

Gestion des eaux pluviales d'une infrastructure de transport : évaluation dans le cadre d'une approche de système complexe

Rainwater management in a transport infrastructure: assessment in a complex system framework

Versini P.-A.¹, Charbonnier, L.¹, Tosello L², Tchiguirinskaia I.¹, Schertzer D.¹.

pierre-antoine.versini@enpc.fr, lucas.charbonnier@enpc.fr,
laurent.tosello@societedugrandparis.fr,
ioulia.Tchiguirinskaia@enpc.fr, daniel.Schertzer@enpc.fr

¹ HM&Co, Ecole des Ponts Paristech, 6-8 avenue Blaise Pascal, 77455 Marne la Vallée Cedex 2

² Société du Grand Paris, 30 Avenue des Fruitiers, 93200 St-Denis

RÉSUMÉ

Les gares ferroviaires ne sont plus considérées comme de simples lieux de transit, mais apparaissent désormais comme des systèmes complexes prônant la multimodalité et la multifonctionnalité. Cette vision intégrée doit aussi être mise en œuvre dès lors que l'on s'intéresse à ses impacts environnementaux en décloisonnant les thématiques : la gestion des eaux pluviales doit être rapprochée de celle des espaces verts et du rafraîchissement par exemple. Dans cette perspective, cette communication illustre à travers l'exemple de la future gare de Noisy-Champs - réalisée dans le cadre du Grand Paris Express - la nécessaire prise en compte des interactions entre les différents champs géophysiques (température, précipitation), urbanistiques (réseau de transport, aménagement et espaces verts) et les flux humains, ainsi que leurs variabilités spatio-temporelles. Dans un contexte de changement climatique, il est montré que les questions hydrologiques sont ainsi liées à d'autres enjeux environnementaux (confort thermique, visuel et qualité de l'air).

ABSTRACT

Railroad stations can no longer be considered just as a transit point, but rather as complex systems advocating multimodality and multifunctionality. This integrated point of view should also be implemented when studying its environmental impacts, by decompartmentalizing the topics: stormwater should be managed together with green spaces and cooling effect for instance. With this aim, this communication illustrates, through the example of the future station of Noisy-Champs (France), the necessary consideration of the interactions between the different geophysical fields (temperature, precipitation), urban planning (transport network, planning and green spaces) and human flows, as well as their spatial and temporal variability. In a context of climate change, it is shown that hydrological issues are related to other environmental stakes (thermal comfort, visual and air quality).

MOTS CLÉS

Gare ferroviaire, impacts environnementaux, système complexe, résilience

INTRODUCTION

A l'échelle d'une agglomération, la gestion des eaux pluviales est en forte interaction avec les réseaux de transports. Les précipitations, caractérisées par de fortes hétérogénéités spatiales et variabilités temporelles, peuvent avoir des conséquences locales qui affectent une partie importante des réseaux. Dans cet ensemble complexe, les gares apparaissent désormais non plus uniquement comme un simple lieu de transit, mais comme une infrastructure multimodale et multifonctionnelle. Pièces importantes du développement urbain, elles nécessitent d'adopter une vision holistique tant lors de leur conception que lors de leur mise en service. Ainsi, les précipitations ne doivent plus seulement être considérées comme une menace mais aussi comme une ressource éventuellement exploitable pour d'autres fonctions (arrosage par exemple). Cette complexité nécessite aussi de s'intéresser à l'ensemble des champs géophysiques et anthropiques qui peuvent interférer entre eux, ainsi qu'avec les flux de voyageurs. Fortement variables dans l'espace et le temps, ces champs et leurs interactions peuvent avoir des conséquences d'un point de vue socio-économique ou environnemental. Au delà du risque inondation, sont donc concernés le confort thermique ou la qualité de l'air, sujets déjà préoccupants qui devraient s'intensifier sous l'action du changement climatique. L'objet de cette communication est donc de s'intéresser au système « gare » et à ses impacts environnementaux par l'analyse des interactions entre ces différents champs et leurs variabilités spatio-temporelles. Elle pose les jalons et énumère les besoins (données, modèles) d'une démarche plus usuellement mise en œuvre à l'échelle d'un pays ou d'une ville (Beloin-Saint-Pierre et al., 2017).

1 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

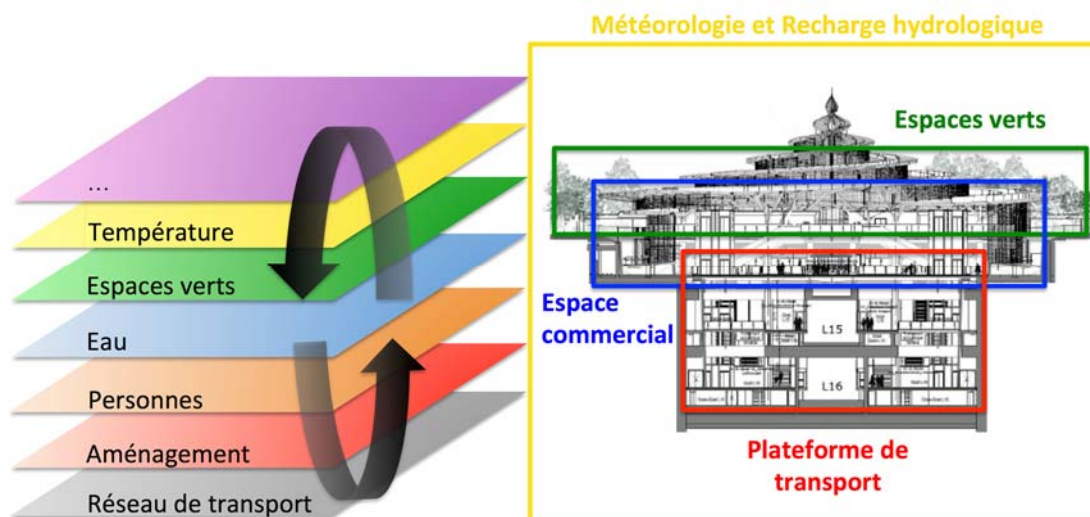
Le Grand Paris Express est un projet d'infrastructure qui a pour objectif de moderniser le réseau de transport en commun de l'agglomération parisienne. Avec la construction de 4 nouvelles lignes et le prolongement de lignes existantes, ce sont 200 km de lignes et 68 gares qui vont être construits à l'horizon 2030. La gare de Noisy-Champs, porte d'entrée Est de cette nouvelle ceinture périphérique, doit accueillir - en plus de la ligne de RER A qu'elle dessert déjà - les terminus des nouvelles lignes 15 et 16 et le prolongement de la ligne 11. Cette gare devra faciliter les connexions avec les autres modes de transport (bus, voitures et mobilité douce). Par ailleurs, à l'image de l'ensemble du Grand Paris Express, sa construction est couplée avec un projet de réaménagement urbain qui doit permettre d'héberger 23 000 personnes dans un rayon de 1km d'ici 2030. Au cœur de ce nouveau projet de développement, la future gare se doit d'assurer une triple fonctionnalité : (i) un pôle de transport multimodal, (ii) des espaces verts dédiés aux loisirs, et (iii) une zone commerciale pour les futurs habitants et passagers en transit. Si les 150 000 voyageurs quotidiens attendus représentent la quasi-totalité des futurs utilisateurs, ils sont loin d'être répartis de manière homogène dans l'espace (avec de fortes concentrations sur les plateformes de transport) et dans le temps (que ce soit à l'échelle de la journée, à l'échelle hebdomadaire ou annuelle).

2 INTERACTIONS MULTI-FLUX

Comme représentés sur la figure ci-dessous, la gare et son environnement limitrophe constituent un lieu privilégié d'interactions entre des champs géophysiques (température, précipitation), urbanistiques (réseau de transport, aménagement et espaces verts) et les flux humains. Ce système complexe montre que la prise en compte des précipitations et des conséquences du changement climatique sur ces dernières, va au delà de la « simple » gestion des eaux pluviales. Cela touche toutes les fonctionnalités de la gare de Noisy-Champs et donc les 3 espaces auxquels elles semblaient être cantonnées : espaces verts, espaces commerciaux et plateformes de transport.

2.1 Impacts du changement climatique :

Les précipitations comme les températures seront vraisemblablement modifiées de par l'action du changement climatique. Avec des événements extrêmes plus intenses et plus fréquents, le nombre d'inondations et de canicules risque de s'accroître au cours du XXIème siècle. En région parisienne, il a déjà été démontré que les événements pluvieux courts et intenses, souvent responsables de débordements et/ou de déversements, risquent d'augmenter à l'avenir (Hoang et al., 2012). Cette modification des extrêmes doit être prise en compte dans l'évaluation des impacts environnementaux, mais nécessite d'améliorer nos connaissances sur la manifestation du changement climatique à de hautes résolutions spatiales et temporelles.



Interactions des différents champs géophysiques et anthropiques et segmentation de la gare de Noisy-Champs en espaces multifonctionnels (source : Duthilleul)

2.2 Gestion des eaux pluviales :

L'enjeu est ici tant quantitatif que qualitatif. Le règlement mis en place par le gestionnaire impose le rejet zéro au cours d'un événement pluvieux et une concentration de matière en suspension inférieure à 100 mg/l. Pour satisfaire à ces deux objectifs, un bassin de rétention est prévu pour stocker et décontaminer les eaux pluviales collectées. Cette double finalité peut apparaître contradictoire en début d'événement pluvieux : stocker l'eau pour améliorer la décontamination ou la rejeter pour libérer de l'espace ? Une gestion optimale du bassin, reposant sur une estimation précise des précipitations, est donc requise. A cet égard, la gare de Noisy-Champs se situe dans la zone couverte par le radar bande X implanté à l'Ecole des Ponts ParisTech et géré par le laboratoire HM&Co. Cet équipement permet d'estimer avec précision la précipitation à de hautes résolutions spatiales (100m) et temporelle (1 minute), mais aussi de réaliser des prévisions à court terme (1 heure). Couplé à un modèle pluie-débit distribué, il doit permettre de quantifier la répartition spatiale des écoulements en cours d'orage.

2.3 Atténuation des îlots de chaleur :

Les différents projets d'aménagement devant émerger autour de la future gare n'étant pas encore arrêtés, il est difficile de se prononcer sur la création d'un éventuel îlot de chaleur. La nouvelle infrastructure pourra apparaître d'une part comme une source de chaleur du fait des parois qui peuvent réfléchir les rayons du soleil, et d'autre part comme une source de rafraîchissement grâce aux espaces verts entourant le bâtiment. A ce sujet, l'eau stockée dans le bassin de rétention pourra être utilisée pour irriguer la végétation et améliorer son pouvoir rafraîchissant lors d'événements caniculaires. Pour mieux appréhender ce phénomène, il apparaît nécessaire de bien modéliser l'influence de la végétation sur le microclimat en tenant compte de son état hydrique. C'est ce qui est entrepris dans le projet ANR EVNATURB (<https://hmco.enpc.fr/portfolio-archive/evnaturb/>) qui s'intéresse à la quantification des services éco-systémiques prodigués par la nature en ville.

2.4 Confort thermique :

La température extérieure aura aussi une incidence sur le confort thermique intérieur. Ce dernier représente la perception qu'a un individu, caractérisé par sa physiologie et ses vêtements, de son environnement. Il est donc fluctuant d'une personne à une autre, et lié aux variables météorologiques fortement hétérogènes dans le temps et dans l'espace. Des travaux récents ont montré la difficulté d'appréhender ce confort thermique en milieu urbain (Lenzholzer et al., 2018) et la nécessité de poursuivre les efforts de recherche sur ces sujets. Pour aller dans cette direction, des simulations thermiques ont été réalisées à l'aide de l'outil FLUENT sur des scénarios hivernaux et estivaux. Il en ressort une fois de plus une forte variabilité du champ de température au sein de la gare et au fil des saisons, ainsi qu'une certaine influence des flux de personnes. Si les plateformes sont relativement bien protégées du froid en hiver, des accumulations de chaleur peuvent se produire en été sous le toit de verre. Il ressort aussi de cette étude une forte interaction entre les champs de température et de vent, et souvent une concurrence entre confort thermique et aéralique.

2.5 Qualité de l'air :

Le confort aéraulique est aussi lié à la qualité de l'air à l'intérieur de la station. Celle-ci peut être affectée différemment en fonction du lieu considéré. Ainsi les plateformes peuvent être sujettes à des concentrations importantes de particules fines dues à l'abrasion des systèmes de freinage. De précédents travaux (Airparif & RATP, 2010) ont d'ailleurs montré de fortes variabilités dans l'espace et dans le temps de ces concentrations dans les gares. Dans la zone commerciale, ce sont davantage les composés organiques volatiles - émis par des sources internes telles que les peintures ou produits d'entretien - qui sont susceptibles d'être retrouvés. Enfin la qualité de l'air extérieur peut aussi influencer celle de l'air intérieur en limitant l'impact du renouvellement. Cela est particulièrement le cas en l'absence de vent (dispersion), de précipitation (lessivage de l'air), et/ou de consommations énergétiques importantes du fait de la météorologie (vague de froid ou canicule).

2.6 Confort visuel :

Dans le but de réduire la consommation électrique et l'utilisation de lumière artificielle, la valorisation de la lumière naturelle est généralement mise en avant à l'aide de larges fenêtres. Ces solutions doivent néanmoins éviter les éventuels problèmes d'éblouissement et de surchauffe lors des mois d'été, ce qui représente un défi important pour les architectes. Afin de permettre une optimisation saisonnière des apports solaires, l'orientation de la double hélice du toit de la gare de Noisy-Champs, ainsi que l'ouverture de pénétration des rayons lumineux, ont été adaptées. Une modélisation des apports lumineux extérieurs a été effectuée avec le logiciel ArchiWIZARD et des hypothèses d'éclairage extérieur (solstices d'été et d'hiver et équinoxe de printemps). Ces simulations ont permis de mettre en évidence que les partis pris architecturaux permettaient une pénétration importante de la lumière naturelle. Celle-ci, variable d'un niveau à l'autre, mais aussi au sein d'un même niveau est souvent suffisante pour assurer un éclairage de qualité. La luminosité reste néanmoins fortement dépendante des conditions météorologiques (ensoleillement).

3 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En parallèle de ce travail d'analyse des champs géophysiques et des flux de personnes, une revue bibliographique a été entreprise pour établir quels indicateurs environnementaux existants pourraient être utilisés au sein de la gare pour quantifier les impacts environnementaux évoqués ci-dessus. Ce travail a démontré la nécessité de mettre en place un suivi expérimental au sein de la gare pour suivre certaines des variables (précipitation, température, vitesse du vent, luminosité, qualité de l'air) nécessaires au calcul de ces indicateurs. Par ailleurs, ces mesures devraient aussi permettre de mieux comprendre et quantifier les interactions entre les différents champs et particulièrement avec le flux d'usagers. Enfin une approche multi-échelle semble nécessaire à mettre en œuvre pour prendre en compte la complexité des champs à une échelle macro qui dépasse largement le cadre de la gare (tels que la qualité de l'air ou le vent). L'ensemble du réseau de transport pourrait alors être considéré, ainsi que les interactions entre les flux de passagers et la météorologie à l'échelle de l'agglomération. Une telle approche permettrait aussi d'appréhender la manifestation du changement climatique via la réalisation de scénarios (ex : température, précipitations) dont les résolutions spatio-temporelles seraient adaptées à l'étude d'impacts en milieu urbain.

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé grâce à la Chaire « Hydrologie pour une ville résiliente » issue d'un partenariat entre le laboratoire HM&Co de l'Ecole des Ponts ParisTech et Veolia. Les auteurs remercient la Société du Grand Paris, l'Agence Duthilleul et le bureau d'étude Systra pour la mise à disposition des données et rapports relatifs à la future gare de Noisy-Champs.

BIBLIOGRAPHIE

- Airparif, RATP. (2010). *Campagne de mesure de la gare de RER Auber*. Paris
- Beloin-Saint-Pierre, D., Rugani, B., Lasvaux, S., Mailhac, A., Popovici, E., Sibiude, G., Benetto, E., Schiopu, N., (2017). *A review of urban metabolism studies to identify key methodological choices for future harmonization and implementation*. J. Clean. Prod, 163, S223–S240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.014>
- Hoang, C.T., Tchiguirinskaia, I., Schertzer, D., Arnaud, P., Lavabre, J., Lovejoy, S., 2012. *Assessing the high frequency quality of long rainfall series*. J. Hydrol. 438–439, 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.044>
- Lenzholzer, S., Klemm, W., Vasilikou, C. (2018). *Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces*. Urban Clim. 23, 231–249. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.10.003>