

« Sponge City » : comment Copenhague s'adapte à un avenir plus humide

YALE E360 - Paul Hockenos - 28 juillet 2025

<https://e360.yale.edu/features/copenhagen-sponge-cities>

Traduction libre Traduit avec DeepL.com

Le changement climatique entraîne une augmentation des précipitations et une élévation du niveau de la mer au Danemark, pays de faible altitude. En réponse à ces prévisions inquiétantes, Copenhague met en œuvre un plan ambitieux visant à construire des centaines de projets naturels et techniques destinés à absorber, stocker et redistribuer les futures inondations.

En seulement deux heures, le 2 juillet 2011, une tempête torrentielle, comme on n'en voit qu'une fois par millénaire, s'est abattue sur Copenhague, inondant certaines parties de la capitale danoise avec plus de 12 cm de pluie. Les infrastructures essentielles du plus grand hôpital de la ville ont été inondées, tout comme les principales routes, les sous-sols et les commerces. La ville, qui s'était engagée depuis des décennies dans une planification avancée en matière de durabilité, s'est avérée terriblement mal préparée à ces pluies torrentielles, qui ont causé 1,8 milliard de dollars de dégâts.

Secoués par cette catastrophe, la ville et ses habitants ont compris que de tels désastres climatiques, voire des inondations encore plus graves, étaient inévitables et nécessitaient une réponse rapide et forte. À cette fin, Copenhague a réuni ses meilleurs urbanistes, paysagistes, consultants et architectes afin de transformer la ville, qui s'étend sur deux îles principales de la mer Baltique, en la première « ville éponge » à part entière au monde. Ce système de défense de pointe, qui combine des éléments naturels en surface, tels que des zones humides et des parcs, avec de grandes structures souterraines, telles que des tuyaux de stockage et des bassins de rétention, devrait protéger la ville contre les pluies torrentielles et l'élévation du niveau de la mer pendant 100 ans.

Ce réseau complexe gère les eaux pluviales et les marées montantes en les absorbant, en les stockant, puis en les réintroduisant lentement dans le cycle de l'eau. La construction de la ville éponge a été tellement couronnée de succès que des villes aussi disparates qu'Auckland, Nairobi, Singapour, New York, Rotterdam et Berlin, ainsi que de nombreuses autres villes aux États-Unis et en Europe, la considèrent désormais comme un exemple à suivre.

Bien que le projet de lutte contre les inondations n'ait pas encore atteint la moitié de son objectif, les experts affirment que Copenhague est déjà mieux armée pour résister aux pluies torrentielles.

« Même si ce sont les Chinois qui ont été les premiers à inventer le terme « ville éponge », explique Maryam Naghibi, architecte paysagiste urbaine à l'université technologique de Delft, aux Pays-Bas, « Copenhague est un modèle pour toutes les villes au tissu urbain dense ».

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat prévoit que les centres urbains situés à des latitudes élevées connaîtront des précipitations plus abondantes et plus fréquentes au cours des prochaines décennies, avec au moins deux fois plus d'inondations centennaires dans 40 % de la planète d'ici 2050, selon un article publié en 2024 dans la revue Nature. De plus, la fonte des calottes polaires entraînera une élévation du niveau de la mer, ce qui constitue une menace évidente pour le Danemark, pays de faible altitude et bordé par la mer. L'Institut météorologique danois prévoit une augmentation des précipitations de 55 % pendant les mois d'hiver d'ici 2100, avec des averses de plus en plus intenses, si les températures mondiales augmentent de 2 à 3 degrés Celsius par rapport aux niveaux préindustriels. Le niveau des mers adjacentes au Danemark, la mer du Nord et la mer Baltique, pourrait augmenter jusqu'à 1,2 mètre.

« Nous avons des projections sur l'aspect que prendra la ville et sur l'emplacement de la crise climatique », explique Christian Nyerup Nielsen, directeur mondial de l'adaptation au climat chez Ramboll, un cabinet de conseil qui a contribué à l'élaboration de plans directeurs d'adaptation au climat pour plusieurs quartiers de Copenhague. « Nous devons anticiper les phénomènes météorologiques extrêmes qui se produiront dans un siècle. »

Un an après les inondations de 2011 à Copenhague, les urbanistes ont dévoilé le Cloudburst Management Plan, un plan d'action global à l'échelle de la ville visant à réorganiser les défenses de la ville contre les fortes pluies et les ondes de tempête, et à offrir une certaine protection contre la sécheresse. Aujourd'hui, des centaines de projets de prévention des inondations couvrent la ville, et des centaines d'autres sont en cours d'élaboration. Certains sont gigantesques, comme les canalisations souterraines d'environ 3 mètres de diamètre qui acheminent les eaux pluviales vers des stations d'épuration, puis vers le port. D'autres sont plus modestes, comme les rigoles végétalisées (dépressions végétalisées qui retiennent et filtrent les eaux pluviales), les jardins de poche et les « parcs éponges », qui combinent toits verts, revêtements perméables et plantes absorbant l'eau.

Bien que le projet Cloudburst, qui devait initialement être achevé en 2032, n'ait pas encore atteint la moitié de son objectif, les experts affirment que Copenhague est déjà en bien meilleure posture pour résister aux pluies torrentielles. Selon M. Naghibi, le

risque d'inondation de la ville a été réduit de 30 à 50 % dans les zones hautement prioritaires.

La vaste gamme de projets achevés comprend à la fois des innovations « bleues-vertes » et « grises ». Les premières reflètent une approche fondée sur la nature : les espaces verts tels que les parcs et les jardins filtrent et retiennent les eaux pluviales ; les arbres et autres plantes absorbent l'eau ; les espaces ouverts, tels que les pelouses et les prairies, permettent l'infiltration ; les cours d'eau dont les berges ont été revégétalisées et libérées des canalisations souterraines (un processus appelé « daylighting ») s'étendent et retiennent les eaux pluviales ; les lacs qui ont été agrandis et entourés de zones humides augmentent la capacité de stockage de l'eau.

De même, les toits et les façades végétalisés absorbent l'eau de pluie tout en rafraîchissant l'air de la ville. La ville a également remplacé les revêtements imperméables des routes, des parkings et des places publiques par des matériaux perméables qui permettent un drainage plus efficace.

En complément des modifications de surface, Copenhague utilise également des solutions grises, ou techniques, pour recevoir les débordements des parcs et des rues, les stocker et, en cas de précipitations extrêmes, les rejeter directement dans le port de Copenhague. Ce réseau comprend des tunnels souterrains longs de plusieurs kilomètres, des bassins souterrains, des stations de pompage et des canalisations d'égouts agrandies, qui acheminent à la fois les eaux usées et les eaux pluviales.

Parmi les projets phares de Cloudburst, aucun n'est peut-être plus spectaculaire que la place Karen Blixens, l'un des plus grands espaces publics de la ville, situé sur le campus sud de l'université de Copenhague. Cette étendue de près de deux hectares, composée de dômes ondulés en béton coulé et de petits jardins ovales, sert de lieu de rassemblement pour les étudiants et le public, d'arène pour des événements et de bassin de rétention des eaux pluviales. En cas de précipitations extrêmes, les dépressions sous les « collines à vélos » en forme de bosses, qui abritent plus de 2 000 vélos, retiennent les eaux pluviales, soulageant ainsi la pression sur le canal voisin. Partout sur la place, des parterres de fleurs absorbent également l'eau, favorisent l'évapotranspiration et fournissent un habitat aux insectes, aux oiseaux et aux fleurs sauvages.

« Les efforts d'adaptation de Copenhague ne sont pas seulement techniques et fonctionnels, ils sont aussi sociaux », explique Mme Naghibi. « Les infrastructures sont esthétiques et expérientielles, comme les bassins de collecte qui servent également de skateparks et d'amphithéâtres. » De plus, ajoute-t-elle, les solutions architecturales de la ville « offrent des avantages connexes tels que l'ombre, la biodiversité et le refroidissement urbain ».

De l'autre côté du port, en face de la place Karen Blixens, se trouve le parc historique d'Enghave, un espace d'environ 4,5 hectares divisé en pelouses, jardins, aires de jeux et terrains de sport. Il a fallu trois ans pour redessiner et abaisser physiquement le parc, qui comprend désormais un réservoir souterrain intégré d'une capacité de près de 6 millions de gallons. Des murs de soutènement en béton guident les eaux de pluie vers le parc et augmentent sa capacité de stockage d'eau de 3,7 millions de gallons supplémentaires. Lorsque les murs ne servent pas à la prévention des inondations, les visiteurs du parc peuvent s'y asseoir.

La compagnie des eaux de Copenhague, HOFOR, est responsable des quatre tunnels souterrains, ou « autoroutes de l'eau », qui constituent l'épine dorsale du nouveau réseau souterrain de la ville. Les deux tunnels achevés ont coûté cher (98 millions de dollars au total), mais ils ont été conçus pour faire face aux pluies torrentielles prévues au cours du siècle prochain. Un autre tunnel est en cours de construction et le dernier devrait commencer l'année prochaine.

Le plan directeur de Copenhague pour 2012 était nettement plus bleu et plus vert que gris, explique M. Nyerup Nielsen de Ramboll. Mais cela a progressivement changé. « Le plan prévoyait que presque tout soit en surface, mais aujourd'hui, il y a plus de constructions souterraines que nous ne l'avions imaginé. Cela s'explique en partie par le fait que lorsque vous devez vraiment agir rapidement, vous avez tendance à vous rabattre sur ce que vous avez déjà fait auparavant. » Les infrastructures grises peuvent gérer des volumes d'eau nettement plus importants que les modifications vertes à plus petite échelle, explique-t-il.

Le temps d'apprentissage de Copenhague a été très raide. « Comme de nombreux éléments de la ville sont interdépendants, lorsque vous modifiez un élément, cela a des répercussions sur d'autres », explique l'urbaniste Jonathan Reghev, en référence aux réseaux souterrains existants pour l'énergie, l'eau potable et les communications. Par exemple, le projet de réaménagement des rues de la ville pour les transformer en « routes pluviales » qui canalisent l'eau vers les parcs de la ville a échoué en raison de la présence de canalisations d'eau et de câbles électriques impossibles à déplacer sous le sol. « C'est un défi technique colossal, et il n'y a pas de date butoir pour l'instant », ajoute-t-il, en référence à la date d'achèvement initialement prévue.

La qualité de l'eau dans les tunnels a constitué un autre problème. Il existe un désaccord sur le degré de propreté que doivent avoir les eaux de ruissellement pour être déversées dans le port et les étangs d'eau douce, explique Jonathan Reghev. « Une partie des eaux de ruissellement devra d'abord être renvoyée vers les stations d'épuration. Nous ne savions rien des microplastiques et des produits chimiques persistants lorsque nous avons commencé ce projet. Cela a provoqué des conflits entre les normes de protection de l'environnement et la planification de l'adaptation. »

L'Europe du Nord souffre actuellement d'une grave sécheresse, autre conséquence de la crise climatique. L'indice de sécheresse du Danemark est supérieur à 9 (sur une échelle de 1 à 10) depuis la mi-mai. Bien que les architectes de Copenhague affirment que les inondations urbaines sont la principale préoccupation de la ville, le modèle de ville éponge offre également des avantages en période de sécheresse. Les espaces verts de la ville, qui retiennent l'eau, contribuent à reconstituer les aquifères de la ville, et ses tunnels, qui recueillent les eaux de pluie provenant de tempêtes modérées, font office de réservoirs qui peuvent être exploités pendant les périodes de sécheresse. « C'est l'une des raisons pour lesquelles les tunnels sont si grands », explique Liam Blunt, expert en urbanisme durable à l'université de Lund en Suède. « La taille supplémentaire des canalisations est destinée au stockage. »

Cependant, les avantages à long terme des initiatives d'adaptation de Copenhague restent pour la plupart à concrétiser. Au lancement du programme Cloudburst en 2012, la ville avait clairement déclaré : « Tant que le système ne sera pas entièrement en place, Copenhague restera vulnérable. » Les experts et les promoteurs immobiliers affirment que les progrès réalisés jusqu'à présent par la ville sont impressionnants et méritent d'être imités. Mais ils reconnaissent également que Copenhague ne serait toujours pas en mesure de faire face à une tempête comme celle qui l'a frappée en 2011.