

# Les défis des grandes villes : apports possibles des chimistes

*Professeur des universités, Carlos Moreno est chercheur dans le domaine du contrôle intelligent des systèmes complexes et ses applications dans la vie urbaine. Il a fondé en 1998 une start-up, devenue une « success story », pour développer les technologies pour la ville intelligente et durable. Il est l'un des pionniers dans la réflexion et l'action autour des défis urbains du XXI<sup>e</sup> siècle. Ces travaux ont donné lieu à l'approche originale dite de la « Human Smart City », la ville vivante. Il a fondé le Forum international de la Smart City Humaine et il est l'un des animateurs reconnus de cette vision sur la scène nationale et internationale. Depuis février 2016, il est l'envoyé spécial ville intelligente de la mairie de Paris.*

En tant qu'expert international, je prendrai dans ce chapitre des exemples de villes dans le monde entier, mais également de Paris où je travaille auprès de la maire de Paris, Anne Hidalgo, en tant qu'Envoyé spécial sur les problématiques des villes intelligentes.

organisme artificiel vivant et que c'est le plus grand système artificiel vivant créé par l'homme. Je parlerai donc du « métabolisme urbain », car comprendre son métabolisme, c'est-à-dire la manière dont les villes changent dans un monde qui change, est la grande problématique d'aujourd'hui.

## 1 Les métabolismes urbains

Les villes se présentent sous de multiples formes. Je considère que la ville fait partie de ce qu'on appelle un

### 1.1. Un monde qui change

Depuis l'Holocène et la dernière glaciation il y a 10 000 années, le monde a beaucoup changé. Les humains sont

devenus sédentaires puis ils se sont groupés pour créer des villes. Cependant, ce changement s'accélère. La **Figure 1** montre la croissance vertigineuse de la population mondiale en un siècle à peine, qui nous amène aujourd'hui à dépasser la barre des 7 milliards d'habitants sur Terre. On observe sur cette figure l'évolution de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub>, avec cette

fatidique ligne où les 400 ppm ont été dépassés, ce qui peut mettre en danger l'humanité elle-même<sup>1</sup>.

Zoomons sur les cinquante dernières années et projetons-nous sur les cinquante prochaines pour regarder la distribution de cette population mondiale : nous parlons aujourd'hui de plus de 7 milliards d'habitants et nous parlerons à l'horizon 2050 de presque 10 milliards (Figure 2). Quand on regarde comment cette population se distribue d'une part au niveau mondial, d'autre part au niveau de sa croissance, on voit qu'elle est surtout forte en Asie et en Afrique. Sur un siècle, entre 1950 et 2050, notre vieille Europe reste sur une courbe qui varie entre 600 et 700 millions d'habitants, à comparer aux 7 milliards planétaires que nous sommes aujourd'hui et aux 10 milliards qu'il y aura en 2050<sup>2</sup>.

Durant le même laps de temps, la population urbaine, qui était de l'ordre de 30 % en 1950, avoisinera les 60 % à l'horizon 2050. Nous avons déjà dépassé la barre des 50 % de population urbanisée dans le monde (Figure 3). Ce développement urbain se fait et croît majoritairement dans des pays autrefois dits « en développement ». On retrouve, pour la courbe en jaune des pays dits « développés », la platitude des courbes d'évo-

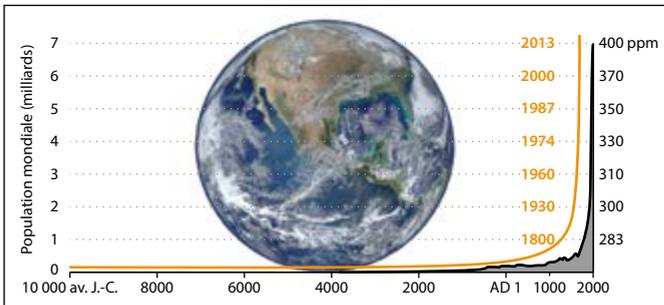


Figure 1

Un monde qui change. En orange : évolution de la population mondiale (en milliard d'habitants). En noir : concentration du CO<sub>2</sub> dans l'air en ppm (µg/m<sup>3</sup>) : le seuil des 400 ppm a été atteint en 2014.

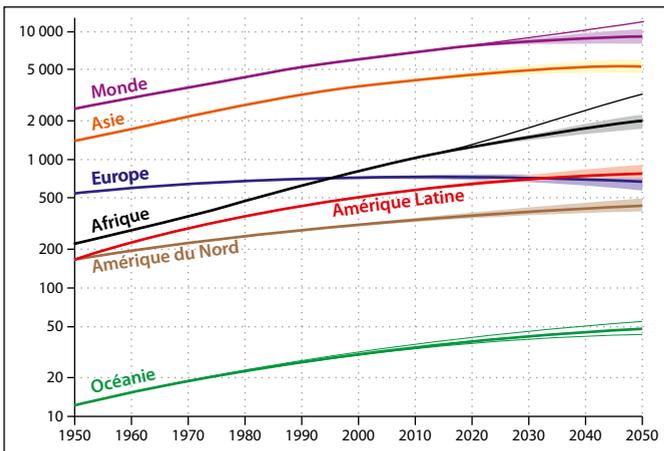


Figure 2

Évolution de la population des différentes zones géographiques mondiales entre 1950 et 2050.

1. [www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-concentration-co2-air-point-non-retour-maj-58177/](http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-concentration-co2-air-point-non-retour-maj-58177/)

2. [www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html](http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html)

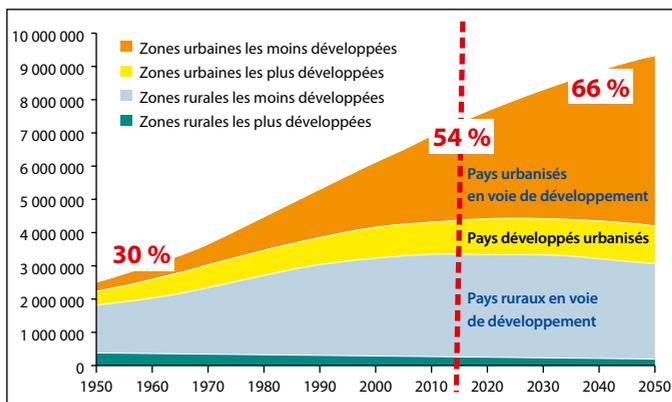


Figure 3

Évolution des populations urbaines dans les différentes parties du monde entre 1950 et 2050. Le pourcentage de la population urbanisée est indiqué en rouge.

lution des populations européennes. Le monde urbain, la culture urbaine dans lesquels nous avons vécu jusqu'à présent, nous échappent, et l'économie de domination de l'axe nord-ouest est aujourd'hui en train de basculer sur un axe sud-est qui est étroitement lié à la manière dont l'homme vit dans les villes et à la manière dont la population urbaine se construit.

Quand nous regardons le planisphère de la **Figure 4**, il y a plus de monde qui vit à l'intérieur du cercle en jaune représentant les pays d'Asie qu'à l'extérieur de ce cercle.

Quand nous nous projetons dans les quinze prochaines années, 90 % de la croissance urbaine mondiale se retrouvera en Asie et en Afrique et un tiers de cette croissance uniquement dans trois pays : la Chine, l'Inde et le Nigéria.

Aujourd'hui nous appelons mégalo-poles<sup>3</sup> les villes de plus de 12 millions d'habitants, tout

3. Mégalo-pole : ensemble de très grandes agglomérations dont les zones périurbaines finissent par se rejoindre. Elle comporte plusieurs dizaines de millions d'habitants sur une étendue pouvant atteindre plusieurs centaines de kilomètres de long.



Figure 4

Plus de la moitié des habitants sur Terre vivent dans la zone jaune. 80 % de la croissance démographique se fait en Inde, en Chine et au Nigéria. Le cercle noir est celui de la plus forte croissance démographique mondiale.

en sachant que déjà une mégalopole de 12 millions d'habitants est une petite mégalopole. Aujourd'hui, nous avons 12 % de la population mondiale qui habite dans 35 villes, et les grandes mégalopoles comme Mexico, Bombay et Tokyo parmi d'autres atteignent 30 à 35 millions d'habitants.

À l'horizon de quinze ou vingt ans, on peut déjà prévoir une nouvelle génération de villes qu'on appelle les hyper-métropoles, c'est-à-dire des régions métropolitaines de plus de 50 millions d'habitants (Tableau 1), et c'est déjà le cas aujourd'hui pour des régions telles Shanghai, Tokyo, ce qui viendra encore bouleverser la manière dont l'homme vit et se développe.

Dans ce contexte, si parmi les villes occidentales New York fait encore partie des quinze plus grandes villes du monde, cette situation est en pleine évolution. En effet, la croissance des villes avec un taux de croissance qui est supérieur à 3 %, arrivant même à 5 %, est localisée essentiellement sur l'Asie et l'Afrique. Oui, c'est un fait, le monde urbain bascule sur un axe est-sud.

Cette photo de la **Figure 5** prise dans un bouchon comme il y en a tous les jours à Hyderabad est symbolique, et porte un message bien adapté à la situation : on y voit à gauche des panneaux publicitaires pour lutter contre l'obésité et à droite un message du gou-

**Tableau 1**

*Population des 14 plus grandes métropoles mondiales (2017). Il existe 525 villes dans le monde avec plus d'un million d'habitants.*

Delta de la Rivière des Perles	Hong Kong	65 701 102 hab.
Tokyo	Japon	42 796 714 hab
Jakarta	Indonésie	30 326 103 hab.
Séoul	Corée du Sud	25 425 184 hab.
Karachi	Pakistan	25 305 231 hab.
Shanghai	Chine	24 256 800 hab.
Manille	Philippines	24 197 302 hab.
New York	États-Unis	23 689 255 hab.
Le Caire	Égypte	22 969 528 hab.
Lagos	Nigéria	22 829 561 hab.
Mumbai (Bombay)	Inde	21 900 967 hab.
Delhi	Inde	21 753 486 hab.
Beijing (Pékin)	Chine	21 516 000 hab.
São Paulo	Brésil	21 090 791 hab.



Figure 5

Les conséquences néfastes sur la santé de l'obésité des hommes pourraient être généralisées et associées à l'obésité des villes.

verneur de la ville, capitale du nouvel État du Telangana, en concurrence pour faire de Hyderabad un pôle technologique aussi important que Bangalore. L'obésité est aussi maintenant un des grands problèmes urbains au niveau mondial. Sur le plan sanitaire, elle est due à une mauvaise alimentation, au manque d'activité physique. L'obésité urbaine est maintenant un signe de pauvreté, là où autrefois c'était un signe de richesse. En sera-t-il de même pour les villes ? La question se pose aussi avec pertinence : l'obésité de nos villes, avec une croissance disparate, est aussi due à un sérieux désordre métabolique. Seule une approche systémique permet de traiter de manière transversale la complexité de sa problématique.

### 1.2. Un monde urbanisé devient hyperconnecté

Si le XXI<sup>e</sup> siècle a la particularité d'être un monde urbanisé, il est également un monde hyperconnecté. L'informatique

diffuse, l'informatique hypermassive a la capacité d'être présente partout, à tout moment, créant ce qu'on appelle aujourd'hui les mobicitoyens<sup>4</sup>, et la mobiquité par rapport aux objets mobiles.

Quand on regarde la carte des circulations des données informatiques sur la planète, on observe une cohérence parfaite avec les usages et échanges dans les grandes concentrations métropolitaines au niveau mondial (Figure 6). Ces flux d'hommes et de femmes qui habitent dans les villes sont devenus également des flux ubiquitaires, parce que les gens sont connectés avec de multiples appareils, même dans les villes où l'on vit avec deux dollars par jour. Ce flux produit une population d'objets ubiquitaires qui est équivalente à la population mondiale de 7 milliards et

4. Mobi-citoyen : mot valise représentant la tendance qu'ont les hommes du XXI<sup>e</sup> siècle à voyager, échanger des informations à travers le monde.

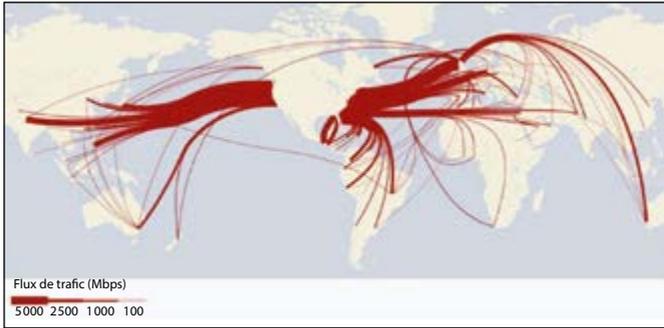


Figure 6

Représentation des échanges de flux de données (en Mégabit/s) à travers le monde.

dont le taux de croissance est trois, voire quatre à cinq fois plus important. C'est-à-dire qu'en arrivant à 7-8 milliards d'habitants sur la planète, nous arriverons peut-être à 24-30 milliards d'objets communicants par Internet.

### 1.3. La ville est multiforme

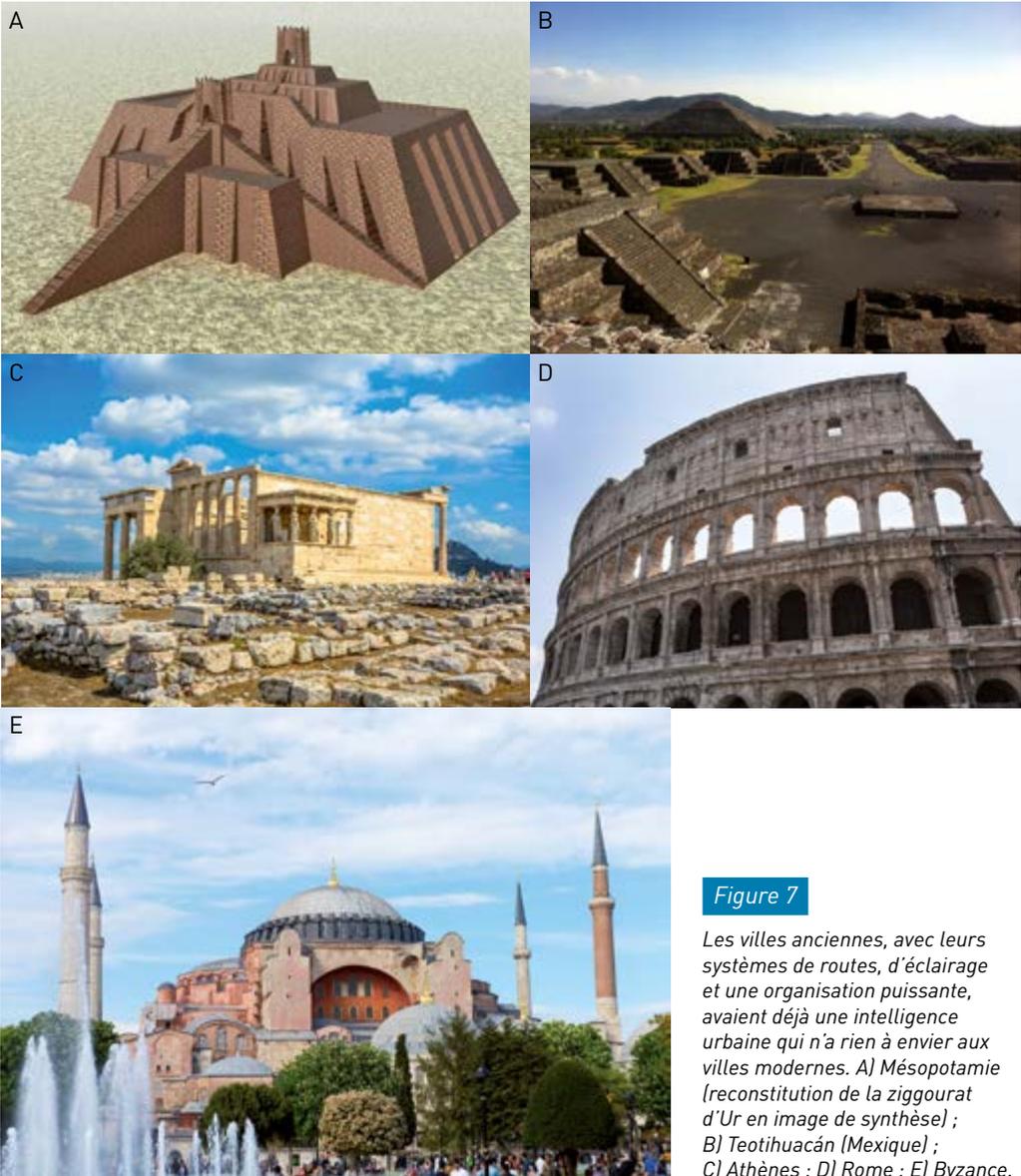
Mais on aurait tort d'associer la notion de ville intelligente au développement de l'ubiquité et des capteurs. L'homme n'a pas attendu le  $xxi^e$  siècle pour avoir de l'intelligence dans les villes. Cette erreur profonde est souvent liée à des objectifs marketings ou commerciaux, à caractère technologique, loin des vraies réalités socio-territoriales de ce qu'est une ville, ses évolutions, ses besoins et ses vrais enjeux.

La **Figure 7A** montre l'une des premières villes au monde. Ur, Cité – État en Mésopotamie, reconstruite en 3D, remontant au  $3^e$  millénaire av. J.-C. – était une ville planifiée, avec ses fortifications, constructions, canaux, espaces de nature différente et aménagements pour les activités

économiques, le commerce en particulier, ses quartiers et ses rues, qui savait déjà faire des routes, y compris avec de l'éclairage, avec des matériaux de l'époque utilisés astucieusement.

La **Figure 7B** représente Teotihuacán, la ville de l'une des premières civilisations de l'Amérique latine florissante, construite en 200 av. J.-C., qui avait aussi une organisation urbaine extrêmement puissante. Plus proches de nous, nous pouvons citer des villes représentant les trois grands empires : la Grèce (**Figure 7C**), l'empire romain (**Figure 7D**) et Byzance (**Figure 7E**) ; toutes avaient une organisation et une intelligence urbaines, dont nous avons encore les vestiges au niveau architectural, au niveau ingénierie, au niveau gestion des espaces. Elles nous ont légué aussi des espaces publics partagés tels le forum romain, l'agora grecque et des œuvres qui perdurent encore comme les viaducs parmi d'autres legs.

La ville est multiforme, la ville est une abstraction qui n'a de réalité qu'à travers un contexte qui lui est propre ; ce qui existe, ce sont des villes. Parce que la ville est un organisme vivant qui est né, qui se développe dans un contexte propre, social, économique, politique, culturel et religieux, elle ne peut être traitée que dans son contexte. Les villes possèdent leur propre rythme, se développent de manière inégale et dans le même espace se superposent diverses expressions urbaines qui ont vu le jour à travers le temps. Des villes anciennes de par le monde gardent des



**Figure 7**

*Les villes anciennes, avec leurs systèmes de routes, d'éclairage et une organisation puissante, avaient déjà une intelligence urbaine qui n'a rien à envier aux villes modernes. A) Mésopotamie (reconstitution de la ziggourat d'Ur en image de synthèse) ; B) Teotihuacán (Mexique) ; C) Athènes ; D) Rome ; E) Byzance.*

repères de ce que fut leur grand essor. Mais aussi des villes autrefois florissantes, empreintes d'art, de création et de richesse, comme Venise, se voient désertées par leurs habitants dans ces temps modernes car, hélas, il n'y a presque plus de vénitiens qui habitent sur place : un détail,

comme la vue de ces bateaux gigantesques de croisière dépassant les bâtiments de la ville, donne une idée de cette perte de substance urbaine. Il faut bien garder à l'esprit que nos villes dans le monde ont des contextes qui leur sont propres (**Figure 8**), une âme qu'il faut découvrir. Il n'y pas



Figure 8

La diversité des villes : chacune avec un contexte social, économique, politique, culturel et religieux qui lui est propre.

de modèle de ville ni de solution standard que l'on puisse reproduire par un principe de « copier-coller ».

Dans ce cadre, il faut aujourd'hui comprendre comment la croissance urbaine a généré de nouvelles situations de vie, et tenter d'appréhender les enjeux, les défis, leurs ressources matérielles et immatérielles, les attentes aussi des citoyens, pour les rendre vivantes. Il est indispensable de connaître les vraies racines de la ville, ce qui change d'une ville à l'autre, et surtout de comprendre comment on vit dans la ville.

## 2 Les racines de la ville

D'une ville à l'autre dans le monde, l'univers urbain va prendre des formes d'organisation différentes. Nous pouvons relever néanmoins les invariants, ces aspects fonctionnels que nous re-

trouvons à chaque fois et qui apparaissent dans le contexte spécifique de chaque ville : l'*Urbis*, en latin, ce sont les infrastructures, ce qui faisait autrefois ses murailles, ses rues, ce qu'on appelle aujourd'hui la voirie ; le *Spatium*, c'est l'espace public, autrefois le forum, l'agora ou le Zócalo, associé à la culture en Amérique latine ; la *Respublica*, la chose publique, le bien commun et les règles du bien vivre ensemble ; *Civis*, c'est le citoyen qui vit dans la ville et qui finalement doit être au cœur de la manière dont on en construit un développement qui soit à la hauteur de la condition d'être humain. Chaque ville va ainsi forger sa propre identité donnant lieu à sa culture urbaine (Figure 9).

### 2.1. Les révolutions du XXI<sup>e</sup> siècle

Au XXI<sup>e</sup> siècle, l'*ubiquité* traverse les vies citadines avec des implémentations du



Figure 9

Des architectures symboles des villes.

numérique de différentes formes, que ce soit au travers des réseaux, de la géolocalisation, de la mobilité, et plus récemment de l'loT<sup>5</sup>, l'Internet des objets (Figure 10).

Mais on aurait tort de croire que la rupture du <sup>xxi</sup>e siècle dans nos villes est uniquement le numérique. Nous vivons au <sup>xxi</sup>e siècle plusieurs révolutions en parallèle. L'humanité a été habituée à vivre des révolutions profondes liées à un matériau : l'Âge de Pierre, l'Âge de Bronze, l'Âge de Fer, la vapeur, le silicium. L'homme a apprivoisé ces matériaux, ce qui a donné lieu à de profondes transformations sociétales.

Aujourd'hui, au <sup>xxi</sup>e siècle, nous avons, à côté de la révolution du silicium – la révolution ubiquitaire qui est la plus visible –, trois autres révolutions aussi importantes et aussi formatrices si on se projette à l'horizon de vingt ans ou encore mieux à l'échelle d'un siècle, qui est un bon critère de connaissance

et d'évaluation de la manière dont nous vivons (Figure 11) :

– **les nanotechnologies** : c'est une révolution en profondeur qui va changer la manière dont on construit nos villes, nos matériaux, dont on capte ou restitue la lumière et tous les éléments qui nous sont propres ;

– **la bio-systémique** : c'est la connaissance de l'ADN, la connaissance de notre corps et le vieillissement, la manière dont on naît, la façon dont on est soigné, dont on prolonge nos vies... ;

– **la robotique cognitive**<sup>6</sup> : parce que nous avons une meilleure perception de notre cerveau humain, nous nous intéressons à l'intelligence artificielle, aux nouvelles intelligences.

On parle même de transhumanisme<sup>7</sup> quand on mélange bio-systémique, nanotechnologie et ubiçuité.

C'est la combinaison de ces quatre révolutions qui au-

5. loT : Internet of Things, Internet des objets connectés. Le terme d'loT fait généralement référence à l'écosystème des objets connectés qui comprend le marché de ces objets, mais également tous les modèles économiques et marketing issus de leur développement.

6. Robotique cognitive : rendre un robot capable d'apprendre et de raisonner en fonction des situations singulières qu'il rencontre.

7. Transhumanisme : mouvement culturel et intellectuel international prônant l'usage des sciences et des techniques afin d'améliorer les caractéristiques physiques et mentales des êtres humains.



Figure 10

Illustration de la présence d'Internet dans nos vies citadines.



Figure 11

Les quatre révolutions du  $xx^e$  siècle sont techniques, mais ne définissent pas à elles-seules la notion de « ville intelligente ».

aujourd'hui au  $xxi^e$  siècle est en train de changer le style de vie dans nos villes et produit cette dérive de « ville intelligente ou smart city », comme objet technologique, avec une vision

techno-centrée, dont je me démarque avec force depuis de longues années en faisant valoir le fait que la véritable intelligence dans la ville n'est autre que celle des citoyens,

de l'habitant et de la manière dont il vit dans son habitat.

## 2.2. Le $xx^e$ siècle sera le siècle des villes

Le maire de Denver, Wellington Webb, dans un très beau discours à l'association des maires des États-Unis en 2009, déclarait : « *Le  $xix^e$  siècle était le siècle des empires, le  $xx^e$  était le siècle des Nations, le  $xxi^e$  est le siècle des villes* ». Les guerres, malheureusement, l'attestent : les guerres du  $xix^e$  étaient celles des Empires, les guerres du  $xx^e$  celles des Nations, aujourd'hui la nouvelle compétition est entre les villes.

Aujourd'hui, les relations entre les villes par rapport aux États sont traversées par des liens qui se transforment par les effets de la globalisation. La sociologue et économiste néerlandaise Saskia Sassen, spécialiste de la mondialisation et de la sociologie des très grandes villes du monde, a développé le concept de la « ville globale »<sup>8</sup>, souvent présentée de manière raccourcie comme la « ville monde »<sup>9</sup>. Dans un monde où les communications, les échanges, la globalisation, ont transformé les frontières, la vie urbaine devenue prépondérante a elle aussi à sa façon contribué à cette mutation. Il y a aujourd'hui cet effet de « déterritorialisation » des villes par rapport aux États, et on constate que souvent il y a plus

de lien entre les villes à l'extérieur qu'à l'intérieur de leurs territoires nationaux. À titre d'exemple, et indépendamment des couleurs politiques, il y a certainement plus de lien entre Paris et San Francisco ou entre San Francisco et Tel Aviv qu'entre Paris et Bordeaux ou Toulouse, ou qu'entre San Francisco et Boston, parce que se créent ce que Saskia Sassen appelle de nouveaux « anneaux de régulation ». Dans la concurrence existante entre les villes au niveau national et international, les villes doivent devenir attractives, elles doivent devenir créatrices de valeur, elles sont à la pointe dans la bataille pour l'emploi, et donc elles doivent devenir créatives. C'est donc une source de tensions entre les villes y compris à l'intérieur d'un même État.

De même, les villes portent des indices de richesses remarquables. À l'horizon 2030, nous aurons 60 % du PIB qui sera porté par 750 métropoles (**Figure 12**). Mais déjà aujourd'hui, près de la moitié du PIB est portée par 140 villes. À cet égard, l'échelle des pouvoirs locaux bénéficie d'une très grande proximité avec le territoire, les habitants et les acteurs de l'ensemble de l'écosystème. Ils sont la colonne vertébrale de la vie sociétale et c'est eux qui jouissent de la plus grande confiance des administrés pour dérouler un agenda de transformation. Les pouvoirs locaux sont aujourd'hui le plus important levier dans la mise en œuvre d'une action décidée de changement et d'adaptation face aux défis de nos sociétés.

8. <http://press.princeton.edu/titles/6943.html>

9. <http://www.moreno-web.net/de-quoi-la-metropole-est-elle-le-nom/>



Figure 12

Les prévisions pour 2050 montrent que les 750 plus grandes villes concentreront 60 % du PIB mondial. En 2015, en Europe, 44 % du PIB est produit par 139 villes.

Le développement d'une action de cohésion et d'inclusion sociale territoriale est indispensable dans une France qui se cherche et les pouvoirs locaux sont un acteur clé pour les mener à bien. Rien ne serait possible sans eux.

Le PIB de nombreuses villes est très important par rapport aux pays et de manière comparative dépasse parfois le PIB de certains États (**Encart : « Comparaison de PIB de certaines métropoles aux PIB de pays »**). Par exemple au Brésil, 7<sup>e</sup> puissance économique mondiale, 25 % de son PIB est ce-

lui de São Paulo. Pour l'État d'Israël, 51 % du PIB est celui d'une seule ville, Tel Aviv, la « ville qui ne dort jamais ».

### 2.3. Les facteurs de l'identité des villes

La principale question pour une ville n'est donc pas de savoir quel est son niveau d'intelligence, façonnée par un déploiement massif de silicium et octets au m<sup>2</sup>, mais avant tout comment on peut construire son identité dans son territoire, l'ouvrir aux autres villes et au monde, et donner aux citoyens la capacité d'être acteurs à part entière de son développement (**Figure 13**). Comment peut-on projeter cette identité sur une pratique citoyenne, construire une ville bienveillante, généreuse tout en étant conscients de sa fragilité ? Il s'agit d'identifier les vecteurs qui font que la gestion de son métabolisme urbain la positionne dans un cercle vertueux, pour que la ville soit un lieu de vie, un lieu

#### COMPARAISON DE PIB DE CERTAINES MÉTROPOLES AUX PIB DE PAYS

PIB New York = PIB Australie  
 PIB Los Angeles = PIB Pays-Bas  
 PIB Chicago = PIB Suisse  
 PIB Seattle = PIB Israël  
 PIB Tel Aviv = +54 % PIB Israël  
 PIB Paris – Ile-de-France > PIB Argentine



**Figure 13**

*L'identité des villes : deux centres-villes actuels, l'un en Europe (Londres) et l'autre en Asie (Hong Kong).*

de partage, un lieu de créativité.

On a souvent tort d'oublier que la ville, comme tout organisme vivant, a intrinsèquement une très grande vulnérabilité. C'est le paradoxe de l'univers urbain, parce qu'il n'y a rien de plus durable qu'une ville : les villes ont survécu aux royaumes, aux empires, aux révoltes, aux guerres et aux destructions. Paris est une ville millénaire, de même que Marseille ainsi que d'autres villes du monde entier, toujours vivantes et qui malgré les grandes difficultés arrivent à renaître.

La ville est un organisme très fragile, et cette fragilité de la vie urbaine est liée à des facteurs multiples qui touchent la totalité de notre planète, comme le changement climatique, l'épuisement de nos ressources, mais aussi à leur aggravation par des facteurs endogènes, qui sont liés à nos modes de vie, de culture, de consommation, de production (Figure 14).

Regardons de plus près quelques exemples de cette fragilité endogène.

Faire la fête à Rio de Janeiro, cette grande capitale mon-

diale, c'est pendant six jours organiser et gérer l'accueil – nourriture, logement, sécurité – de trois millions de personnes, c'est-à-dire deux fois la population de Paris intramuros, sur une bande de terrain, la plage de Coppa Cabana, qui fait 3 par 5 km. Une très belle fête, dans un territoire qui reste néanmoins l'une des villes très inégalitaires au monde, où un habitant sur sept vit dans des favelas.

On trouve aussi des plages chinoises accueillant la nouvelle classe moyenne émergente qui veut vivre avec ce que j'appelle les paradigmes culturels des « miroirs flous » : c'est-à-dire que ces vacanciers en perte de leur propre identité culturelle, partis chercher une identité culturelle, à l'occidentale, qui est celle des vacances, de la plage, de la maison de vacances et un mode de vie, dont peut-être l'Occident est revenu. Images incongrues de personnes agglutinées sur des plages avec des bouées, car la culture du bronzage et la natation leur est étrangère. Mais quand ils rentrent à Beijing après être restés dans des bouchons interminables,



Figure 14

Les villes et leurs fragilités : pollution, bouchons, violences, catastrophes naturelles...

cet acte social leur permet de dire « *J'étais en vacances, j'ai donc un niveau de vie ad hoc* ».

Le grand défi de la ville intelligente est de combiner la connaissance des facteurs exogènes des perturbations avec la culture endogène, et de questionner en profondeur la manière de vivre. Il s'agit de transformer la relation entre les habitants et leur ville, pour répondre aux défis sociaux, culturels, économiques, écologiques et de résilience qui sont au cœur d'un nouveau paradigme de vie pour les prochaines décennies. C'est l'adaptabilité du citoyen et du territoire par rapport à l'expression de ces facteurs de vie.

#### 2.4. La ville sensible : complexité et diversité des facteurs exogènes

Aujourd'hui, c'est une réalité accablante : nous sommes face à un choix de civilisation face au changement cli-

matique. C'est une urgence planétaire pour laquelle les réponses à apporter sont ici et maintenant, avant qu'il ne soit trop tard. Avons-nous conscience que 80 % de l'air que nous respirons dans nos villes à travers le monde est un air pollué, du Nord au Sud, à l'Est et à l'Ouest de la planète ? (Figure 15). Que la santé urbaine se dégrade, jour après jour ? Sommes-nous conscients que ce mode de vie, d'usage de nos ressources énergétiques, d'absence de lien avec la nature et la biodiversité en ville, mettent en danger presque irréversiblement les générations futures ?

Aujourd'hui, la pollution est la 5<sup>e</sup> cause de mortalité d'un pays continent comme l'Inde (Figure 16) ; quand on part en Chine, la première chose à regarder est de savoir si on pourra voir quelque chose à travers le smog, quelles que soient les dates ; 29 % de la

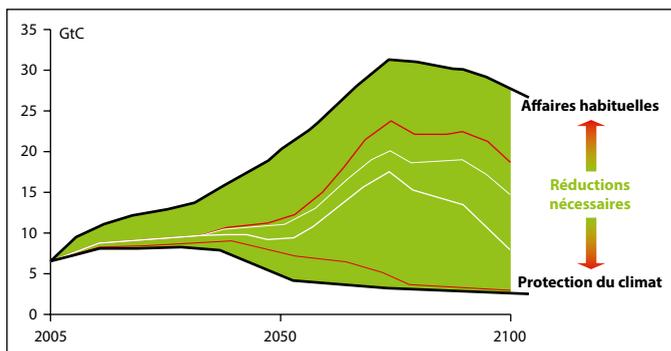


Figure 15

Projection de l'évolution des émissions de gaz carbonique (en gigatonnes par an) dans le monde au  $XXI^e$  siècle, si on laisse les choses aller (affaires habituelles) ou si l'on protège le climat.



Figure 16

Unes de journaux internationaux reportant les dangers sanitaires liés à la pollution.

pollution de la baie de San Francisco vient du nuage de pollution permanent localisé au-dessus de la Chine, visible par les satellites : les courants ascendants traversent la mer et déposent la pollution sur la baie de San Francisco<sup>10</sup>. L'importance de la problématique de l'eau a été présentée dans le *Chapitre de P.-J. Derian* dans cet ouvrage *La chimie et les grandes villes* (EDP Sciences, 2017). Sur la *Figure 17*, on voit ce qui reste de la mer d'Aral, qui était la 4<sup>e</sup> surface d'eau douce, et qui maintenant a presque disparu. De même, le barrage

hydroélectrique de São Paulo peut être régulièrement asséché, ce qui provoque des tensions avec Rio et les autres villes car il faut aller chercher et détourner l'eau de plus en plus en amont. En conséquence, les foyers brésiliens sont fréquemment confrontés aux pénuries d'électricité. Agriculteurs et industriels peinent à maintenir leurs niveaux de production habituels. *In fine*, c'est toute l'activité de la septième puissance économique mondiale qui fonctionne au ralenti.

Le stress hydrique<sup>11</sup> est une réalité urbaine au niveau mondial (*Figure 18*).

10. [www.zmescience.com/ecology/environmental-issues/about-29-of-san-franciscos-pollution-comes-from-china-42334/](http://www.zmescience.com/ecology/environmental-issues/about-29-of-san-franciscos-pollution-comes-from-china-42334/)

11. Stress hydrique : consommation d'eau dans une région supérieure au stock d'eau réel.

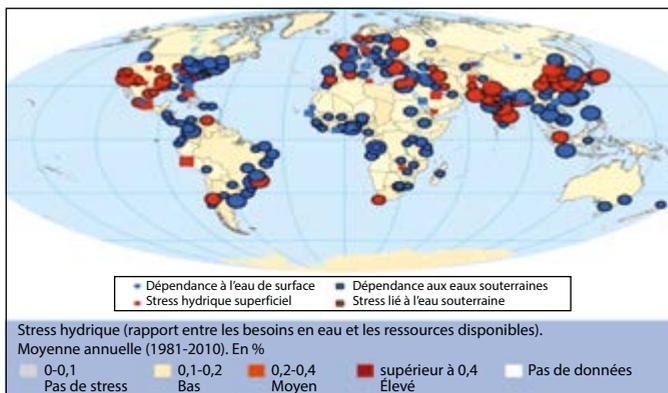
Figure 17

Illustration de l'évolution catastrophique de la mer d'Aral au Kazakhstan-Ouzbékistan.



Figure 18

Répartition du stress hydrique dans le monde. En rouge, les zones où les besoins en eau dépassent les ressources.



L'une des causes majeures des violences et des guerres sur la planète aujourd'hui est la maîtrise de l'eau, la maîtrise des fleuves pour approvisionner les populations. Bien sûr, il faut y ajouter les conséquences du changement climatique et les nouvelles tensions urbaines qui apparaissent avec les migrations issues des guerres. Les vagues de chaleur ou de froid extrêmes (Figures 19 à 21) sont des phénomènes de plus en plus fréquents. En Île-de-

France, ne l'oublions pas, la canicule de 2003 a causé 4 867 décès (chiffres Inserm - Mairie de Paris). Mais loin d'être un phénomène isolé, le durcissement des conditions climatiques avec la conjonction d'un urbanisme dépassé et la dégradation de conditions de vie se trouvent à l'origine de nouvelles tensions sociales.

Certains îlots urbains sont plus vulnérables que d'autres, comme l'exemple de la Figure 21 en banlieue au nord

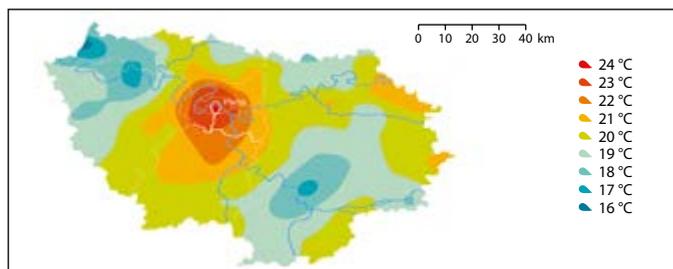


Figure 19

Températures en Île-de-France lors de la canicule d'août 2003.



Figure 20

New York touchée par une vague de froid.



Figure 21

Hacking de bornes incendie en banlieue parisienne lors de l'été 2015.

Source : Corinne Berardo/ Carlos Moreno.

de Paris où la température atteignait 40 °C le 4 juillet 2015 et où, en l'absence de nature dans la ville, de la gestion de l'eau et de culture citoyenne, pour lutter contre la chaleur, les jeunes s'attaquent aux

bornes d'incendie pour créer des îlots de rafraîchissement, les « piscines verticales », mais source aussi de nouvelles tensions urbaines. Avec le réchauffement climatique, la tropicalisation des



Figure 22

*Avec le réchauffement climatique, la tropicalisation urbaine remonte en latitude, et des maladies comme la dengue pourraient être davantage véhiculées.*

maladies urbaines remonte en latitude. La dengue portée par les moustiques tigres est aujourd'hui présente en méditerranée, et cette situation pourrait s'aggraver dans les prochaines années avec le portage d'autres maladies telles que le Zika ou Ebola (Figure 22).

### 3 Développer des villes durables, inclusives et résilientes

L'accord obtenu à Paris lors de la COP 21 en 2015 a apporté une lueur d'espoir pour tous ceux qui travaillent au cœur des problématiques urbaines (Figure 23). Nous avons pu constater la puissante mobilisation de maires du monde qui, à cette occasion, avec le leadership du réseau C40 Cities, a donné lieu au Sommet « Cities for Climate »<sup>12</sup>, rassemblant à l'Hôtel de ville de Paris, presque 1 000 maires et gou-

12. <http://www.c40.org/ending-climate-change-begins-in-the-city>



Figure 23

*Signature de l'accord pour la COP 21, en décembre 2015.*

vernances locales. Des actions concrètes ont été adoptées montrant que l'action décidée à l'échelle des villes sera le moteur du changement.

Les Nations Unies ont défini au mois de mai 2016 les 17 objectifs du développement durable (Figure 24). L'objectif n° 11 concerne les villes, comment faire des villes durables, comment développer des villes inclusives<sup>13</sup> et résilientes<sup>14</sup> ?

La conférence « Habitat III » de Quito en octobre 2016 (Figure 25) est l'équivalent de la COP21 pour les villes. Cette conférence réunit tous les vingt ans les États pour parler des villes. Un accord a été établi, mais à la différence de la COP21, Habitat III ne revêt pas les mêmes contraintes. De la même manière qu'à Paris, la mobilisation mondiale des maires et des gouvernances locales est venue rappeler que rien n'est possible sans leur engagement et les décisions d'action.

#### 3.1. Remettre l'humain au centre de la ville

Ces trois faits majeurs développent l'espoir que finalement, l'essentiel pour les dix ou vingt prochaines années n'est pas tant le développement des villes *per se* que le développement de la qualité de vie pour les humains qui y habitent (Figure 26).

On quitte l'approche urbanistique fonctionnelle pour foca-

13. Inclusif : qui contient en soi.

14. La résilience est la capacité à retrouver ses propriétés après altération. Elle peut aussi définir la capacité à rebondir face à une situation difficile.



Figure 24

Les 17 objectifs fixés par l'ONU pour un développement durable, en mai 2016.



Figure 25

Affiche de la conférence Habitat III (Quito, 2016).

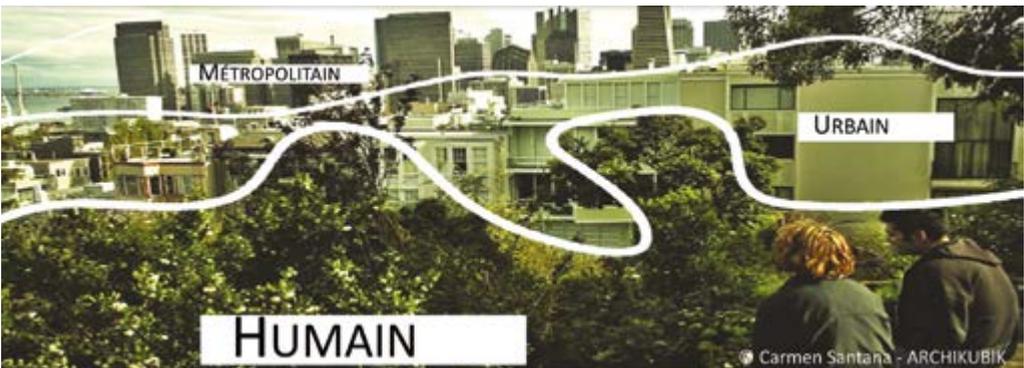


Figure 26

Affiche de l'édition « Rêver(cités), Villes recyclables et résilientes » par l'architecte Carmen Santana.

liser les efforts sur les vrais défis de la ville qui font « le bien vivre ensemble » (Figure 27) :

- le **défi social** pour développer une ville inclusive et bienveillante ;
- le **défi culturel** pour créer une identité de la ville avec son territoire et ouverte vers les autres ;
- le **défi économique** pour faire de la création de valeur sous toutes ses formes et la première parmi elles, l'emploi pour tous ;
- le **défi écologique** pour prendre conscience que c'est

au niveau de la ville que l'on doit changer le paradigme concernant les ressources énergétiques et se projeter dans une approche post carbone ;

- la **résilience** pour que malgré les tensions de toute sorte et les crises, la vie continue à se dérouler avec le moins de perturbations possibles.

Nous devons être innovants, audacieux et inventifs. Au XXI<sup>e</sup> siècle, il faut réussir l'hybridation des révolutions technologiques avec l'esprit d'un meilleur vivre ensemble. (Figure 28). Nos citoyens sont



Figure 27

Les défis de la ville de demain visent à améliorer le bien-vivre ensemble.



Figure 28

L'hybridation des révolutions technologiques, défi du XXI<sup>e</sup> siècle.

Source : Fotolia.com - Nmedia.

plus exigeants sur les services du fait qu'ils ont davantage accès aux informations, en temps réel, avec une capacité à réagir très forte.

Les infrastructures et les réseaux eux-mêmes se sont complexifiés parce qu'ils sont imbriqués et se croisent aujourd'hui entre eux. Le vocabulaire a lui aussi évolué. On ne parle plus des transports mais de mobilité, on parle d'habitat plutôt que du logement, de santé plutôt qu'uniquement de l'hôpital comme lieu de soin, de culture urbaine au-delà de l'éducation. Le travail donne lieu à de nouvelles formes d'expression avec le co-working, la télé-présence. (Figure 29). Les plateformes,

l'open data, le codage pour tous, transforment aussi les relations entre la technologie et les habitants au travers de nouveaux usages et services.

### 3.2. La Living City comme expression de la ville vivante et ses innovations

La « Living city », la ville vivante, la ville où il fait bon vivre, comme capacité innovatrice, est à la convergence de trois leviers majeurs (Figure 30) :

- l'inclusion sociale pour le mieux vivre ensemble ;
- la réinvention des infrastructures urbaines pour changer de paradigme urbain ;



Figure 29

Les différents services fournis par la ville à ses habitants.



Figure 30

Les trois leviers majeurs pour créer une Smart City : l'inclusion sociale, l'innovation technologique et la réinvention urbaine.

– la puissance des révolutions technologiques au service du citoyen et de nouveaux usages.

Nos villes modernes se sont développées dans la prolongation du paradigme du pétrole, de la toute-puissance de la voiture, des boulevards, avenues et rues où les piétons sont devenus inexistantes. Elles ont consacré le triomphe du minéral tout azimut sur le vivant. À Paris, La Bièvre a été bétonnée au moment des travaux d’Haussmann, notre biodiversité urbaine a été malmenée, on a bétonné les bords de rivières et on a construit des autoroutes urbaines. Dans beaucoup de villes, les réseaux électriques y compris d’éclairage sont souvent vieillissants, parfois certains datent de quarante à cinquante ans. Ils sont pour l’essentiel centralisés et mono ressource. Il faut donc ré-imaginer d’autres modes de vie, de production, de distribution, de consommation, changer en profondeur les paradigmes en réinventant des nouvelles formes d’infrastructures urbaines, et utiliser la puissance de l’innovation technologique et des révolutions technologiques qui y sont associées.

Portons notre attention sur la mise en valeur de la chimie et de son rôle. Oui, la chimie et les chimistes jouent sans doute un rôle important à ce niveau. Voyons quelques exemples mettant en exergue cette discipline associée aux travaux d’architecture et d’urbanisme, avec les récents prix Pritzker, qui est l’équivalent pour l’architecture du Prix Nobel.

Dans des zones désertiques comme le désert d’Iquique

au Chili ou les steppes mongoles à Oulan-Bator, là où il y a pourtant très peu de densité urbaine, le problème de la migration rurale et de l’aggrégation urbaine a fait néanmoins apparaître des bidonvilles autour des villes. La **Figure 31** est la vision de l’architecte chilien Alejandro Aravena, architecte de la transformation des bidonvilles du désert d’Iquique, avec son projet « demi lune ». Il s’est fait connaître pour avoir développé le concept de la « demi-maison collaborative ». Il préfère concevoir une bonne demi-maison plutôt qu’un mauvais logement, dès lors qu’on peut se créer du lien social entre les habitants des demi-maisons afin que cela devienne un quartier vivant. Le concept de demi-maison d’Aravena, d’habitat collaboratif, a donné des réussites extraordinaires qui lui a valu en 2016 le prix Pritzker. À la place du bidonville, la demi-maison est conçue pour être belle et fonctionnelle, et pour porter de manière implicite du lien social très fort. Ce n’est pas un logement, c’est un lieu de vie, d’échange et de partage.

Le premier lien social consiste à finir la demi-maison, et ceux qui habitent dans le quartier vont travailler ensemble pour que la demi-maison devienne une maison complète. On retrouve le concept des Indiens d’Amérique latine, la *minga*<sup>15</sup>,

15. Minga : désigne une tradition sud-américaine qui met le travail commun au service d’une communauté, d’un village ou d’une famille, à des moments déterminés où un effort important est nécessaire : récoltes agricoles, constructions de bâtiments publics, déménagements...



Figure 31

Le concept de demi-maison de l'architecte chilien Alejandro Aravena (prix Pritzker 2016), pour transformer les bidonvilles.

Source (à droite) : Cristobal Palma.

où chacun possédait un morceau de terre et où tous travaillaient un jour chez l'autre pour faire pousser des patates et des oignons... C'est par la puissance et la complexité du lien qui se tisse entre les gens – parce que le tout vaut plus que la somme des parties – que se crée la vie urbaine. Aravena choisit avec les gens les matériaux qu'il utilise, et leur explique le choix des peintures, des revêtements, des sols, des toitures, de l'isolation.

Alors que quand on construit des maisons bon marché (ce qu'il appelle un mauvais logement), on sacrifie la qualité par exemple, avec un volet en plastique car il revient bon marché, de mauvais isolants

thermiques, des revêtements de mauvaise qualité et peu esthétiques. Faire appel à l'intelligence collective signifie mobiliser les habitants pour trouver des matériaux de qualité, de préférence locaux, qui puissent être réutilisés, en ayant comme levier la mutualisation. L'application de ce concept conduit à des quartiers comme celui de la [Figure 31](#), qui sont beaux, fonctionnels, à la place des bidonvilles. Aravena conçoit ces quartiers avec pragmatisme, en s'appuyant sur la connaissance des matériaux, de la chimie, des lois de la thermodynamique, pour créer des habitats dans lesquels le lien social porte le choix des matériaux et non le contraire.



Figure 32

*Stade Olympique de Munich par l'architecte allemand Otto Frei (prix Pritzker 2015).*

La **Figure 32** représente le prix Pritzker 2015. C'était la première fois qu'un prix Pritzker était décerné à titre posthume. Il s'est agi de reconnaître les apports d'un architecte allemand, Otto Frei – hélas décédé la veille –, qui a fait parmi d'autres le stade de Munich, une merveille en termes de réalisation architecturale, que ce soit par rapport aux matériaux, à la physico-chimie, mais également par rapport au lien avec le reste de l'écosystème. Otto Frei a conçu une vision holistique de l'architecture, c'est-à-dire où l'objet est un tout sur lequel on va investir, pour travailler en mélangeant les savoirs, les disciplines, les expertises, les matériaux, leur légèreté et leur durée de vie, en collaborant avec des biologistes, des ingénieurs et des philosophes, des historiens, des artistes et bien sûr d'autres architectes. Otto Frei a réalisé des architectures en matériaux légers

et plastiques, ou en bois comme le Marché des halles de Mannheim, qui sont de vrais bijoux architecturaux, faisant partie de l'écosystème naturel.

En 2016 au Sri Lanka, des équipes réparent encore les effets du tsunami de 2004, qui a ravagé Sumatra, l'Asie du Sud, et a causé 250 000 décès. Le patrimoine culturel vivant et sa transmission à travers le temps ont été particulièrement touchés dans ces îles dont la population est équivalente à près de la moitié de celle de la France.

Certaines zones dévastées par le Tsunami ont été reconstruites selon le « concept de l'habitat temporaire à qualité humaine » du professeur-chercheur Shigeru Ban, lauréat du Prix Pritzker 2014. Shigeru Ban est japonais donc originaire d'un pays menacé en permanence par les tremblements de terre. Il a vécu le tremblement de terre de Kobé

et a connu les tentes de plastique de l'aide internationale. Il a donc étudié comment réutiliser le carton (les tubes, les microlamelles), sa porosité, sa rigidité, sa flexibilité, afin de construire avec les habitants des habitats en dur, à usage temporaire de qualité et pouvant durer.

La Nouvelle-Zélande est aussi une zone sismique très forte, ravagée il y a peu par un tremblement de terre. La cathédrale de Christchurch (*Figure 33*), qui a été reconstruite totalement par Shigeru Ban, est une œuvre non seulement artistique, mais aussi un lieu de vie, un lieu de prière, un lieu de méditation, un lieu de lien social, dans lequel les gens ne se sentent pas réfugiés, mais des habitants comme les autres. Shigeru Ban a donc su redonner à travers la maîtrise d'un matériau, le carton, une autre vision du lien social architectural urbanistique pour la qualité de vie. Ma Yansong, qui est le premier architecte chinois à avoir reçu un prix international, construit des bâtiments partout dans le monde, notamment à Toronto et en Allemagne. Actuellement, il finalise un projet à Beijing qui s'appelle Chaoyang Park Plaza<sup>16</sup>, dont le concept consiste à faire de l'« urbanisme écosystémique à patrimoine vivant » (*Figure 34*). Il s'inspire des paysagistes chinois, de la peinture chinoise à l'encre, et il conçoit des écosystèmes d'habitats dans lesquels on retrouve beaucoup d'éléments traités dans les diffé-



*Figure 33*

*Cathédrale de Christchurch (Nouvelle Zélande) reconstruite après le tremblement de terre de 2011 par l'architecte Shigeru Ban à partir de matériaux issus du carton.*

Source : Wikipédia, Licence CC-BY-SA-3.0, Schwede66.

rents chapitres de cet ouvrage *La chimie et les grandes villes*, sur l'eau, sur le choix et l'utilisation des matériaux, sur l'efficacité, etc. Ce projet en cours de réalisation devient un des nouveaux pôles de développement de Beijing en termes d'urbanisme.

Le dernier exemple est celui de la ville de Medellin, en Colombie, ville ayant subi une période douloureuse il y a trente ans par l'omniprésence du crime organisé, avec à la tête le puissant cartel mondialement connu du narco trafiquant Pablo Escobar. Aujourd'hui, c'est une ville qui a su « renaître de ses cendres », avec une politique ambitieuse autour de l'innovation sociale et du bien vivre ensemble, ce qui lui a valu une reconnaissance unanime de la communauté mondiale devenant une ville multi primée, avec en parti-

16. [www.i-mad.com/work/chaoyang-park-plaza/?cid=4](http://www.i-mad.com/work/chaoyang-park-plaza/?cid=4)



Figure 34

Projet urbanistique de Ma Yansong à Pékin.

Source : Chaoyang Park Plaza by MAD Architects, Beijing China.

culier le Prix Lee Kwan Yew, à Singapour en août 2016, lors du « World Cities Summit ». Toujours dans le but de créer du lien social avec un très gros effort sur la qualité du choix des matériaux, douze lignes de métro câblé ont été créées. Chaque station de métro, chaque correspondance, a ainsi pour objectif de créer un lien social basé sur la jeunesse, sur la formation, l'insertion, la vie en collectivité.

D'autres initiatives originales ont été prises pour créer du lien social au niveau urbain avec des matériaux innovants, au sein d'un écosystème végétal apportant une autre vision de la ville. Bristol a été la « Green Capital » européenne en 2015. Un travail de réflexion a été mené et réalisé autour de l'eau, de la productivité agricole locale, des circuits courts et du concept de l'économie circulaire : une monnaie locale

a vu le jour, le Bristol Pound<sup>17</sup>, avec pour but de contribuer à créer de la valeur sociale (Figure 35). C'est un outil d'insertion sociale pour des personnes en situation d'exclusion qui, faisant des travaux d'intérêt général, sont payées avec cette monnaie locale convertible dans les magasins participant à ce programme. Ces magasins s'engagent à acheter des produits à moins de 50 km de Bristol afin de favoriser la production locale. Et avec l'argent collecté de la monnaie locale, les magasins l'apportent comme contribution pour leurs impôts et leur taxe professionnelle. Cette politique crée de la valeur, revitalise un port qui était complètement moribond et participe à l'encouragement de l'agriculture locale et de circuits courts.

17. <https://bristolpound.org/>



Figure 35

Bristol (Angleterre), Green Capital 2015. À gauche, le port, à droite, la nouvelle bibliothèque constructiviste.

Source : Wikipédia, licence CC-BY-SA-2.0, Linda Bailey.

Nous avons donc la possibilité aujourd'hui de vivre autrement dans nos villes et nous pouvons ainsi partager nos rêves.

Prenons l'exemple de l'Afrique car c'est un continent d'espoir, et dont nous connaissons aussi la souffrance et la détresse. Quand nous parlons du Rwanda, nous pensons tout de suite au génocide et à un pays à l'écart de la communauté mondiale. Il s'opère également dans sa capitale Kigali une transformation en lien avec cette résilience, qui amène à trouver des voies pour renaître. Les drones depuis trois ans sont utilisés couramment, avec une très grande maîtrise pour des actions sanitaires. En effet, ils permettent depuis trois ans de livrer les vaccins et les sachets de transfusion sanguine là où il y avait auparavant des 4x4 qui passaient en brousse avec tous les dégâts écologiques qui s'y produisaient. Donc la maîtrise des micro-matériaux, de la micro-

motorisation, des matériaux composites, a permis de créer de nouveaux circuits pour la livraison. Kigali est devenue la plus belle capitale africaine (Figure 36), et c'est même une des plus avancées en termes de développement durable.



Figure 36

Scène de vie à Kigali, capitale du Rwanda.

Source : Wikipédia, licence CC-BY-SA-3.0, SteveRwanda.

Les sacs en plastique y sont interdits depuis longtemps et la conscience de la durabilité fait partie des réflexes naturels des citoyens ; la propreté est totale.

### 3.3. Les chimistes comme moteurs de l'évolution des villes

Parce que le chimiste a un cadre – les citoyens, l'homme dans son territoire –, son approche est différente par rapport à la chimie en tant que science abstraite. L'apport des chimistes est détermi-

nant, parce qu'ils sont au cœur des nouvelles manières pour rendre vivant et puisant le métabolisme urbain à l'échelle de notre territoire. Dans cet ouvrage *La chimie et les grandes villes*, Romain Lacombe a montré, avec les « citoyens capteurs » (Figure 37), des exemples qui se concrétisent aujourd'hui un peu partout dans le monde (Figure 38).

Plusieurs exemples à Paris illustrent la façon dont le chimiste et la conception de la physico-chimie peuvent changer une ville (Figure 39).

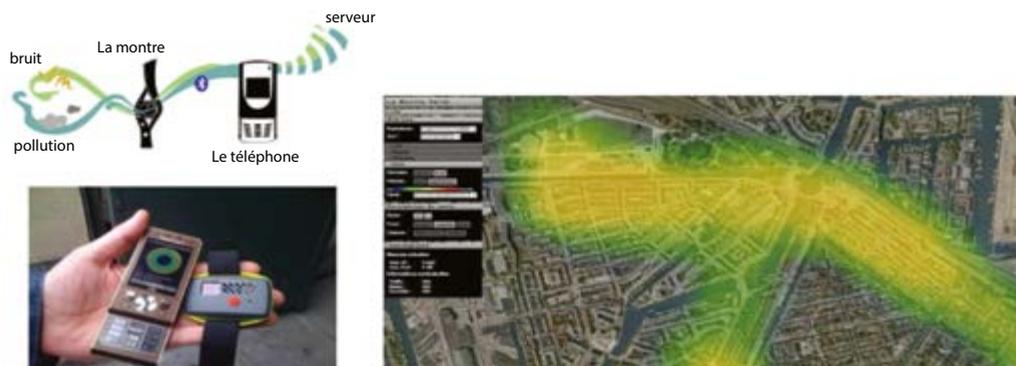


Figure 37

Les citoyens capteurs : relevés de pollutions urbaines (sonores, aériennes) par les citoyens grâce à leurs Smartphones, montrant que les grands axes sont particulièrement touchés.

Figure 38

Exemple de deux sites (au Canada et en Gironde, France), sur lesquels les habitants peuvent alerter les services techniques sur de potentiels problèmes techniques.





Figure 39

L'Arc de Triomphe (Paris) éclairé à l'occasion du 100<sup>e</sup> Tour de France et jeux de lumière sur la Tour Eiffel.



Figure 40

Les différentes mobilités urbaines.

Sans la chimie, la mobilité à Paris n'aurait jamais été ce qu'elle est aujourd'hui grâce aux Vélib' et aux Autolib' (Figure 40). Prenons le cas d'AutoLib' : quand le groupe Bolloré a fabriqué les voitures bleues, son objectif n'était pas

strictement limité de vendre des voitures, mais de positionner la rupture technologique de sa batterie à polymère sec<sup>18</sup>.

18. <https://www.autolib.eu/fr/notre-engagement/la-bluecar-menu/100-electrique/>

C'est avant tout la physico-chimie qui a été au cœur de ce qui a été une révolution pour la mobilité urbaine : « en diversifiant son activité historique de producteur de papiers et de films plastiques ultrafins, le Groupe Bolloré est devenu producteur de films diélectriques pour condensateurs, jusqu'à détenir plus d'un tiers du marché mondial. À partir de cette expertise et après vingt ans de R&D, le Groupe a mis au point des composants de stockage d'électricité et des solutions qui les mettent en œuvre ; ces composants reposent sur des technologies uniques : la batterie LMP (Lithium Métal Polymère) ainsi que des super capacités carbone-carbone. À l'heure où les questions de développement durable et de stockage de l'électricité sont devenues des enjeux majeurs pour les citoyens, les villes et les États, le Groupe Bolloré s'appuie sur cette expertise pour développer des solutions de production,

de stockage et de consommation intelligente de l'électricité ».

### 3.4. Le réseau de chaleur et de froid par géothermie

Aujourd'hui, Paris est l'une des premières capitales mondiales à avoir lourdement investi avec l'ensemble de ses partenaires pour développer dans la capitale un réseau de chaleur et de froid fonctionnant avec la géothermie, en limitant ainsi l'utilisation de l'énergie fossile via le chantier de la Villette (Figure 41). C'est un choix stratégique de Paris dans le cadre de son Plan Climat Énergie, qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 75 % en 2050 par rapport à 2004. Paris s'est engagée à devenir une ville à neutralité carbone à l'horizon 2050. Sans les chimistes, sans les physico-chimistes, cela ne serait pas réalisable.

La halle Pajol de Paris (Figure 42A) accueille sur

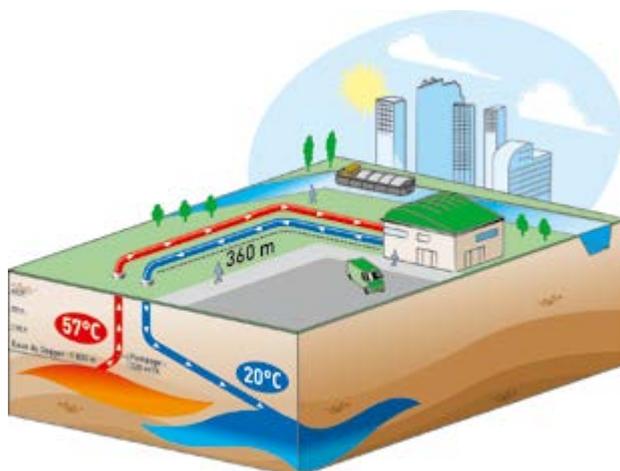


Figure 41

Le réseau de chauffage urbain à Paris. À droite : principe de la géothermie.

Source : Laurent Jacquemin.



Figure 42

La halle Pajol (A) et le stade Jean Bouin (B) : deux exemples du nouvel élan architectural de Paris.

Source : A) [www.inexx.fr](http://www.inexx.fr) ;  
B) Wikipédia, licence CC-BY-SA-4.0, Liondartois.

sa toiture la deuxième plus grande centrale solaire photovoltaïque urbaine en France. Celle-ci compte 1988 panneaux solaires d'un total de 3 500 m<sup>2</sup> pour une production de 410 000 kWh/an. Les nouvelles technologies et les innovations techniques comme le système de powerpipe, la VMC double flux et le puits canadien permettent, également, de réaliser d'importantes économies d'énergie.

Le stade Jean Bouin, faisant partie du patrimoine parisien (Figure 42B), a également été rénové utilisant des matériaux innovants. Équipé en outre pour la récupération des eaux des pluies, il est de plus muni de panneaux solaires pour une meilleure prise en charge énergétique. Implanté à côté du Parc des Princes, dans le 16<sup>e</sup> arrondissement parisien, ce nouvel équipement, conçu par l'architecte Rudy Ricciotti, respecte finalement l'un des préceptes du Bauhaus, « la fonction crée la forme ». Car ce stade dédié au rugby, qui peut accueillir 20 000 personnes, comportant 7 400 m<sup>2</sup>

de commerces et 1 000 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques, est habillé d'une enveloppe alvéolaire à double courbure en résille de béton fibré à haute performance (BFUHP)<sup>19</sup>.

Le projet « Réinventer Paris » (Figure 43) propose de rénover vingt-deux lieux de Paris qui étaient à l'abandon, non exploités, voire même pour

19. <http://www.bfuhp.fr/>



Figure 43

Espaces urbains rénovés dans le cadre de l'opération « Réinventer Paris », lancée en novembre 2014.

certaines qui étaient devenues des coupe-gorges.

Ce projet est reconnu au niveau mondial comme le projet le plus innovateur de transformation d'une ville, avec

de nouvelles architectures futuristes qui inventent aujourd'hui le Paris de demain. Végétales, écosystémiques, multi-usages, elles portent un nouveau modèle de développe-

Figure 44

*Espace parisien en cours de réhabilitation dans le cadre de l'opération « Réinventer Paris ».*



Figure 45

*Projet de création d'un nouvel éco-quartier en banlieue parisienne.*

ment durable, polycentrique, qui va transformer dans les cinq ans à venir le regard sur Paris (Figures 44 et 45).

Aujourd'hui, l'initiative d'une ville devient celle de trois villes, car le concours « Réinventer la Seine », lancé en janvier 2016, associe Paris, le Havre et Rouen, trois villes de couleurs politiques différentes qui lancent les mêmes objectifs que « Réinventer Paris » à l'échelle de la Seine (Figure 46).

À Paris, vingt-deux sites peu utilisés ou tombés en désuétude sont concernés ; cette fois-ci, ce sont quarante lieux situés sur le passage de la Seine qui sont soumis au même concours mondial pour réinventer la Seine avec cette même approche écosystémique.

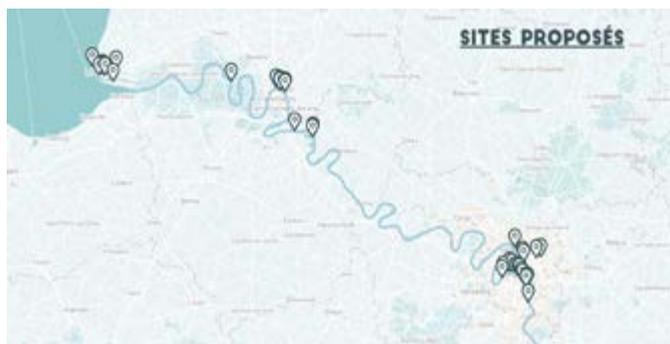


Figure 46

Sites proposés pour participer au projet « Réinventer la Seine », lancé en janvier 2016.

## La chimie et le métabolisme urbain

L'apport de la chimie est sans nul doute considérable car il contribue, au même titre que d'autres disciplines, à ce que le métabolisme urbain crée un meilleur écosystème pour la vie : la ville ne peut être intelligente que si elle est humaine. Les sciences dites « dures », les sciences dites « humaines », et de manière générale toutes les disciplines de la connaissance, trouvent un point de convergence dans les défis que sont la construction et le développement d'une approche humaine de la ville, au service des usages, des habitats, de la démocratie participative, et du bien vivre ensemble. Tous nos efforts doivent être portés pour que nos vies urbaines soient au cœur de toutes les innovations qui permettront d'améliorer la qualité de vie pour tous les citoyens. La ville doit être vue avec les yeux et avec le cœur,



Figure 47

*Comparaison de comportements : regarder la vie avec ses propres yeux, ou à travers son téléphone ?*

car sa composante d'intelligence émotionnelle est essentielle pour développer l'adhésion des citoyens aux évolutions et aux nombreuses ruptures à venir dans ce <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle.

La ville ne peut être vue à travers une science dont la compréhension échappe au grand nombre, ni au travers de Smartphones de citoyens hyperconnectés mais totalement déconnectés socialement (**Figure 47**). La ville pour tous est un travail pédagogique au quotidien ; faire en sorte que chacun se sente concerné par le besoin impératif de faire face aux grands défis que nous avons évoqués dans ce texte. Voilà aussi pourquoi, à l'heure d'écrire ces lignes, Paris est très fière d'accueillir la conférence mondiale « Les villes pour tous », « Cities for Life », qui réunira à Paris en novembre 2017 des villes du monde entier pour réinventer ensemble la ville humaine, inclusive, résiliente et durable.