 : Isarraum Sud de Munich: les bras de la rivière et l'avancée de l'urbanisme en 1704, 1808, 1891, et en 2011 après la réalisation du Plan Isar (Arzet et Joven, 2011).

C'est au début des années 1980 que les mentalités vont commencer à évoluer sur la place de l'Isar dans la ville au travers du Plan de Développement Urbain qui inscrit la renaturation de la rivière comme un objectif officiel. En 1995, le projet de reconquête des berges urbaines se concrétise avec le lancement du "Plan Isar".

b) Le "plan Isar"

Le Plan Isar est piloté par le Bureau National de la gestion de l'eau de Munich en collaboration avec le Département des constructions publiques, le Département de l'Aménagement Urbain, le Département de la Régulation des Constructions, et le Département de la Santé et de l'Environnement (Wasserwirtschaftsamt Munchen, 2011). Les travaux qui ont duré 11 ans, ont permis de réintégrer l'Isar à la ville de Munich. 57% du linéaire de la rivière ont été renaturés dans la ville (Figure 3)(State Office for Water Management Munich, 2012). L'étude de renaturation de l'Isar ont été réalisé par le bureau Burkhardt | Engelmayer (Architectes paysagistes), et SKI GmbH + Co.KG (Ingénieurs conseil pour l'industrie de la construction Gestion de l'eau, ingénierie hydraulique, génie des fondations). La maîtrise d'oeuvre a été assuré par les services de l'urbanisme de la ville de Munich.



Figure 3 : Carte du linéaire de l'Isar renaturé dans la ville de Munich. Source: State Office for Water Management Munich.

Ce plan fixe trois objectifs principaux :

- Améliorer les protections de la ville contre les crues
- Développer un linéaire de cours d'eau plus naturel
- Permettre aux riverains de s'approprier l'espace des berges

Pour y parvenir, le projet va dans un premier temps imposer des axes de restauration, puis ouvrir un concours d'aménagement aux architectes afin de trouver le meilleur compromis à l'aménagement de la rivière dans la partie de Munich la plus urbanisée. Le premier prix fut remporté par l'architecte en aménagement Irene Burkhardt, et le second par l'architecte Winfried Jerney. Les plans d'aménagements retenus furent un compromis de leurs travaux (Rossano, 2005).

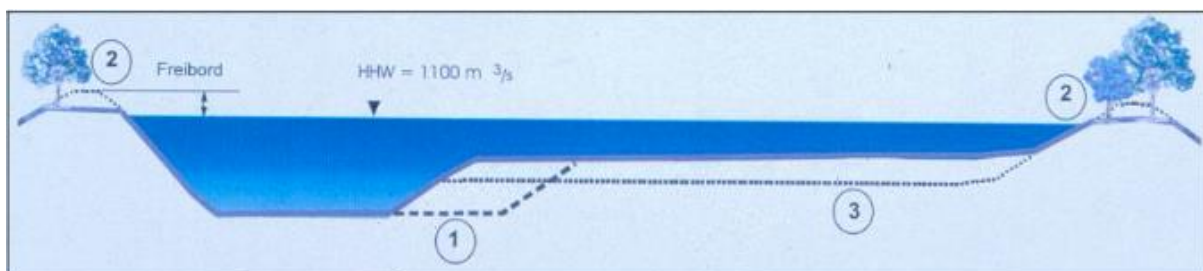


Figure 4 : Coupe transversale de l'aménagement de l'Isar dans la ville de Munich. Source : State Office for Water Management Munich.

Plus généralement la stratégie suivie (Figure 4) a été dans un premier temps, (1) d'élargir le lit mineur de la rivière de 50m à 90m de large (State Office for Water Management Munich, 2012). Dans un second temps, (2) le rehaussement des digues à certains points, afin de protéger la ville d'un débit de crue centennale (1100m³/s). Dans un troisième temps, (3) le curage des sédiments accumulés dans les prairies inondables. Enfin, le dessin quasi naturel des berges avec des recharges granulométriques, et leur plantation va achever le profil de l'Isar dans la ville (Prominski, 2012).

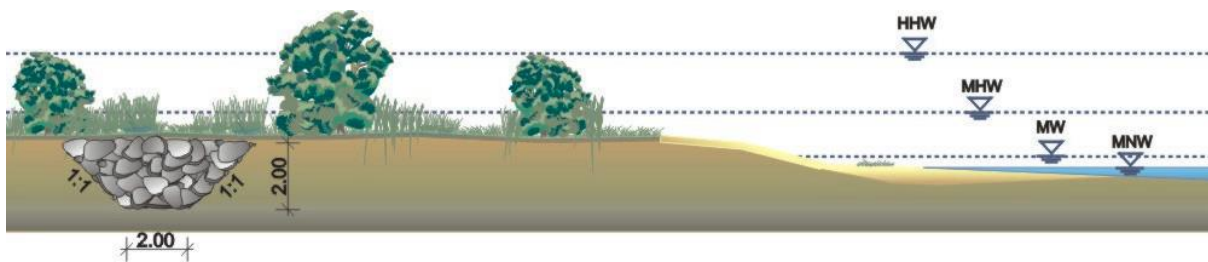


Figure 5 : Schémas des digues de pierres enterrées afin de limiter le déplacement latéral de l'Isar. Source : State Office for Water Management Munich.

Afin de rendre plus de liberté à la rivière tout en protégeant les constructions adjacentes, des renforts en pierres sont enterrés en limite de prairie inondable (Figure 5) afin de lui permettre de mobiliser des sédiments tout en protégeant en dernière limite les pieds de digue. On limite ainsi le déplacement latéral du cours d'eau (State Office for Water Management Munich, 2012).



Figure 6 : Schéma du renfort des digues au moyen d'un diaphragme étanche. Source : State Office for Water Management Munich.

Par ailleurs les anciennes digues étaient couvertes par de vieux arbres et une végétation bien développée. Cependant leurs racines compromettaient l'étanchéité et l'intégrité du dispositif. Néanmoins, il a été décidé, plutôt que de les couper, de renforcer la digue par une méthode de renfort en créant un diaphragme. Celui-ci est composé de la terre de la digue mélangée à du ciment et à de l'argile bentonite (Figure 6) (Arzet et Joven, 2011).

L'un des derniers axes du chantier a été d'arasés les seuils (Figure 7), construits tous les 200 mètres, qui entravaient les flux migratoires des poissons ainsi que la continuité sédimentaire de l'Isar. Ils ont été remplacés par des passages à guet, formés par de larges

pierres colmatées en armure par de plus petites pierres. Ces formations permettent d'offrir une diversité d'habitats aux macro-invertébrés et des supports de reproduction aux salmonidés (Wasserwirtschaftsamt Munchen, 2011).

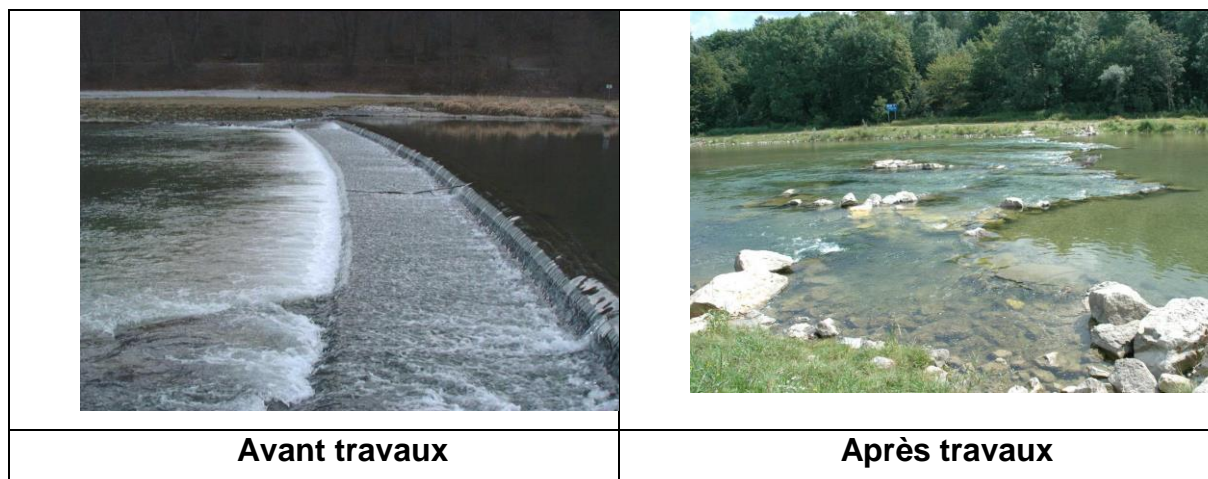


Figure 7 : Photos de la transformation d'un seuil en passage à guet sur l'Isar à Munich. Source : La ville de Munich.

Le Plan Isar en quelques chiffres	
Longueur de l'aménagement	Environ 8 km
Durée des travaux	Février 2000 à Juin 2011
Coûts	35 million euros (28 million d'euros en coûts de construction, 7 million d'euros pour la dépollution des sites et le déminage des armes datant de la seconde guerre mondiale)
Financement du projet	Etat de Bavière: 55 % Ville de Munich: 45 %
Nombre de cales	24
Surface de digues renforcées	2 000 m ²
Quantité de recharge granulométrique	385 000 tonnes
Total du volume des excavations	710 000 m ³ = approx. 1.3 million de tonnes (approx. 60,000 camions bennes)

II. Conséquence des travaux sur les berges urbaines de Munich

a) Impact sur la ville

Pollution environnementale

Comme le relate Christiane Thalgott, Commissaire à la Planification Urbaine de la ville de Munich de 1992 à 2007, la ville s'est enrichie grâce à l'industrie automobile (berceau de l'entreprise BMW) (Rossano, 2005). Cependant, ce développement a progressivement asphyxié la ville qui n'est exposée à aucun vent naturel. Seuls deux corridors urbains permettent d'oxygéner Munich : la voie de chemin de fer d'Est en Ouest, et l'Isar du Nord au Sud. Cette situation a placé l'Isar au premier plan de la « reconquête urbaine » en un outil de dispersion de la pollution atmosphérique, et en un potentiel espace récréatif pour les habitants souffrants des étés continentaux chauds de Bavière.

Si l'on s'intéresse à l'évolution des niveaux de pollution de l'air dans la ville de Munich, de 1988 à 2018, on peut faire plusieurs constats. Concernant les niveaux de dioxyde d'azote (Figure 8), on observe que la courbe augmente et diminue de façon spectaculaire entre 1988 et 1992, puis entre 2002 et 2012 pour atteindre des moyennes annuelles à $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (European Environment Agency, 2018). On peut expliquer ces pics et la faible diminution depuis 1988 par des phénomènes météorologiques. Les étés continentaux lourds et le manque d'air peuvent provoquer des pics de pollution, de même que les hivers rigoureux provoquent une augmentation du chauffage domestique et des pics de NO_2 .

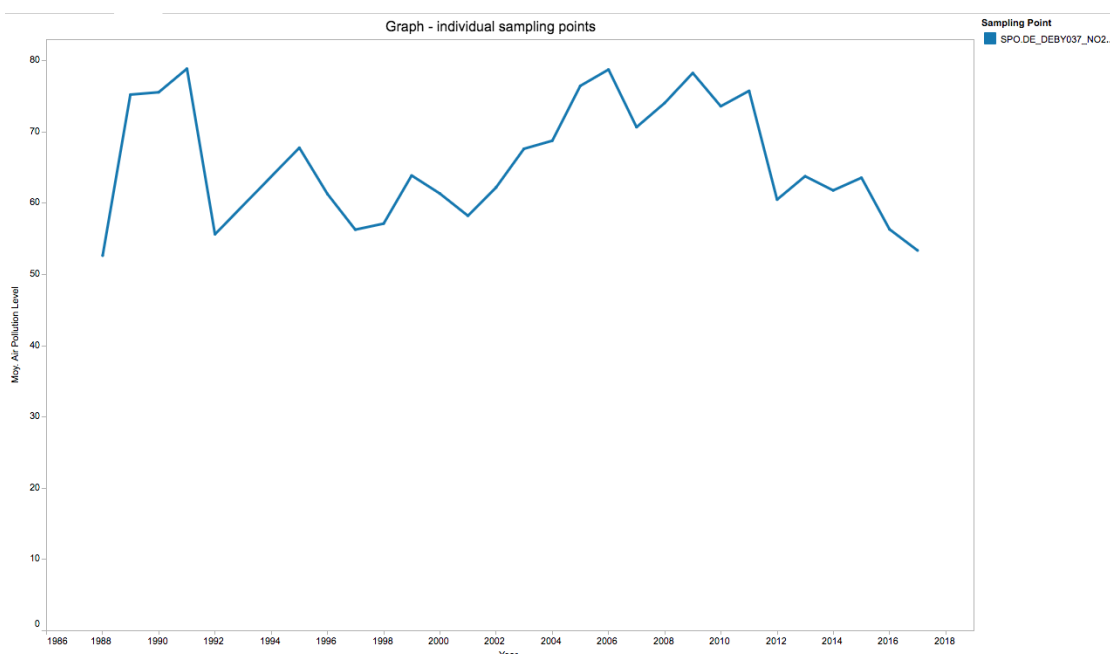


Figure 8 : Evolution de la concentration annuelle en NO_2 dans la ville de Munich entre 1988 et 2018.
Source : European Environment Agency.



Figure 9 : Evolution de la concentration en PM10 dans la ville de Munich entre 2000 et 2018. Source : European Environment Agency.

Si l'on s'intéresse à présent aux niveaux de PM₁₀ (Figure 9), on peut observer une diminution spectaculaire de 2003 à 2018, on passe de 45 µg/m³ à environ 27 µg/m³ (European Environment Agency, 2018). Le début de cette baisse correspond au début des travaux de renaturation de l'Isar, bien qu'une corrélation entre ces événements serait abusive, il est intéressant de noter que la tendance à la baisse se maintient cependant.

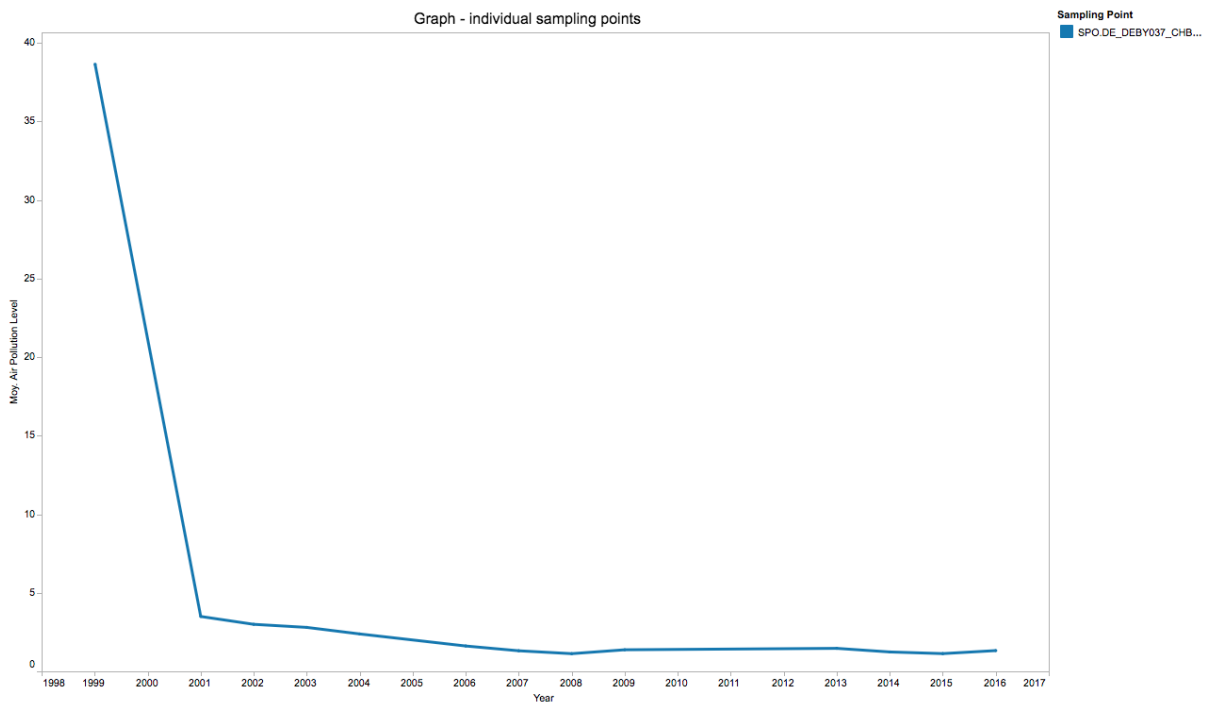


Figure 10 : Evolution de la concentration de Benzène dans l'air à Munich de 1999 à 2016. Source : European Environment Agency.

Si l'on se penche sur le benzène (CH_6H_6) (Figure 10), indicateur de pollution atmosphérique lié au trafic routier, on observe une baisse brutale de la concentration de 1999 à 2001. On passe de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en l'espace de 2 ans seulement. Cette chute peut s'expliquer par les mesures prises par la ville d'endiguer le phénomène de « smog » (Arzet et Joven, 2011). Le Plan Isar a été l'un des fers de lance de la lutte contre la pollution et du développement des espaces verts à Munich. Il est néanmoins intéressant de noter la rapidité du changement des mentalités concernant la pollution dans la ville, aujourd'hui on compte 0,5 voiture par habitant à Munich, mais 80% des habitants possèdent au moins 1 vélo. Il est impressionnant de voir que les voitures ne représentent que 13% des transports pour une ville de cette taille (Figure 11). A titre de comparaison avec une ville de taille équivalente, à Lyon (Figure 12) les voitures représentent 38% des moyens de transport, contre 8% pour les vélos. De même les transports en communs comptent pour 30% à Lyon contre 48% à Munich (NUMBEO, 2018).

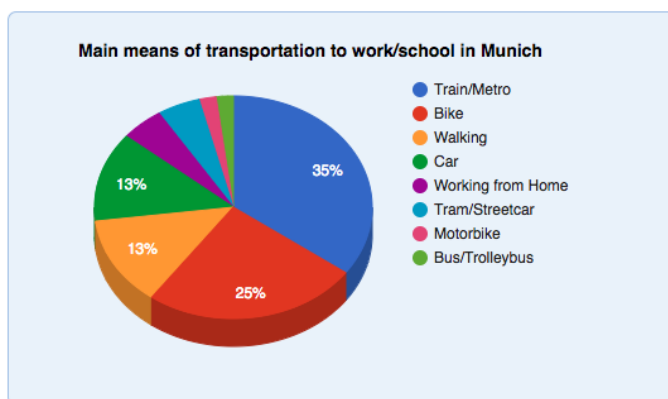


Figure 11 : Moyens de transports dans la ville de Munich. Source : numbeo.com

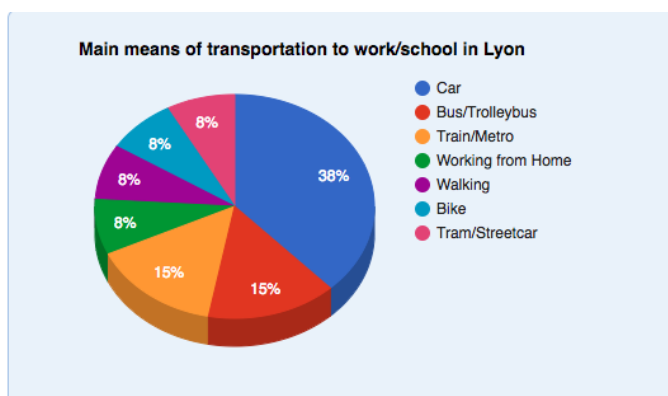


Figure 12 : Moyens de transports dans la ville de Lyon. Source : numbeo.com

Impact thermique

Il est intéressant de noter un second impact majeur de cette reconquête des berges urbaines, il s'agit de l'impact thermique sur la ville. En effet l'aménagement de cette coulée verte à travers la ville et l'un des deux points les plus frais de la ville en période estivale (Figure 13). Cela peut s'expliquer par la disposition Nord-Sud du lit de l'Isar qui posséderait, comme nous l'avons évoqué précédemment, une fonction d'aération du centre de Munich (Heldens, Heiden et Esch, 2015).

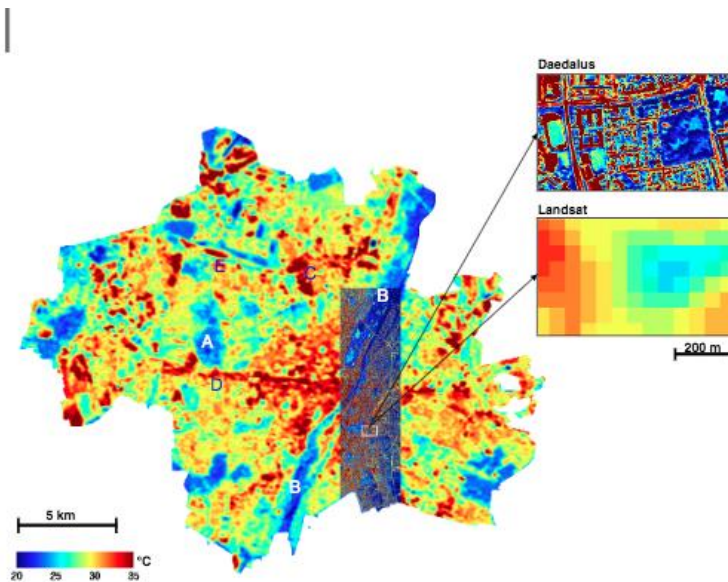


Figure 13 : Cartographie thermique de la ville de Munich en juin 2007, (A) Nymphenburger Park (B) Lit majeur de l'Isar. Source : DLR, German Remote Sensing Data Center.

Si l'on se penche sur les coupes thermiques transversales de la ville (Figure 14), on peut clairement voir les creux thermiques correspondant au lit de l'Isar. Cette fonction thermorégulatrice est un atout qui a permis de faciliter et d'accélérer la reconquête des berges, ainsi que le développement de nouveaux usages (Heldens, Heiden et Esch, 2015).

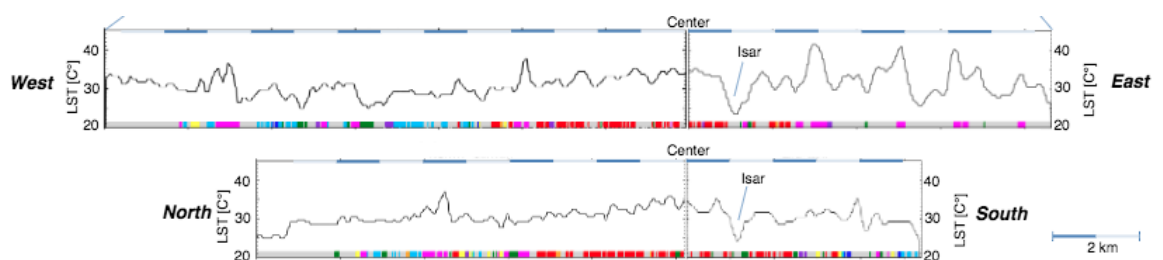


Figure 14 : Coupe thermique transversale de la ville de Munich sur l'axe Ouest-Est et Nord-Sud. Source : DLR, German Remote Sensing Data Center.

Nouveaux usages

Dès les années 1930, les berges de l'Isar étaient déjà prisées par les jeunes Munichois (Rossano, 2005). Depuis la fin des travaux dans le centre de Munich, la population s'est



entièrement approprié l'espace aménagé. Principalement en été, les berges de l'Isar sont fréquentées par les promeneurs, les joggeurs, mais également par des baigneurs (State Office for Water Management, 2015). Les barbecues sont incontournables notamment au niveau du quartier Flaucher. Les berges sont devenues un lieu de rencontre et d'interaction sociale entre les habitants. Tous les ans à la mi-septembre, comme le veut la

tradition pour commémorer la fondation de la ville par les ducs de Bavière, des radeaux descendent l'Isar à travers Munich (Figure 15). Des descentes plus touristiques sont également organisées sur des parcours plus longs (Ville de Munich, 2015).

Figure 15 : Descente en radeau à Munich sur l'Isar. Source : Ville de Munich.

Jusqu'à 2005, sur les berges de l'Isar, la devise était « Bronzer oui, se baigner non ! », les rejets des eaux usées situées en amont de la ville ne bénéficiant pas d'un système de désinfection de l'eau adapté. En 1995, le maire de Munich et le Département du Drainage Urbain de Munich collaborent avec des agences spécialisées de façon à équiper ces rejets de stations de désinfection des eaux au moyen de lumières ultraviolettes (Figure 16) (Dr. Klaus Arzet, 2016). Une station de traitement est créée à Munich en 1999 et en 2003 dans les agglomérations en amont de Munich. Le projet a coûté 12,5 millions d'euros et coûte 1,5 cents d'entretien par mètre cube d'eau usée (Ville de Munich, 2015).



Figure 16 : Système de désinfection des eaux par lumières ultraviolettes. Source : Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection.

b) Impact sur l'environnement

Les travaux de renaturation de l'Isar dans le centre de Munich ont eu un impact important sur la faune et la flore.

Au niveau des digues, la préservation des vieux arbres sur les digues et de certains points verts pendant les travaux, ont accéléré la reprise de la végétation sur les berges du cours d'eau et la reconquête de la faune (Figure 17) (Wasserwirtschaftsamt Munchen, 2011).





Espèces emblématiques des digues de l'Isar	
La Coronelle Lisse (<i>Coronella austriaca</i>)	
Lotier à gousses carrées (<i>Lotus Maritimus L.</i>)	
Lézard des souches (<i>Lacerta agilis</i>)	
L'Azuré du Genêt (<i>Plebejus idas</i>)	

Figure 17 : Espèces emblématiques des digues de l'Isar à Munich. Source : La ville de Munich

La suppression des empierrements et des berges bétonnées a diversifié les habitats et permis le retour des invertébrés et de la végétation naturelle de l'Isar (Figure 18). L'élargissement du lit de la rivière a permis de rendre plus de liberté aux écoulements tout en maîtrisant d'avantage les débits en jouant sur le bêta ratio (Arzet et Joven, 2011).






Espèces emblématiques des plages de galets	
<p>La Cicindèle hybride (<i>Cicindela hybrida</i>)</p>	
<p>Le petit Gravelot (<i>Charadrius dubius</i>)</p>	
<p>La sauterelle à ailes bleues (<i>Oedipoda caerulescens</i>)</p>	
<p>Le Tamarin d'Allemagne (<i>Myricaria germanica</i>)</p>	
<p>La Dryade à Huit Pétales (<i>Dryas octopetala</i>)</p>	

Figure 18 : Espèces emblématiques des plages de galets. Source : La ville de Munich

De même l'arasement des seuils a permis de rétablir une continuité sédimentaire et écologique nécessaire au développement des espèces emblématiques piscicoles (Figure 19) ainsi qu'à la diversification des habitats (Prominski, 2012).

Cette diversification a notamment permis le retour d'espèces pionnières animales et végétales, ainsi que le retour d'espèces protégées, dans trois grands types d'habitats (Wasserwirtschaftsamt Munchen, 2011):




Espèces emblématiques piscicoles	
<p>Le Huchon ou Samon du Danube (<i>Hucho Hucho</i>)</p>	
<p>L'ombre commun (<i>Thymallus Thymallus</i>)</p>	
<p>Le Hotu (<i>Chondrostoma nasus</i>)</p>	

Figure 19 : Espèces emblématiques piscicoles de l'Isar dans Munich. Source : La ville de Munich.

III. Discussion de l'aménagement

La reconquête des berges urbaines de l'Isar dans la ville de Munich fait office de vitrine internationale aux travaux de renaturation urbaine des cours d'eau. Munich a montré qu'il était possible de rendre un profil quasi-naturel à une rivière dans une grande métropole (Arzet et Joven, 2011).

Il convient de noter cependant, que ces travaux ont duré près de 11 ans, et que l'évolution de l'érosion des berges et de la qualité de l'eau font l'objet d'une surveillance constante.

Par ailleurs cet exemple de reconquête des berges urbaine n'est pas comparable à celui de Paris, pour trois raisons principales qui sont corrélées : la taille du cours d'eau, la gestion de l'espace urbains, les modes de transports urbains.

Tout d'abord la taille du cours d'eau. La Seine est un fleuve au débit moyen de 328 m³/s. contre 90m³ pour l'Isar. La problématique de gestion des crues est totalement différente. Elle demanderait un dimensionnement au moins 4 fois supérieur, en termes de surface, à celui qu'a demandé l'Isar pour que la Seine puisse couler de façon quasi naturelle dans Paris. Or une telle surface est un luxe à Paris, capitale française, où le marché foncier reste très lucratif. Il serait impensable de reprendre à la ville ce qu'elle a soustrait au fleuve. Dans le cas de l'Isar, la construction de Munich a été prudemment opérée sur la rive gauche avant de prendre le pas sur la rivière. Longtemps crainte pour ses crues puis jugées inesthétique, l'Isar a pu ainsi conserver des espaces latéraux vierges de construction. Cet état de faits a permis aux aménageur de la renaturer avec plus de facilité. Enfin les Munichois n'ont pas été privé d'axes de communication dans la ville par cet aménagement. De plus, ils montrent une grande souplesse quant aux modes de transport, en privilégiant les transports en commun, le vélo ou la marche à pied, aux véhicules motorisés. Les récents développements de la fermeture de la voie rapide Georges Pompidou ont montré que les Parisiens ne sont pas encore prêts à renoncer à leur mode de transport pour permettre la reconquête des berges. Bien que ces deux aménagements n'aient que peu de points communs, le cas de l'Isar à Munich reste néanmoins incontournable car il représente un idéal, un mariage réussi entre la ville et la nature, qui va continuer à inspirer de nombreux architectes et ingénieurs.

La restauration de la Cheong Gye Cheon et la réforme des transports

IV. Contexte

La ville de Séoul a connu une très forte augmentation de sa population de 1955 à 1990, période durant laquelle l'accroissement de population a été de 6% en moyenne, avec des années atteignant 8 à 9 % (*Population of seoul korea | Seoul Metropolitan Government, 2018, Seoul Population 2018 (Demographics, Maps, Graphs), 2018*). La population de Séoul a aujourd'hui dépassé les 10 millions d'habitants (Seoul Metropolitan Government, 2014). Cet accroissement de population s'est accompagné d'un développement des transports individuels, engendrant une forte congestion (GIZ Transport Policy Advisory Services, 2011). Comme dans de nombreuses villes, en particuliers en Amérique du nord, les problèmes de congestion ont d'abord été traités en donnant plus d'espace à la voiture sur un plan horizontal, puis lorsque la surface au sol est venue à manquer, le développement des infrastructures s'est fait sur un plan vertical. A Séoul, l'expansion des routes a réellement pris de l'ampleur dans les années 60, cette expansion a notamment pris la forme d'une voie rapide recouvrant la rivière Cheong Gye Cheon à partir de 1978. Cette route était quotidiennement employée par 170 000 véhicules.

A partir des années 2000 est née la volonté de détruire la voie rapide et de remettre à jour la rivière. Le projet est parti d'une volonté politique de la municipalité, améliorer la qualité de vie des habitants et de plusieurs constatations. La première étant que loin de résoudre les problèmes de circulation, l'ajout d'infrastructures avait tendance à aggraver les conditions de circulation par le principe de demande induite (l'offre crée la demande) (GIZ Transport Policy Advisory Services, 2011). La seconde constatation était d'ordre sécuritaire, les sols à proximité de la voie rapide étant fortement pollués (méthane, monoxyde de carbone, métaux lourds...) et les piliers soutenant le tablier du pont fragilisés par la corrosion (Figure 20) (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006; GIZ Transport Policy Advisory Services, 2011).

Le projet fut toutefois retardé, ses opposants craignant une forte détérioration des conditions de circulation (Ribadeau-Dumas *et al.*, 2012). Le projet de restauration fut finalement lancé en 2002 et après 3 ans de travaux, ce nouvel espace urbain fut ouvert au public en 2005.



Figure 20 Piles de pont fragilisées

Ce projet présente un intérêt particulier dans notre comparaison dans la mesure où il s'agit d'un projet d'ampleur portant aussi bien sur des problématiques environnementales qu'urbaines et qu'il a été associé à une gestion à grande échelle des transports en commun.

a) Le projet

Sur une longueur de 5,8 km (Annexe 1), la voie rapide fut détruite, permettant de remettre à jour la rivière. La majorité des matériaux composant la route (96%) furent recyclés, évitant d'aggraver la pollution du cours d'eau (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006).



Figure 21 Vue avant et après travaux de la Cheong Gye Cheon

La réouverture du milieu aquatique fut accompagnée de nombreux aménagements paysager mais aussi environnementaux, tels que des gués permettant aux piétons de traverser, mais n'entravant pas le passage des sédiments ou des animaux aquatiques.

Le projet fut calibré de façon à pouvoir subir une crue bicentennale sans risquer d'endommager les infrastructures à proximité, et les effluents urbains ne rejoignent plus directement le cours d'eau (Figure 22).

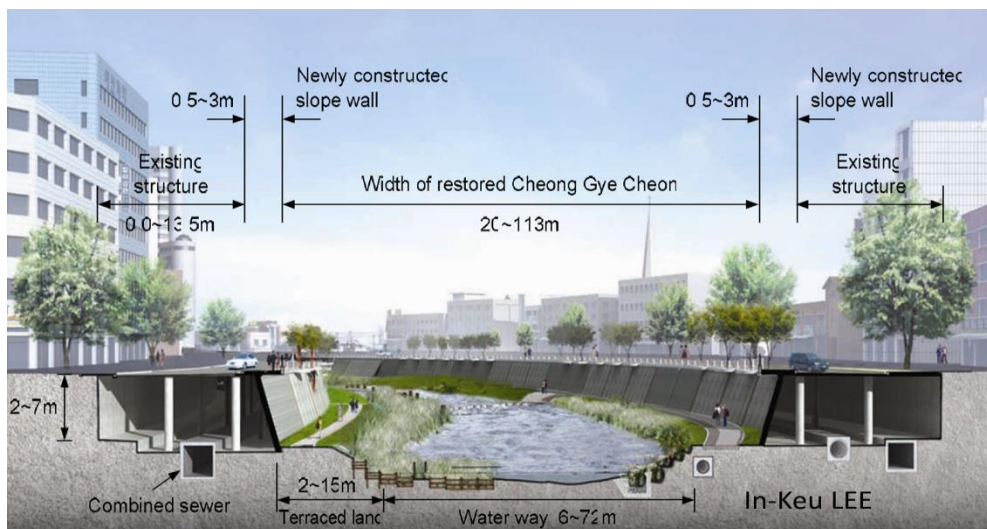


Figure 22 Coupe transversale "typique" de la rivière restaurée

Le coût officiel du projet était de 350 millions de dollars (US) (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006), mais les coûts associés indirectement pourraient faire monter les dépenses à 900 millions de dollars (US) (Ribadeau-Dumas *et al.*, 2012). Le projet

a été commandé et financé par le service développement du Gouvernement Métropolitain de Séoul, sous la direction du bureau de planification urbaine. L'équipe de conception du projet a été dirigée par Mikyoung Kim Design, l'aspect paysager fut étudié par la SeoAhn Total Landscape. L'ingénierie civile a été assurée par l'entreprise CheongSuk Engineering, et la CheonSuk Engineering était responsable de l'ingénierie structurale. La maîtrise d'œuvre a été assurée par Joon Hee Cho et la Daelim Construction Company.

V. Les impacts sur le trafic :

La destruction de la voie rapide en centre-ville s'est faite en combinaisons de nombreux autres aménagements. Ces aménagements sont destinés à améliorer, non pas les conditions de circulation des voitures, mais la facilité et la rapidité des déplacements des habitants de la ville et de la métropole (GIZ Transport Policy Advisory Services, 2011). Cette volonté municipale se traduit dans le fait non par un développement des voies de circulation, mais par une offre de transports en commun adaptée, diversifiée et accessible à tous.

Cette offre a principalement pris la forme de bus, les transports sur rails représentant des coûts trop importants pour la municipalité.

Dans le cadre de la rénovation, et du développement des offres de transport public, plusieurs mesures furent mises en place. De façon à encourager l'usage des transports en commun, la première mesure fut de réorganiser 400 trajets de bus et de faciliter la compréhension de cette organisation à travers un code couleur simplifié, permettant par exemple de distinguer rapidement les bus réalisant de longs trajets vers la banlieue des bus circulant uniquement en centre-ville. Dans l'optique de réduire les temps de trajets, les bus ont été équipés de GPS¹ et sont suivis par un système automatisé permettant à la fois de gérer leur trafic et d'informer les usagers en temps réel.

De plus, divers moyens financiers ont permis d'encourager au maximum les habitants à utiliser les transports en commun. La ville propose ainsi diverses réductions, des systèmes d'abonnements, des correspondances gratuites ou bien un paiement adapté à la distance parcourue. La municipalité encourage aussi les habitants à délaissé leur voiture à travers des parking payant et à l'inverse avec un système de bonus pour les personnes limitant l'usage de leur véhicule. Enfin, l'un des aménagements les plus efficace en terme de temps de trajet fut la création de voies centrales dédiées aux bus (Figure 23), leur permettant de circuler de façon fluide, indépendamment du trafic automobile (GIZ Transport Policy Advisory Services, 2011).



Figure 23 Systèmes de voies de bus médianes

¹ Global Positioning System

a) Résultats :

Le développement des voies de bus médianes a permis de d'accroître la vitesse moyenne des bus de 30 % par rapport à 2004 (Seoul Metropolitan Government, 2014) et la vitesse des automobiles sur certains trajets de 20% (Allen, 2013).

Si en 2005 la voiture était utilisée pour 29,5% des trajets, elle n'est aujourd'hui plus utilisée que pour 23,5% des trajets. Les bus qui représentaient 26,3% représentent aujourd'hui 28% et sont donc plus utilisés que la voiture. Cela représente une augmentation de plus de 300 000 voyages à l'année. Bien que l'accent n'ait pas été mis sur le métro, ce mode de transport est majoritaire et représente 37,1% des trajets (Seoul Metropolitan Government, 2014). Avant réforme, 1,56 millions de voitures rentraient dans Séoul, ce chiffre n'était plus que de 1,27 millions en 2006 (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006).

Le taux de satisfaction des passagers des transports en commun était de 5 sur 10 en 2004, il atteignait 7,5 sur 10 en 2012.

b) Critiques :

Les augmentations des vitesses moyennes annoncées représentent des pourcentages relativement importants, cependant, les vitesses initiales étant très basses (de 11 à 17km/h) ces augmentations représentent généralement moins de 5 km/h d'augmentation.

L'usage des cyclomoteurs ne semble pas avoir été étudié, ils représentent pourtant un mode de transport aussi, voire plus polluant et bruyant que l'automobile (Toussaint, Dutilleux et Lefevre, 2010).

Si les usagers des transports en communs sont comptés précisément grâce aux titres de transport et qu'un certain nombre (non précisé) de conducteurs peuvent être suivis grâce aux puces RFID² installées volontairement dans leurs véhicules, les méthodes de comptage à grande échelle ne sont pas évoquées.

Les méthodes d'évaluation de la vitesse moyenne ne sont pas évoquées (vitesse sur une portion, sur un trajet, à des créneaux horaires précis...).

² Radio-Frequency-Identification

VI. L'air et le bruit

L'un des effets mis en avant par les porteurs du projet fut le refroidissement de la ville (*Heart and soul of the city | Environment | The Guardian, 2006*). Ce refroidissement correspond en réalité à la suppression de l'îlot de chaleur que pouvait représenter la voie rapide qui présentait une très grande surface sans ombrage aux rayons solaires. A cette suppression de surface propice au réchauffement s'ajoute la suppression de la circulation de nombreux véhicules dont les moteurs produisent de la chaleur en continu. Enfin, la rivière crée un couloir propice au vent, participant aussi bien au ressenti de température qu'à une réelle modification de la température ambiante.

Cet effet de couloir de vents, associé d'une part à la suppression de la circulation sur la zone, mais surtout à la diminution de la circulation à grande échelle a aussi pour objectif de diminuer les émissions de gaz polluants et de particules fines, pouvant impacter la santé des Séouliens. En effet, les habitants de la zone avaient, avant travaux, statistiquement deux fois plus de chance de souffrir d'une pathologie respiratoire que la moyenne des Séouliens (*Landscape Performance Series, 2010*).

Si la réduction du nombre de véhicule peut suffire à diminuer le bruit ambiant, il a été ajouté à certains pont des barrières anti-bruit (Figure 24), permettant de limiter les nuisances au niveau du cours d'eau.



Figure 24 Mur anti-bruit sur un pont surplombant la Cheonggyecheon

a) Résultats

L'effet de refroidissement annoncé semble avéré puisque l'on observe des refroidissements de 3,3 à 5,9°C sur les températures moyennes des routes parallèles à l'aménagement, et ce, jusqu'à une distance de 400 mètres de l'aménagement (CABE, 2006, 2011; Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006; GIZ et KOTI, 2011). La vitesse du vent aurait augmenté de 2,2 à 7,8% en fonction des zones dans le corridor créé par la rivière, accentuant le brassage de l'air (*Landscape Performance Series, 2010*).

La diminution de la circulation automobile semble avoir atteint ses objectifs puisque la concentration de Dioxyde d'azote aurait diminué de 34% et que la pollution aux particules fines (PM10) aurait diminué de 19% entre 2000 et 2006 (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006).

En 2005, une enquête publique a relevé que plus de 75% des habitants considéraient que les nuisances liées au bruit avaient été diminuées par le projet (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006).

b) Critiques

Les méthodes de mesures de l'air ne sont pas évoquées dans les publications trouvées, les publications sources ne sont pas accessibles.

Si la diminution de la pollution semble bien réelle, les concentrations restent toutefois élevée puisqu'elle étaient de 86ug/m³ en 2006 (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006) et de 71 ug/m³ en 2013 (Vellingiri *et al.*, 2015) alors que les normes européennes recommandent de ne pas dépasser 40ug/m³ de moyenne annuelle pour préserver la santé humaine et de ne pas dépasser 30ug/m³ pour préserver les écosystèmes. Il en est de même pour les particules fines (PM10) dont la valeur de 45ug/m³ en 2013 dépasse la norme européenne sanitaire de 40ug/m³ (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006; Journal Officiel de l'Union Européenne, 2008; Vellingiri *et al.*, 2015; Ecologie-solidaire.gouv.fr, 2016).

Les niveaux de bruits n'ont pas été quantifiés, la seule donnée trouvée correspond à une enquête publique réalisée en 2005 dont les paramètres sont inconnus (types de questionnaire, taille de l'échantillon, méthode d'échantillonnage...). De plus, les résultats de cette enquête de satisfaction sont échelonnés selon 3 niveaux : pas d'amélioration, amélioration ou forte amélioration. Il n'est pas précisé si ces trois niveaux étaient les seuls proposés ou si aucun habitant n'a estimé que le projet avait dégradé un paramètre de l'étude (bruit, air, odeur...).

VII. Les impacts environnementaux

Le cours d'eau a été directement impacté par ce projet puisqu'il était auparavant complètement recouvert par la route. De plus, avant la construction de la route, la rivière Cheong Gye Cheon coulait au sein d'un bidonville sans système de traitement des eaux, laissant craindre une très forte dégradation du milieu (Figure 25).



Figure 25 Construction de la route sur la Cheong Gye Cheon
- 1965 - auteur inconnu - <http://blog.daum.net/gmania65/436>

Le projet a été conçu de façon à supporter une crue bicentennale ou une pluie de 118 mm/h sans inonder les infrastructures à proximité (Landscape Performance Series, 2010). De façon à maintenir les écosystèmes, la profondeur est maintenue à une moyenne de 40 centimètres. Divers aménagements remplissent des rôles aussi bien paysager qu'hydrauliques, des gués ainsi que des épis varient les vitesses de courant voire les faciès d'écoulement (Figure 27 et Figure 27).

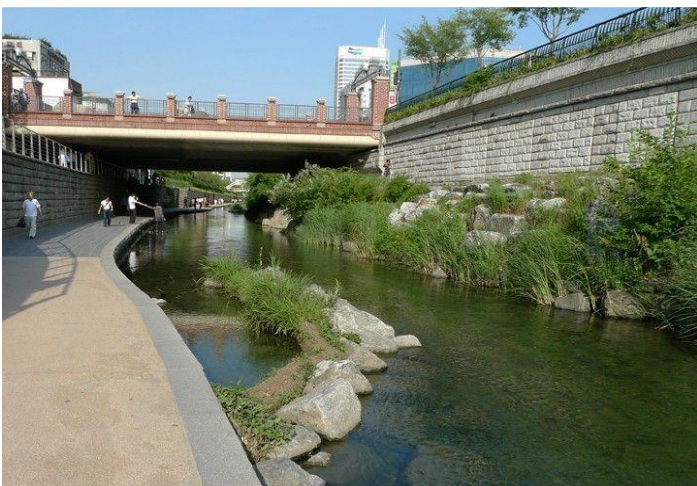


Figure 27 Epi sur la Cheong Gye Cheon -

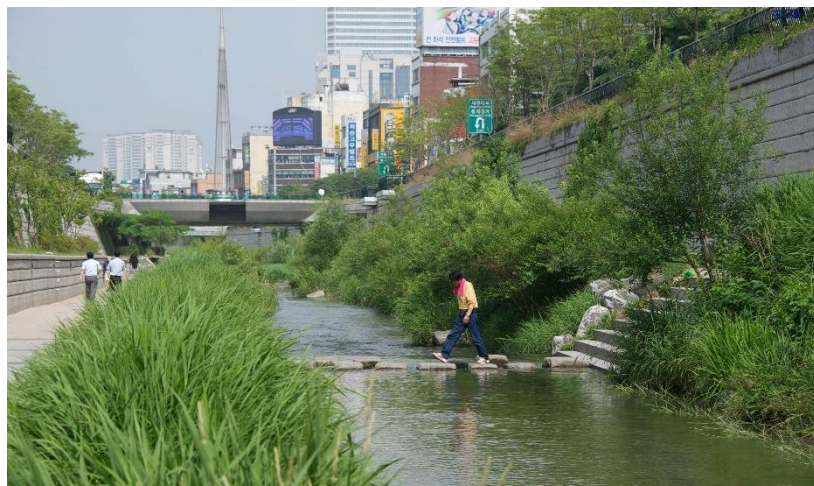


Figure 27 La végétation le long de la

Ces aménagements, le plus souvent composés de blocs, permettent d'offrir des habitats aussi bien à la faune aquatique qu'à la faune terrestre. La végétation est omniprésente, variée et dense sur le site. Des zones d'eau morte aménagés comme des mares ou marais et permettent d'offrir des zones de reproduction aux amphibiens ou espèces aquatiques. La réouverture du milieu doit permettre aux espèces animales et végétales de recoloniser la zone, en particulier grâce aux connections avec différents milieux aquatiques à proximité.

Lors de la restauration de la rivière, le système de gestion des eaux usées a été remis à neuf. Il y avait un risque important qu'en cas de forte pluie, les eaux polluées par le ruissellement sur les surfaces urbaines ne soient rejetées dans la rivière. Le réseau de gestion de l'eau de pluie n'est calibré que pour supporter une intensité de pluie de 5mm/h, ce qui ne représente qu'une pluie modérée, en particulier dans une zone connaissant une réelle saison des pluies (Météo France, 2018). Le réseau de gestion des eaux usées est calibré pour pouvoir réceptionner trois fois le volume maximum d'eau usée estimé et ne devrait donc pas atteindre son niveau de saturation hors situation exceptionnelle.

Le système mis en place (Figure 28) permet d'éviter au maximum que des eaux de ruissellement polluées ne soit rejetées dans le cours d'eau sans traitement préalable. En cas de pluie les eaux de ruissellement sont collectées et traitées par une station d'épuration (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006; Dr LEE, 2011). En cas de pluie trop importante dont les ruissellements ne peuvent être totalement évacués par le système, le volume d'eau supplémentaire est alors dirigé vers la rivière. La pollution des ruissellements diminuant au cours du temps durant un épisode de pluie³, ce système permet d'éviter que des eaux trop lourdement polluées ne soient rejetées (Myunggu Kang, 2017).



Figure 28 Protection du cours d'eau vis à vis des ruissellements pollués - Myunggu - Seoul Metropolitan Government

a) Résultats

L'objectif de permettre une recolonisation du milieu et une diversification des espèces présente semble être atteint. En effet, la variété spécifique de poissons est passée de 4 à 25 entre 2003 et 2008. Sur la même période, le nombre d'espèces d'invertébrés aquatique est passé de 5 à 53 et le nombre d'espèces d'amphibiens qui était de 4 a atteint 8. Le nombre d'insectes terrestres est passé de 15 à 192, 36 espèces d'oiseaux ont été recensées contre 6 auparavant, 2 espèces de mammifères étaient présentes sur le site en 2003, 4 espèces étaient présentes en 2008. Enfin, le nombre d'espèces végétales sur le site qui était de 62 à atteint 308 en 2008. Cela représente une augmentation de la diversité spécifique de 639%.

Le système de traitement des eaux usées, probablement associé à de meilleures capacités auto-épuratoire du cours d'eau semble avoir un réel impact sur la qualité de l'eau. La demande biologique en oxygène (DBO5) est passée de valeurs oscillant entre 100 et 250

³ Les premiers ruissellements lessivent le sol et ses polluants, plus la pluie dure dans le temps et plus l'eau ruisselle sur un sol « propre ».

ppm⁴ en 2003 à 1 à 2 ppm en 2006 (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006), ce qui correspond à une eau de bonne qualité pour ce critère (Center for Innovation in Engineering and Science Education, 2018).

b) Critiques

Si la biodiversité a bien recolonisé le site, en absence de données sur les espèces recensées, il est impossible de conclure quant à la qualité physico-chimique du milieu. L'avifaune recensée sur place est à 42% constituée de pigeons, puis viennent les moineaux domestiques (18%) et enfin les canards (8%), les espèces aquatiques autres que le genre *Anas*⁵ ne sont pas détaillées (Kang *et al.*, 2012).

De même, parmi ces espèces il est possible que l'on trouve des espèces envahissantes qui perturberaient le milieu sur le long terme. Il faut cependant remarquer que le milieu était particulièrement dégradé avant travaux et qu'il y a un réel gain en biodiversité, en particulier pour un site se trouvant dans le centre d'une métropole.

Si la DBO5 a bien diminué de façon très importante, les valeurs des autres paramètres n'ont pu être trouvées, les publications portant sur ce sujet n'étant pas disponibles. Pour la même raison, les méthodes d'échantillonnage ne sont pas connues.

Le cours d'eau se trouvant en centre-ville et ayant vocation à servir de lieu de détente il est possible que la fréquentation importante des piétons empêche la colonisation par certaines espèces sensibles à la présence humaine. Pour des raisons de sécurité, les berges de la rivière ont été conçues de façon à éviter toute érosion, on peut donc s'inquiéter de la dynamique sédimentaire du site.

Enfin, l'un des points les plus controversés d'un point de vue de la gestion durable est la provenance de l'eau. Le cours d'eau était à l'origine temporaire et un débit de surface n'était visible que pendant la saison des pluies (principalement de Mai à Septembre). De façon à maintenir un écoulement en toute saison, la Cheong Gye Cheon est approvisionnée par pompage dans la Han river (120 000 tonnes annuelles⁶) (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006; Landscape Performance Series, 2010; Myunggu Kang, 2017). Cette eau est filtrée avant d'approvisionner la rivière et est donc relativement peu polluée. Cependant la durabilité d'un cours d'eau reposant sur un pompage mécanique peut être remise en question. Le système n'est pas restauré à son état initial mais est aménagé de façon à correspondre à une image humaine (possiblement politique) de l'aspect naturel d'un cours d'eau.

⁴ Parties par millions, unité utilisée dans les publications

⁵ « Canard »

⁶ La Cheong Gye Cheon se déversant dans la Han river, ce volume est réinjecté dans la Han river où il avait été pompé.

VIII. Les impacts socio-culturels et économiques

Le projet semble avoir rencontré un certain succès auprès de la population, qui estimait à 75% en 2005 que l'air, l'eau, le bruit, l'odeur l'ensoleillement et le vent avait été améliorés (Dr LEE et Seoul Metropolitan Government, 2006). Le projet dans son ensemble (restauration et réforme des transports) semble avoir porté ses fruits puisque la voiture ne représente plus le mode de transport privilégié des Séouliens.

L'aspect touristique semble être un succès aussi puisque la rivière Cheong Gye Cheon fait maintenant partie des sites les plus visités à Séoul et est un lieu de visite conseillé par de nombreux sites de voyage tel que TripAdvisor, Google, Michelin... Cette présence dans les listes de lieux à visiter n'est pas qu'un indicateur de succès, cela renforce l'attractivité du site pour les touristes. Le nombre de visiteurs en 2009 était estimé à 64 000 par jour dont 1 400 étrangers. L'impact de ces touristes étrangers pourrait sembler faible comparativement au nombre de touristes locaux, cependant du fait de du taux de change relativement bas⁷, ils représentent un gain commercial de 1,9 millions de dollars (US) par jour (Landscape Performance Series, 2011). Cette fréquentation serait un facteur de développement commercial et aurait créé un grand nombre d'emplois. L'aspect esthétique du site ainsi que son attractivité commerciale auraient permis d'augmenter la valeur foncière de 30 à 50% des propriétés situées à moins de 50 mètres du site (Landscape Performance Series, 2011).

Lors des travaux de restauration, des artefacts dont les plus vieux auraient plus de 600 ans ont été mis à jour. Des ponts de pierre vieux de plusieurs centaines d'années ont eu aussi été restaurés et sont ouverts au public, renforçant l'aspect patrimonial du site.

a) Critiques

Les paramètres de l'enquête publique n'ont pas été précisés, il n'est donc pas possible d'évaluer la représentativité de ces résultats.

La fréquentation du site a fait l'objet d'études en 2009 et les dépenses moyennes des visiteurs estimées en 2011. Cependant, la méthodologie de ces études n'est pas précisée dans les publications disponibles, les publications sources ne sont pas disponibles. Ces études sont de plus relativement anciennes et ne permettent pas de conclure quant à l'attractivité actuelle du site.

Les données utilisées pour estimer le développement commercial et le nombre d'emplois créés par le site se trouvent dans un document publié en 2009 mais porteraient sur des chiffres datant de la période 2002-2003, soit avant la fin des travaux. La publication n'étant pas disponible, ces estimations sont à considérer avec précaution.

L'accroissement de la valeur foncière du site a entraîné une augmentation des loyers des logements et commerces, poussant un grand nombre de personnes à quitter leur logement, le nombre de personnes affectées pourrait atteindre 220 000 personnes (Ribadeau-Dumas *et al.*, 2012).

⁷ 1 400 touristes étrangers dépensant en moyenne chacun 1,5 millions de Won. Cela représentait (en 2011) 1,9 millions de dollars US

IX. Discussion

La restauration de la Cheong Gye Cheon semble avoir atteint tous ses objectifs environnementaux, les espèces animales et végétales ont rapidement colonisé le site qui a vu sa biodiversité fortement augmenter.

Malgré que l'investissement initial ait pu sembler important, il est à relativiser au regard des coûts qui auraient été engagés pour maintenir la voie rapide détériorée et des bénéfices qui en auraient été tirés. En effet, le maintien de cette voie aurait coûté 90 millions de dollars US mais n'aurait pas permis de développer le tourisme sur la zone qui génère quotidiennement des millions de dollars et participe au rayonnement global de la métropole.

Si un grand nombre d'améliorations de la qualité de vie (pollution, trafic, bruit...) sont présentés comme des gains directement apportés par le projet de la Cheong Gye Cheon, il faut garder à l'esprit que le projet s'est accompagné d'importantes réformes du transport public qui ont permis d'arriver à ces objectifs. Le coût total du projet incluant ces réformes avoisinerait le milliard de dollars US mais serait entièrement compensé par les bénéfices sur la santé ainsi que sur la valeur foncière dans une période de 5 à 7 ans (Ribadeau-Dumas *et al.*, 2012).

Ce projet semble donc être un exemple restauration urbaine à grande échelle. De nombreux enseignements peuvent en être tirés. Grâce à une forte volonté de la municipalité, le projet a pu être mené en dépit des oppositions. La réorganisation des transports en communs a réellement permis d'influencer les modes de déplacement des habitants et la biodiversité semble avoir trouvé une place en ville. Cependant beaucoup de données sont anciennes et les méthodes de mesures peu ou pas évoquées. Une grande partie de ces données sont fournies par les commanditaires ou le maître d'ouvrage et nous manquons possiblement d'informations pour conclure sur le bien-fondé de certaines parties du projet. Il faut donc garder à l'esprit que ce projet, exemplaire sur de nombreux points, fait aussi figure de vitrine pour le développement de Séoul et est donc empreint d'une certaine volonté politique.

Il convient cependant de prendre du recul sur ce projet présenté comme idéal. En effet les informations que nous procure la ville de Munich ainsi que les différents bureaux, sont peu détaillées et privées de rapports scientifiques et de relevés biologique de terrain. Bien que le résultat semble idéal, un approfondissement est nécessaire avant d'affirmer la réussite totale de ces travaux.

Conclusion

Au travers de ces deux exemples d'aménagements, nous pouvons appréhender la reconquête des berges urbaines d'une façon novatrice.

A Munich, l'accent a été mis sur la renaturation du cours d'eau tant latérale que longitudinale. Les objectifs de protections de crues, d'enrichissement de la biodiversité et de développement des usages récréatifs ont été atteints. Bien que peu de contraintes urbaines aient pesées sur ce projet, il n'en demeure pas moins une source d'inspiration pour les autres grandes métropoles.

La ville de Séoul a mené une restauration du cours d'eau et atteint ses objectifs malgré que certains aspects du projet soient sujet à controverse. Cette restauration s'est accompagnée d'une réforme des transports qui a permis de profondément changer les habitudes des Séouliens et de diminuer la place de la voiture.

En conclusion, la ville de Paris en est aux prémices de la reconquête de son fleuve. L'urbanisation dense de la capitale a corseté le fleuve, rendant complexe une renaturation de grande ampleur. Bien que celle-ci ait été retardée, la fermeture à la circulation de la voie Georges Pompidou est néanmoins le premier pas, qui permettra aux Parisiens de se réappropriier leur cours d'eau. Ce projet est donc à considérer comme la première étape d'une plus vaste entreprise qui passera également par une évolution des modes de transport dans la ville.

Afin de comparer les points forts et les points faibles de ces différents projets, nous avons regroupé différents indicateurs au sein de grilles d'évaluations (Annexe 2 à 7.) Ces grilles doivent permettre une lecture simple et permettre une comparaison basée sur des critères définis.

Table des figures

Figure 1 : Situation de la ville de Munich en Allemagne. (Source : Wikipédia).....	7
Figure 2 : Isarraum Sud de Munich: les bras de la rivière et l'avancée de l'urbanisme en 1704, 1808, 1891, et en 2011 après la réalisation du Plan Isar (Arzet et Joven, 2011).	8
Figure 3 : Carte du linéaire de l'Isar renaturé dans la ville de Munich. Source: State Office for Water Management Munich.	9
Figure 4 : Coupe transversale de l'aménagement de l'Isar dans la ville de Munich. Source : State Office for Water Management Munich.	9
Figure 5 : Schémas des digues de pierres enterrées afin de limiter le déplacement latéral de l'Isar. Source : State Office for Water Management Munich.	10
Figure 6 : Schéma du renfort des digues au moyen d'un diaphragme étanche. Source : State Office for Water Management Munich.	10
Figure 7 : Photos de la transformation d'un seuil en passage à guet sur l'Isar à Munich. Source : La ville de Munich.	11
Figure 8 : Evolution de la concentration annuelle en NO2 dans la ville de Munich entre 1988 et 2018. Source : European Environment Agency.	12
Figure 9 : Evolution de la concentration en PM10 dans la ville de Munich entre 2000 et 2018. Source : European Environment Agency.	13
Figure 10 : Evolution de la concentration de Benzène dans l'air à Munich de 1999 à 2016. Source : European Environment Agency.	13
Figure 11 : Moyens de transports dans la ville de Munich. Source : numbeo.com	14
Figure 12 : Moyens de transports dans la ville de Lyon. Source : numbeo.com	14
Figure 13 : Cartographie thermique de la ville de Munich en juin 2007, (A) Nymphenburger Park (B) Lit majeur de l'Isar. Source : DLR, German Remote Sensing Data Center.	15
Figure 14 : Coupe thermique transversale de la ville de Munich sur l'axe Ouest-Est et Nord-Sud. Source : DLR, German Remote Sensing Data Center.	15
Figure 15 : Descente en radeau à Munich sur l'Isar. Source : Ville de Munich.	16
Figure 16 : Système de désinfection des eaux par lumières ultraviolettes. Source : Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection.	16
Figure 17 : Espèces emblématiques des digues de l'Isar à Munich. Source : La ville de Munich	17
Figure 18 : Espèces emblématiques des plages de galets. Source : La ville de Munich	18
Figure 19 : Espèces emblématiques piscicoles de l'Isar dans Munich. Source : La ville de Munich.	19
Figure 20 Piles de pont fragilisées	21
Figure 21 Vue avant et après travaux de la Cheong Gye Cheon	22
Figure 22 Coupe transversale "typique" de la rivière restaurée	22
Figure 23 Systèmes de voies de bus médianes	24
Figure 24 Mur anti-bruit sur un pont surplombant la Cheonggyecheon.....	26
Figure 25 Construction de la route sur la Cheong Gye Cheon - 1965 - auteur inconnu - http://blog.daum.net/gmania65/436	28

Figure 27 Epis sur la Cheong Gye Cheon - Landscape performance series	28
Figure 27 La végétation le long de la Cheong Gye Cheon - Brian Kusler	28
Figure 28 Protection du cours d'eau vis à vis des ruissellement pollués - Myunggu - Seoul Metropolitan Government	29

Sources

Allen, H. (2013) « Bus reform in Seoul , Republic of Korea », p. 1-21. Disponible sur: http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2013/06/GRHS.2013.Case_.Study_.Seoul_.Korea_.pdf.

Arzet, K. et Joven, S. (2011) « The Isar Experience – Urban River Restoration in Munich ». Disponible sur: http://www.wwa-m.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/isarplan/doc/the_isar_experience.pdf (Consulté le: 20 mars 2018).

CABE (2006) « Cheonggyecheon Restoration Project », *Seoul Metropolitan Government, Korea*, p. 9-20.

CABE (2011) *Evaluation - Cheonggyecheon Restoration Project*. Disponible sur: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118114019/http://www.cabe.org.uk/case-studies/cheonggyecheon-restoration-project/evaluation> (Consulté le: 21 mars 2018).

Center for Innovation in Engineering and Science Education (2018) *Biological Oxygen Demand*. Disponible sur: <http://www.k12science.org/curriculum/waterproj/bod/> (Consulté le: 21 mars 2018).

Civitas Initiative (sans date) *Civitas. Munich*. Disponible sur: <http://civitas.eu/eccentric/munich> (Consulté le: 20 mars 2018).

Dr. Klaus Arzet (2016) « Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection " Isar Plan " in Munich, Bavaria Flood Protection, Restoration, Recreation ». Disponible sur: http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGWater/6waterconf/Documents/03_12102016_Water_in_the_Alps_Conference_Arzet.pdf (Consulté le: 21 mars 2018).

Dr LEE, I.-K. (2011) « Cheong Gye Cheon Restoration Project », *Seoul Metropolitan Government.*, (December), p. 57.

Dr LEE, I.-K. et Seoul Metropolitan Government (2006) « Cheong Gye Cheon Restoration Project- a revolution in Seoul - », *Seoul Metropolitan Government.*, p. 57.

Ecologie-solidaire.gouv.fr (2016) « Tableau des normes Qualité de l'Air », (2).

European Environment Agency (2018) *Air quality statistics MUNICH*. Disponible sur: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics> (Consulté le: 22 mars 2018).

GIZ et KOTI (2011) « Reviving the Soul in Seoul : Seoul's Experience in Demolishing Road Infrastructure and Improving Public Transport », p. 1-18. Disponible sur: http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/C_Case-Studies/GIZ_SUTP_CS_Reviving-the-Soul-in-Seoul_EN.pdf.

GIZ Transport Policy Advisory Services (2011) « Reviving the Soul in Seoul : Seoul's Experience in Demolishing Road Infrastructure and Improving Public Transport », p. 1-18. Disponible sur: http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/C_Case-Studies/GIZ_SUTP_CS_Reviving-the-Soul-in-Seoul_EN.pdf.

Heart and soul of the city | Environment | The Guardian (2006). Disponible sur: <https://www.theguardian.com/environment/2006/nov/01/society.travelsenvironmentalimpact> (Consulté le: 21 mars 2018).

Heldens, W., Heiden, U. et Esch, T. (2015) « Surface temperature patterns in relation to urban structure types by the example of Munich ». Disponible sur: http://elib.dlr.de/99900/1/poster_EarthTemp_heldens_fin.pdf (Consulté le: 21 mars 2018).

Journal Officiel de l'Union Européenne (2008) « Directives européennes concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ». Disponible sur: https://www.airparif.asso.fr/_pdf/directive21042008.pdf (Consulté le: 12 décembre 2017).

Kang, T.-H., Yoo, S.-H., Kim, I.-K., Cho, H.-J. et Shin, Y.-U. (2012) « Change of Avifauna Following Restoration and Management in Cheonggye Stream, Seoul, Korea », *Journal of Korean Nature*. Korean Biodiversity Information Facility, 5(2), p. 107-114. doi: 10.7229/jkn.2012.5.2.107.

Landscape Performance Series (2010) *Cheonggyecheon Stream Restoration Project* /. Disponible sur: <https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/cheonggyecheon-stream-restoration> (Consulté le: 20 mars 2018).

Landscape Performance Series (2011) « Cheonggyecheon Stream Restoration Project Methodology for Landscape Performance Benefits ». Disponible sur: <https://lafoundation.org/myos/my-uploads/2011/12/15/cheonggyecheonrestorationmethodology.pdf>.

Météo France (2018) *Intensité de précipitations*. Disponible sur: <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Intensite-de-precipitations.html> (Consulté le: 21 mars 2018).

Myunggu Kang (2017) *Cheonggyecheon (stream) Restoration*. Disponible sur: <https://seoulsolution.kr/en/content/7478> (Consulté le: 21 mars 2018).

NUMBEO (2018) *Traffic in Munich*. Disponible sur: <https://www.numbeo.com/traffic/in/Munich> (Consulté le: 22 mars 2018).

Population of seoul korea | Seoul Metropolitan Government (2018). Disponible sur: <http://english.seoul.go.kr/get-to-know-us/seoul-views/meaning-of-seoul/4-population/> (Consulté le: 20 mars 2018).

Prominski, M. (2012) *River, space, design : planning strategies, methods and projects for urban rivers*. Disponible sur: https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=2gt2KKPNwqQC&oi=fnd&pg=PA1973&dq=urban+river+Munich&ots=89jf6E0kH5&sig=BGrDh_C93P-N722QQ9KcN5j8A7Q#v=onepage&q&f=false (Consulté le: 21 mars 2018).

Ribadeau-Dumas, H., Perez, L., Jon, I., Mouton, M., Penna, C., Zondi, N. et Guillet, C. (2012) « Restoring nature in the urban fabric: The ambiguities of the Cheonggyecheon restoration project ».

Rossano, F. (2005) « ISAR PLAN THE WILD AS THE NEW URBAN? » Disponible sur: http://contour.epfl.ch/wp-content/uploads/2016/12/Rossano_2016.pdf (Consulté le: 22 mars 2018).

Seoul Metropolitan Government (2014) « Seoul Public Transportation: Seoul, ready to share with the world! », *Seoul Municipal Government*.

Seoul Population 2018 (Demographics, Maps, Graphs) (2018). Disponible sur: <http://worldpopulationreview.com/world-cities/seoul-population/> (Consulté le: 20 mars 2018).

State Office for Water Management Munich (2012) « The Isar-Plan Project: Basic Facts State Office for Water Management Munich Content of this Presentation ». Disponible sur: https://www.rioc.org/IMG/pdf/Nivedita_Mahida_Isar-Plan_Conference_Vienna_Sept_2013.pdf (Consulté le: 20 mars 2018).

State Office for Water Management, M. (2015) « Isar River, Munich ». Disponible sur: <http://www.ecrr.org/Portals/27/Isar River Munich.pdf> (Consulté le: 20 mars 2018).

Toussaint, L., Dutilleux, G. et Lefevre, H. (2010) « Emission acoustique des deux-roues

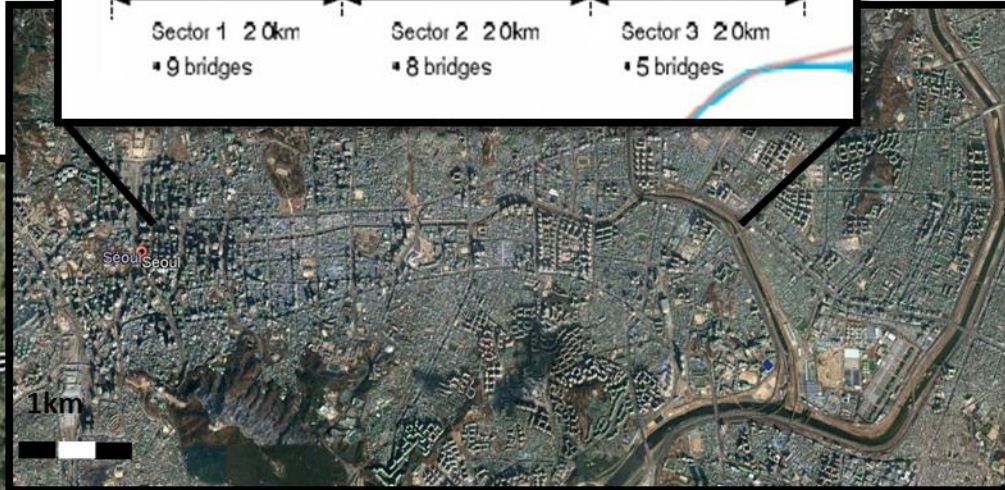
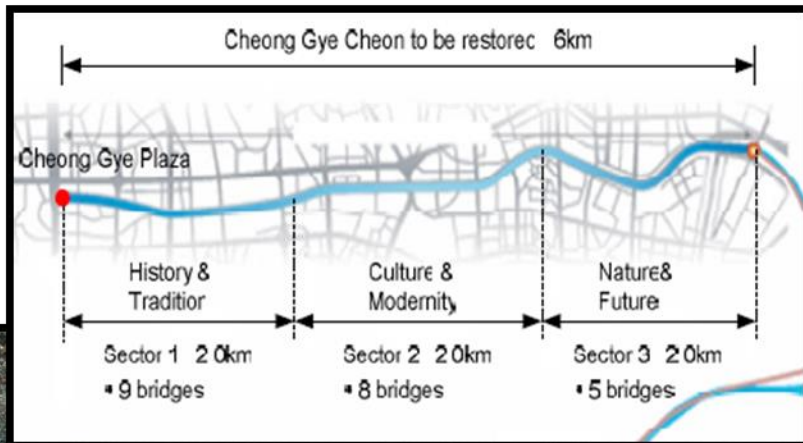
motorisés : scooters et cyclomoteurs », p. 5.

Vellingiri, K., Kim, K. H., Ma, C. J., Kang, C. H., Lee, J. H., Kim, I. S. et Brown, R. J. C. (2015) « Ambient particulate matter in a central urban area of Seoul, Korea », *Chemosphere*. Elsevier Ltd, 119, p. 812-819. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.08.049.

Ville de munich (2015) *Munich Isar - sur muenchen.de - le portail officiel de la ville*. Disponible sur: <http://www.muenchen.de/freizeit/orte/119332.html> (Consulté le: 21 mars 2018).

Wasserwirtschaftsamt Munchen (2011) « A New Lease of Life for the Isar River! », (July), p. 1-6. Disponible sur: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/isar-plan-2013-water-management-plan-and-restoration-of-the-isar-river-munich-germany/11265923.pdf>.

Annexes



Annexe 1 Localisation de la restauration de la Cheong Gye Cheon

Paris

		Le trafic										Commentaire			
		Ralentissement transports en commun			Ralentissement voitures			Aucun impact	Lissage			Transports doux / en commun			Sur zone, seuls les piétons et vélos circulent. A plus grande échelle, des congestions semblent liées à ce projet.
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole			X			X							X	

		Le bruit										Commentaire			
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Absence de bruit			La suppression de voie diminue le bruit, mais il reste des voies à proximité. Les congestions en ville provoquent des nuisances sonores
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole					X				X					

		L'air										Commentaire			
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Diminution avec impact sanitaire			L'absence de circulation sur site diminue la pollution. La pollution à grande échelle n'est pas impactée. Les congestions pourraient l'aggraver.
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole							X	X						

		Cours d'eau										Commentaire			
		Déterioration chimique et morphologique			Déterioration de la chimie ou de la morphologie			Aucun impact	Amélioration de la chimie ou de la morphologie			Amélioration des paramètres chimiques et morphologiques			Le projet n'impacte pas le cours d'eau
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole							X	X	X					

		La biodiversité										Commentaire			
		Perte d'espèces patrimoniales			Diminution de la biodiversité			Aucun impact	Augmentation de la biodiversité			Ecosystème recréé, biodiversité et résilience assurés			Présence de quelques espèces végétales, quelques oiseaux, invertébrés...
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole							X	X		X				

		Usages										Commentaire			
		Dégradations, incivilités,			Suppression de certains			Pas de nouveaux	Usages saisonniers			Usage pérenne			Le lieu est principalement fréquenté en été et par les riverains.
		6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole							X	X		X				

Annexe 2 Grille de lecture, ville de Paris

Munich

		Le trafic						Commentaire							
		Ralentissement transports en commun			Ralentissement voitures			Aucun impact	Lissage			Transports doux / en commun			Les travaux conduits dans le lit de la rivière, n'ont pas impacté d'axe de circulation.
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole							x x x							

		Le bruit						Commentaire							
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Absence de bruit			Cet aménagement n'a pas provoqué d'augmentation ou de diminution du bruit dans la ville.
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole							x x x							

		L'air						Commentaire							
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Diminution avec impact sanitaire			On considère que la végétalisation des berges et l'élargissement du lit de l'Isar ont permis d'augmenter l'impact thermique de l'aménagement sur la ville
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole										x x				

		Cours d'eau						Commentaire							
		Détérioration chimique et morphologique			Détérioration de la chimie ou de la morphologie			Aucun impact	Amélioration de la chimie ou de la morphologie			Amélioration des paramètres chimiques et morphologiques			Les travaux de renaturation dans le centre ont eut un impact direct sur la morphologie du cours d'eau et la chimie de l'eau, mais cet impact se dilue à plus grande échelle.
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole										x x				

		La biodiversité						Commentaire							
		Perte d'espèces patrimoniales			Diminution de la biodiversité			Aucun impact	Augmentation de la biodiversité			Ecosystème recréé, biodiversité et résilience assurés			L'augmentation de la densité des habitats a permis l'augmentation de la biodiversité au niveau de l'aménagement mais aussi de la ville en créant une coulée verte.
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole										x x				

		Usages						Commentaire							
		Dégradations, incivilités, absence d'usages			Suppression de certains usages			Pas de nouveaux usages	Usages saisonniers			Usage pérenne			Les berges urbaines ont été complètement investies par les munichoïses de façon plus intensive à la belle saison, mais également en hivers.
		-6 -5 -4			-3 -2 -1			0	1 2 3			4 5 6			
Echelle	Aménagement Ville Métropole										x x				

Annexe 3 Grille de lecture, ville de Munich

Seoul

		Le trafic										Commentaire			
		Ralentissement transports en commun			Ralentissement voitures			Aucun impact	Lissage			Transports doux / en commun			Les voies longeant le fleuve sont embouteillées et les livraisons difficiles. Les transports en commun sont devenus prédominants en ville.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole				X									X	

		Le bruit										Commentaire			
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Absence de bruit			On suppose que la diminution du nombre de voitures réduit le bruit en ville.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole								X		X				

		L'air										Commentaire			
		Augmentation avec risque sanitaire			Augmentation			Aucun impact	Diminution			Diminution avec impact sanitaire			La qualité de l'air semble s'être améliorée, cependant certaines concentrations restent dangereuses et d'autres sont inconnues.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole									X		X			

		Cours d'eau										Commentaire			
		Détérioration chimique et morphologique			Détérioration de la chimie ou de la morphologie			Aucun impact	Amélioration de la chimie ou de la morphologie			Amélioration des paramètres chimiques et morphologiques			La restauration a atteint ses objectifs, mais sa durabilité doit être remise en question. La diminution de la pollution en ville pourrait bénéficier au cours d'eau.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole								X			X			

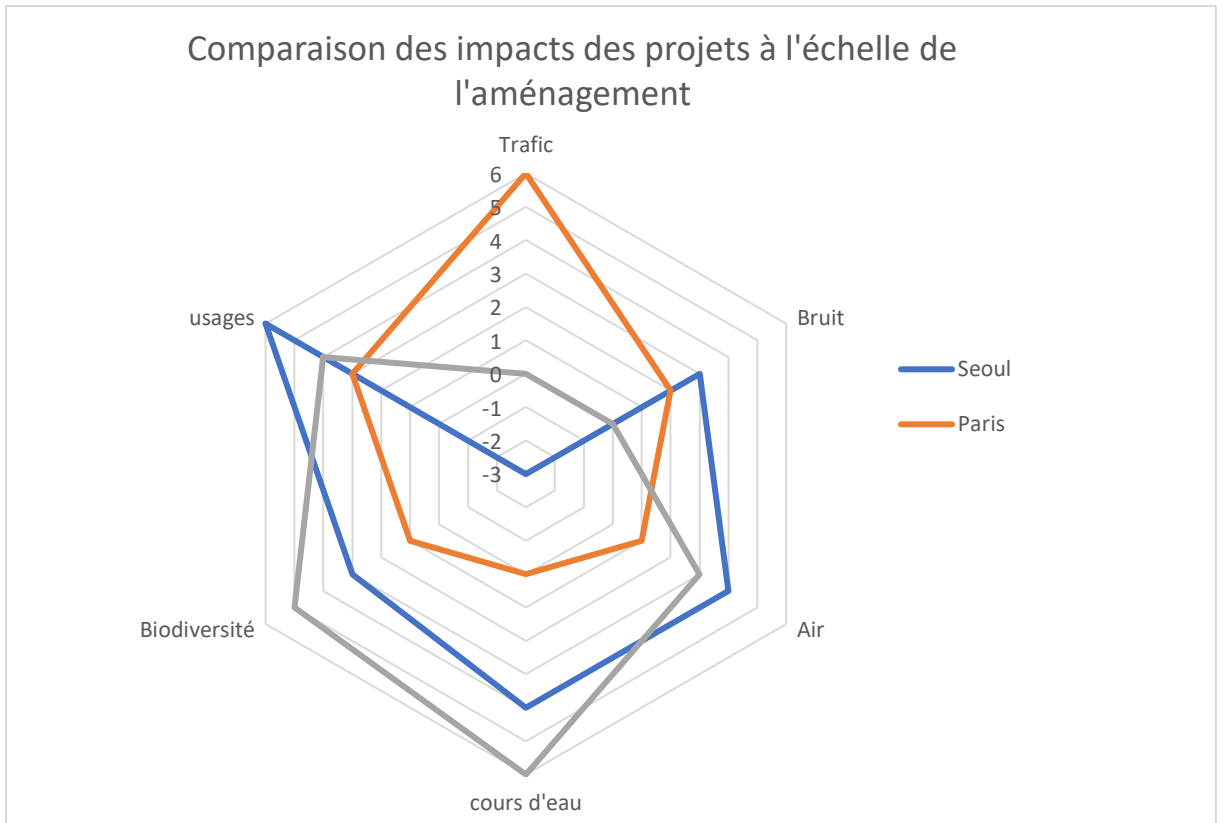
		La biodiversité										Commentaire			
		Perte d'espèces patrimoniales			Diminution de la biodiversité			Aucun impact	Augmentation de la biodiversité			Ecosystème recréé, biodiversité et résilience assurés			Le site autrefois très pauvre biologiquement accueille maintenant de nombreuses espèces. La durabilité reste à évaluer.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole							X			X				

		Usages										Commentaire			
		Dégradations, incivilités, absence d'usages			Suppression de certains usages			Pas de nouveaux usages	Usages saisonniers			Usage pérenne			Surtout fréquenté par la population à proximité, le tourisme national et international reste à évaluer.
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Echelle	Aménagement Ville Métropole									X		X		X	

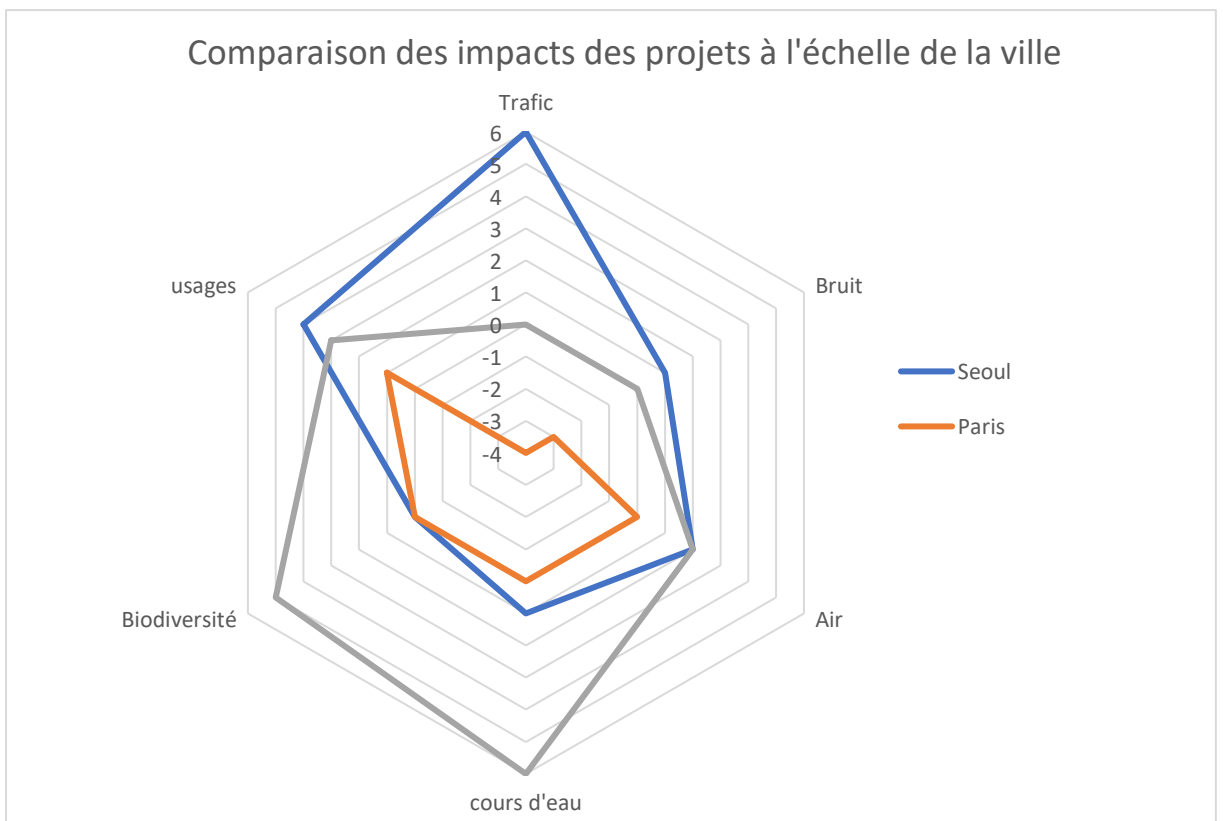
Annexe 4 Grille de lecture, ville de Séoul

			Trafic	Bruit	Air	cours d'eau	Biodiversité	usages
Seoul	Echelle	Aménagement	-3	3	4	4	3	6
		Ville	6	1	2	1	0	4
		Métropole	5	1	2	1	0	2
Paris	Echelle	Aménagement	6	2	1	0	1	3
		Ville	-4	-3	0	0	0	1
		Métropole	-2	-1	0	0	0	0
Munich	Echelle	Aménagement	0	0	3	6	5	4
		Ville	0	0	2	6	5	3
		Métropole	0	0	2	3	3	3

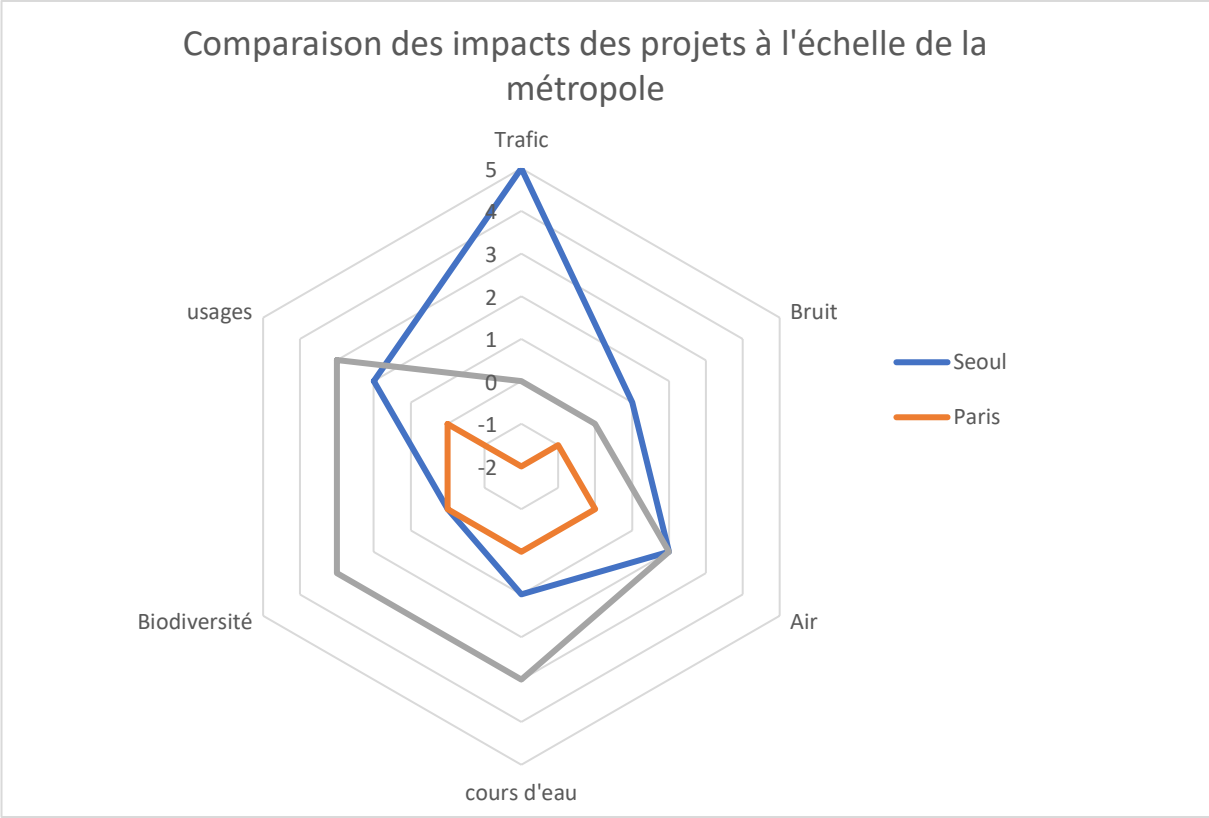
Figure 29 Tableau de synthèse de la grille de lecture



Annexe 5 Comparaison des impacts des projets à l'échelle de l'aménagement



Annexe 6 Comparaison des impacts des projets à l'échelle de la ville



Annexe 7 Comparaison des impacts des projets à l'échelle de la métropole