



HAL
open science

Algorithmes, outils numériques et intelligence artificielle : le tournant cybernétique de l'urbanisme

Alexandre Depetris

► **To cite this version:**

Alexandre Depetris. Algorithmes, outils numériques et intelligence artificielle : le tournant cybernétique de l'urbanisme. Architecture, aménagement de l'espace. 2020. dumas-02899424

HAL Id: dumas-02899424

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02899424>

Submitted on 15 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES
INSTITUT D'URBANISME ET DE GEOGRAPHIE ALPINE

**ALGORITHMES, OUTILS NUMÉRIQUES ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE :
LE TOURNANT CYBERNÉTIQUE DE L'URBANISME**

PAR
ALEXANDRE DEPETRIS

MASTER URBANISME ET AMÉNAGEMENT
PARCOURS URBANISME ET PROJET URBAIN

TRAVAIL PRÉSENTÉ À NICOLAS DOUAY
DANS LE CADRE DU PROJET DE FIN D'ÉTUDES

2019-2020

Tables des Matières

Tables des Matières	IV
Notice bibliographique	VIII
Résumé	IX
Abstract	IX
Remerciements	X
Introduction	11
Sujet de recherche	12
Idées reçues sur le sujet	12
Pourquoi ce sujet ?	13
Mon parcours	13
Usages du numérique au quotidien	14
Apprentissage : Cabinet d'urbanisme règlementaire Reynard	15
Définition de l'objet de recherche	17
État de l'art :	17
La ville numérique	17
Les mutations des urbanités	17
La société algorithmique et la ville numérique	18
Société de l'information et progrès technologique	19
La nécessaire adaptation de la gouvernance urbaine aux infrastructures numériques et leurs usages	20
L'intelligence artificielle et la pratique de l'urbanisme	20
Problématiques et hypothèses :	21
Présentation du plan	23
Points méthodologiques	24
Partie 1 : Les « urbalgorithmes » : Un mouvement d'hybridation des savoirs urbains et informatiques	26
1. L'incursion des algorithmes dans les métiers de l'urbanisme.	27
1.1. Le rôle de l'imaginaire : La méthode <i>futurecraft</i>	27
1.2. Les utopies : sources d'innovations	27
1.3. L'expérimentation : Spatialiser l'innovation	29
1.4. Le croisement de tracés historiques : Les trajectoires de l'urbanisme et de l'informatique.	32
1.5. Les algorithmes : une incursion progressive dans les usages professionnels	35
2. Les fournisseurs d'algorithmes : Un panel varié	38
2.1 Le rôle des géants : pourvoyeurs de nouvelles utopies	38

2.2 La course à la disruption : L'émergence de la PropTech	39
2.2.1. SpaceMakers : La simulation du projet urbain par l'IA	40
2.2.2. HabX : Une individuation des projets de logement	41
2.2.3. Cabinet Reynard : Une industrialisation du renseignement d'urbanisme	42
2.2.4. Cortexia : la gestion des déchets par l'IA	43
3. Hybridation progressive des compétences en aménagement et informatique : Une personnalisation des algorithmes	44
3.1. La recherche de l'autonomie post production	45
3.1.1. L'information, l'algorithme et l'utilisateur	45
3.1.2. La vallée de l'inconfort : Degré d'acceptation de performance de l'algorithme	47
3.2. La diversification des savoirs	49
3.2.1. Le mastère spécialisé de l'École des Ingénieurs de la Ville de Paris : Mastère Spécialisé URBANTIC Génie Urbain et Technologies de L'information.	50
3.2.2. Master 2 : Smart City et gouvernance de la donnée — Université de Bourgogne	50
Conclusion	51
Partie 2 : Impacts des usages des algorithmes sur les procédures et productions d'urbanisme	52
1. Les mutations de l'acquisition de connaissances	52
1.1. Les données urbaines : L'objet frontière d'une nouvelle génération d'urbanisme	53
1.1.1. Gouvernances des données urbaines : Regards croisés entre Aix-en-Provence et Lyon	54
1.1.2. L'exploitation et l'usage des données urbaines : une industrie du renseignement	57
1.2. Modes de constructions des données urbaines : Le cas de la prévention des risques	59
1.2.1. Méthodes & outils du recueil d'informations territorial : les données et l'algorithme comme aide au diagnostic	59
1.2.2. La donnée urbaine : Un support de négociation malléable et de nouvelles formes de projets urbains.	62
2. L'optimisation des moyens d'action : la dématérialisation des procédures et des méthodes	63
2.1. Accompagner la transition : les prérequis	64
2.2. Les acteurs du programme de dématérialisation	68
2.3. La dématérialisation : quelles conséquences sur l'instruction des procédures ?	71
Conclusion	74
Partie 3 : L'algorithme au centre des politiques et projets urbains	75
1. Une modification des méthodes de production urbaine : la confrontation des systèmes de valeurs	76
2. L'influence technologique dans les pratiques de concertation et de participation	79
3. L'urbanisme à l'heure de l'intelligence artificielle	82
3.1. L'apport des algorithmes d'intelligence artificielle et du <i>machine Learning</i>	83
3.2. La gouvernance urbaine de l'IA : la déclinaison des trois pouvoirs	86
3.3. Les risques de l'IA	88
Conclusion	90

Conclusion générale	91
Bibliographie	92
Sitographie	95
Tables des illustrations	97

À mon oncle, André Savelli...

Notice bibliographique

Projet de Fin d'Études Master Urbanisme et Aménagement parcours Urbanisme et Projet Urbain

Auteur : DEPETRIS Alexandre

Titre du Projet de Fin d'Études : ALGORITHMES, OUTILS NUMÉRIQUES ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LE TOURNANT CYBERNÉTIQUE DE L'URBANISME

Date de soutenance : 07/07/2020

Organisme d'affiliation : Institut d'Urbanisme de l'Université Grenoble Alpes

Organisme dans lequel le stage a été effectué : Cabinet REYNARD, Lyon

Directeur du Projet de Fin d'Études : DOUAY Nicolas

Collation : Nombre de pages : 99/ Nombre de références bibliographiques : 50

Mots-clés analytiques : *Urbalgorithms ; Système d'Information Géographique ; Numérique, Usages ; Intelligence Artificielle*

Mots-clés géographiques : *Lyon ; Cabinet Reynard, Nimes.*

Résumé

Les pratiques professionnelles se trouvent modifiées ou investies par des algorithmes. Les outils numériques de visualisation, d'analyse et de communication se multiplient et se perfectionnent de plus en plus.

L'enjeu est d'identifier ce que ces outils apportent aux résultats de ces pratiques. La production de nouvelles normes en est-elle plus efficiente ? Comment le recours aux algorithmes et à l'intelligence artificielle sert-il la gestion urbaine et l'essor d'une ville plus inclusive et respectueuse de l'environnement ? Toutes ces questions sont aujourd'hui posées à l'urbanisme et à ses méthodes de gouvernance, de prospective, de planification.

Abstract

Professional practices have changed or been invested in by algorithms. Digital tools for visualization, analysis and communication are multiplying and improving more and more.

The challenge is to identify what these tools distribute to the results of these practices. Is the production of new standards more efficient? How does the use of algorithms and artificial intelligence help urban management and the development of a more inclusive and environmentally friendly city? All these questions are today recognized in town planning and its methods of governance, forecasting, planning.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon apprentissage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon tuteur pédagogique Monsieur DOUAY, professeur d'urbanisme à L'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine, pour sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Grenoble ainsi que les intervenants professionnels responsables de ma formation théorique et technique.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Monsieur DANGOISSE qui m'a beaucoup appris sur les réglementations en matière de prévention des risques. Il a partagé ses connaissances et ses expériences professionnelles dans ce milieu, tout en m'accordant sa confiance et une large indépendance dans l'exécution de missions valorisantes.

L'ensemble de l'équipe du cabinet Reynard mais aussi le personnel de la mairie d'Aix-en-Provence pour m'avoir accordé de leur temps dans mon travail d'enquête afin d'enrichir mon mémoire de leur expérience professionnelle et de leurs compétences techniques.

Enfin, je souhaite remercier mes parents et mon amie pour leur soutien et leurs encouragements constants.

Introduction

En cette période de campagne électorale pour les municipales de 2020, certains candidats se disent prêts à recourir aux technologies algorithmiques pour améliorer la gestion urbaine et rationaliser les moyens d'action en les détaillant dans des infrastructures telles que des dispositifs d'intelligence artificielle.

Cédric Villani, mathématicien de renom a été la personne la plus médiatisée pour incarner cette position politique. Sa proposition phare fut celle d'avoir recours à des entreprises qui offrent des logiciels d'intelligence artificielle pour la gestion des déchets.

À plus grande échelle, la région Île-de-France a lancé en 2018 un vaste programme visant à développer un arsenal d'instruments numériques avec l'objectif de renforcer sa compétitivité économique et sociale.

De manière plus générale, ce sont les pratiques professionnelles qui se trouvent modifiées ou investies par des algorithmes. Les outils numériques de visualisation, d'analyse et de communication se multiplient et se perfectionnent de plus en plus.

L'enjeu est d'identifier ce que ces outils apportent aux résultats de ces pratiques. La production de nouvelles normes en est-elle plus efficace ? Comment le recours aux algorithmes et à l'intelligence artificielle sert-il la gestion urbaine et l'essor d'une ville plus inclusive et respectueuse de l'environnement ? Toutes ces questions sont aujourd'hui posées à l'urbanisme et à ses méthodes de gouvernance, de prospective, de planification.

Sujet de recherche

Les évolutions induites par l'usage des algorithmes dans les pratiques professionnelles de l'urbanisme

Idées reçues sur le sujet

La ville numérique augmente la visibilité des risques et de leurs impacts sur les réseaux et populations :

« L'utilisation des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) pour la gestion des risques s'est répandue chez l'ensemble des acteurs et pour deux raisons principales. Premièrement, les SIG se sont démocratisés, car ils sont désormais technologiquement et économiquement accessibles. Deuxièmement, la dimension spatiale des risques est de plus en plus reconnue et les SIG permettent justement une forme de spécialisation du risque. » (Reghezza-Zitt et Rufat 2015, p.120)

La mise en place d'algorithme d'analyse et de gestion permet une meilleure vue d'ensemble des réseaux urbains.

« [...] Le développement des outils informatiques et des bases de données contribue à améliorer la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion. » (Denègre et Salgé 2004, p.120)

La ville numérique améliore les capacités de gestion urbaine, mais rationalise celle-ci en y apportant que des solutions techniques sans qu'elle soit débattue.

« Alors qu'initialement, l'objectif du centre (du centre de Rio) était plutôt tourné vers la gestion des risques environnementaux, il traite maintenant d'enjeux plus larges. En effet, dans une métropole de la taille de Rio, le risque peut aussi être envisagé du point de vue social et sécuritaire, avec la criminalité, les trafics illégaux, la propriété, etc. Du point de vue des responsables du centre, le but est de mettre en avant la modélisation des données afin d'assurer une meilleure gestion de la mobilité (congestion routière, réseaux de transports publics, gestion du déplacement des foules lors de grands événements sportifs) et des flux d'énergie dans une perspective de durabilité urbaine » (Douay 2018, p.42)

La ville numérique accroît les inégalités territoriales, les territoires les moins équipés en capteurs, sont peut-être plus vulnérables, car ils n'ont pas les compétences des métropoles.

*Très sommairement, plus la densité en capital et en homme est élevée comme au cœur des grandes agglomérations plus les investissements en technologies de l'information et de la communication se justifient même si cela risque d'aggraver les inégalités entre centre et périphérie
[...] (Picon 2018, p. 120)*

Les nouvelles technologies et notamment l'intelligence artificielle provoquent une « disparition » du savoir-faire et de la coordination d'acteur urbain :

« La diffusion des technologies numériques va affecter profondément le jeu des acteurs qui fabrique ce que nous appelons « la cité » à la fois matérielle et politique. (Haëntjens 2018, p.13)

Pourquoi ce sujet ?

Mon parcours

Pendant mon DUT j'ai abordé la question du numérique et de sa pénétration progressive dans les pratiques professionnelles de l'urbanisme notamment par le biais des systèmes d'informations géographiques. J'ai d'ailleurs été surpris de constater l'absence de moyens informatiques, techniques et de l'usage de ces outils au sein même des services municipaux. À l'époque, le SIG constituait, pour moi, le seul et unique outil numérique de cette gestion urbaine.

Lors de mon master, j'ai suivi des cours sur les différents outils, théories, concepts et expériences ayant un lien avec la ville numérique et la gestion urbaine.

Je fais partie de la génération qui a connu l'évolution des pratiques numériques. Nous avons évolué avec celles-ci et en sommes indissociables. Au-delà des critiques que l'on peut en faire, nous sommes en droit de nous demander comment ces pratiques vont influencer nos vies professionnelles. Comment les capacités de l'individu à comprendre le fonctionnement d'un programme ou d'un appareil numérique peuvent-elles servir l'essor de la ville numérique ?

Les usages que nous faisons et que nous ferons de ces outils influenceront sur nos formes urbaines, sur les politiques de gestion de l'espace, sur la planification. Plus globalement,

la place que nous accorderons à ces outils dans nos processus décisionnels influencera nos référentiels de politiques sociales et environnementales.

Ce que nos aînés appellent des cyborgs ne serait-il pas tout simplement des individus ayant cette faculté de compréhension et d'apprentissage du monde physique par la voie du monde numérique ?

Usages du numérique au quotidien

Pour ma part, j'ai appris à faire la ville sur un *smartphone*. Avant d'avoir la moindre idée des théories, des idéologies, des politiques ou des lois, j'étais attiré par la facilité qui m'était offerte de créer *ma* ville sur des jeux de simulation comme *Sims*. L'algorithme sous-jacent m'a appris à « zoner », la gestion des réseaux, l'agencement des services d'éducation, de secours, etc. Certes, il ne prenait aucune considération d'une quelconque loi, ou norme et laissait à l'adolescent que j'étais, l'illusion de créer cette ville.



Illustration 1 : Jaquette de la version mobile de SimCity Building —Electronic Arts V. 1.31.1.

Évidemment, cette expérience urbaine est personnelle, mais je pense qu'elle a fortement influencé ma manière de concevoir le projet et mon intérêt dans le domaine de la smart city. En outre, cette expérience m'a situé dans la position d'un urbaniste omniprésent ayant une vision aérienne de la ville et des attentes des « habitants ». Ainsi, je décidais du zonage, des formes de bâtiments, du positionnement des services publics et des activités de production.

Dans un autre registre, la mobilité est, depuis les premiers GPS, l'usage le plus répandu des Big data dans la manière de vivre la ville. Les applications numériques visant à rationaliser les déplacements sont de plus en plus diverses et performantes. Les institutions publiques ou semi-publiques (type syndicat de transport) développent des applications multi supports visant à offrir à leurs clients une expérience plus rationnelle de leur pratique de transport. Ces applications visent à rendre autant, si ce n'est plus pratique, l'usage des transports en commun.

Des acteurs privés se sont également lancés dans la gestion des Big data liées aux pratiques de mobilités. Waze est un bon exemple, car c'est une application très répandue qui repose sur l'usage de données collaboratives recueillies sur une plateforme privée, qui génère par l'intermédiaire d'un algorithme une trace, un itinéraire entre deux points, selon les préférences de l'utilisateur. Ces préférences influenceront sur la trace générée et sur les données produites durant le trajet.

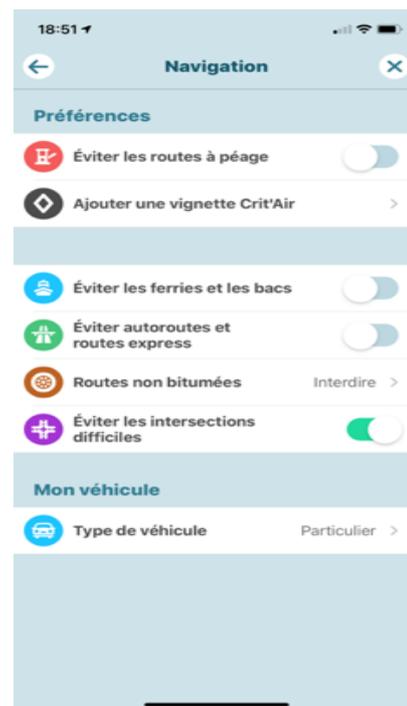


Illustration 2 : Préférences de navigation Waze
- Waze Inc. V 4.61

Apprentissage : Cabinet d'urbanisme règlementaire Reynard

Actuellement, j'exerce une mission en alternance qui a pour objectif de développer un Système d'Information Géographique dans un bureau d'étude en urbanisme règlementaire. Mon rôle est d'acquérir une expertise juridique et urbaine dans le domaine de la gestion des risques. L'objectif est de fiabiliser le SIG et d'optimiser le temps de production de documents de renseignements d'urbanisme propres à l'information sur les risques : les États des Risques et Pollutions.

Ces documents sont annexés aux actes de vente fournis par les notaires.

Ils doivent, lors d'une transaction, informer les acquéreurs de la situation du bien visé des risques naturels, technologiques ou miniers.

Cette mission contribue à l'information de la population sur les risques auxquels elle peut être soumise. Au-delà de l'obligation légale, l'ERP est le document permettant de synthétiser toutes les servitudes d'utilité publique visant à réduire la vulnérabilité par le biais de prescriptions de travaux.

L'ERP se fait à l'échelle d'une ou plusieurs parcelles visées par un dossier notarié. De ce fait, ce document permet d'individualiser l'information contenue dans des plans plus généraux que sont les Plans de Préventions des Risques, approuvés par la préfecture et

ayant pour périmètre d'application la commune, l'intercommunalité, voir même le département.

L'outil mis à ma disposition, pour accomplir cette mission, est un algorithme de classification. Son principe repose sur l'analyse de données cartographiques.

Si on considère une parcelle nommée « a » et un zonage de type :

Zone rouge : « r »

Zone bleue : « b »

Zone blanche : « bl »

L'algorithme nécessite que l'opérateur renseigne la dénomination de « a » ainsi que sa localisation (ville ; Code postal)

À la suite de ce renseignement, l'algorithme ouvre la planche cadastrale correspondante puis il l'intègre à un logiciel de visualisation de carte GIS (QGIS en l'occurrence). Il superpose sur cette planche la couche du PPR de la commune.

Ensuite, une fonction lui permet d'interpréter la situation et de l'insérer sur le document *Word* final. Par exemple :

Si « a » se trouve dans « r » alors :

Afficher « Se trouve en zone rouge du PPR approuvé »

Cocher la case « prescription de travaux » dans la page « 1 » du doc ERP.docx

Cet outil permet à plus grande échelle de réduire le temps de production de ces documents et ainsi accroître la productivité des utilisateurs.

Durant cette année, j'ai néanmoins pu déceler certaines limites à cet outil autant sur le plan de son fonctionnement, que sur les controverses dont il fait l'objet au sein de l'entreprise.

Fort de mes connaissances dans le domaine des SIG, des théories sur les algorithmes et l'impact sur la société, j'ai donc décidé, en accord avec mon tuteur Nicolas DOUAY, d'utiliser mon expérience pour explorer les impacts du développement d'algorithmes dans le champ de l'urbanisme sur les pratiques professionnelles de l'urbanisme.

Définition de l'objet de recherche

Dans un contexte où la gouvernance et l'espace urbain sont de plus en plus disputés entre experts et population, il nous faut comprendre l'intégration des algorithmes et leurs usages dans nos processus de planification, de construction et de gestion de la ville.

État de l'art :

La ville numérique

L'usage du numérique est de plus en plus persistant dans les pratiques et les sciences urbaines telles que la mobilité, la gestion des réseaux, des flux et la gestion des risques. La ville numérique fait l'objet de nombreux travaux. Les définitions diffèrent selon les auteurs, mais la définition que j'ai choisie est celle développée par Antoine Picon dans son ouvrage « *Smart city : un idéal auto réalisateur* ». Il définit la ville numérique comme reposante sur « l'usage intensif des technologies de l'information et de la télécommunication, elle passe par un développement de contenus électroniques et leur hybridation croissante avec le monde physique, hybridation souvent qualifiée de réalité augmentée. » (Picon 2018, p.5). Ce qui est particulièrement intéressant dans cette définition est l'idée « d'hybridation ». L'entrecroisement des données, des algorithmes avec la ville est l'essentiel du processus de ce que j'appellerai « la mise en algorithme de la ville ». La ville numérique a aussi comme enjeu de mieux répondre aux défis contemporains. Le numérique doit participer au développement durable de la ville, à la lutte contre le réchauffement climatique et aux inégalités sociales.

La ville numérique a aussi comme finalité de diminuer le « contexte d'incertitude » (Ascher 2013). Il est nécessaire pour la gouvernance des villes de prémunir les réseaux et la population de toute forme de « menaces » ou de risques. Finalement, le numérique doit permettre à la ville d'acquérir une résilience face aux aléas auxquels elle est soumise.

Les mutations des urbanités

Le sujet de ce mémoire est intimement lié aux premiers signes d'apparition de la *smart city*. Ce concept, au-delà de la portée médiatique et marketing qu'il revêt, a été décrit à de maintes reprises dans de nombreux ouvrages.

Nicolas Douay, enseignant-chercheur à l'Institut d'Urbanisme de Grenoble a notamment étudié les différentes mutations, dues au numérique dans le domaine de l'urbanisme. Son analyse révèle que l'urbanisme sous l'ère du numérique connaît quatre formes différentes de mutations.

Tout d'abord, l'incursion du numérique dans les pratiques de l'urbanisme signerait le retour d'un urbanisme d'expert.

Le pouvoir de ses experts à faire la ville tiendrait alors à leur capacité à comprendre et à maîtriser les données émanant de cette ville « augmentée ».

Néanmoins, ce phénomène est contrebalancé par une autre évolution : la démocratisation de la donnée et des pratiques de l'urbanisme.

En effet, le numérique permet actuellement à tout un chacun de comprendre et de fabriquer de la donnée sur la « vie de la cité ». Des mouvements « alternatifs » naissent par le biais de « plateformes ouvertes » pour fabriquer des projets urbains. Des outils cartographiques en ligne permettent à la population de créer une expérience urbaine individualisée.

La troisième forme de mutation est l'*ubérisation* de l'urbanisme. Cela concerne le phénomène d'« effacement » des pouvoirs publics par des entreprises qui interviennent dans des missions régaliennes de la gestion urbaine comme la mobilité ou encore la gestion des déchets. Cette disruption passe par l'investissement d'acteurs institutionnels privés dans des plateformes visant à gérer et coordonner des objets ou infrastructures présents dans l'espace urbain.

Ces trois évolutions posent questions sur la place de l'acteur public dans un paysage où initiatives privées et citoyennes se confrontent. La quatrième évolution est l'ouverture de la donnée publique. En effet, de plus en plus de gouvernances urbaines choisissent d'ouvrir l'accès à leurs données sous l'impulsion des différents acteurs économiques, mais aussi par un certain devoir de transparence vis-à-vis de la population et des différents acteurs économiques.

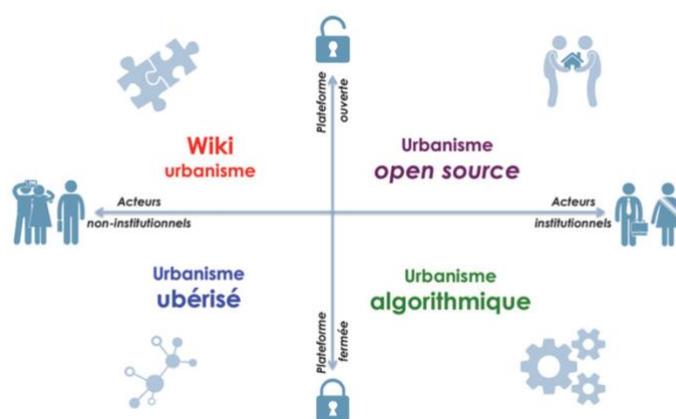


Illustration 3 : La boussole de l'urbanisme numérique – « L'urbanisme à l'heure du numérique » Nicolas DOUAY

Ces quatre mouvements d'évolution sont illustrés dans ce qu'il appelle « la boussole de l'urbanisme numérique » (Illustration 3).

Cette analyse appelle à élargir notre champ de vision et à se poser la question : Quel lien existe-t-il entre les données créées par ces différentes formes d'évolutions et la société ?

La société algorithmique et la ville numérique

Les différentes évolutions sociales qui accompagnent le développement de l'informatique personnelle depuis les années 1980 sont un indicateur de l'essor de ce que nous pouvons aujourd'hui appeler une société algorithmique.

Un algorithme est « une suite finie et non ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre un problème ou d'obtenir un résultat » (Lacheret 2018)¹.

Société de l'information et progrès technologique

Le concept sociologique de « société d'information » date des années 70. C'est le « *Coming of post-industrial society* » de Daniel Bell qui acte le début du développement de cette théorie (Bell 1999).

L'idée est qu'un remplacement d'une société par une autre est en cours. L'activité industrielle est en train de périliter et celle des services se développe. Bell développe l'hypothèse que cette mutation va provoquer l'apparition d'une nouvelle élite technique qui se substituerait à l'élite économique industrielle. Toujours selon Bell, dans cette société de l'information ou dite « professionnelle », c'est le savoir qui prendrait les commandes.

Alain Touraine, homologue français de Daniel Bell explique que l'essor de cette nouvelle élite va également être responsable de l'essor de nouveaux conflits sociaux.

L'idée que développe Bell est un changement continu de la société généré par les innovations techniques. Ce qui nécessite alors que la société s'adapte à ses propres mutations.

Depuis la renaissance les évolutions technologiques et l'architecture vont de pair. Carlo Ratti et Matthew Claudel expliquent dans leur ouvrage commun le lien qui existe entre les évolutions techniques et les théories urbaines. Ils considèrent alors que la période d'apogée de l'ère de la mécanisation correspond à la période de développement des théories modernes et du fonctionnalisme, notamment de Le Corbusier.

Leur analyse soutient l'idée de Bell d'un basculement d'une société « mécanisée » à une société du « calcul » :

Yet our civilization today has transitioned from mechanisation to computation. The digital revolution – the convergence of bits and atoms – is poised to be the most radically disruptive change that has ever the design, construction and operation of our built environment.
(Ratti et Claudel 2016, p. 72)

¹ Al-Khwarizmi dans (Lacheret 2018)

La nécessaire adaptation de la gouvernance urbaine aux infrastructures numériques et leurs usages

La question des infrastructures se trouve alors déterminante au sens le plus matérialiste du terme.

Christian Sandvig, enseignant-chercheur à l'université du Michigan, étudie les conséquences des systèmes algorithmiques sur les organisations sociales. Il propose une analyse des infrastructures numériques selon leur fonctionnement, leur utilité et leur efficacité technique (Sandvig 2013).

L'enjeu pour l'urbaniste et le gestionnaire urbain est de comprendre alors cette analyse des infrastructures et de leurs évolutions pour l'intégrer dans les méthodes de projection et de gouvernance de la ville.

Le concept d'infrastructure trouve écho dans l'ouvrage « *Gouverner la ville numérique* » de Antoine Courmont et Patrick le Galès (Courmont 2019).

L'enjeu est d'adapter les structures et infrastructures urbaines aux besoins de la société de l'information, qui elle-même se doit de s'adapter aux innovations techniques.

En parallèle, Antoine Picon expose toutes les caractéristiques propres à l'essor d'une nouvelle génération de réseaux et d'infrastructures. Une ville inspirée des récits de science-fiction qui prend forme petit à petit, au fur et à mesure des innovations techniques et technologiques dans le domaine du génie urbain (Picon 2018). Pour ce faire, il part de l'hypothèse que « dans la ville intelligente il convient de prendre le terme intelligent en un sens beaucoup plus littéral qu'il pourrait y paraître. Intelligent au sens de ce qui apprend, comprend et raisonne ».

En somme, et en considérant que la ville est un artefact de la société qui l'habite, la ville intelligente est basée sur l'hybridation entre gouvernance et intelligence artificielle.

L'intelligence artificielle et la pratique de l'urbanisme

Christophe Habas, neuroradiologue, définit l'intelligence artificielle comme un « système de neurones artificiels, qui s'inspirent de la réalité neurobiologique dans leur fonctionnement, de plus en plus capable de reproduire des facultés mentales d'un individu ».

L'intelligence artificielle est depuis quelques années sujette à de nombreux débats d'un point de vue éthique et social. Ces débats soulèvent autant de questions dans notre champ professionnel et touchent à nos pratiques et postures d'urbanistes — aménageurs. Stanislas Chaillou, architecte et chercheur a travaillé sur cette question de la relation entre IA et l'architecture. Il décrit une évolution des pratiques architecturales sur un centenaire. La première évolution est la modularité : la standardisation des processus d'architecture et la rationalisation des processus de la production architecturale s'accompagnent des théories modernes de Gropius et de Le Corbusier (Chaillou 2020).

La seconde évolution est l'incursion de l'ordinateur dans la pratique et surtout dans le matériel de l'architecte. Le CAD permet alors, au concepteur de visualiser le projet qu'il dessine, mais également d'accélérer la production des plans et des calculs.

La troisième évolution est le paramétrisme qui correspond à « discrétiser » toutes les étapes et décisions de la procédure de dessin.

Ce que décrit alors Stanislas Chaillou est véritablement la mise en algorithme de la méthodologie de dessin architectural. Le principal problème de cette nouvelle méthodologie est de savoir si in fine, la procédure ou l'algorithme sont opérants. Ensuite, le résultat d'un algorithme dépend des valeurs d'entrées que l'opérateur lui donne. La difficulté majeure du paramétrisme est l'optimisation du résultat c'est-à-dire le fait d'intégrer les valeurs d'entrée les plus fiables pour avoir le meilleur résultat que l'algorithme peut fournir.

Problématiques et hypothèses :

Problématique générale :

Dans quelle mesure les usages des algorithmes et de l'intelligence artificielle transforment-ils la pratique de l'urbanisme ?

Hypothèse générale :

L'usage croissant des algorithmes et de l'intelligence artificielle transforme la pratique de l'urbanisme en faisant intervenir de nouveaux acteurs, en modifiant les processus de conception et de gestion ainsi que la forme des plans et projets qui définissent les contenus des politiques d'urbanisme.

Problématique 1 : Quels sont les facteurs qui impulsent la production d'algorithme propre au domaine de l'urbanisme ?

Résultats attendus : Les évolutions technologiques ainsi que les expérimentations urbaines sont des facteurs favorables à l'essor d'outils informatiques et algorithmiques dans la gestion urbaine.

Ces expérimentations sont le produit de récits utopistes et de discours politiques autour d'une ville plus vertueuse grâce à l'équipement massif des réseaux et des populations en dispositifs *smart*.

Problématique 2 : Qui les produit ?

Résultat attendu : On suppose que les acteurs de prédilection pour la production de ces algorithmes sont les entreprises du domaine de l'informatique. Ces structures peuvent autant être des grands groupes de technologie type GAFA mais aussi des Start-ups ayant

un segment de marché beaucoup plus restreint et proposant des produits beaucoup plus ciblés sur des domaines précis. De plus, on peut également supposer que des professionnels de l'aménagement, ayant une culture de l'informatique soient capables d'adapter des outils ou d'en créer de nouveaux pour répondre à des besoins techniques ou augmenter leur efficacité.

Problématique 3 : Quels acteurs des projets urbains et de la gestion urbaine se servent des algorithmes ?

Résultat attendu : Plusieurs acteurs peuvent avoir recours à ces outils émergents. Qu'ils soient, privés dans le but d'augmenter leur productivité et leur vitesse de réponse aux besoins des clients, ou publics pour améliorer la qualité et la continuité des services.

La compatibilité des intérêts de chacun se heurte aux degrés d'utilisation d'algorithmes dans leur pratique. La capacité de négociation des acteurs publics et privés s'en trouve alors plus ou moins impactée. Si l'intérêt de cet usage est de limiter le contexte d'incertitude et la limitation d'effets de biais dans les décisions, le revers de la médaille est d'annihiler toute parole externe au processus algorithmique et d'extérioriser l'intérêt général du processus décisionnel.

De plus en plus d'entreprises proposent une dématérialisation des procédures d'urbanisme par le recours des algorithmes. Ce mouvement a de fortes répercussions sur les environnements de travail et les temporalités des projets. Le secteur de l'immobilier est également très concerné par la disruption de certains métiers comme la gestion locative ou la promotion immobilière.

Problématique 4 : Quels sont les usages des algorithmes en urbanisme ?

Résultat attendu : L'usage, le plus visible et médiatisé, est la simulation numérique par la réalité augmentée dans le projet ce qui influence la vision des publics mis en situation. On les attire par la prouesse technologique de leur expérience immédiate plutôt que sur les contenus des projets.

La dématérialisation des procédures permet un gain de temps pour les acteurs d'un projet. On cherche à réduire le temps d'attente des procédures pour des raisons politiques et économiques. Ce mouvement permet une rapide sortie de terre des projets urbains.

Par le biais de l'ubiquité numérique, techniciens et acteurs des réseaux techniques peuvent modifier en temps réel les données acquises sur le territoire directement depuis leur terminal mobile. Cette avancée technologique permet de réduire le contexte d'incertitudes et d'incidents sur les réseaux urbains aux moments de travaux, etc.

Pour les algorithmes, ils sont présents à peu près dans toutes les missions que ce soit chez les instructeurs de permis aux grands architectes lorsque vous allumez votre PC pour travailler un algorithme est en route et intègre votre mission. Pour l'IA c'est différent, d'abord c'est une technique émergente et elle demande encore beaucoup de

développement avant qu'elle ne se démocratise. C'est pour cela qu'elle se concentre dans des programmes de recherche ou chez de grands acteurs privés. De plus, cette technologie vient à hybrider la pratique entre des tâches gérées par l'IA et celles gérées par la main humaine. De manière générale, on suppose que la part de l'IA présente un réel intérêt dans la définition des éléments de programme des projets urbains. La part non artificielle de l'intelligence mobilisée dans un projet serait donc celle de la négociation et du processus décisionnel, politique et économique.

Problématique 5 : Quelles sont les conséquences de ces usages sur les processus d'élaboration des politiques d'urbanismes ?

Résultat attendu : La conséquence première est une modification des environnements de travail des urbanistes. Habités à être sur le terrain et à entretenir une certaine interaction avec différents acteurs du territoire, l'informatisation des méthodes et la dématérialisation relègue l'urbaniste derrière un écran, simple analyste de base de données et rédacteur des conclusions produites par un algorithme ou un dispositif d'IA.

Pris dans l'instantanéité de l'informatique, les professionnels de l'aménagement sont soumis à de nouvelles tensions, on attend d'eux une accélération des temporalités du projet urbain. Le risque étant de court-circuiter un certain nombre d'acteurs de la concertation et de déconnecter le projet du territoire.

La dématérialisation des procédures risque également de créer de l'opacité dans les procédures et donc de supprimer tout temps de conseil ou de négociations autour des permis de construire.

Les algorithmes et l'IA permettent une accélération des temporalités de production des projets ce qui facilite la « concertation » avec les publics par le biais des simulations. La compatibilité des intérêts de chacun des acteurs d'un projet se heurte aux degrés d'utilisation d'algorithme dans leurs pratiques. La capacité de négociation des acteurs publics et privés s'en trouve alors plus ou moins impactée. Si l'intérêt de cet usage est de limiter le contexte d'incertitude et les effets de biais dans les décisions, le revers de la médaille est d'annihiler toutes paroles externes au processus algorithmique et d'extérioriser l'intérêt général du processus décisionnel.

Présentation du plan

Ce mémoire se divise en trois parties. La première partie aura pour objectif de décrire l'évolution des algorithmes dans nos métiers de l'aménagement et de l'urbanisme. Pour ce faire, nous verrons le rôle de l'imaginaire dans l'élaboration des algorithmes, prenant part à nos outils et méthodes de l'urbanisme. Nous verrons ensuite une typologie d'acteurs participant à l'évolution de nos méthodologies, outils et formes de projets.

Enfin, nous verrons comment, face à l'essor des solutions algorithmiques, l'urbaniste est amené à diversifier ses savoirs et ses pratiques.

En deuxième partie, nous étudierons les données urbaines. Produites par capteurs ou bien relatives à des normes, ces données sont exploitées différemment selon les acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme par le biais d'algorithmes et de systèmes d'informations géographiques. Ces automatismes d'analyses et de production des données urbaines constituent de nouveaux moyens d'acquisition de connaissances de nos territoires. Enfin, comment les pouvoirs publics ouvrent leur fonctionnement général aux algorithmes et leurs bases de données par la dématérialisation des procédures et des plateformes.

Dans la troisième partie, nous verrons l'impact des usages algorithmiques sur nos pratiques, nos systèmes de valeurs, nos référentiels d'actions. Les stratégies de gouvernance par le numérique et de la maîtrise d'usage donne forme à de nouvelles participations citoyennes. Sous l'impulsion du mouvement des *Civic-Tech*, les gestionnaires urbains cherchent à capter des plus-values de données sur l'usage des espaces publics. Enfin, nous poserons la question de l'IA et verrons dans quelles mesures cette technologie nouvelle pourrait marquer un renouveau des méthodes et des politiques urbaines.

Points méthodologiques

La méthodologie choisie pour répondre aux différentes questions de ce mémoire se décompose en quatre points différents.

Pour commencer, il s'agit de décrire l'évolution des usages des algorithmes dans les pratiques professionnelles de l'urbanisme. Dans cet objectif, nous reprendrons les différents récits, utopies et doctrines sur la ville qui se sont succédé depuis l'ère industrielle à nos jours.

À l'image de ce que propose Stanislas Chaillou (Chaillou 2020) pour décrire l'évolution des usages informatiques dans le domaine de l'architecture, notre enjeu est d'étendre ce cadre analytique à l'évolution des formes d'urbanismes successives et aux innovations qui les accompagnent.

Pour se projeter en tant qu'urbaniste dans les évolutions des pratiques et des outils, nous verrons les algorithmes selon leurs usages, et les évolutions épistémologiques que ceux-ci amènent dans les pratiques de l'urbanisme et les domaines de la gestion urbaine.

Ensuite, l'analyse des algorithmes demande une grille de lecture pour apprécier et comparer leurs effets sur les usages et pratiques professionnelles et citoyennes de l'urbanisme.

Considérons la grille de lecture de Gilles Bastin (Bastin 2019) qui permet de détailler les points suivants :

- Les faits (de quoi parle-t-on ?)
- La technique (comment cela marche-t-il ?)
- Les acteurs (qui sont les « inventeurs » de cet algorithme ? Ses financeurs, ses promoteurs, les usagers, celles et ceux qui le défendent et celles/ceux qui s’y opposent...)
- Les controverses suscitées par l’algorithme.

Enfin, le dernier point s’appuie sur un corpus de documents variés. Des films, des articles de revues, des sites web et des livres relatifs à l’urbanisme. Sans oublier la sociologie, la philosophie qui confrontent des idées sur les algorithmes aux systèmes de valeurs et aux pratiques émergentes de l’urbanisme et de l’aménagement.

Partie 1 : Les « urbalgorithmes » : Un mouvement d'hybridation des savoirs urbains et informatiques

« Urbalgorithme » désigne des dispositifs techniques informatisés voués à assister l'urbaniste dans l'ensemble de ses missions. Cette première partie aborde les algorithmes comme vecteurs de nouvelles pratiques dans la production de connaissances urbaines.

Tout d'abord, l'objectif est d'aborder les racines de cet essor de l'algorithme. De nombreuses utopies urbaines datant de la fin du XXe siècle semblent avoir énormément influencé les acteurs de cet essor. Dans quelle mesure les intervenants du développement des algorithmes ont-ils pris en compte ces spéculations futuristes dans la phase recherche et développement ? Comment les expérimentations de ces algorithmes réalisent-elles ces utopies ? Quel impact sur les gouvernances urbaines ? Comment les discours sur la ville numérique et les vertus qui lui sont allouées ont aiguillé l'innovation des algorithmes appliqués à l'urbanisme ?

Ensuite, nous nous intéresserons aux parties prenantes de ces innovations en tentant de dresser une typologie d'acteurs. L'objectif est de montrer l'intérêt de ces acteurs à s'intéresser à l'espace urbain et ce que leur dispositif implique en termes d'usage et de mutation de l'urbanité. Quel rôle tiennent les GAFA dans ces mutations ? De quelles logiques relève l'essor de nouveaux acteurs et plateformes ? Quelles sont leurs implications dans le développement d'urbalgorithme ?

Enfin, nous aborderons la question de l'hybridation des connaissances. Nous faisons l'hypothèse que l'introduction des algorithmes comme outils professionnels amène l'urbaniste à s'intéresser à la structure de l'outil informatique. L'intérêt étant de pouvoir s'affranchir des développeurs de ces outils. Existe-t-il une autre disruption ? La recherche d'autonomie est-elle due à des aspirations professionnelles ou à des logiques entre acteurs ? Cette hybridation recompose-t-elle les savoirs de l'urbanisme ?

1. L'incursion des algorithmes dans les métiers de l'urbanisme.

1.1. Le rôle de l'imaginaire : La méthode *futurecraft*

La méthode du *futurecraft* constitue une option intéressante pour explorer les possibilités du futur. Dans l'étude des systèmes urbains, cette méthode a été utilisée par deux chercheurs du MIT pour décrire la ville future, dotée de capteurs, de réseaux et les impacts que cela aurait sur les pratiques urbaines.

La méthode adoptée est la suivante :

« [...] nous posons des scénarios futurs (généralement formulé comme des questions "Et si ?") pour méditer leurs conséquences et leurs prérequis, de partager les idées qui en découlent et les implanter dans le débat public. » (Ratti et Claudel 2016, p.5)

L'objectif est donc de se placer en tant qu'urbaniste dans un futur « possible, mais fictif » pour s'interroger sur les mutations observables et leurs conséquences sur les formes urbaines, l'urbanité et les gouvernances. Cette méthode permet de fiabiliser l'utopie urbaine en termes de recueil de données et de construction de connaissances urbaines. Issues de la science-fiction, les utopies des cités du futur ont été démocratisées par plusieurs médias rendant la fiction de plus en plus réaliste. La question que nous pouvons nous poser est la place que tient ce registre dans les étapes de Recherche & Développement des algorithmes appliquées à l'urbanisme.

1.2. Les utopies : sources d'innovations

L'objectif ici est de décrire les logiques d'influence qui existent entre une image mentale idéalisant un contexte futur et les innovations qui surviennent à la suite de sa mise en récit dans les livres ou les films.

Les utopies ont depuis toujours été support d'innovation ou porteur de message. Dès la renaissance, la « *Citta Ideale* » (Denison 2013, p.100) était une place utopique qui révolutionna les méthodes de dessin architecturaux. Plus récemment, certains plans de Le Corbusier sûrement trop utopiques pour les concrétiser, ont servi de références dans le dessin de certaines villes.

On remarque également que chaque utopie puise ses racines dans son contexte historique. Elle révèle également le regard de son auteur sur la période durant laquelle il vit. Parfois à contre-courant des paradigmes économiques et sociaux, elles ont été des supports sur lesquels se sont fondés des discours politiques ou des innovations techniques.

Il faut néanmoins nuancer le propos en disant que toutes les utopies n'ont pas été sources d'innovations dans ces domaines et que les expérimentations de certaines d'entre elles se sont révélées néfastes dans certains cas. Toute innovation n'est pas le fruit d'une utopie.

Il a été montré dans un certain nombre d'études l'influence de la science-fiction sur la construction du cyberspace et sur un certain nombre d'autres sujets.

« Les utopies de la science-fiction sont au service de l'innovation. Elles sont très populaires, car elles concernent la plupart des secteurs technologiques. Un grand nombre de romans de science-fiction sont d'ailleurs écrits par des scientifiques, souvent d'origine américaine. Ils contribuent ainsi à l'effort de décryptage de l'inconscient prophétique et au déploiement d'un imaginaire prospectif et performatif participant au processus d'innovation technoscientifique. »(Michaud 2014, p. 230)

Ainsi, on peut spéculer sur le fait que des récits futuristes à l'image de *Blade Runner* (Scott, 1982) ou *Minority Report* (Spielberg, 2002) ont influencé la culture populaire d'une époque qui a connu bon nombre d'évolutions en matière informatique. Les ingénieurs et dirigeants d'entreprise innovante dans ce domaine ont été bercés par ces récits, ce qui a impacté leur action en matière de recherche et développement.

« L'innovation est le produit de l'imaginaire d'équipes de recherche qui avaient pour perspective de réaliser les visions de quelques prospectivistes ou futurologues, dont la fonction n'est plus seulement de décrire le futur, tels des prophètes, mais aussi de proposer aux scientifiques des utopies à réaliser »
(Michaud 2014, p.231)

Dans le domaine de l'urbanisme et des évolutions urbaines en cours, Antoine Picon a signé un ouvrage fondateur sur la vision des utopies et le rôle que celles-ci tiennent dans l'accomplissement des villes intelligentes.

« L'idéal autoréalisateur » soutient l'idée selon laquelle un certain nombre de récits et de descriptions inclus dans des œuvres cinématographiques correspond à certaines expérimentations dans des domaines variés comme la mobilité, la construction et la gouvernance urbaine.

Il convient désormais d'étudier ce que ces expérimentations apportent en matière de connaissances, d'innovations politiques et des formes urbaines. Comment ces attributs modifient les méthodes de travail des urbanistes et autres professionnels de l'aménagement ?

1.3. L'expérimentation : Spatialiser l'innovation

La question de l'expérimentation urbaine est un enjeu important de nos sociétés du numérique. Cette culture du « test », de l'expérience nous vient des sciences de l'ingénieur. L'enjeu pour les acteurs d'un projet est d'apprendre et de récupérer de la donnée sur la mise en marche d'un service, un réseau ou même un aménagement. Cette accumulation d'expérimentation permet de sédimenter de la connaissance sur les vertus et les risques du dispositif soumis.

Les expérimentations présentent un double intérêt pour les gouvernances urbaines. D'abord elles permettent de développer des méthodes innovantes de projets urbains et de comprendre les mutations urbaines en cours :

[...] l'urbanisme expérimental en tant que mode de gouvernance invite à analyser les expérimentations comme des points d'entrée empirique théorique pour l'étude des transformations urbaines contemporaines [...] (Courmont 2019, p.49)

Ensuite, elles sont un support médiatique pour la communication urbaine. La mise en place d'une expérimentation indique l'enclin des gouvernances à en accueillir de plus en plus sur leurs territoires. Cet outil peut être considéré comme un attrait compétitif et attractif des territoires.

Néanmoins, l'expérimentation commence à montrer ces limites. Les acteurs de projet comme *Masdar city*, ont fait preuve d'un certain aveuglement face aux promesses des technologies :

« Les villes nouvelles créées sous ces auspices, Masdar et Songdo, ne dépassent pas le stade de réalisations expérimentales et restent des projets désincarnés, pénalisés sans doute par les approches technos centrées de leurs concepteurs, loin des multiples facettes des priorités des habitants à venir. » (Soupizet 2020, p.50)

Dans le cas d'expérimentations d'algorithmes, plusieurs facteurs sont déterminants dans leur mise en place. Le caractère innovant de ces expérimentations nécessite une forte présence d'entreprises de développement sur le territoire. Le domaine technologique nécessite également un travail de R et D important. C'est pourquoi la proximité et les partenariats entre entreprises et universités constituent la base de toutes innovations dans ce domaine.

Les parties déterminantes des expérimentations numériques urbaines furent décrites comme telles (Laurent, Pontille, et Talvard 2019) :

- Des « expérimentateurs » : catégorie d'acteurs prenant part à la mise en place des expérimentations. Cette catégorie rassemble les entités facilitant la mise en place de ces dispositifs c'est-à-dire les acteurs de la gouvernance urbaine, mais aussi des tiers tels que des associations ou des entreprises jouant le rôle de relais entre les développeurs et les autorités locales.
- Des « entités expérimentales » : l'objet qui est testé, un service ou une infrastructure. Il s'agit autant de son fonctionnement que de sa pertinence d'usage.
- Un « laboratoire » : périmètre géographique dans lequel l'entité est testée. La délimitation de ce périmètre est le fruit d'une négociation entre expérimentateurs. Il s'agit également de la perception que les expérimentateurs ont de l'environnement urbain.
- Une « audience » : acteurs tiers qui pourront attester de la pertinence des résultats de l'expérience et légitimeront de fait les expérimentateurs dans l'action menée. Ce parti est autant important pour les autorités des villes expérimentatrices qui fondent leur légitimité sur l'action expérimentale que, pour l'image de marque des entreprises partenaires.

Si l'expérimentation présente de nombreux avantages, elle est également très gourmande en engagement d'acteurs impliqués. La question se pose alors pour les territoires souhaitant développer leur activité économique autour du numérique et accueillir des expérimentations pour en faire des démonstrateurs de l'efficacité des politiques et de l'attractivité du territoire.

Pour attirer l'ensemble des parties requises pour une telle action, certains acteurs du territoire investissent dans des structures visant à accueillir des entreprises innovantes voulant expérimenter leurs produits sur le territoire. Une de ces structures existe sur le territoire d'Aix-en-Provence : The Camp. Elle est le résultat d'un consortium entre des entreprises de différents secteurs et des acteurs territoriaux y compris la municipalité et l'État. Le principe même de The Camp est présenté comme expérimental. Elle se comprend comme une expérimentation porteuse d'innovation dans différents domaines y compris celui du génie urbain.

Des expérimentations comme Virtual Singapour ou Aix Smart Places tendent à se généraliser et à devenir des services urbains de premier plan. L'essor de ceux-ci place le gestionnaire urbain dans une position de management de ces nouvelles infrastructures.

La notion d'infrastructure est une sorte de trou de ver existant entre les savoirs urbains et ceux de l'informatique. Dans l'un, elle définit les réseaux techniques reliant des dispositifs techniques et des bâtiments. Dans l'autre, cette notion définit un réseau d'infrastructures vectrices de requêtes et de réponses entre utilisateurs, serveurs, et bases de données (voir Illustration 1).

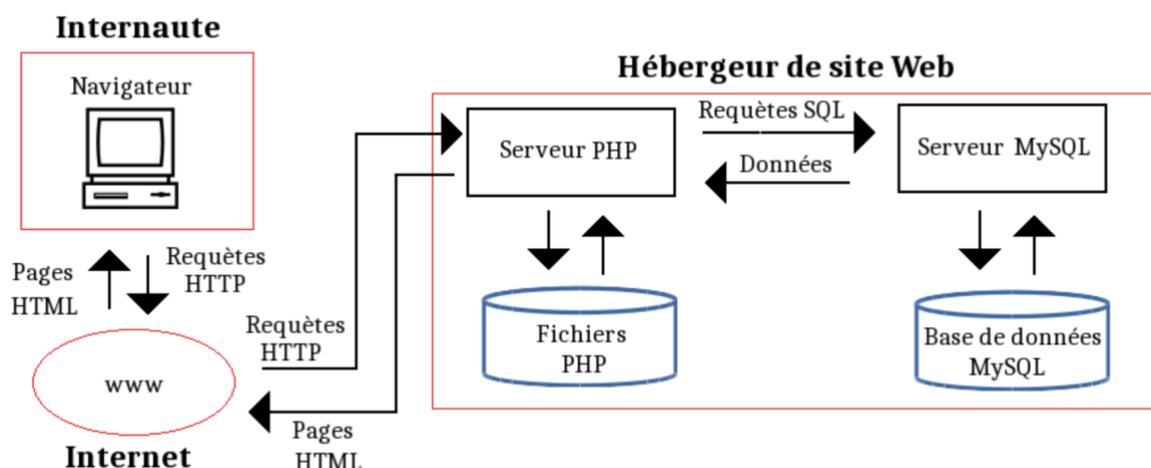


Illustration 4 : Ce schéma représente le cheminement d'une demande d'un utilisateur sur une infrastructure web reliant un site et des bases de données — Source : <http://www.turrier.fr/articles/php-mysql-creer-bdd/php-mysql-creer-bdd.php?fbclid=IwAR1CnUM6zUZT2FJdK5azmx>

Pour conclure cette partie, les expérimentations sont en passe de devenir un vecteur de changement dans nos manières de percevoir notre environnement urbain en tant que citoyen ainsi que professionnel. L'expérience fut longtemps l'apanage de laboratoires de recherches, mais elles tendent à devenir des outils professionnels à part entière.

Elle donne à voir les signes avant-coureurs de nouvelles manières de faire la ville. La maîtrise de ces outils est également sujette à des tensions et alliances entre des milieux professionnels différents. L'évolution de l'informatique et de l'urbanisme s'est coordonnée depuis les années 1960. Cette structuration a fait émerger de nouveaux besoins, discours et connaissances.

1.4. Le croisement de tracés historiques : Les trajectoires de l'urbanisme et de l'informatique.

L'idée dans cette partie est d'étudier les événements communs entre ces disciplines pour mesurer les influences réciproques. Preuve de ce croisement épistémologique, certains postes professionnels dans le domaine portent la dénomination d'« architecte » ou « urbaniste des systèmes informatiques ».

Certains architectes-urbanistes de formation ont fortement contribué à l'avancée technologique dans le domaine des algorithmes et des logiciels de dessin.

La méthode de l'entrecroisement est fortement inspirée de ce que proposait Stanislas Chaillou lors de sa conférence inaugurale de l'exposition « IA & Architecture » (Chaillou 2020, Paris). L'objectif était de montrer l'évolution des innovations technologiques en rapport avec le développement des théories architecturales modernes et contemporaines (voir image ci-dessous).

Dans le cadre de sa présentation, S. Chaillou décrit le mouvement qui a mené à l'usage de l'IA dans le travail architectural. En effet, l'histoire relativement récente des théories en architecture montre une volonté de rationaliser la méthode et les usages de cette pratique. Cette rationalisation s'est accompagnée d'une accélération des innovations en matière de systèmes informatisés.

Il montre également que la sédimentation des théories en architecture a été la source de nombreuses innovations dans ces domaines.

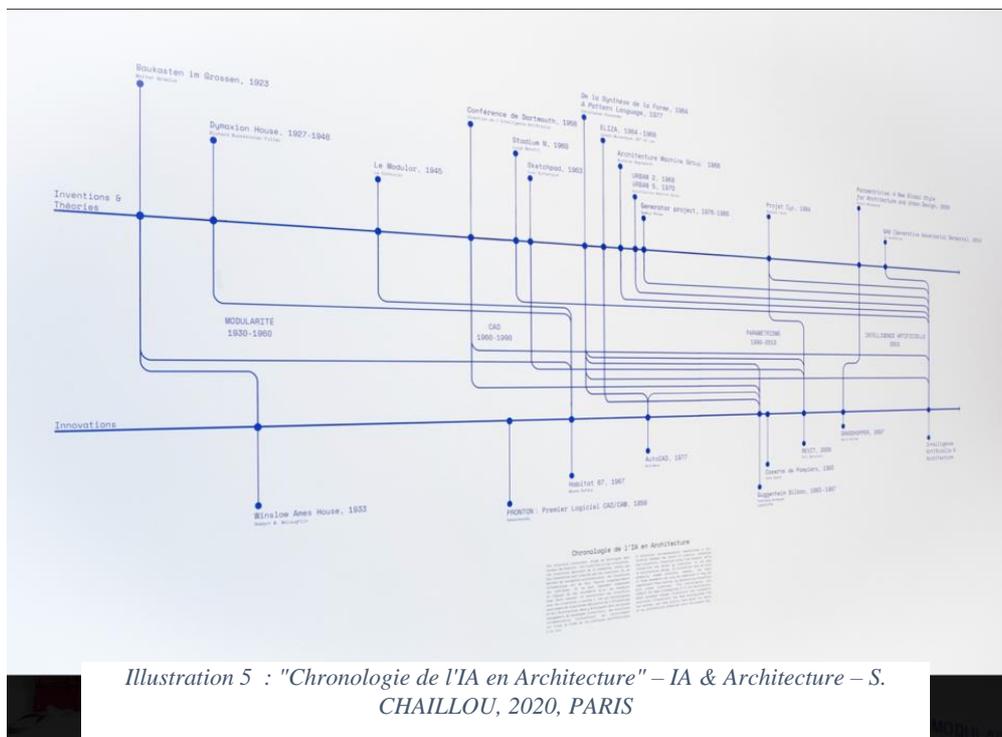


Illustration 5 : "Chronologie de l'IA en Architecture" – IA & Architecture – S. CHAILLOU, 2020, PARIS

Durant la visite² de cette exposition, une chose était à noter : les acteurs principaux de la mise au point de la systématisation informatique de l'architecture étaient eux-mêmes architectes. On peut en déduire qu'au balbutiement des logiciels de dessins, de représentation puis d'analyse, se trouvaient des pionniers aux connaissances hybrides entre architectes de métiers ayant inventé des outils informatiques nouveaux répondants à leurs besoins.

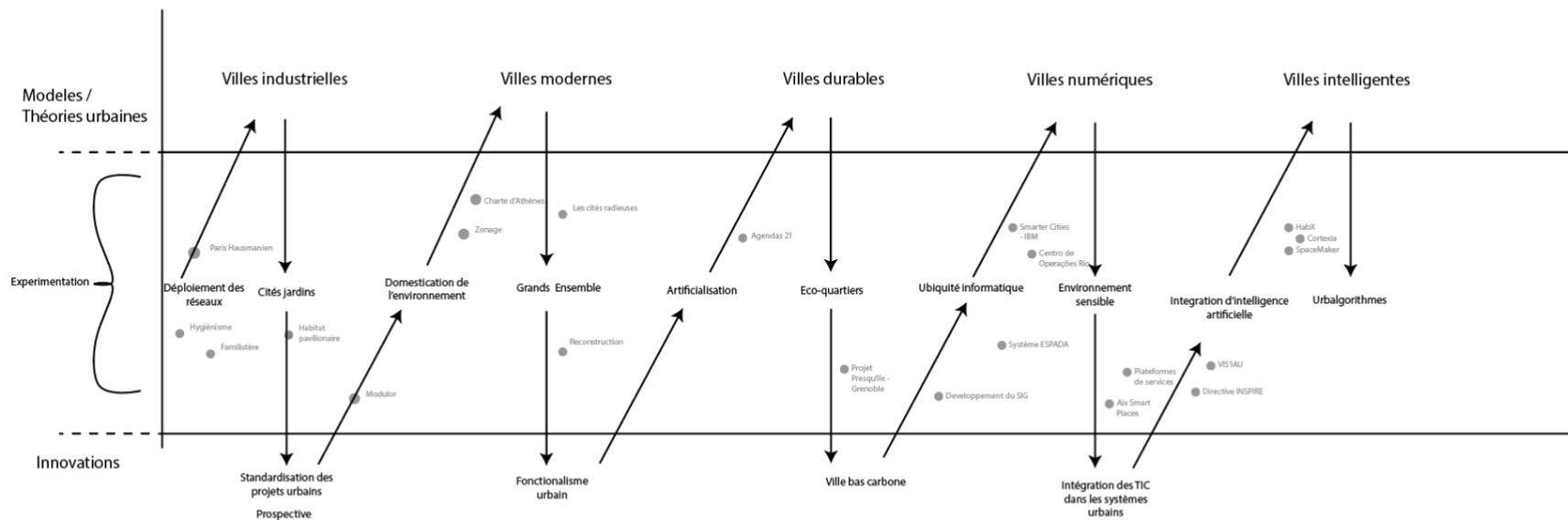
Je vous propose de partir de ce cadre d'analyse pour décrire l'évolution des théories et inventions autour de la ville.

Pour représenter cette évolution nous pouvons partir du postulat développé par B. Secchi selon lequel :

« Les différentes formes du projet urbanistique restent composées de scénarios situés à l'intérieur de l'axe temporel. Les scénarios et les stratégies établissent [...] une distance à l'intérieur de laquelle se situe le projet de la ville, le plan et les politiques urbaines. » (Secchi et Ingallina 2011, 136)

Les « scénarios » étant construits à partir de l'observation du monde actuel et de son histoire, on peut supposer que chacune des figures de la ville moderne, durable ou numérique sont construites à partir de scénarios créés à partir de l'observation des projets et de leurs effets sur la ville et les innovations portées par ceux-ci. Se dessinent alors des liens de cause à effet entre scénarios, « figures » de la ville, projets et innovations. Une sorte de suite algorithmique qui par récurrence historique apporte de nouveaux savoirs et savoir-faire dans la sédimentation des connaissances urbaines.

² Visite virtuelle de l'exposition de Stanislas Chaillou « IA & Architecture » : <http://stanislaschaillou.com/arsenal/vtour/tour.html>



Source : Alexandre DEPETRIS - IUGA - 2020

Illustration 6 : Suite algorithmique de l'urbanisme

On remarque dès l'essor des TIC et des technologies comme le CAD que les urbanistes, les designers et architectes ont progressivement trouvé de nouveaux usages aux algorithmes. Que ce soit pour la gestion des réseaux, la conception des formes, ou les mises en œuvre de politiques territoriales, les NTIC et algorithmes ont été mis à contribution dans l'avènement d'une ville toujours plus vertueuse et résiliente.

Cela s'explique également par le fait que le développement des TIC et des interfaces utilisateurs s'est fortement développé dans les années 1980 durant lesquelles les sujets environnementaux ont pris de plus en plus de place dans le développement des théories et politiques urbaines. La question de l'intégration des TIC et des algorithmes est aussi liée aux différentes compétences de l'urbaniste.

1.5. Les algorithmes : une incursion progressive dans les usages professionnels

Les avancées théoriques donnent lieu à différentes innovations dans le domaine de l'urbanisme. Tant sur la forme que sur le fond, les productions urbaines sont enrichies au gré des inventions et des innovations. Par la flexibilité opérationnelle qu'offrent les algorithmes, les paramètres permettant de construire des scénarios, les plans et les projets sont beaucoup plus flexibles.

La forme la plus avancée d'algorithme que nous connaissons aujourd'hui, tant dans sa complexité que dans son niveau de performance, est celle faisant appel à des dispositifs d'intelligence artificielle.

Les réflexions autour du rôle que peut jouer l'IA dans la performance des territoires se font de plus en plus perceptibles et lisibles dans le domaine universitaire et de la recherche (FORUM EUROPÉEN D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE TERRITORIALE s. d.), qu'en est-il des innovations dans les outils de l'urbanisme ?

Dans cette partie, l'objectif est de situer le degré de complexité algorithmique permettant de modifier en temps réel les données acquises sur le territoire dans les outils proposés aux professions d'architectes, urbanistes et décideurs territoriaux.

Pour ce faire, il est nécessaire de distinguer quatre niveaux d'utilisation d'algorithmes dans les usages professionnels des urbanistes :

- Le premier niveau désigne les outils conceptuels auxquels l'urbaniste fait appel. Pour les utiliser, le professionnel n'a pas recours à des outils algorithmiques.
- Le second niveau rassemble les outils informatisés. C'est-à-dire des outils sous forme de logiciel software. Ces outils sont pour la plupart des aides à la décision comme la SIG ou des aides à la représentation comme le CAD ou traitement photo.
- Les dispositifs dématérialisés, du troisième niveau sont pour la plupart basés sur la logique de plateforme. À l'image des infrastructures collaboratives, ces plateformes vont être vectrices de facilité dans le traitement des demandes d'urbanisme ou de négociations autour d'un projet. Suivant les modalités d'accueils (ouverte/fermée) et

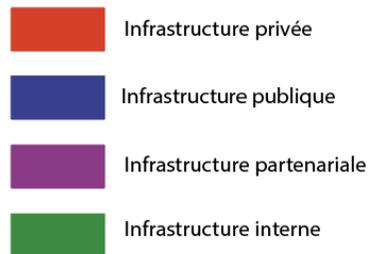
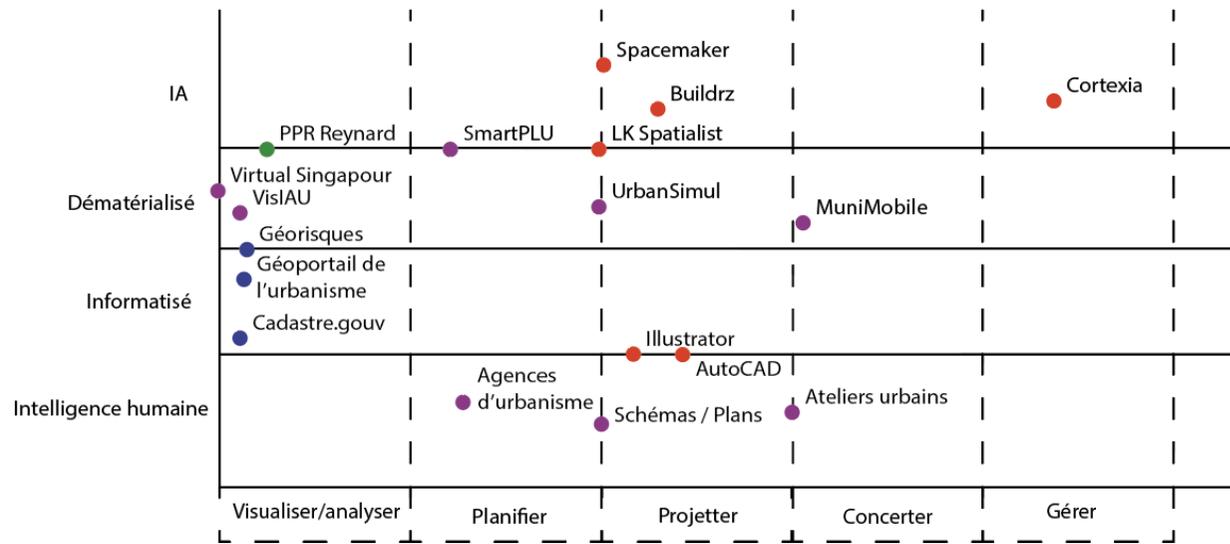
le gestionnaire de celle-ci (publique/privée), les utilisateurs auront des marges de liberté plus ou moins grandes.

- Le dernier niveau concerne l'IA, dont les outils sont amenés à devenir des acteurs à part entière du projet urbain. Suivant les modalités de la commande faite auprès de l'algorithme, l'outil va effectuer plusieurs propositions et les soumettre aux autres acteurs du projet.

Cette classification se fait sur une sélection de vingt outils que les architectes, urbanistes utilisent. Le premier paramètre pris en compte est l'usage : la planification, la projection, l'analyse et l'animation sont les quatre piliers qui constituent notre savoir et notre savoir-faire. Les modalités d'utilisation sont différentes selon l'outil et le public concerné. Par exemple, l'outil de traitement des ERP « Cabinet Reynard » n'est accessible et utilisé exclusivement par le cabinet Reynard à Lyon. Pour le moment, il n'est pas accessible à d'autres acteurs.

C'est pour cela que les dispositifs sont différenciés par appartenance :

- Les infrastructures internes : Développées par sous-traitance ou en interne, ces infrastructures sont pour l'essentiel situées dans la structure qui l'utilise pour répondre à un besoin spécifique.
- Les infrastructures privées : Essentiellement des produits ou services déconcentrés ou téléchargeables qui se basent sur le commerce informatique classique de « vente de solutions ». Ces produits sont voués à devenir de plus en plus performants et à couvrir de plus en plus de besoins professionnels.
- Les infrastructures publiques : Elles relèvent du renseignement public, souvent sur le web, ces solutions sont institutionnelles et couvrent les besoins des particuliers et professionnels. Néanmoins, certaines modalités d'accès peuvent permettre aux professionnels d'acquérir des données plus détaillées.
- Les infrastructures hybrides : Souvent le fruit d'expérimentations conjointes entre un acteur public et une entreprise. Ces infrastructures sont vouées à être développées et évoluer pour favoriser l'essor de nouveaux services.



Source : Alexandre DEPETRIS - 2020

Illustration 7 : Diagramme des outils de l'urbanisme dans les années 2020

On réalise au regard de ce graphique que l'on assiste à un perfectionnement des outils de l'urbanisme. Les avancées dans le domaine de l'intelligence artificielle permettent de développer de nouvelles solutions informatiques et améliorer les solutions préexistantes.

Les innovations sont aussi nombreuses que les acteurs émergents dans la fourniture de ces outils, du géant de l'informatique à la start-up expérimentale. De plus en plus de développeurs proposent des services et outils visant à mieux informer le public sur leur environnement urbain ou augmenter les capacités des acteurs de projets.

2. Les fournisseurs d'algorithmes : Un panel varié

Les innovations en matière d'algorithmes et de dispositifs d'IA nécessitent encore un investissement important en développement et une acquisition des données en continu. Ce travail titanesque nécessite un écosystème d'acteurs basés sur des symbioses et des dominations. Nous verrons dans cette partie différents acteurs de ce secteur prenant part à la recherche et le développement de nouvelles solutions en matière d'urbalgorithme.

Tout d'abord, situons la place des géants du secteur dans la mise au point et dans le développement de nouveaux services urbains. Ensuite, nous étudierons le développement d'un écosystème de startup visant à développer de nouveaux outils et services pour divers publics. Enfin, nous montrerons les controverses que suscitent ces urbalgorithmes en matière d'usage et d'éthique professionnelle.

2.1 Le rôle des géants : pourvoyeurs de nouvelles utopies

Les utopies motivent l'innovation en urbanisme comme en informatique. Elles sont vectrices d'expérimentations elles-mêmes révélatrices de relations entre acteurs et territoires. Il se trouve que depuis les années 1980, les géants de l'informatique cherchent à capitaliser sur le phénomène utopique pour dynamiser leurs produits et services et ainsi capter les données personnelles de la majorité de la population. Cette stratégie utopiste concerne des domaines très variés, l'innovation urbaine y compris.

Apple Park, Google City, Smart City IBM, derrière ces noms se cachent des projets gigantesques de création d'espaces urbains voués à servir d'espaces d'expérimentations et de démonstrations. Ces projets prennent place dans des territoires déjà très marqués par ce type d'expérimentations ou d'industries des TIC (Toronto, San Francisco, Palo Alto). Ces projets font également naître de nouveaux débats au sein des communautés scientifiques. Parmi elles, les sciences urbaines viennent à se demander l'impact que ces géants auront sur la qualité de vie des habitants ou les modes de fonctionnement de ces villes ou quartier d'un genre nouveau (Haëntjens, 2018).

Ils sont également des produits commerciaux visant à s'appropriier les valeurs ajoutées par les différentes fonctions urbaines. La mobilité, le traitement des déchets et l'habitat sont des enjeux qui permettent à ces entreprises de diversifier leurs activités tout en gardant leurs enjeux premiers : la récolte de données à grande échelle.

2.2 La course à la disruption : L'émergence de la PropTech

En parallèle de ces projets utopiques créés par les GAFA, d'autres acteurs du numérique, d'une taille souvent plus modeste, prennent part à l'élaboration d'outils numériques à destination des professionnels de l'immobilier ou bien à destination du public directement.

Le secteur se développe rapidement et se calque sur la fluctuation du marché immobilier. La plupart des entreprises du secteur sont des startups et des filiales de grands groupes de promotion immobilière.

En matière de gestion immobilière, Claire Juillard, docteur en sociologie et spécialiste de la ville et de l'immobilier, explique dans son rapport l'évolution du rôle de l'État dans la production de données relatives par exemple aux prix des loyers. L'État joue un rôle central dans le développement de start-up dans le secteur de la gestion immobilière :

« Par la mise à disposition de ses données, le rôle de l'État est central dans le développement des startups de la PropTech. Ces dernières proposent des modalités de valorisation des données centrées sur les outils de croisement et de visualisation. Cette valorisation secondaire des données publiques »
(Juillard 2020, p.3)

La définition de la PropTech est, toujours selon Claire Juillard :

La PropTech, contraction de property et technology, rassemble les startups qui développent des outils et services innovants, en concurrence ou pour la majorité, à destination des professionnels de l'immobilier. (Juillard 2020, p.13)

L'objectif dans cette partie est de démontrer, qu'à l'image de la *PropTech*, il existe une *UrbaTech* désignant, dans les mêmes termes un ensemble d'entreprises visant à concurrencer ou destinées aux professionnels de l'urbanisme.

Pour ce faire, je propose d'étudier trois cas d'entreprise intervenant dans les domaines de l'urbanisme. Elles ont pour point commun de faire appel à des algorithmes d'intelligence artificielle dans le cadre de leur activité.

2.2.1. SpaceMakers : La simulation du projet urbain par l'IA

L'entreprise *Spacemaker* propose un logiciel d'assistance pour les architectes et designers urbains. Ce logiciel constitue un recours à un dispositif d'intelligence artificielle pour « maximiser le potentiel d'un site constructible » (Page d'accueil du Site SpaceMaker s. d.). L'algorithme effectue une première sélection des sites constructibles renseignés par l'utilisateur puis propose différentes analyses sur ces différents sites sélectionnés. Pour fonctionner, un certain nombre de données et de paramétrages sont nécessaires à l'algorithme :

- Des données sur l'environnement physique
- Des données des différents zonages règlementaires du territoire
- Des paramètres sur le niveau d'exigences environnementales
- Des paramètres concernant le « standing » recherché³.

Les données sont fournies par les plateformes de mise en ligne de données cartographiques institutionnelles (type géoportail IGN et géoportail de l'urbanisme dans le cas français). Les paramètres seront directement spécifiés par l'utilisateur dans son interface.

Suite au renseignement des différentes données, l'algorithme les croise, les assimile. « Le moteur IA » génère des solutions, les analyse et y apporte des corrections. Il répète ces opérations plusieurs fois pour générer des solutions optimisées et pertinentes pour le projet considéré.

Les arguments mis en avant par les promoteurs de ces projets sont en relation avec l'importance de produire des logements plus rapidement pour répondre à la croissance de la population urbaine future. L'idée est donc de fournir un outil qui permettrait de produire plus vite en déléguant les réflexions du projet urbain à une intelligence artificielle.

Un second argument, est de dire que l'IA permettrait dans ce cas, d'apporter des solutions supplémentaires à des problématiques de dents creuses, d'optimisation foncière et, de fait limiterait l'expansion urbaine.

Si l'idée semble séduisante et satisfaisante, elle n'est pas sans risque. On peut supposer par exemple que ce mode de dessin du projet effacerait toute la réflexion collective développée en amont de la phase de projection urbaine. Selon l'utilisateur, cette technologie reflèterait de manière impartiale les intérêts économiques et politiques de celui-ci.

Le second risque est la perte progressive des savoir-faire de l'urbanisme et de l'architecture. Au-delà d'une question de légitimité, ces acteurs risquent peu à peu de perdre en compétences et en savoir pour devenir des analystes des productions générées par la machine.

³ Page d'accueil de l'entreprise SpaceMaker : <https://spacemaker.ai>

2.2.2. HabX : Une individuation des projets de logement

HabX est une start-up prônant l'utilisation des dispositifs d'intelligence artificielle pour permettre « la personnalisation de logements neufs ». L'enjeu pour cette entreprise est de permettre aux futurs habitants de prendre part à la conception de leur futur bien.

Le rôle de l'IA dans ce cas est la génération d'une multitude de plans d'intérieurs pour les soumettre aux futurs acquéreurs.

L'IA a donc un rôle plus productif que réflexif, l'enjeu est de produire beaucoup et vite selon les contraintes qui lui sont imposées à savoir :

- Les préférences du client : Le nombre de pièces, leur taille, etc.
- L'enveloppe du projet : Le projet architectural du bâtiment figurant sur le permis de construire.
- Les règles et normes liées à la construction : les normes handicapées, environnementales, d'urbanisme et d'architecture.

Le recours à l'IA sert donc à intégrer toutes ces données pour que l'algorithme puisse générer des plans. Le développeur de l'outil a pour rôle de fixer des règles de production de ces plans. Il peut demander à la machine de respecter l'axonométrie des murs, les tailles des pièces, le nombre d'angles, les localisations d'ouverture, etc., la distribution des pièces.

Pour ce faire, HabX a recours à un type d'intelligence artificielle appelée « algorithme génétique » : l'algorithme va produire un premier plan qu'il fera « muter » pour créer d'autres « individus » qui seront évalués par rapport aux règles fixées par l'utilisateur.

Les meilleurs plans générés selon cette évaluation pourront « se reproduire », se mélanger, pour en créer de nouveaux.

L'enjeu pour cette entreprise est de démocratiser et simplifier la conception du logement. L'algorithme propose plusieurs solutions directement au futur acquéreur qui le soumettra à un architecte qui « affinera le travail ».

L'apport de cette technologie est un gain en productivité des acteurs du projet. Le promoteur immobilier pourra satisfaire les besoins de ces clients beaucoup plus simplement et rapidement (la production du plan se fait en 60 secondes environ).

L'architecte occupe une place beaucoup plus ambivalente dans le processus du projet intégrant ce type d'algorithme. La productivité y gagnera ce que la légitimité y perdra. Ses choix pourraient être remis en question par ses clients et complexifieraient sa tâche.

HabX pourrait marquer un certain progrès dans la production de logements à grande échelle et permettrait une réelle implication de l'acquéreur dans la production du logement, mais pourrait également créer de nouvelles problématiques et des tensions entre les acteurs du même processus. (Dolla 2020)

2.2.3. Cabinet Reynard : Une industrialisation du renseignement d'urbanisme

Le cabinet Reynard est un cabinet d'urbanisme réglementaire travaillant pour divers professionnels de l'immobilier et du notariat. L'équipe a pour rôle de produire des documents de renseignements d'urbanisme synthétisant les servitudes figurant sur différents plans réglementaires. Les documents produits sont annexés aux actes notariés ou aux baux de location.

Parmi ces documents, les États des Risques et Pollutions, documents obligatoires dans les transactions sis dans une liste de communes fixée par arrêtés préfectoraux. Pour la production de ce document, le cabinet Reynard a opté pour le développement d'un algorithme utilisant une forme d'intelligence artificielle pour traiter des données contenues dans un Système d'Information Géographique et rédiger automatiquement le document final.

Ce programme a suscité des interrogations sur son fonctionnement et des tensions entre les utilisateurs et le développeur.

La première de ces interrogations fut celle de l'autonomie de l'utilisateur : en effet, certaines fonctionnalités du programme vouées à enrichir la base de données sont retenues par le développeur.

La seconde fut celle de la fiabilité des résultats. Le document sortant pouvait comporter certaines erreurs récurrentes qui étaient incorrigibles par l'utilisateur, ce qui l'obligeait à régénérer le document.

La troisième interrogation était l'intérêt de la tâche confiée à l'utilisateur. Ma mission initiale était de produire des ERP tout en améliorant et enrichissant la base de données du SIG afin de pouvoir produire automatiquement ces documents sur un plus grand territoire. Le fait est que le rythme soutenu des demandes ainsi que la maigre marge d'utilisation du logiciel me reléguèrent à une mission unique d'enregistrement des demandes en entrée du processus productif et à la production à la chaîne des documents.

Le logiciel, par son niveau de performance, et son degré d'ouverture ont restreint les missions confiées et remis en cause l'engagement initial de la mission : créer la nomenclature et enrichir les données des états des risques et pollutions.

En conclusion, cet algorithme constitue un nouvel outil de production rapide des États des Risques et Pollutions, mais génère de nouveaux conflits entre les équipes du cabinet et celles du développeur au niveau des performances et sa fiabilité. Les tensions ont un effet de plafond dans l'amélioration de la base de données et de l'acquisition de connaissances remettant ainsi en cause l'intérêt des opérateurs pour leurs missions.

2.2.4. Cortexia : la gestion des déchets par l'IA

Cortexia est une start-up à destination des administrations urbaines chargées de la gestion des déchets. Il s'agit de proposer un algorithme recourant à l'intelligence artificielle pour cartographier l'espace urbain et repérer les endroits où il existe un amoncellement chronique.

L'algorithme analyse des images fixées aux véhicules d'entretien de la voirie et y repère les débris. Les milliers d'images analysées permettent à l'algorithme d'avoir une base statistique du nombre et de la nature des déchets par zones nettoyées. Cette base statistique permet aux autorités locales de rééquilibrer leurs besoins de nettoyage de ces zones ou de mettre en place de nouvelles politiques de gestion des déchets.

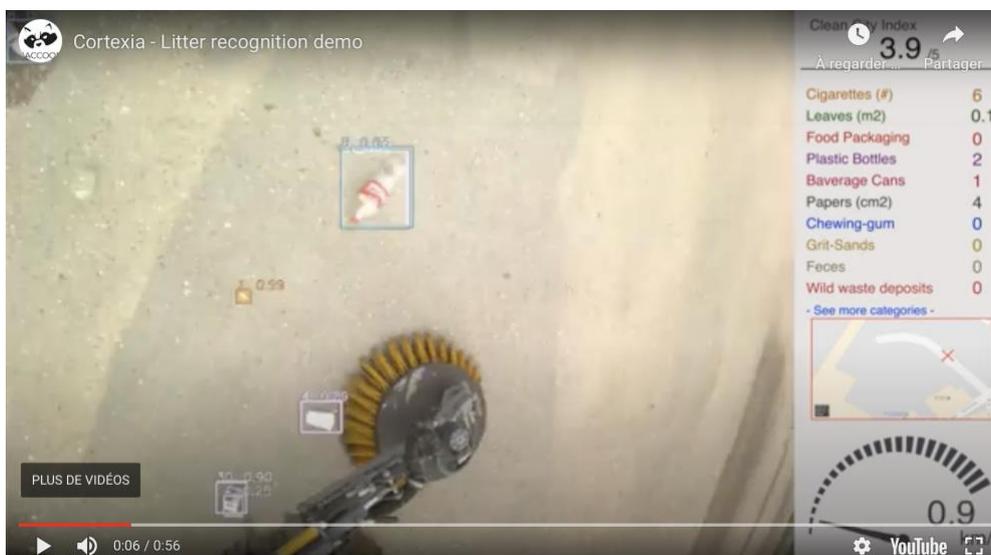


Illustration 8 : L'algorithme permet d'analyser la présence d'une bouteille en plastique sur cette zone –

Source : <https://www.cortexia.ch>

Cette technologie est vouée à optimiser les moyens publics de nettoyage de la voirie. Derrière l'enjeu de la propreté de l'espace urbain, il y a un enjeu environnemental important.

Cette technologie permettrait notamment de concentrer des moyens plus importants dans certaines zones de la ville, par une fréquence adaptée de passage des balayeuses.

Si cette technologie présente un intérêt environnemental et économique, elle pose néanmoins des questions sociales. On peut supposer que cette technologie soit utilisée à des fins de traçage de l'activité des équipes techniques et aussi stigmatiser la population. Elle peut également réduire le champ de réflexion dans les zones les plus sales et occulter la causalité de ces inégalités.

En somme, elle permet, sur le plan politique et environnemental de valoriser l'action des services municipaux en matière de gestion de la propreté de la voirie publique, mais comporte des failles en matière sociale.

Ces quatre exemples montrent l'importance croissante des technologies algorithmiques dans nos métiers de l'aménagement et de la gestion urbaine. Les expérimentations menées par des start-up, dont le corpus professionnel est hybride entre architectes et développeurs informatiques, apportent des solutions de productivité et d'efficacité aux professionnels tout en les repositionnant dans le processus du projet. Au-delà des questions de légitimité, c'est le contenu des missions qui mue, l'urbaniste aménageur se change en *data scientist* dont la mission est de pondérer les résultats des algorithmes d'IA par ses connaissances. L'enjeu pour le professionnel est de se repositionner face à cet outil pour s'émanciper de cette nouvelle place infirme d'analyste de résultats pour devenir gestionnaire de l'outil.

Ce repositionnement appelle à un effort d'élargissement des savoirs urbains à des notions d'infrastructures informatiques, d'encodage des procédures d'urbanisme et de management de plateforme. En somme, l'urbanisme souvent situé entre le champ théorique de l'architecture et de la géographie doit ajouter à son corpus des savoirs une troisième composante qui est l'algorithmique.

3. Hybridation progressive des compétences en aménagement et informatique : Une personnalisation des algorithmes

Les nouveaux usages urbains des algorithmes en matière de conception et de gestion urbaine nécessitent, de la part des professionnels de l'urbanisme de diversifier leurs savoirs. Ne serait-ce que pour dialoguer avec des acteurs, pourvoyeurs d'algorithmes, cerner les enjeux qui se dessinent derrière les termes « *smart-grids* », « *smart-city* » ou d'*intelligence artificielle*.

Cette compréhension des notions algorithmiques est également un enjeu d'indépendance et d'épistémologie. D'une part, l'aménageur, le gestionnaire ou le designer urbain doit comprendre les nouveaux usages des algorithmes, mais aussi se les approprier pour s'affranchir d'une dépendance du secteur informatique parfois synonyme de désintérêt pour la tâche à accomplir et d'un surcoût des projets urbains liés à une assistance continue.

D'autre part, les attentes du public en matière de communication sur les projets urbains demandent de plus en plus de mise en immersion. Les dispositifs techniques nécessaires à l'émergence de la ville numérique et la cartographie interactive font naître de nouvelles sources de connaissances et de données en matière d'urbanisme. Ces connaissances étant exploitables par l'intermédiaire des algorithmes, l'urbaniste doit s'intéresser à leur fonctionnement et leurs usages.

Nous verrons dans un premier temps, à travers le cas du Cabinet Reynard, l'intérêt pour l'urbaniste de s'intéresser à la structure de son outil informatique. Dans un second temps, nous aborderons la question de la formation des futurs professionnels de l'urbanisme, nous verrons notamment que de plus en plus de formations cherchent à aborder ces notions.

3.1. La recherche de l'autonomie post production

Pour comprendre ces enjeux, il convenait d'interroger les différentes parties prenantes de l'algorithme pour le traitement des États des Risques et Pollution du cabinet Reynard. Pour ce faire, j'ai eu recours à des entretiens semi-directifs auprès de mon supérieur hiérarchique, utilisateur quotidien du logiciel, mais aussi auprès du gérant du cabinet Reynard et du développeur de l'algorithme.

Mon expérience personnelle me permet d'exprimer mes attentes en matière de résultats de ces entretiens. Tout au long de cette expérience professionnelle, j'ai pu déceler un sentiment de gêne et d'inconfort des utilisateurs face à cet algorithme. Tout d'abord sa complexité en matière d'infrastructure *hard*⁴, l'intervention du développeur sur le fonctionnement de l'algorithme provoquait de l'impatience et des retards dans le fonctionnement du cabinet.

De plus, le manque de maîtrise de l'utilisateur sur la base de données ne lui permettait pas de travailler de façon autonome et devait recourir à une assistance quasi permanente pour mettre à jour les nouvelles données.

Le développeur remettait en cause l'utilisateur ou un élément de l'infrastructure *hard* face aux échecs de l'algorithme.

Il résulte de mes entretiens que les aspirations sont différentes selon la place que l'on tient dans l'infrastructure sociale existante autour de l'algorithme. Le développeur souhaite conserver une certaine maîtrise de l'algorithme pour le perfectionner et le fiabiliser, de fait l'utilisateur ressent une frustration dans l'utilisation de cet outil. Le sentiment de découragement de l'utilisateur par le nombre de sollicitations et le coût que cela représente crée une situation de malaise et de doute.

3.1.1. L'information, l'algorithme et l'utilisateur

En matière de renseignements d'urbanisme, l'acquisition d'informations et les besoins de mise à jour régulière sont primordiaux. Il en va de la compétitivité du cabinet, de la qualité du service proposé, mais aussi de sa responsabilité et celle de nos clients.

En matière de prévention des risques, les données nous parviennent par divers canaux d'informations. La plupart d'entre eux diffusent les nouvelles données au travers de portails web plus ou moins compréhensibles dans leur fonctionnement.

Pour faire face à cette inégalité d'accès aux renseignements et aux difficultés d'intégration des différentes cartographies dans les documents d'États des risques, les dirigeants du cabinet

⁴ Dans Gilles Bastin, « Société Algorithmique » (Cours spécialisé, Sciences Po Grenoble, 2020 2019) : Rob Kling, parle de deux types d'infrastructures : l'infrastructure *soft* qui correspond à l'écosystème d'acteur existant autour d'un algorithme (développeur, utilisateur, exploitant etc.) et l'infrastructure *hard* correspondant aux dispositifs techniques nécessaire au fonctionnement de l'algorithme (serveurs, codes, base de données etc).

REYNARD ont fait appel à un sous-traitant informatique pour développer l'actuel logiciel de rédaction d'ERP.

Au fil des versions de ce logiciel, le perfectionnement de l'algorithme permet aujourd'hui de générer des documents très rapidement et fiables dans la majorité des cas. Cet algorithme constitue une réelle valeur ajoutée dans le fonctionnement du cabinet, car il permet d'optimiser le rythme de production.

Néanmoins, le logiciel comporte encore aujourd'hui des anomalies dans le fonctionnement de ses infrastructures *hard* et *soft* :

Pour l'infrastructure technique (*hard*), c'est la mise sur un serveur externe des données et de l'algorithme. Il arrive que, la qualité de connexion faisant défaut, le logiciel ne fonctionne plus. Il y a une réelle incapacité technique de l'utilisateur à déboguer le logiciel, lui faisant ainsi perdre un temps précieux.

Pour l'infrastructure sociale (*soft*) ou ce que j'appellerais la « gouvernance » de l'algorithme, ce sont des différences de visions et les différentes attentes professionnelles du rôle de l'algorithme dans la production des ERP. Tandis que le développeur propose un logiciel de production quasi autonome pour l'analyse et la rédaction, la vision du dirigeant de TerraNota-Reynard est radicalement différente :

« Pour moi, le logiciel doit apporter une assistance à la rédaction en présentant les cartes des risques et en y situant la parcelle cadastrale [...] Un logiciel doit apporter de la flexibilité dans l'usage, mais aucun cas il doit fonctionner de manière autonome, il y aurait trop de risques d'erreurs sur les documents. » - C.Fievet, Co-gérant de TerraNota - Reynard

Dans cette affirmation, il y a une concordance avec la thèse de Stanislas Chaillou (Chaillou, 2020), expliquant l'apport de l'IA par le triptyque Flexibilité, Options, Analyse.

En effet, il apparait un déséquilibre de ces trois tableaux dans le fonctionnement du logiciel. La part d'analyse, bien que performante, réduit la part d'options et de choix de l'utilisateur durant la lecture des documents. Ce déséquilibre entre options et analyse réduit la flexibilité de l'usage du logiciel limitant une réelle prise en main de ces fonctionnalités.

Les situations de ces deux infrastructures interconnectées se répercutent sur l'usage professionnel quotidien de l'algorithme. L'utilisateur se trouve dans une situation d'inconfort face à un algorithme performant dans sa capacité d'analyse et sa rapidité, mais défaillant dans le fonctionnement de ses infrastructures et dans son usage global.

3.1.2. La vallée de l'inconfort : Degré d'acceptation de performance de l'algorithme

Le concept de vallée de l'inconfort nous vient de la robotique. L'idée sous-jacente est d'étudier l'interaction des humains avec des dispositifs techniques divers. On se rend compte que le sentiment d'inconfort se manifeste à deux types d'occasions :

- La première est la défaillance répétée du système, c'est-à-dire une infrastructure non fonctionnelle ou inutilisable.
- La seconde est « la surperformance » du système, c'est-à-dire, une révélation d'informations ou de fonctionnalités trop intrusives et disruptives.⁵

Dans le cas du logiciel du cabinet Reynard, la situation est assez ambivalente et les deux situations coexistent. On a d'une part une infrastructure technique peu fiable qui empêche d'avoir une situation « de confiance » face au logiciel et d'autre part, on constate une perte de capacité d'analyse.

Pour illustrer et généraliser l'analyse sociologique et technique de ce logiciel, le diagramme d'Ishikawa permet de représenter « de façon graphique, les causes aboutissant à un effet » (Manager GO! 2020).

L'objectif ici est d'éclairer la situation du logiciel pour en comprendre les causes. Nous avons fait le constat suivant : ce logiciel par son manque de fiabilité et sa capacité d'analyse pouvait créer une situation d'inconfort. Pour en comprendre les causes, nous avons pris plusieurs éléments de l'infrastructure sociale et matérielle du logiciel et identifié plusieurs points de tension inhérente. L'objectif est de connaître les raisons du manque de flexibilité de ce logiciel.

⁵ Dans (Bastin 2019)

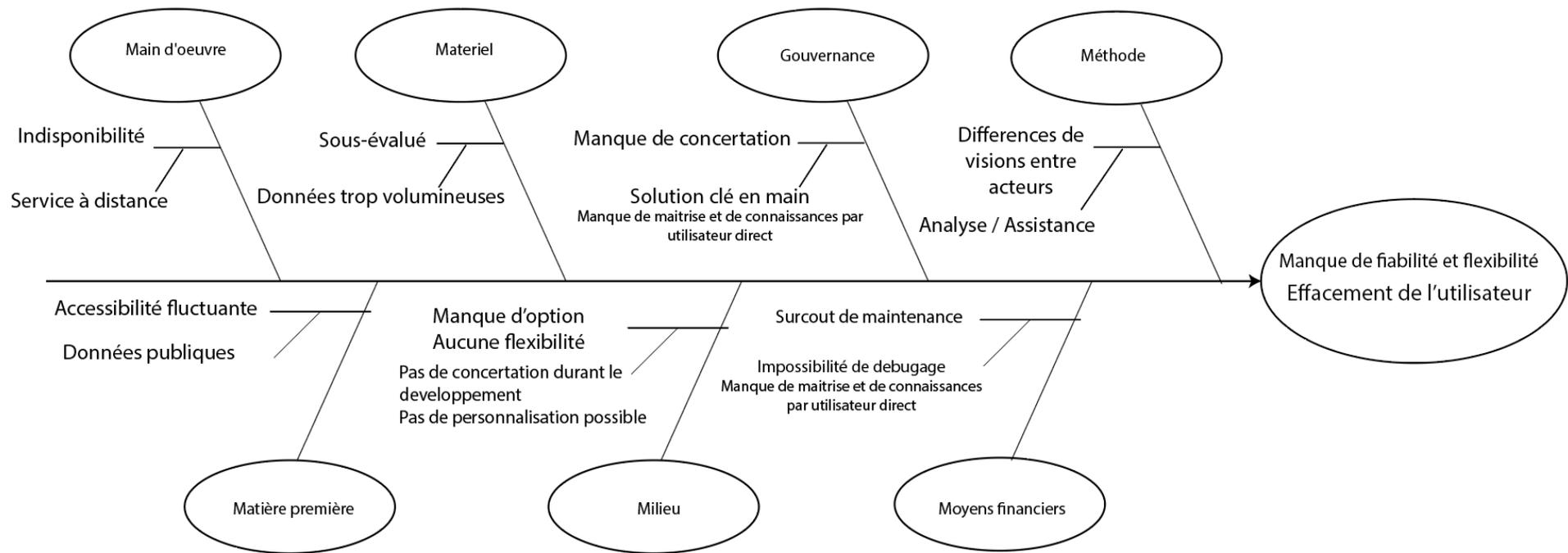


Illustration 9 : Inconfort face au logiciel ERP Reynard

En conclusion de cette étude de cas du logiciel du Cabinet Reynard, nous avons vu l'impact du management des infrastructures sur le fonctionnement et la qualité d'usage. Le manque de concertation est vécu par l'utilisateur comme une intrusion forcée du logiciel dans sa pratique quand bien même il la simplifie dans une certaine mesure. De plus, la méconnaissance de l'utilisateur en matière d'informatique ne lui permet pas de dialoguer d'égal à égal avec le développeur.

Face à la montée en puissance et en nombre de développeurs d'Urbalgorithms, un problème de légitimité se pose pour l'urbaniste. La mise en algorithme de certaines des tâches de l'urbaniste dans l'exercice de ses fonctions crée un phénomène de boîte noire autour de cet outil, c'est-à-dire une mise sous cloche opaque du système technique et des données urbaines auxquels il est confronté.

Face à ce phénomène, le monde académique de l'urbanisme montre les premiers signes de diversification de leurs enseignements à la compréhension des algorithmes et à leurs infrastructures techniques.

3.2. La diversification des savoirs

L'essor des algorithmes et de l'IA dans le monde professionnel de l'urbanisme comme outil de production de normes et de formes urbaines amène les différentes composantes académiques de formation en urbanisme et aménagement à diversifier leurs enseignements. Il s'agit notamment d'apporter une expertise d'usage dans le domaine des systèmes d'information et de la gestion urbaine. Le sujet dans cette partie est l'analyse de supports de présentations de formations professionnelles (Masters, Mastères, Licences, DUT, etc.).

Des travaux universitaires récents décrivent une évolution semblable à celle que nous connaissons aujourd'hui. Par exemple, le travail de Nicolas DOUAY, Caroline LEININGER-FREZAL et Matthieu PICHON décrit une évolution du statut de l'aménagement dans les enseignements universitaires des sciences sociales et notamment la géographie (Douay et coll., 2018). Il est remarquable de voir et de comprendre que les enseignements des systèmes urbains d'information et des urbalgorithmes suivent, pas à pas les mêmes traces que l'aménagement dans les champs disciplinaires de l'urbanisme et de l'aménagement. Passant ainsi de cours à discipline puis de discipline à champs disciplinaires. Cette évolution académique est accompagnée d'investigations scientifiques, légitimant de plus en plus la création de formations spécialisées dans les « *smart-cities* » ou mettant en relation « *génie urbain* » et « *technologies de l'information* ».

3.2.1. Le mastère spécialisé de l'École des Ingénieurs de la Ville de Paris : Mastère Spécialisé URBANTIC Génie Urbain et Technologies de L'information.

Cette formation de l'EIVP est proposée aux ingénieurs en génie civil, aux titulaires de diplômes BAC + 5 et aux professionnels de l'aménagement.

Les objectifs affichés de cette formation sont :

- L'étude des réseaux et systèmes urbains
- Former les étudiants aux systèmes d'information et à l'analyse des données émanant des Technologies de l'Information et de la Communication.

En analysant les supports de présentation, on observe que les outils numériques et l'analyse des données se placent au centre des sujets abordés mettant ainsi de côté les bases originelles des méthodes de diagnostic et de projets :

« Au cours du premier semestre, on dresse un panorama complet de l'impact des TIC sur la gestion urbaine. Le second semestre se déroule en milieu professionnel ». (Source : Plaquette de présentation du Mastère Spécialisé Urbantic Génie Urbain Et Technologies De L'information)

Ce recentrage disciplinaire se concrétise dans le volume horaire de chaque unité d'enseignement. Sur les 390 heures des cours du premier semestre, ceux relatifs à l'utilisation des outils numériques et à l'analyse des données représentent 35 % (140 heures) du volume horaire.

3.2.2. Master 2 : Smart City et gouvernance de la donnée — Université de Bourgogne

Cette seconde année de master, spécialisée dans la gouvernance de la SmartCity est issue d'une « Chaire d'entreprise », un partenariat avec l'université et diverses structures privées et publiques.

Les enseignements portent également sur la maîtrise des outils numériques, mais dans une bien moindre mesure que la formation précédente. Ce qui est intéressant dans l'analyse de cette formation est la diversité des apports disciplinaires. La diversité des enseignements et son organisation se rapprochent de la formation proposée par l'IUGA.

En analysant les supports de ces deux formations, on décèle une différence épistémologique entre une école d'ingénieur soucieuse d'apporter une expertise purement technique à ses étudiants. L'université de Bourgogne, qui se trouve sur un territoire animé par ces mutations urbaines induites par les TIC (Dijon et Just 2019) propose quant à elle une professionnalisation

de l'urbanisme et un apport de savoirs urbains et de méthodologie de projets dans un contexte de *Smart City*.

Malgré leurs différences, on remarque une incursion progressive de l'analyse de données et de la maîtrise algorithmique dans les enseignements de l'aménagement et de l'urbanisme. De l'impact des mutations urbaines en cours, nous assistons à un renouvellement des besoins en matière de formation en urbanisme et en génie urbain. Ces besoins induisent la maîtrise progressive des outils algorithmiques et plus généralement des outils numériques dans les usages professionnels de l'urbanisme. (Faculté de Droit, Science économique et politique, Université de Bourgogne).

Conclusion

Nous avons vu la place que prend la culture cybernétique dans la réalisation du monde qui nous entoure. L'intelligence ne se résume pas seulement à la réalisation des objectifs, mais bien dans l'analyse de notre environnement, de notre capacité à « l'augmenter » et expérimenter de nouveaux paradigmes.

Ce que les algorithmes apportent à la pratique de l'urbanisme est une prise de conscience que les changements qui s'opèrent sont dus à des actions qui ont été faites antérieurement, que les options imaginées par une intelligence humaine ne soient qu'une partie du spectre du possible et enfin que notre savoir et notre savoir-faire se trouvent investis par de nouveaux outils optimisés pour répondre à nos besoins et pallier nos carences d'analyses.

Partie 2 : Impacts des usages des algorithmes sur les procédures et productions d'urbanisme

L'usage des algorithmes se fait de plus en plus présent dans nos usages professionnels et sociaux. Le développement des réseaux sociaux, des messageries instantanées, des cartographies interactives marque une évolution de la société, et de la gestion de notre environnement.

Ces algorithmes sont des automatismes par lesquels passent des données, sociales, environnementales, urbaines, qui peuvent être exploitées de différentes manières selon différents objectifs. Face à cette mise en réseaux de données, en rupture avec des besoins de confidentialité, certains crient au danger d'une dictature par les algorithmes de surveillance lorsque d'autres prônent cette nécessité par souci de performance et d'efficacité de l'action publique.

Cette partie se veut indépendante du débat entre les technosceptiques et techno-optimistes. L'objectif ici est de montrer les mutations dans la pratique professionnelle sous l'effet des usages des algorithmes et de l'intelligence artificielle.

Comment, par l'usage des algorithmes parvient-on à mieux comprendre, analyser, percevoir les situations territoriales ?

Que peut-on apprendre des algorithmes pour renouveler et transformer nos métiers d'aménageur, de concepteur et de gestionnaire urbain ?

Dans un premier temps, nous relèverons les mutations qu'induisent ces usages dans nos acquisitions de connaissances du territoire. Puis, nous traiterons l'impact de la dématérialisation des procédures d'urbanisme dans la manière d'instruire les autorisations et sur la législation des procédures.

1. Les mutations de l'acquisition de connaissances

Dans les enseignements suivis ces 5 dernières années, le déroulement théorique du projet était divisé en deux périodes distinctes : le diagnostic et la programmation.

La programmation du projet est précédée d'une phase de diagnostic consistant à capter des informations sur le périmètre de travail. Ce sont les outils nous permettant de connaître le territoire que je souhaite interroger ici.

Les avancées numériques dans le domaine des produits technologiques et techniques apportent aux professionnels de l'aménagement une continuité de la mise à jour des données urbaines. À l'instar de l'outil informatique transformant l'essentiel des rapports humains et des pratiques professionnelles, l'ubiquité informatique des équipes de terrain comme des habitants transforme également les méthodes d'acquisition de connaissances sur l'espace urbain.

Les différents types de données que nous produisons sur notre espace urbain sont considérables. La mobilité, les infrastructures en réseau, la fréquentation des espaces sont autant de domaines où la quantité de données produites n'est pas exploitable par la seule intelligence humaine. Le *Big data* urbain nécessite une acquisition et une compréhension hybride, une assistance à l'analyse rendue possible par la mise au point d'algorithmes capables de spatialiser ces données pour les rendre plus lisibles et compréhensibles.

Les outils d'analyse portent un fort enjeu de coordination entre les acteurs urbains. Les réseaux d'objets connectés sont porteurs des capteurs de données diverses.

Ces données sont recueillies, capitalisées et analysées en fonction des objectifs de différents acteurs.

1.1. Les données urbaines : L'objet frontière d'une nouvelle génération d'urbanisme

Les travaux de sociologie de l'information nous permettent de mieux comprendre l'enjeu d'un artefact comme un logiciel dans la coordination des acteurs de l'urbanisme.

Suzanne Leigh Star a travaillé sur le concept « d'objet frontière » qui paraît opportun dans la compréhension des enjeux autour d'un algorithme dans les organisations professionnelles telles que des cabinets d'urbanisme ou des gouvernances urbaines. La définition de ce concept est la suivante :

« Les objets-frontière sont un arrangement qui permet à différents groupes de travailler ensemble sans consensus préalable. Toutefois, leurs formes ne sont pas arbitraires. Ce sont essentiellement des infrastructures organiques apparues à cause « des besoins d'information » ». (Leigh Star 2010, p.19)

Toujours selon S.L. Star, les caractéristiques d'un objet frontière sont :

- La « flexibilité interprétative » : qui correspond aux usages de chacun des acteurs relatifs à l'objet considéré
- La structure matérielle et organisationnelle nécessaire au fonctionnement de l'objet
- La dimension scalaire, c'est-à-dire l'échelle d'usage de l'objet considéré.
- La granularité qui correspond à la distribution spatiale de l'objet.

Ce concept nous permet de regrouper tout l'arsenal d'outils numériques ou analogiques auquel l'urbaniste peut se confronter. Il paraît assez clair que l'avancée technologique dans les domaines des algorithmes et « *Smartgrids* » ne permet pas de comprendre leur influence sur la pratique de l'urbanisme si on les étudie individuellement. Les cycles d'innovations rapprochés rendent leurs usages toujours plus flexibles et malléables.

La proposition qui est faite ici est d'étudier, comment, les objets-frontières et les données d'urbanisme mobilisent plusieurs acteurs et artefacts. Cette analyse vise à montrer quels enjeux gravitent autour de la donnée urbaine.

Nous allons étudier le cas de la mise en place d'urbalgorithms dans trois organisations en lien avec l'urbanisme :

- La mairie d'Aix-en-Provence :
 - o SIG communale (interne), gouvernance par un service spécial dépendant de la direction des services informatiques

Cette analyse se base sur différents travaux rédigés durant mon cursus universitaire.

- La métropole de Lyon :
 - o Le SIG de renseignement d'Urbanisme Toodego

Cette analyse s'appuie sur les entretiens avec le dirigeant de l'entreprise TerraNota

- Le groupe TerraNota Reynard :
 - o Logiciel de paramétrage des communes pour la lecture de carte et de règlement

Cette analyse se base sur mon expérience professionnelle, une observation participante au sein du groupe TerraNota-Reynard et un support de formation sur un système informatique de renseignement d'urbanisme.

1.1.1. Gouvernances des données urbaines : Regards croisés entre Aix-en-Provence et Lyon

L'acquisition des données sur le territoire est un enjeu important dans toutes les pratiques professionnelles de l'urbanisme. Réelle matière première dans la définition d'un projet, le recueil de données qualitatives et quantitatives constitue un travail de longue haleine pour tout acteur.

Les différents exemples précités sont tous des moyens techniques mis en place par des acteurs publics, mais aussi privés pour exploiter, comprendre, corréler et représenter les données recueillies sur le terrain.

Dans le cas d'Aix-en-Provence, l'administration communale a décidé en 2015 de mutualiser le Système d'Information Géographique entre tous ses services. La mise en place fut faite par un acteur devenu central dans le fonctionnement des services communaux : la Direction des Développements Numériques. Son rôle est de fournir aux agents tous les outils nécessaires en équipement informatique pour ainsi coordonner les services par l'actualisation des données dans la base du SIG.

Toutefois, les enjeux autour de ce système étaient différents selon les services :

- Pour les services gestionnaires, le système permettait d'entretenir les bases de données, de mettre à jour des cartes et de restreindre les accès dans certains cas.
- Pour les services techniques, le système permettait de renseigner dans les bases de données les différentes opérations effectuées, données recueillies par des capteurs ou des agents (par exemple, la fréquentation d'une portion de route, la localisation des emplacements de livraisons, etc.)
- Pour les services d'accueil du public, le système permettait d'illustrer leurs propos par des représentations graphiques fidèles au territoire et ainsi de présenter les différentes servitudes à leurs interlocuteurs par exemple.

L'outil permet de voir le territoire dans une diversité de format, de support et d'usage. Les objectifs de chaque service et la position de l'utilisateur dans l'infrastructure sociale restent dans ce cas les critères déterminant de la pratique du système.

La métropole de Lyon a mis en place, fin 2019, un service de renseignement d'urbanisme totalement informatisé, rendu accessible par son « guichet Toodego⁶ ». Cette mise à disposition des données publiques et le développement d'un SIG actif (capable d'analyser et retranscrire des informations) permettent à la métropole lyonnaise de répondre aux demandes faites par l'UE par une directive : la directive INSPIRE. Cette directive stipule notamment :

- « Faciliter la prise de décision dans un cadre démocratique, avec un bon niveau d'information des autorités publiques, de tous les acteurs et du grand public. »
- « Permettre la mise en place de meilleurs services au citoyen. »
- « Décloisonner les informations entre les autorités publiques. »
- « Favoriser la croissance économique et la création d'emplois, à travers le développement non seulement du secteur de l'information géographique, mais aussi des nombreuses activités qui ont besoin d'utiliser des données géographiques pour créer de nouveaux services. »⁷

Le système se base sur l'analyse par robot des différents « calques » représentant les zonages des différentes servitudes présentes sur une ou plusieurs parcelles renseignées par l'utilisateur.

⁶ Guichet numérique du Grand Lyon <https://www.toodego.com>

⁷ La directive européenne Inspire : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/directive-europeenne-inspire>

Si ce nouveau service métropolitain semble faciliter l'accès aux données relatives au PLU-H de Lyon, il n'en est pas exempt de toute critique par les professionnels de l'urbanisme règlementaire :

Mettre à la disposition du public un PLU (Plan Local d'Urbanisme Ndlr) et mettre à la disposition du public une LRU (Lettre de renseignement d'urbanisme Ndlr) sont deux choses totalement différentes [...]. (C. Fievet, 2020)

On voit, à travers cet exemple toute l'ambiguïté de la mise en données de la ville et de la gouvernance mise en place pour la gestion de ces données.

En effet, la métropole lyonnaise, à l'image d'autres métropoles, à appliquer les prérogatives dictées par la directive *INSPIRE* en mettant en place un système de distribution de données à travers un guichet web. L'application de cette directive ne précise pas l'usage des moyens mis en place par le public, ni les modalités d'accès et de simplification de ces données :

« [...] On ne devrait pas donner des informations qui ne sont pas compréhensibles par l'acteur final, par l'utilisateur, citoyen d'une commune sans explications. Ils ont mis en ligne, des lignes, un menu sans son lexique, une machine en ligne sans expliquer comment ça marchait. » (Charles FIEVET, Co-gérant du groupe TerraNota – Reynard, 2020)

La principale limite des algorithmes et plus précisément des systèmes d'information mis à disposition du public est le manque de signification d'information ou de légende avec la carte ou la ligne dactylographiée par le robot.

Par la mise en place de dispositifs algorithmiques actifs, l'utilisation des urbalgorithmes induit un risque de passivation, une perte du sens critique et de la notion de doute face à ces requêtes de renseignements.

La mise en place d'un tel système requiert d'adopter un bon cheminement de concertation entre le monde des informaticiens, celui des cartographes et de l'urbaniste. La collecte de la donnée est suivie par plusieurs étapes durant lesquelles il ne « s'agit pas de se substituer à d'autres métiers, mais bien de respecter leur technicité pour assurer les liens dans la chaîne de production » (Naudin-Adam et Palayan 2013, p.44). Ce sont les différents liens et la qualité des relations entre les acteurs qui préfigureront l'accessibilité, la compréhension des données et la fiabilité d'usage du service numérique. La définition du consensus sur les objectifs à atteindre par les acteurs du projet est une des étapes clés de ce type de projet. Ainsi, le choix des participants est aussi essentiel à la réussite de ce type de projet.

1.1.2. L'exploitation et l'usage des données urbaines : une industrie du renseignement

La mise en œuvre de la directive *INSPIRE* par les collectivités locales crée un phénomène de concurrence avec certaines activités du domaine de l'urbanisme. En effet, le domaine du renseignement d'urbanisme à destination des professions immobilières s'est fortement développé entre les années 1990 et aujourd'hui. Parmi elles, les entreprises Reynard et TerraNota présentent une réelle expertise dans la visualisation, la compréhension et la communication des différents documents réglementaires normatifs de l'urbanisme. L'essor de certains acteurs de la PropTech ou de services numériques métropolitains comme le guichet Toodego oblige à développer en interne des algorithmes permettant de rivaliser en matière de temps de production tout en gardant leur précision et leurs connaissances de l'urbanisme réglementaire.

Créée en 2008 par deux anciens agents immobiliers, l'entreprise TerraNota a fait de l'informatique et des urbalgorithmes, l'outil principal de leur service pour des raisons de productivité et de flexibilité. L'entreprise a fait appel à un développeur informatique spécialisé dans les logiciels adaptés aux tâches individuelles des entreprises pour créer le premier logiciel d'assistance de l'entreprise :

« Le premier logiciel, il avait une seule et unique raison d'être, c'était de nous aider à fabriquer nos LRU (Lettres de renseignements d'urbanisme Ndlr) rapidement [...] ». (Charles FIEVET, Co-gérant du groupe TerraNota – Reynard, 2020)

Plus tard, l'entreprise décide de créer un système de franchise permettant de distribuer leur concept dans divers départements. Ce changement fut accompagné d'une évolution importante des méthodes de fabrication des produits et d'un nouveau logiciel beaucoup plus élaboré.

Ce nouveau logiciel permet de « paramétrer » par commune une partie des renseignements qui figureront sur le produit final. Ce « paramétrage » permet une automatisation du remplissage d'une partie du document. L'utilisateur complète ce dernier à l'aide de ces connaissances de l'urbanisme réglementaire.

Ce cas montre le besoin d'ingénierie en termes de développement. La place de l'utilisateur est totalement différente de celle accordée dans les exemples précédents. Cela est certainement dû au contexte dans lequel il est mis en place. Nous sommes dans un contexte d'entreprise visant à maximiser le rendement et rendre le travail des collaborateurs plus « flexible ». Mais aussi, il y a dans le discours des instigateurs une différence de vision quant au rôle de l'utilisateur et au management de la donnée. La norme urbaine devient dans ce dernier cas un objet marchand, un produit, une ressource devant être stockée.

L'automatisation, les besoins croissants en matière de rentabilité et de rapidité posent la question de l'utilité de l'intelligence artificielle dans ce domaine.

L'IA est entendue ici selon la définition proposée par E.Sadin, philosophe travaillant sur le rapport existant entre la société et ses artefacts numériques :

L'intelligence artificielle [...] représente davantage un principe technique universel fondé sur une même systématique : l'analyse robotisée — le plus souvent opérée en temps réel — de situation d'ordre divers, la formulation instantanée d'équation, prétendument les plus conformes, généralement en vue d'engager les actions adéquates correspondantes, soit par le biais d'intervention humaine, soit de façon autonome par les systèmes eux-mêmes. (Sadin, 2018, p. 15)

Dans les différents entretiens menés au sujet de l'IA dans le domaine des renseignements d'urbanisme, deux opinions semblent se confronter, mais ne sont pas incompatibles. D'un côté, l'IA pourrait constituer un « appui » :

« [...] j'en rêve d'avoir un appui. Mais je pense qu'un logiciel est un appui, un facilitateur, ce n'est pas une fin en soi. Ce n'est pas, le logiciel qui te fait tes renseignements d'urbanisme [...] » (Charles FIEVET, Co-gérant du groupe TerraNota – Reynard, 2020)

On comprend à travers ces propos la volonté de limiter l'intelligence au rôle d'appui et de facilitateur. L'IA ne peut pas être un acteur autonome dans la production. À l'intérieur de ce « bornage » des possibilités de l'IA, l'idée d'un logiciel avec des facultés d'apprentissage paraît intéressante aux yeux d'un autre interviewé :

« Pour moi, l'intelligence artificielle ce serait typiquement un SIG évolué c'est-à-dire que lorsque tu reçois une demande de notaire, tu rentres tes références cadastrales, tu appuies sur un bouton et ton logiciel génère tous tes documents de renseignements et qu'il soit capable d'aller chercher les informations et surtout capable d'apprendre de ses erreurs précédentes ». (DANGOISSE, Charles-Éric, 2020)

On voit bien à travers ces trois différents exemples les enjeux autour d'un certain type de données urbaines. Les acteurs se servent différemment de ces données selon leurs objectifs. On constate la nécessité pour ces acteurs de s'équiper en instruments algorithmiques pour exploiter ces données. Du SIG actif de la métropole à l'application métier de l'entreprise TerraNota, les algorithmes sont devenus pour les gestionnaires et analystes urbains, les outils nécessaires à l'exercice de leur mission. La rapidité d'analyse des algorithmes permet à

l'entreprise et la métropole d'être beaucoup plus réactives et rapides face aux différentes demandes de renseignements.

1.2. Modes de constructions des données urbaines : Le cas de la prévention des risques

Après avoir vu les enjeux et les usages multiples des données de l'urbanisme, il convient de poser la question de la construction de ces données et la signification tangible des enjeux du territoire.

Pour répondre à cette question, il paraît intéressant d'analyser les méthodes et les processus de construction d'un plan de prévention des risques. Ce choix se base sur mon expérience professionnelle de ces documents, des relations entre les aléas, les enjeux, les données produites, enfin sur la corrélation supposée entre ville intelligente et réduction du contexte d'incertitude que constitue la prévention des risques.

Nous verrons dans un premier temps comment se déroule le recueil des enjeux et des aléas sur le territoire, puis dans un second temps nous verrons à travers l'exemple du PPRI du Grand Lyon comment certaines négociations corrént les réalités du territoire pour produire des données adaptées aux évolutions voulues pour certaines parties de la ville.

1.2.1. Méthodes & outils du recueil d'informations territorial : les données et l'algorithme comme aide au diagnostic

Dans le domaine de la prévention des risques, le projet de prévention est semblable à celui du projet urbain. Le constat, le diagnostic, la compréhension des dynamiques et des enjeux du territoire constituent des points d'ancrage de la réflexion.

Les évolutions techniques dans le domaine de l'anticipation de crise comme la surveillance des crues, sont basées sur l'intégration d'appareils numériques et de logiciels d'analyses :

« Il s'agit d'un système « clé en main » comprenant l'ensemble de l'équipement nécessaire pour le PC de crise (mobilier, équipement informatique, logiciels, équipements de communication, automate d'appel, alimentation secourue, garantie et maintenance...) ainsi que des caméras de vidéosurveillance. » (Raymond M. et al., 2007, p. 794)

L'illustration n°10 vise à montrer l'architecture existante autour de cet outil numérique et ses liens avec les capteurs de l'information que sont les stations « hydro », « barrage », etc.

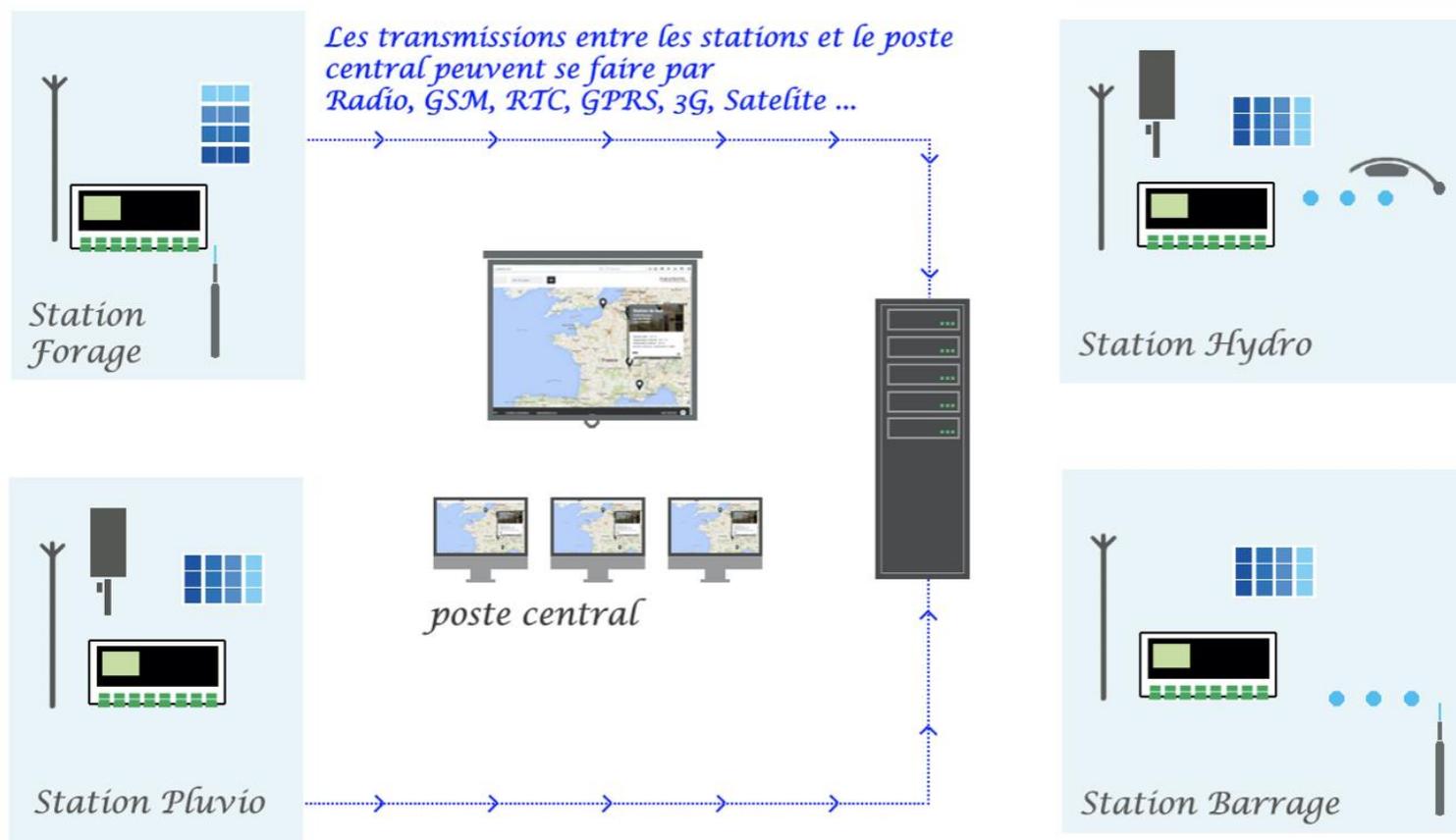


Illustration 10 : Système de transmission de l'information — Système ESPADA — Ville de Nîmes.

Source : <http://www.paratronic.info/risques-naturels/surveillance-eaux/fonctionnement/index.php#2,2;1,0>

Au-delà de la fonction d'anticipation de la crise, les systèmes hybrides entre expérience de terrain par capteurs et traitement de l'information par algorithmes permettent de favoriser l'analyse des données des crises pour les intégrer dans de nouveaux plans de préventions :

« Garder la mémoire de ces phénomènes pour l'avenir et les comprendre est apparue comme une nécessité. » (DDT du Rhône s. d.)

L'existence de ces données sous formes numériques permet d'analyser, croiser et comprendre la réalité du territoire. Ce croisement permet également de communiquer sur la nature du risque par le biais d'autres outils de simulation.

Fort de cette analyse des données de terrain, le moment de la scénarisation et de la modélisation permet d'explorer le champ des possibles en termes de projets et ainsi faciliter une prise de décision.

« La construction de scénarios peut être plus ou moins sophistiquée. Lorsque les urbanistes présentent des scénarios d'aménagement [...] l'histoire qu'ils racontent [...] explicite un certain nombre d'hypothèses, mais cette explication est souvent incomplète et laisse une part importante à la subjectivité de l'auteur du scénario. » (Awada 2013, p.79)

Du fait de cette subjectivité, la construction de modèles sera préférée aux scénarios en matière de prévention des risques. Basés sur l'analyse des métadonnées issues de capteurs disséminés dans l'espace urbain la modélisation de l'espace et des aléas permet de simuler une crise et d'apprécier la vulnérabilité de l'espace urbain et des « réseaux essentiels » (Cunha et coll., 2017).

Encore une fois, le numérique et les algorithmes apportent de nouvelles solutions en matière de simulation et d'analyse. Ces solutions clés en main permettent notamment une économie matérielle par rapport à une simulation en laboratoire tout en offrant une qualité et une vitesse d'analyse et d'alerte supérieure.

Fort de cette analyse, on peut se demander si la multiplication des usages des capteurs et leur généralisation à d'autres domaines de la gestion urbaine ne changeraient pas la perception de l'urbaniste sur cette notion de scénarios.

En effet, la ville numérique porte l'idée d'un renouveau urbain par le biais d'un équipement massif de l'espace urbain en capteurs sensibles (Picon, 2018). L'objectif serait alors de réduire la part subjective de l'auteur des scénarios, jugée comme une variable d'incertitude pour produire des modélisations urbaines et créer des simulations de projet. Cette neutralité de l'urbaniste dans sa perception de la ville le rendrait alors totalement substituable par des

dispositifs d'intelligence artificielle capable d'analyser, comprendre, et communiquer les données issues des capteurs urbains.

Néanmoins, la part intangible qu'il reste à l'urbaniste est sa capacité à dialoguer avec les divers acteurs, à la concertation, à la compréhension des notions d'ambiances et des mécanismes complexes de la négociation autour du projet et de la norme urbaine.

1.2.2. La donnée urbaine : Un support de négociation malléable et de nouvelles formes de projets urbains.

Comme nous l'avons vu précédemment la donnée urbaine est support de forts enjeux en termes de gestion et de transformation de la ville. L'acquisition de données de diverses formes, leur degré d'ouverture et leur utilisation sont de nouveaux champs investis par les gouvernances urbaines soucieuses de maîtriser l'espace.

Le risque naturel est un des sujets des plus sensibles. En effet, l'urbanisation de certaines parties du territoire ou l'interdiction de construire sont des enjeux évidents de sécurité civile mais aussi politiques. Pour illustrer cette affirmation, il nous est possible de citer l'exemple des déboires judiciaires de certaines municipalités du Sud-Ouest suite à la tempête *Xynthia* en 2010.

L'appréciation de la notion de risque est assez subjective. La donnée urbaine et la cartographie des risques permettent de pallier cette subjectivité. Véritable garde-fou contre l'urbanisation anarchique en zones de risques, les différents plans et zonages sont eux-mêmes concertés entre les techniciens des services déconcentrés de l'État et les municipalités.

D'une donnée physique incontestable sur une situation de risque d'un territoire, le devoir et la volonté des acteurs de la gouvernance territoriale est d'adapter cette réalité aux enjeux sociaux et économiques. C'est ainsi que le neuvième arrondissement lyonnais soumis à un aléa fort d'inondation de la Saône présente aux plus proches des berges des zones certes règlementées, mais constructibles sous certaines conditions.

Outre la dimension politisée de ces données, celles-ci peuvent également être support de nouvelles formes de projets urbains. La croissance des moyens d'acquisition de connaissance sur les risques permet une intégration plus fine de cette notion dans les scénarios de projection et de prospective urbaine :

« Comment construire en zone inondable, non pas indépendamment de la règle, qui parfois interdit cette construction, mais plutôt en tenant compte d'une obligation de résultat ? On est face à un phénomène aux aléas plus ou moins connus. En tout cas, il est possible d'en décrire la fréquence, le niveau d'intensité, etc. » (Bonnet et Loubière 2014, 32)

A travers les propos de F. Bonnet, la connaissance accrue des données qualitatives et quantitatives des risques induits par les systèmes d'information permet de développer de nouvelles pratiques et stratégies urbaines dans un objectif de résilience urbaine.

L'essor des algorithmes, de l'intelligence artificielle et des données urbaines facilitent l'exercice de la gouvernance, mais sont aussi de nouveaux enjeux d'accès aux données et de signification de celle-ci. Véritable matière première pour les uns, produits pour les autres, les données urbaines reflètent des enjeux qui dépassent ceux de l'urbanisme.

Cependant si l'algorithme se trompe et qu'il y a une catastrophe qui sera responsable ? De par mon expérience professionnelle au sein du cabinet Reynard, il se trouve que c'est l'utilisateur direct qui engage sa responsabilité. En quelque sorte, il se porte involontairement garant des résultats de l'algorithme. Aussi, nous comprenons l'intérêt d'une vérification des résultats de ces automatismes par des individus ayant un savoir sur la manipulation des données visualisées.

2. L'optimisation des moyens d'action : la dématérialisation des procédures et des méthodes

L'urbanisme est une discipline que l'on apprend en ateliers urbains dans lesquels les calques, le feutre et le dialogue sont si importants. Il semble néanmoins muer peu à peu vers une forme de plus en plus dématérialisée. Les Géoportails, les Systèmes d'Information Géographique et le *Computing Design Assistance* sont autant d'outils qui se substituent peu à peu à la carte et au calque.

L'urbaniste, en tant qu'acteur, connaît des mutations dans ses usages et ses pratiques professionnelles. Plus assisté, plus rapide, il connaît une disparition progressive de ce que certains appellent « l'intelligence de la main ». Des supports de travail ainsi que ses relations avec les autres acteurs de la gouvernance urbaine se dématérialisent peu à peu.

Nous allons nous intéresser aux enjeux autour de ce phénomène par le biais de la dématérialisation des procédures d'urbanisme. La législation se fait de plus en plus insistante sur le besoin de dématérialiser. Mais quelles en sont les conséquences pour nos pratiques ? Quant à nos usages, nos méthodologies et outils, quels changements cela implique-t-il ?

Nous commencerons par décrire le processus menant à la dématérialisation des procédures pour nous questionner ensuite sur les conséquences de cette transition sur l'usage et la pratique de l'urbanisme.

2.1. Accompagner la transition : les prérequis

Le progrès technologique dans le domaine de la numérisation et l'essor des TIC ne représentent pas uniquement des enjeux matériels pour les collectivités et les gouvernances urbaines. Ces diverses technologies sont aujourd'hui tellement généralisées qu'elles sont devenues les référentiels des politiques publiques.

L'objectif de cette partie est de montrer quels sont les facteurs qui amènent à considérer la dématérialisation comme une nouvelle façon d'instruire les procédures d'urbanisme et d'expliquer la transition entre l'informatisation et la dématérialisation dans les collectivités locales. La dématérialisation représente également des enjeux économiques et politiques de la gestion urbaine et, plus généralement, de la Modernisation de l'Action Publique (Costa, 2017).

Les objectifs avancés par ce « mode général des réformes de l'État » sont :

- De rapprocher et individualiser le service public pour répondre au mieux aux besoins du citoyen
- De simplifier le rapport et la compréhension du fonctionnement de ces services publics
- D'augmenter l'efficacité de cette action sur le territoire (Direction interministérielle de la transformation publique, 2019)

Parmi les moyens stratégiques mis en place par l'État pour mettre en œuvre cette politique générale, les téléprocédures (procédure dématérialisée), la numérisation et la dématérialisation sont définies comme :

« Les téléprocédures consistent en un échange dématérialisé d'informations entre les autorités publiques et leurs partenaires et usagers. Elles présupposent l'existence de techniques de numérisation et de dématérialisation. La numérisation désigne la transformation de documents papier en documents électroniques, le plus souvent par le biais d'un scanner. La dématérialisation quant à elle, signifie que les documents circulent sous forme exclusivement électronique. » (Costa 2017)⁸

Ces trois éléments constituent de nouveaux procédés pour l'instruction des nombreuses procédures de l'urbanisme réglementaire.

⁸ Stéphane DERLANGÉ et Antoine ERRERA, « Dématérialisation des procédures - L'essor des téléprocédures judiciaires en France et à l'étranger : vers la justice de demain », JCP G 2008, doct. P.224. Dans Delphine Costa, « La dématérialisation des procédures administratives et autres téléprocédures. Rapport français », in *Annuaire Européen d'Administration Publique*, vol. XXXIX, La dématérialisation des procédures administratives (PUAM, 2017), 47-63 [17 p.], <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-02116884>

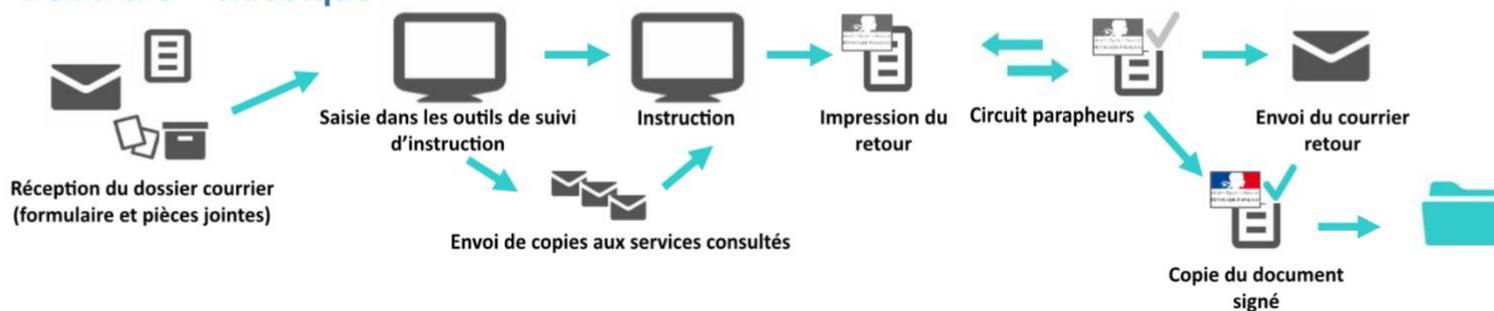
En avril 2020 s'est tenu un webinaire où le sujet de la dématérialisation des procédures d'urbanisme, animé par Marc Beaulier, membre d'un cabinet de conseil spécialisé dans les questions relatives au numérique auprès des collectivités locales. Lors de sa présentation, il fit une distinction particulièrement intéressante entre l'informatisation et la dématérialisation :

Il y a une période dans l'urbanisme où l'on a informatisé. On a acheté des logiciels pour instruire des dossiers des DIA, des permis de construire [...] Aujourd'hui, nous sommes dans une phase de dématérialisation. [...] Dématérialiser, c'est quand vous allez automatiser tout le transfert et la disponibilité de la donnée pour l'ensemble des acteurs concernés. (Beaulier et Public Impact Management, 2020)

Cette distinction néanmoins n'oppose pas les deux termes entre informatisation et dématérialisation. Nous pouvons même affirmer que l'informatisation croissante de la société et des collectivités débouchent aujourd'hui sur la capacité à mettre en place des « télé-services » ayant vocation à réceptionner les demandes du citoyen.

Qu'entend-on par dématérialisation ?

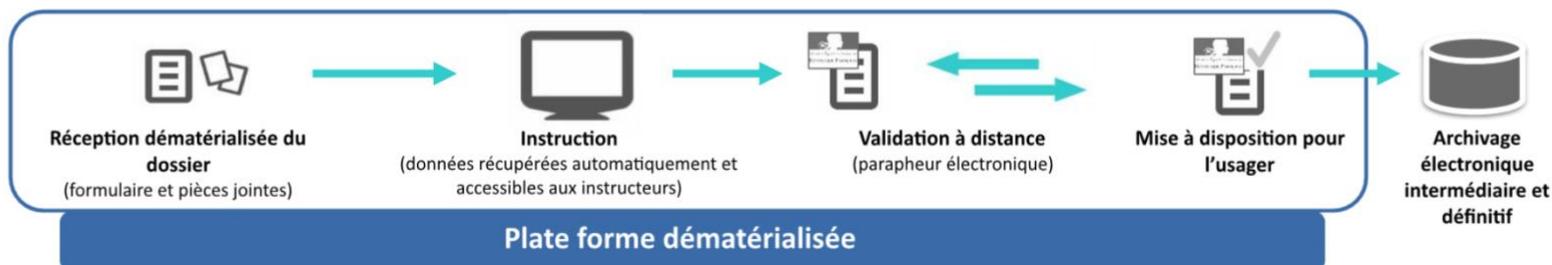
Démarche « classique »



Après dématérialisation

- L'original électronique fait foi
- ... du début à la fin de la chaîne

Démarche 100% dématérialisée



La mise en place de cette dématérialisation nécessite des « prérequis » notamment un équipement et une infrastructure *hard* adéquats à sa mise en place. Sur ce point, M.Beaulier nous dit :

*« Soyons clairs, on ne peut pas vaincre l'Everest en espadrille. On ne peut pas dématérialiser si l'on n'a pas des postes de travail adapté, des débits réseaux suffisants, un portail et un logiciel métier opérationnel. »
(M.Beaulier — Public Impact Management, Avril 2020)*

Sur ce point matériel, nous pouvons déceler un certain nombre de paradoxes entre ce qui est demandé aux collectivités locales et les moyens qu'elles possèdent. Le paradoxe est d'abord financier. La maîtrise des deniers publics et les choix politiques quant aux niveaux des investissements dans le matériel informatique diffèrent par la disparité budgétaire des collectivités et des EPCI en dotations allouées à l'informatisation des services municipaux et métropolitains. Nous pouvons citer l'exemple de la métropole de Lyon qui a investi près de 10 millions d'euros dans « l'acquisition de matériel et de logiciels et de télécommunication au cours de l'année 2018 (Service Presse Métropole de Lyon, s. d., p. 18).

Cette limite financière se heurte aux impératifs de dématérialisation des documents règlementaires d'urbanisme fixés par la loi ELAN de 2018 et intimant les communes de plus 3500 habitants à mettre en place un système de dématérialisation d'urbanisme.

D'autre part, cette dématérialisation est la mutation juridique et règlementaire de l'urbanisme. Le droit de l'urbanisme et de la construction doit être remodelé pour adapter la dématérialisation au contexte juridique. Modification des délais d'instruction, mise en place de nouvelles voies de recours, etc. Tous ces points sont appelés à changer, à « se moderniser » pour intégrer les temporalités informatiques dans le cadre juridique.

Lorsque l'on interroge un juriste sur ces possibles mutations, il répond :

« Dans le code de l'urbanisme, des articles ont été complétés ou sont apparus directement liés au numérique justement [...] Ne serait-ce que dans la dématérialisation des DIA (Déclaration d'Intention d'Aliéner) dans le code de l'urbanisme il est prévu que nous puissions envoyer sous forme numérique des documents, et répondre à des sollicitations de l'administration de manière numérique » (DANGOISSE Charles-Eric., Cabinet Reynard, 2020)

Force est de constater, à travers ces différents éléments, qu'un certain nombre de mutations sont en marche dans le domaine de l'urbanisme. Les échéances fixées par le politique pour une généralisation de la dématérialisation paraissent plus réalisables pour les grandes métropoles mieux équipées en compétences techniques et structurelles leur permettant de mettre en place plus rapidement ces dispositifs techniques.

Outre les évolutions des pratiques d'instruction et des cadres réglementaires, la dématérialisation des procédures d'urbanisme traduit une volonté de l'État de se tourner vers une numérisation de son fonctionnement.

Néanmoins, la transition se fait sur le temps long, les différents freins à cette transition sont principalement dus aux différentes natures des fractures numériques.

L'idée de « fracture numérique » se décline en deux degrés : le premier est lié aux différences d'infrastructures entre des territoires ou groupes sociaux. En effet, l'équipement informatique diffère selon la région et les foyers. Ce constat d'inégalité crée un clivage entre les régions et les citoyens. Ainsi, l'accès au service dématérialisé de l'État ne peut être homogène sur l'ensemble du territoire.

Le second degré est en rapport avec l'usage et le savoir des usagers. En effet, il est possible de mesurer les différences de maîtrises des outils informatiques entre différents profils sociaux. Par exemple, le clivage entre deux générations concernant l'usage quotidiens des outils connectés. De la même manière, les personnes des classes sociales supérieures ont peut-être un accès plus facile aux équipements informatiques.

2.2. Les acteurs du programme de dématérialisation

Comme nous l'avons vu, la dématérialisation amène un certain nombre de mutations dans l'organisation des collectivités et des contraintes législatives de l'urbanisme. La volonté politique de modernisation de l'action publique passe par l'intégration accrue des TIC dans les procédés d'instructions de ces procédures.

Il s'agit maintenant de comprendre le rôle des différents acteurs dans cette dématérialisation des procédures. Si certains accompagnent cette transition, d'autres cherchent à s'emparer de certaines compétences des collectivités dans le domaine de l'urbanisme réglementaire. Nous verrons également les différents arguments qui justifient l'importance de cette mutation.

Émerge une typologie des acteurs qui prennent part à cette mutation. Outre la distinction entre sphères publiques et privées, il faut se poser la question du rôle de l'utilisateur dans la dématérialisation.

Pour bien comprendre le rôle de ces acteurs, intéressons-nous au système technique, support de la dématérialisation. Le 3 mars 2020, le programme « Demat'ADS » a été présenté lors du séminaire de Lille (LASNE 2020).

L'illustration précédente met en évidence le lien entre le citoyen demandeur et un algorithme visant à classer et transférer sa demande. Une fois transférée, cette demande passera, non plus de mains en mains, mais de poste de travail en poste de travail, d'outils numériques en outils numériques et donc, d'algorithmes en algorithmes.

L'algorithme constitue le premier objet émergent dans le processus d'instruction. Sa condition d'artefact n'en fait qu'une porte d'entrée dans ce processus pour les développeurs de solutions informatiques.

La puissance publique, certainement consciente du risque de mise en « boîte noire » des données, développe en interne l'infrastructure de distribution et de stockage des procédures. En parallèle, le pouvoir législatif développe les nouvelles réglementations de ces « télé-procédures ».

L'utilisateur de son côté est dans une situation assez paradoxale. L'argument porté par les instigateurs de la stratégie de dématérialisation parle « de rapprocher le service public ». Toutefois, cette stratégie est porteuse de nouveaux intermédiaires entre l'administration et le pétitionnaire. De ce fait, elle met l'individu à distance de l'activité des services et filtre les informations données sur l'avancée de sa demande. En somme, son rôle dans la procédure est simplifié, plus instantané, mais il s'éloigne de l'activité des services d'instruction.

Enfin, un dernier type d'acteur se démarque, la start-up proposant une externalisation des instructions d'ADS. En effet, ces dernières années un certain nombre d'entreprises se sont construites autour d'une proposition de service auprès des collectivités pour prendre en charge la réception et le suivi des Autorisations du Droit des Sols. Dans ce domaine, l'entreprise *Urbassist* (Page d'accueil du site de l'entreprise Urbassist) propose un service de dématérialisation des déclarations des travaux et des demandes d'Autorisations du Droit des Sols.

Comme nous l'avons vu, l'intégration progressive de nouveaux systèmes complexes algorithmiques et la diversité des outils démultiplient le nombre de participants au processus des autorisations d'urbanisme. En effet, la technologie et l'informatique jouera, dès les années à venir, un rôle d'intermédiaire entre le citoyen/pétitionnaire et l'administration publique. Les objectifs et arguments soutenant ce nouveau paradigme vantent la plus grande promiscuité et efficacité, mais les risques sont d'isoler le pétitionnaire, mais également de mettre en péril l'égalité du service public sur l'ensemble du territoire national. Les collectivités les moins dotées financièrement et matériellement ne pourront pas satisfaire toutes les demandes dans les mêmes délais et la même efficacité que les métropoles.

Cette politique pose question sur la mission de l'instruction, de l'analyse des situations au cas par cas et de la relation entre l'instruction et le pétitionnaire. La mission de conseil était jusqu'à présent proposée par certains services. Sera-t-elle maintenue malgré cette dématérialisation ?

2.3. La dématérialisation : quelles conséquences sur l’instruction des procédures ?

La mutation progressive implique des mutations d’acteurs qui interrogent sur l’étude des projets dans la forme organique de l’urbanisme règlementaire.

Mon expérience concrète de l’urbanisme a débuté par l’observation de l’organisation, mais aussi des études d’un service d’urbanisme règlementaire. L’instruction des permis de construire tout comme le renseignement du public étaient alors essentiellement basés sur le dialogue voire la négociation entre l’institution publique et le citoyen, pétitionnaire.

L’intégration progressive des systèmes algorithmiques et des technologies de la communication dans les usages professionnels de l’urbanisme soulève un questionnement sur ces pratiques de négociations entre ces acteurs autour des projets urbains. Quelles seront les relations entre le pétitionnaire et l’administration à l’heure des procédures dématérialisées ? Comment seront rendues les décisions ? Quelles places seront accordées aux missions de conseil et d’accompagnement des projets ?

Pour y répondre, l’expérience professionnelle pratique de l’instruction et du dialogue avec le pétitionnaire est la plus probante.

L’entretien mené avec M. Piazza, chargé de mission en aménagement au service de l’aménagement et des infrastructures de la ville d’Aix-en-Provence et, antérieurement, instructeur de permis de construire au service de la même commune.

De cet échange plusieurs éléments de réponse sont apportés. Notamment le nombre de logiciels différents nécessaires à l’exercice de sa mission :

AD : Quels sont vos usages de l’informatique au quotidien ?

R. Piazza (RP) : Ceux dont je me sers le plus souvent sont les logiciels SIG. Autant pour la conception que pour la visualisation des données. C’est devenu indispensable. Il y a aussi les logiciels de dessin... AutoCAD me permet de dessiner des plans et des vues 3D. Après... Cadastre.gouv est aussi très pratique. Et puis, il y a des outils basiques du style le pack office et les logiciels PDF.

Au sujet de la dématérialisation des ADS :

AD : Avez-vous remarqué des changements dans le droit de l'urbanisme et dans les méthodes d'aménagements qui pourraient-être liés à l'essor du numérique et de la dématérialisation ?

R.P : Sur le droit de l'urbanisme pas tellement, mais la dématérialisation des autorisations d'occupations des sols est en cours. D'ailleurs, elle est accélérée par la crise actuelle. Pour continuer à instruire, il faut qu'on puisse accéder à nos demandes en ligne ! Après sur les méthodes... Les logiciels SIG sont de plus en plus performants et surtout ce ne sont pas forcément des logiciels privés. Géoportail est un super logiciel et il est public.

AD : Quelles seront les relations entre le pétitionnaire et l'administration à l'heure des procédures dématérialisées ?

R .P : Beaucoup de gens ont toujours besoin du contact malgré la dématérialisation. Elle est utile pour les professionnels mais les particuliers conservent cette nécessité de récupérer l'information à la source. A la fois en raison de la complexité des documents règlementaires et pour être certains de récupérer la bonne information.

On comprend alors l'importance de la relation entre les publics et l'administration en matière d'urbanisme. Le renseignement oral demeure une plus-value du travail de l'instruction des ADS et légitime les acteurs dans les décisions à prendre en termes d'aménagement.

AD : Quelles places seront accordées aux missions de conseil et d'accompagnement des projets ?

R.P : L'accompagnement des projets des particuliers reste facultatif. C'est une décision communale de mettre un architecte conseil à disposition. Le CAUE met déjà des architectes conseil a disposition pour les particuliers. Un accompagnement de projet est nécessaire quand il se trouve dans une zone protégée où les règles sont clairement énumérées et plus précises qu'une zone où l'article 11 des PLU sur l'esthétique s'applique, en donnant des conseils de généralité (couleurs enduit, type de tuiles, type de clôtures ...).

Il est de même pour les formes et typologies urbaines (linéaire de gabarit, hauteur en façade...). Le règlement fait en sorte de conseiller/obliger les formes des projets. A ce stade la dématérialisation est possible.

On comprend ici que par la diversité des projets, on peut envisager une différence de l'implication de l'administration en termes d'accompagnement.

La dématérialisation aura certainement l'objectif d'alléger les procédures pour des projets de petite ou moyenne taille. Ainsi, les personnels seront beaucoup plus mobilisables sur des projets plus structurants pour la ville.

Nous avons abordé le sujet de l'intelligence artificielle :

AD : Pensez-vous que l'intelligence artificielle aurait un intérêt dans la dématérialisation des procédures des Autorisations d'Occupation des Sols ?

Eh bien... je pense que du côté de l'instruction des ADS, tout pourrait être fait par l'IA et on aurait plus besoin d'instructeurs... mais je pense que l'IA est beaucoup plus développée dans le secteur privé. Les architectes, les promoteurs, etc. se servent de ces outils pour la conception « réglementaire » de leur projet.

AD : Quel serait pour vous l'intérêt de l'IA dans votre métier ?

De mon côté, ça n'aurait pas grand intérêt parce que je n'ai pas une mission de conception comme dans un service d'architecture ou dans un bureau d'étude.

Force est de constater que l'IA serait une technologie propre à faire disparaître l'intelligence humaine du processus d'instruction des ADS. Néanmoins, il soutient le fait que l'intérêt de l'IA dans l'urbanisme réglementaire se situe dans la conception des projets. Les professionnels se servent de cette technologie pour répondre aux contraintes réglementaires.

Conclusion

Les méthodes d'acquisition des connaissances du territoire ont muté grâce à l'impulsion des nouvelles technologies de la communication et de l'information. L'urbaniste se trouve peu à peu doté de nouveaux outils toujours plus performants lui permettant de reconnaître son territoire en continu.

La ville sensible traduit le besoin de plus en plus pressant de données toujours plus précises et toujours plus fidèles au terrain.

Ces technologies investissent de plus en plus le lien qui existe entre l'urbaniste et le reste des acteurs du projet urbain. La dématérialisation des procédures marque un renouveau dans la relation entre la population, les pouvoirs locaux et, a fortiori, l'urbaniste.

Enfin, l'intégration des algorithmes dans les infrastructures sociales de la production urbaine nous amène à penser que nos méthodes, nos usages et nos environnements mutent vers des outils de plus en plus généralistes dans leurs usages, mais aussi plus restrictifs dans nos pratiques.

Partie 3 : L'algorithme au centre des politiques et projets urbains

Voiries, immeubles, ilots, quartiers, villes, toutes ces échelles de projets sont aujourd'hui assujetties à l'étude de données, de cartes, de simulations, formes de diagnostics augmentés par l'usage de l'informatique, des algorithmes et de l'IA. Cela conditionne les formes urbaines et architecturales et modifie peu à peu les méthodes de construction, de négociation et de concertation autour de ces projets.

Nous allons à présent étudier comment l'algorithme et ses effets sont aujourd'hui au cœur des préoccupations des gestionnaires urbains. Les développeurs et politiques misent sur la dimension progressiste de l'usage des outils algorithmiques dans les productions urbaines et les stratégies informatiques. Peu à peu, l'urbanisme et la gestion urbaine intègrent un nouveau lexique hétéroclite entre technologie innovante et discours managérial de l'efficacité.

Dans un premier temps nous verrons comment l'algorithme modifie les méthodes de la production urbaine, les tâches et les environnements de travail des urbanistes. Quels outils émergent de ces nouveaux usages ? Quelles en sont les conséquences sur les diagnostics, études et projets urbains ?

Ensuite, nous verrons comment les algorithmes renouvellent les pratiques de la concertation, quelles influences ces technologies ont-elles sur la participation ? Sont-elles garantes d'une plus grande coopération ou bien brident-elles les possibilités d'actions des populations en matière d'urbanisme ?

Enfin, nous nous interrogerons sur les temporalités du projet urbain à l'ère de l'IA et des algorithmes.

1. Une modification des méthodes de production urbaine : la confrontation des systèmes de valeurs

« L'activité pratique de l'urbaniste a aujourd'hui des caractères qu'elle ne possédait pas par le passé [...] c'est-à-dire, d'autres formes de descriptions techniques d'un futur possible de ses aspects particuliers et des stratégies exigées par sa construction » (Secchi et Ingallina 2011, 40), voici ce qu'écrivait Bernardo Secchi dans sa « Première leçon d'urbanisme ». Il donne dans ce livre un caractère évolutif de la profession d'urbaniste, caractère exigé par l'évolution des mœurs, des attentes et des usages de la société concernant son environnement. Aujourd'hui, l'urbanisme se veut résilient plutôt que durable, participatif plutôt qu'hégémonique ou providentiel, mais aussi numérique, « augmenté », innovant. Toutes ces attentes se matérialisent dans la profession par un renouvellement des méthodes, des outils et des usages des urbanistes. Leur place et leur légitimité varient en fonction des discours et de la pertinence des scénarios construits. Aujourd'hui encore notre profession souffre d'une image hyperorganisatrice responsable de la construction des ZUP et des Grands Ensembles, mais celle-ci tend à se renouveler par des modèles d'organisations des systèmes urbains dans un objectif de résilience et d'efficacité.

L'usage croissant des systèmes d'information, des algorithmes et de l'IA, amène de nouveaux « dispositifs techniques » dont parle Bernardo Secchi. À l'inverse de la perspective, de la prospective et de la planification, ces nouveaux outils n'émanent pas d'innovations purement urbanistiques. De nouveaux acteurs soutiennent l'essor de nouvelles formes de représentations par la mise au point d'infrastructure technique s'appuyant sur l'usage des technologies de l'information et de la communication, sur des algorithmes d'analyses, de gestion et même d'intelligence artificielle.

Comme développé dans la seconde partie, l'acquisition et la gouvernance des données urbaines recomposent les jeux de pouvoir et les positions des acteurs dans l'organisation des structures professionnelles. L'informatique qui s'était jusque-là, tenue au rôle d'outil et d'appui à la réflexion mute peu à peu en un acteur doté d'une intelligence ayant des besoins d'apprentissage.

En matière d'urbanisme, on peut déceler dans ces nouvelles technologies les premiers signes d'une diminution de l'activité humaine dans la gestion de la ville et dans l'activité professionnelle.

Le travail de terrain, l'enquête, le diagnostic territorial et les outils théoriques comme l'entretien, le relevé de terrain, l'analyse sensible, se trouvent peu à peu investis par des technologies de l'information, remplaçant les sens et les savoirs humains par des capteurs sensoriels et des logiciels de représentation graphique basés sur la géolocalisation (Picon, 2018).

L'urbaniste se trouve alors dépossédé peu à peu de certains de ses usages et pratiques par ces dispositifs. Néanmoins, ces outils nécessitent une interprétation des données, de nouvelles manières de les présenter pour que celles-ci soient intelligibles, et deviennent des supports de décisions politiques. Cela implique pour les urbanistes d'adapter leurs usages et même de développer de nouvelles maîtrises dans le domaine des TIC, des SIG, etc.

Une autre conséquence de cet éloignement du terrain est la mutation du jeu d'acteur. Longtemps, la légitimité de l'urbaniste s'est basée sur sa connaissance du territoire et de ses dynamiques. Ses savoirs, dans des domaines variés de l'architecture à la connaissance de la sociologie politique, plaçaient l'urbaniste dans un rôle d'acteur pivot, garant des négociations constructives qui constituent une gouvernance urbaine. L'algorithme, la dématérialisation et bientôt, l'intelligence artificielle ont des tendances à l'annihilation du contact direct entre acteurs jusqu'à l'activité sociale fondamentale de l'urbaniste : la négociation.

En effet, selon Éric Sadin, le rôle de l'IA et plus largement des algorithmes est de développer un nouveau pouvoir, le pouvoir de vérité :

« Désormais la charge dévolue au numérique ne constitue plus seulement à permettre le stockage l'indexation et la manipulation aisée des corpus chiffrés, textuels, sonores ou iconiques en vue de diverses fins, mais à divulguer de façon à automatiser la teneur de situations de tous ordres. Il s'érige comme une puissance aléthique une instance vouée à exposer la vérité. » (Sadin, 2018, p. 13)

Force est de comprendre alors l'intérêt pour le politique d'encourager l'existence de cet acteur subordonné, capable d'imposer la vérité mathématique comme servitude d'intérêt commun.

La dématérialisation par exemple, est, certes plus efficace, mais elle permet à l'acteur politique de maximiser son pouvoir et brider tous biais de contestation ou de négociation face à l'énonciation d'une décision en matière d'urbanisme.

La production urbaine est, de ce fait, soumise à cette vérité politique. Le référentiel d'équipement en algorithmes des institutions de l'urbanisme et de l'aménagement implique un renouveau de législation, de contraintes et, à fortiori, de pratiques et d'usages des urbanistes.

Cette volonté de dominer les systèmes de valeurs et de construction des projets urbains n'est pas une nouveauté. Le courant moderne par exemple est parvenu à imposer son système de valeurs par la promesse d'une reconstruction rapide et hégémonique.

Alain Bourdin, sociologue et urbaniste décrit :

Tout se joue dans la définition du système d'évaluation qui guide les choix. [...] Ce système reste assez simple quand il renvoie à une idéologie dominante ou à un modèle social unique, mais il devient complexe quand on se trouve dans un contexte marqué par l'antagonisme (ou le polythéisme des valeurs) [...] (Bourdin, 2019, p. 42)

La figure de la ville contemporaine est fortement marquée par ce « polythéisme » des valeurs (Secchi & Ingallina, 2011). En effet, l'individuation des comportements urbains provoquée par différents facteurs parmi lesquels se trouve l'ubiquité informatique (Secchi et Ingallina 2011, 40) favorise l'essor de nouvelles aspirations en termes de milieux de vie et d'urbanisme.

Des nouveaux systèmes de référentiels visant à guider l'action émergent. Nicolas Douay décrit d'ailleurs les quatre formes de système qui coexistent actuellement dans l'action urbaine à l'heure du numérique (Douay 2018).

Pour résoudre la confusion de l'action face à divers systèmes de valeurs, la domination est l'une des réponses :

Autrement dit, lorsqu'il y a plusieurs systèmes d'évaluation en concurrence. D'autant que l'antagonisme des valeurs est aussi celui des groupes sociaux. Problème insoluble ? On peut le régler par la domination — un pouvoir impose un système et oublie les autres. (Bourdin 2019, p. 42)

Ce pouvoir est aujourd'hui exercé par des systèmes de gouvernance, motivés par le développement économique du territoire, dans un objectif d'augmentation du capital par la sollicitation de grands groupes de recherche et d'entreprises du numérique faisant aussi partie des GAFAs. La volonté politique est d'accélérer tout processus de projet par le biais de la dématérialisation (réduction des étapes d'instruction et des points de négociations).

La seconde réponse possible au polythéisme des valeurs serait une logique démocratique :

À moins que ne triomphe la démocratie dont la logique suggère deux choses : permettre la prise en compte de la plus grande diversité possible de systèmes de valeur et établir une hiérarchie entre eux. Autrement dit, chercher des compromis pour fabriquer un vivre ensemble aussi ouvert que possible. (Bourdin 2019, p. 42)

Ces deux formes de systèmes coexistent dans notre ville contemporaine. Elles conditionnent d'ailleurs les quatre formes d'urbanisme décrites par Nicolas Douay. Chacune de ses formes met à distance l'une des réponses et se conforme à l'autre. Ainsi, l'urbanisme algorithmique se place dans une volonté de dominance, en quête de la plus grande légitimité et le retour de la figure de l'ingénieur, détenant la vérité grâce à des *Urbalgorithms* toujours plus performants et rejetant toute contestation de celle-ci. De l'autre côté le wiki-urbanisme, ayant recours au *Civic-Tech* et à la cartographie participative, permet une co-construction du territoire.

Néanmoins, des défis plus urgents attendent nos villes et nos gouvernances. Le réchauffement climatique pourrait effectivement changer radicalement nos environnements, nos manières de consommer et nos modes d'interactions sociales. La confrontation des deux modes d'actions doit donc coexister pour créer un système d'évaluation hybride permettant une co-construction du territoire des plus efficace et inclusive possible.

Les algorithmes et le numérique plus généralement peuvent apporter de nouvelles solutions de concertation et de coopérations entre les acteurs. Nous avons vu, par exemple, les nouvelles sources d'interactions sociales et de coopération qui fut mise en place en réponse à la crise du COVID-19 comme les téléconférences ou les webinaires qui ont permis une continuité dans la transmission des informations et des idées.

2. L'influence technologique dans les pratiques de concertation et de participation

Les défis actuels et futurs amènent inévitablement tous les acteurs des gouvernances à choisir le mode d'action à mettre en place pour accompagner la ville dans une transition. La ville doit changer pour s'adapter certes ! Mais comment ?

Pour accompagner les établissements humains, Jérôme Baratier, urbaniste, parle « d'urbanisme de transition ». Pour s'en expliquer, il utilise une métaphore intéressante : Les relations entre acteurs s'apparentent à des fils, l'urbanisme de transition viserait à transformer « les fils en traces » et faire en sorte que ces « traces rencontrent des espaces pour engager une transformation »(Baratier, 2019).

Ce concept de « trace » est commun aux discours sur la gouvernance de la ville numérique développés par Antoine Courmont et Patrick Le Galès :

« Le développement de l'internet des objets (IoT) dans les sphères professionnelles et personnelles conduit à la collecte de traces enregistrant à la volée des évènements sans catégorisation préalable. La ville n'est plus mise en donnée à partir d'un regard extérieur, mais elle est représentée à partir de l'activité des individus [...] Le Big Data est donc indissociable des algorithmes qui donnent sens à ces mondes de données. » (Courmont 2019, p.17)

En somme, le *Big data* matérialise les relations et actions de l'individu dans son environnement. Les dispositifs classiques de participation et d'enquête auprès des populations se trouvent ainsi investis par une compréhension des dynamiques urbaines par l'usage de plus en plus intensif des algorithmes et du *Big data*. Grâce à ces avancées technologiques, chacun participe indirectement, à la gouvernance des villes.

De l'usage de ces *Big data* naissent de nouveaux usages et pratiques de participation et de concertation avec les populations urbaines :

« L'âge de l'information est en mutation perpétuelle. En destruction créatrice et en réinvention permanente. Il aborde aujourd'hui une troisième ère radicalement nouvelle qui voit s'effacer les frontières entre la carte et le territoire, entre le code et la donnée, entre le virtuel et le réel, et appelle de ce fait de nouvelles relations entre les institutions et le citoyen. » (Lacombe 2013, p.147)

Les individus sont conscients de leurs statuts de ressource par le biais de leurs données, et investissent de plus en plus les décisions et orientations en matière de gouvernances, demandent à participer à l'action et réclament plus de transparence quant à l'utilisation de ces données et le rôle de celles-ci.

L'exemple le plus marquant de participation numérique à la construction du territoire est très certainement l'utilisation massive d'Open Street Map (OSM). Cette utilisation permet une production continue de connaissances ainsi qu'une participation accrue aux projets citoyens comme dans le cas de la reconstruction sur le territoire d'Haïti (Opigez, Prévost, et Musquet 2013). Le développement de cet outil s'est réalisé de manière collaborative et l'enrichissement des données et des fonds de plan est basé sur la pratique massive de la cartographie par les utilisateurs appelés *crowdsourcing*. Nous pouvons également souligner le fait que OSM, n'émane d'aucune institution ou autorité territoriale. Le programme fut développé sur le constat qu'il est nécessaire, à l'heure de la géolocalisation et de la traçabilité de doter le citoyen d'un outil de cartographie numérique lui permettant de couvrir l'essentiel de ses usages. Ce projet matérialise la première forme de participation citoyenne enrichie par le numérique nommé : les *Civic Tech*.

Mise à part les *Civic Tech*, qui constitue certainement la forme la plus « ouverte » des Urbalgorithms, certaines collectivités mènent aujourd’hui un certain nombre d’expérimentations sur le mobilier urbain interactif. Sorte de bornes disséminées dans l’espace public, dotée d’écran LCD visant à offrir à l’utilisateur de cette espace « une expérience augmentée ». Elles ouvrent la possibilité d’interagir par le biais de ces objets urbains pour adapter l’image de l’espace aux besoins de l’utilisateur. Ainsi, cela permet à la collectivité de stocker de nouvelles données, de nouvelles traces en faisant participer l’utilisateur non pas selon ses désirs et ses envies, mais selon ses usages.



Illustration 15 : Borne interactive dans la ville de Marseille – Source : <http://destimed.fr>

Le numérique offre une véritable aubaine à ce que certains appellent la maîtrise d’usage :

« La maîtrise d’usage est un moyen de donner une place active et décisive aux usagers en postulant que la pratique génère un savoir. » (Vulbeau 2014, 62)

Il s’agit de comprendre que les interactions entre usagers et numérique constituent en collaboration des données massives. L’utilisateur renseigne et le numérique stocke et traite l’information. Cette information est ensuite analysée et interprétée, le produit final de ce processus participatif est une maîtrise des usages à l’échelle du quartier et de la ville. C’est également une manière pour le gestionnaire urbain de récupérer des données sur ces usages et les préférences des habitants sans avoir à se confronter directement au public. Les applications mobiles sont de plus en plus développées par les métropoles et relèvent des mêmes stratégies de communication et de participation des gouvernances :

« Mettre les gens en réseau nécessite des outils légers et frugaux (une application smartphone par exemple) qui ont le pouvoir de révéler une cartographie des émergences nouvelles et de la vitalité d’un territoire. » (Fréchin 2013)

On comprend à travers ces différents exemples que le développement des villes dans le domaine d’équipement numérique, souvent désigné comme des pistes vers l’avènement des Smartcity, vise à donner une valeur, une consistance aux usages de l’individu dans son environnement urbain.

En contrepartie, l'individu accepte de confier ses données personnelles, d'être un sujet de traçage parmi d'autres. C'est une forme de participation dématérialisée qui s'ouvre ici, la visualisation des « traces » numériques révèle certaines dynamiques analysées par des gestionnaires urbains.

Du point de vue de la gestion urbaine et de la gouvernance, la concertation et la participation du citoyen se développent également selon des logiques de la démocratie directe.

En effet, les « budgets participatifs »⁹ mis en place pour améliorer ce pan de la gestion urbaine utilise des dispositifs web offrant la possibilité au citoyen de proposer des projets de tous ordres pour les soumettre au vote communautaire . Le ou les projets sont ensuite classés selon leur suffrage et la collectivité s'engage à les financer et les réaliser.

Néanmoins, ces pratiques restent encore expérimentales et la participation citoyenne mêle aujourd'hui interactions sociales et outils numériques. L'individu doit être également considéré comme un citoyen porteur d'usages, mais aussi d'idées et d'opinions.

Dans le milieu de l'urbanisme, « l'atelier urbain » reste encore très majoritaire dans la pratique. L'atelier consiste à réunir autour d'un périmètre d'étude différents acteurs ayant des compétences diverses afin d'étudier et de co-construire des scénarios spatialisés. Les outils numériques sont, dans l'exercice de l'atelier, des outils, des facilitateurs à la représentation, mais la nature profonde des réflexions se base sur l'intelligence collective du groupe.

3. L'urbanisme à l'heure de l'intelligence artificielle

Comme nous l'avons vu jusqu'à présent, les algorithmes sont de plus en plus présents dans nos usages et pratiques de l'urbanisme. Tant sur le plan de la conception que dans le fonctionnement de nos institutions, l'informatique et les algorithmes constituent de nouvelles bases pour l'exercice de nos fonctions futures. En outre, la digitalisation de la ville adapte la lecture de ses problématiques et de ses dynamiques au fonctionnement des algorithmes.

Il s'agit dans cette partie de se pencher sur les prochaines évolutions et en particulier ce que pourrait apporter l'intelligence artificielle dans nos usages et pratiques professionnelles. Nous commencerons donc par étudier les vertus de l'IA et ce en quoi elle enrichirait nos méthodes de projets et de diagnostic.

Nous verrons ensuite l'influence que l'intelligence artificielle aurait sur la gouvernance et la gestion urbaine et nous finirons sur les risques que pourrait apporter l'IA.

⁹ Site «Les budgets participatifs» », *Les budgets participatifs* : <https://lesbudgetsparticipatifs.fr/contact/>.

3.1. L'apport des algorithmes d'intelligence artificielle et du *machine Learning*

Donner à la machine mille plans pour que celle-ci en apprivoise les grandes propriétés qui les régissent. Le *machine-learning* correspond à cette période durant laquelle on va présenter ces plans à un algorithme d'intelligence artificielle.

Comme le démontre Stanislas Chaillou, le programme peut alors générer des plans par lui-même. Au fur et à mesure de « l'apprentissage », l'algorithme va assimiler des notions telles que l'emprise au sol, l'enveloppe et l'agencement des pièces, la disposition des fenêtres (voir illustration 3).



Illustration 16: Séquence d'entraînement - Stanislas Chaillou, 2020

L'illustration ci-dessus montre les versions successives des plans générés par l'algorithme. Ce procédé est une « séquence d'entraînement » définie comme « ces images générées durant l'entraînement d'un modèle GAN montrent l'apprentissage progressif de la machine. Les premiers essais de génération sont imprécis, quand les dernières tentatives ressemblent résolument à des plans d'étages » (Chaillou 2020).

A posteriori, Stanislas Chaillou développe trois hypothèses, chacune d'elles suppose que l'IA apporte de la flexibilité dans la projection des formes, des options supplémentaires au « processus créatif » et permet de « rapprocher » l'analyse des flux notamment de l'individu qui construit le projet. Il souligne néanmoins que l'IA reste un outil, à chacune de ces hypothèses il apporte une nuance en disant que bien que l'IA apporte de la flexibilité, elle ne dessine pas un projet en elle-même. Bien que l'IA apporte des options supplémentaires, elle ne décide pas laquelle sera mise en pratique. Bien que l'IA raccourcisse le processus d'analyse, elle ne donne pas de réelles certitudes sur le dessein d'un projet.

L'exemple de S.Chailou est adapté au projet architectural, à la réflexion autour de questions purement techniques et d'aménagement de l'espace. Mais quid de l'aménagement et de l'urbanisme ? Les contraintes du projet urbain sont bien plus importantes, car le projet ne doit pas répondre seulement aux besoins d'un client, mais aussi à des dynamiques urbaines, à des besoins sociaux et politiques de la cité.

Faisons l'hypothèse que, dans le cas d'un projet urbain l'IA « rapproche » l'analyse dans le processus de conception :

En effet, l'IA est capable d'intégrer plusieurs types d'analyse permettant de visualiser les différents effets qu'un projet aurait dans son environnement (Analyse des flux d'air, d'ensoleillement...) qui nécessitait auparavant de faire appel à des acteurs spécialisés. La facilité d'accès de cette analyse permet alors au gestionnaire urbain de comprendre l'intégration de son projet au tissu urbain existant, de modifier son projet selon ses objectifs. Néanmoins, la nature de ces analyses ne prend en compte que des données quantifiables (la force du vent, l'axonométrie du bâtiment, les hauteurs de façade, etc.) Or, l'urbanisme repose également sur des données plus qualitatives, comme les attentes politiques, sociales autour d'une requalification d'un quartier ou d'un nouveau document de planification. Comment l'IA serait-elle capable d'intégrer ces données dans son processus d'apprentissage ?

Faisons l'hypothèse que l'intelligence artificielle intègre de nouvelles analyses du projet :

Certes, l'IA peut apporter une flexibilité dans l'analyse technique du projet, son apprentissage lui permet de proposer à son utilisateur de visualiser différentes simulations de flux et différentes analyses quantitatives. L'intégration de ces différents savoirs techniques permet alors à l'utilisateur de confronter ces analyses à ses savoirs théoriques et aux attentes sociales économiques et environnementales qui se jouent autour de son projet.

En conclusion de cette hypothèse, nous pouvons dire que l'IA apporte un enrichissement des outils d'analyses du projet, mais elles doivent être comprises à travers différents objectifs pour être réellement efficaces.

Faisons ensuite l'hypothèse que l'intelligence artificielle apporte de nouvelles options à l'acteur :

La génération de plans successifs présentés plus haut paraît intéressante pour des missions de prospectives. En effet, l'IA pourrait apporter à l'utilisateur plusieurs propositions de plans prospectifs. Il s'agirait de fixer à l'algorithme des objectifs à remplir et des paramètres à respecter de différentes natures (emprise foncière, sauvegarde de la biodiversité, trames vertes et bleues, etc.).

L'algorithme d'IA pourrait générer différents plans successifs et présenter alors des plans conclusifs pouvant répondre aux objectifs des différents acteurs prenant part à l'élaboration

des documents d'urbanisme et d'aménagement. Néanmoins, l'élaboration de ses documents est soumise à des procédures législatives et à des négociations entre acteurs du territoire.

L'IA apporterait ainsi de nouvelles options dans la construction de scénarios. La technologie serait alors porteuse de solutions primaires vouées à être réfléchies et discutées entre tous les acteurs prenant part au processus d'élaboration des projets et des documents d'urbanisme.

Faisons enfin l'hypothèse que l'IA apporte une flexibilité dans le processus du projet urbain :

Tout comme dans le projet architectural, l'IA permettrait alors de donner des caractères évolutifs aux projections du territoire. D'une part, l'apprentissage continu de l'algorithme permettrait d'affiner les objectifs à atteindre en termes de prospective. D'autre part, les différentes analyses produites par l'algorithme pourraient faire des documents d'urbanisme non plus une production visant à décrire une image de la ville sur le long terme, mais des documents évolutifs toujours en adéquation avec l'évolution du maillage des voiries, des bâtiments pour répondre aux mieux aux besoins économiques sociaux et environnementaux.

Les progrès qu'apporterait l'IA seraient donc notables autant dans le domaine de la planification que dans la conception d'un projet d'urbanisme. Les analyses ainsi produites offriraient aux gouvernances un formidable moyen de se concentrer sur le fond des projets plutôt que sur leur forme et favoriseraient donc un renouvellement des espaces beaucoup plus rapides. Les documents d'urbanisme pourraient être réadaptés en continu pour mieux répondre aux objectifs environnementaux sociaux et économiques de la ville.

Cependant, un progrès tel que l'avènement de l'Intelligence artificielle pose question sur nos modes de gouvernance et sur les prises de décision du gestionnaire urbain. L'amélioration des connaissances perpétuelles de ces algorithmes permettrait peut-être à ceux qui en maîtrisent le fonctionnement d'étendre leur fonction à des tâches beaucoup plus réflexives, les rendre capables de prendre des décisions de leur propre chef et donc, d'exercer un certain pouvoir sur nos espaces urbains.

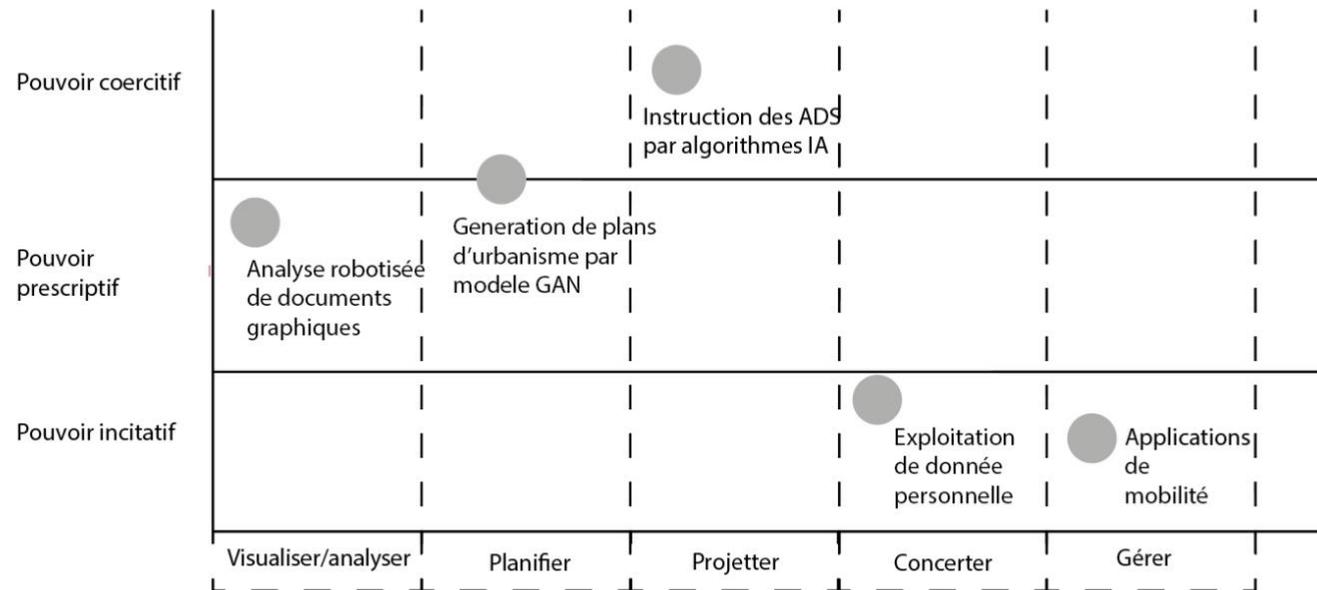
3.2. La gouvernance urbaine de l'IA : la déclinaison des trois pouvoirs

Tandis que nous mesurons un certain enthousiasme face à l'essor d'une telle technologie certains, à l'image d'Éric Sadin soulèvent quelques critiques à l'égard de ceux qui voient en l'intelligence artificielle, un renouveau des organisations sociales, des révolutions quasi prophétiques d'un avenir meilleur pour l'individu contemporain.

Outre sa définition de l'IA dont il était question plus en amont, le philosophe décrit l'intelligence artificielle comme « une technologie de l'intégral » capable d'une amélioration continue et l'accomplissement d'un progrès dans son fonctionnement.

Du fait de ses capacités, Éric Sadin explique que l'intelligence artificielle serait capable de développer sur l'individu, sur la société ainsi que sur leurs activités et interactions, trois types de pouvoirs (Sadin, 2018, p. 16) :

- Un pouvoir incitatif : ce premier « niveau » du pouvoir se caractérise par une forme de conseil visant à assister l'individu dans ses choix. Dans le domaine des activités de l'urbanisme, ceci peut se caractériser par un algorithme capable de conseiller des trajets dans le cas des applications mobiles. On peut également imaginer que cela pourrait s'étendre à la gestion urbaine. Un logiciel pourrait à posteriori proposer aux acteurs de la production urbaine différents sites sur lesquels il serait profitable de mener une action ou un projet. Enfin, le pouvoir incitatif de l'IA peut également influencer l'opinion et la vision d'une partie de la population sur un projet. Le scandale de *Cambridge Analytica* lors de l'élection présidentielle américaine (Bastin, 2019) pourrait trouver un certain écho dans les pratiques de concertation pour capter l'adhésion de la population face à un projet urbain.
- Le pouvoir prescriptif : Relève de ce que E. Sadin appelle « l'examen » c'est-à-dire une analyse plus poussée de différentes données afin de permettre à l'algorithme de donner un avis, une prescription. Dans le domaine de l'urbanisme, nous avons vu certaines formes de ce pouvoir par les exemples d'HabX ou de SpaceMaker, des logiciels capables de proposer et de prescrire (par certaines de ses analyses) des dispositions techniques à l'architecte ou à l'utilisateur.
- Enfin, le pouvoir de l'IA pourrait atteindre un niveau « coercitif ». Cela reviendrait à donner à l'IA un rôle normalisateur, capable d'imposer des choix à l'individu. Dans le domaine de l'urbanisme, c'est ce qui pourrait advenir, par exemple, d'une instruction des Autorisations d'Occupation des Sols par ce type d'algorithme.



Source : Alexandre DEPETRIS - 2020

Illustration 12 : Les usages de l'IA dans l'urbanisme

Dans l'illustration précédente, l'Intelligence Artificielle est présentée selon ces différents usages dans l'urbanisme.

Dès la phase de diagnostic, l'analyse robotisée de documents graphiques permettrait plus rapidement d'atteindre une représentation du territoire permettant les réflexions sur le projet. Ces technologies, comme dans le cas du cabinet Reynard, constitue des outils d'orientation des décisions et de projection de l'urbaniste dans des espaces traversés par différents flux et dynamiques.

Durant la phase de planification, les données urbaines pourraient être analysées par différents outils intégrés à l'algorithme d'intelligence artificielle. Le produit final serait une représentation rationnelle des plans qui réglemente nos villes. La valeur prescriptive de ces plans ne dépend que du crédit qui est porté à l'algorithme. Il se pourrait alors que des plans d'urbanisme ainsi créés, soient mis en application et influencent grandement le fonctionnement urbain.

D'ailleurs, l'IA pourrait également supporter le rôle de l'instruction des autorisations d'occupation des sols. La mise en place de l'analyse de document réglementaire par ce dispositif limiterait le champ d'action des pétitionnaires et rendrait des décisions strictes et coercitives sur leurs projets.

Ensuite, nous pouvons voir de nouveaux outils de concertation au travers des différentes technologies de la simulation et de la réalité augmentée. Par l'expérience qui est offerte à l'individu, il est possible d'influencer son opinion sur des projets urbains. On peut imaginer que ces outils d'analyses de données personnelles et urbaines, associés avec des technologies de simulation puissent montrer différentes images ou esquisses d'un projet en fonction de l'individu utilisateur.

En matière de gestion, l'intelligence artificielle est d'ores et déjà présente sous forme incitative. Dans la gestion urbaine des transports, les applications permettent de personnaliser et planifier la mobilité de chacun.

3.3. Les risques de l'IA

L'intégration des algorithmes rend les procédures et la maîtrise de l'urbanisme « exécutable » par des algorithmes d'intelligence artificielle. Le progrès technologique a dévié le rôle de l'informatique de la place d'outil, à la place d'exécutant ayant un « pouvoir de vérité » (Sadin, 2018, p. 77). En effet, l'instruction des différentes procédures pourrait être exécutée par des logiciels d'analyse spatiale, couplés avec une intelligence artificielle capable d'analyser des données urbaines. Quelle serait alors la place de l'urbaniste dans une telle situation ? La réponse se trouve peut-être chez SpaceMaker ou HabX deux entreprises évoquées plus haut.

Dans ces structures, l'architecte, l'urbaniste, pourtant doté d'un savoir pratique et théorique jouent un rôle d'analyste de données. L'IA a besoin d'apprendre, le *machine-learning* et le *deep learning* sont les deux progrès technologiques qui font de l'intelligence artificielle une technologie singulière. Pour que l'apprentissage soit optimal, il est nécessaire pour la machine d'obtenir une validation ou invalidation de ses résultats. L'IA a besoin de l'humain et de ses savoirs pour valider ou invalider ses résultats. Cette modernisation, intégrant de plus en plus d'algorithmes de plateforme, réduit la place des interactions humaines et se placent ainsi en contradiction des objectifs de participation et de rapprochement des services publics auprès des citoyens :

L'intelligence artificielle concourt à organiser la fin du politique entendu comme l'expression de la volonté générale d'arrêter des décisions, dans la contradiction et la délibération en vue de répondre au mieux à l'intérêt commun. Comment ne pas saisir qu'elle relève également d'un phénomène psychologique qui prend sa source dans notre angoisse fondamentale induite par l'incertitude inhérente à la vie nous obligeant indéfiniment à nous déterminer, supposant le doute et la possibilité à tout instant de commettre l'erreur ? (Sadin 2018, 27)

Se joindraient alors à cette « fin du politique » des risques de manipulations notamment dans le dialogue entre les responsables et la population. Une technologie telle que celle de l'IA mise au service des « décideurs politiques » effacerait ce que Henri Lefebvre appelle le « droit à la ville » (Costes, 2010) c'est-à-dire le droit de l'individu de participer aux processus constitutifs de l'environnement et de la vie urbaine.

Conclusion

Les évolutions dans le domaine des algorithmes et de l'IA marquent un renouveau dans les référentiels d'actions dans le domaine de l'urbanisme. En effet, les différents systèmes de valeurs qui coexistent sont tous porteurs de nouveaux artefacts, de nouvelles formes de mobilisation d'acteurs portant influences et actions sur les formes de projets urbains.

On assiste également à une revalorisation des intérêts des gouvernances urbaines. Leur volonté est de permettre une meilleure interaction directe entre des objets de l'espace public et les « utilisateurs ». Les données des individus composent de nouveaux matériaux pour la visualisation du territoire et le diagnostic d'avant-projet.

Enfin, nous entrevoyons l'avenir. Celui que nous offre l'IA et les différents outils qui pourraient apparaître dans un futur plus ou moins proche. L'analyse robotisée et d'ores et déjà en vigueur dans certaines organisations comme des cabinets d'architecte ou même d'urbanisme réglementaire. L'apprentissage des machines dotées d'une acuité et d'une capacité d'analyse sans cesse croissante nous pose la question de leur légitimité à prendre part aux décisions et à l'élaboration des normes urbaines. Si tel est le cas, si l'humain donne cette possibilité à une machine, alors quel est son rôle dans le processus de construction urbain, que deviendrait « le droit à la ville » ?

Conclusion générale

La dématérialisation, l'intelligence artificielle, la maîtrise d'usage et l'analyse des *big data*, autant d'évolutions technologiques vouées à améliorer les conditions de vie et accélérer les « temps morts » de la vie urbaine. Attendre des réponses administratives, des plans, mener des enquêtes, des entretiens, toutes ces « activités pratiques » dont parle B. Secchi sont vouées à évoluer au profit des Urbalgorithms, automatismes algorithmiques ayant pour rôle d'assister l'urbaniste dans sa réflexion .

Le maître-mot de l'urbalgorithme est « la facilité ». L'IA « facilite » la conception. La dématérialisation « facilite » les procédures et le dialogue. Les big data, les « smart grids », la simulation « facilitent » l'analyse et la compréhension de nos espaces urbains. Mais à quoi peut correspondre cette « facilité » ? Toutes ces activités doivent-elles réellement être faciles ?

La « facilité » désigne, selon le dictionnaire Le Robert : « Caractère, qualité de ce qui se fait sans peine, sans effort »¹⁰. Considérant cette définition, l'urbanisme deviendrait alors grâce au numérique une faculté quasi intrinsèque de l'individu contemporain, un automatisme immédiat.

Les urbalgorithms portent la promesse d'une réduction optimale des temps « sans valeur ajoutée ». Le remplissage des dossiers, le dessin du plan, l'affichage cartographique des données se font dans des temps très courts. Cette compression des temps morts du projet permet une augmentation des périodes de réflexion sur les contenus des projets. Néanmoins, les acteurs tiers, pétitionnaires, entrepreneurs, politiques et informaticiens voient dans ces évolutions des promesses de facilité du projet, une accélération des temporalités du projet pour un accès beaucoup plus rapide au produit final : une décision, un bâtiment, un document réglementaire.

La réduction des temps de réflexion est quant à elle une promesse portée par la technologie de l'intelligence artificielle. Il nous est aujourd'hui proposé de déléguer notre rôle réflexif à ces technologies.

Toutes ces innovations technologiques sont vouées à améliorer les échanges entre les acteurs de projets, à l'essor d'une ville résiliente et plus respectueuse de l'environnement. Toutefois, le numérique implique de nouveaux risques. Les algorithmes sont des artefacts malléables, intégrant peu à peu nos usages et activités mais sont aussi accessibles et modifiables rendant vulnérables nos pratiques et nos systèmes.

Si l'aléa est encore peu connu les risques numériques sont en voie de s'étendre aujourd'hui à nos réseaux urbains et nos espaces sociaux. Mais il est concevable que l'intelligence artificielle permette alors à l'urbaniste de se dégager du temps pour créer d'avantage et imaginer des projets novateurs.

¹⁰ Site Le Robert, Définition de la « facilité »

Bibliographie

- Ascher, François. 2013. *Les nouveaux principes de l'urbanisme ; suivi de Lexique de la ville plurielle*. La Tour d'Aigues: Éditions de l'Aube.
- Awada, Fouad. 2013. « Simulation et scénarisation comme outils d'analyse prospective ». *Les Cahiers de l'IAU* (166): 79-83.
- Bastin, Gilles. 2019. « Société Algorithmique ». Présenté à Sciences Po Grenoble.
- Beaulier, Marc, et Public Impact Management. 2020. « La dématérialisation des ADS ». Présenté à L'urbanisme à l'heure du numérique, CNFPT.
- Bell, Daniel. 1999. *The coming of post-industrial society: a venture in social forecasting*. Special anniversary ed. New York: Basic Books.
- Bonnet, Frédéric, et Antoine Loubière. 2014. « Partir du risque pour concevoir un projet urbain ». *Hiver* 2014(n°395): 32-35.
- Bourdin, Alain. 2019. « Produire la plus grande urbanité possible ». *Questions à l'urbanisme* (415): 42-43.
- Chaillou, Stanislas. 2020. *#1 STANISLAS CHAILLOU IA & ARCHITECTURE*. Paris: Palais de l' Arsenal. <https://www.pavillon-arsenal.com/fr/arsenal-tv/conferences/ia-architecture/11482-1-stanislas-chaillou.html>.
- Costa, Delphine. 2017. « La dématérialisation des procédures administratives et autres téléprocédures. Rapport français ». In *Annuaire Européen d'Administration Publique*, La dématérialisation des procédures administratives, PUAM, 47-63 [17 p.]. <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-02116884>.
- Courmont, Antoine. 2019. *Gouverner la ville numérique*.
- Cunha, Antonio da, Isabelle Thomas, et Bibliothèque numérique canadienne (Firme). 2017. *La ville résiliente: comment la construire?* <http://www.deslibris.ca/ID/479176> (26 février 2020).
- DDT du Rhône. *Regard sur le Rhône et les crues de Novembre 2008 : Un territoire qui ressort fort de son expérience*. Prefecture du Rhône. http://www.rhone.gouv.fr/content/download/6822/38835/file/Plaquette_REX_Crués2008_cle0468ae-2.pdf.
- Denègre, Jean, et François Salgé. 2004. *Les systèmes d'information géographique*. 2. éd. mise à jour. [Paris: Presses universitaires de France].
- Denison, Edward. 2013. *3 minutes pour comprendre les 50 plus grands principes et styles en architecture*. Paris: Le Courrier du livre.

Deux ans de transformation publique : libérer l'énergie publique ! 2019. Direction interministérielle de la transformation publique.

Dolla, Bastien. 2020. « Bastien Dolla : Intelligence artificielle et architecture ». Présenté à IA & ARCHITECTURE. <https://www.youtube.com/watch?v=t6bijAFGX0Q>.

Douay, Nicolas. 2018. *L'urbanisme à l'heure du numérique*.

Douay, Nicolas, Caroline Leininger-Frézal, et Matthieu Pichon. 2018. « Enseigner l'Aménagement dans un département de Géographie : évolution des rapports disciplinaires à partir du cas de l'Université Paris Diderot ». *Territoire en mouvement.Revue de Géographie et d'Aménagement* (39-40). <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01991566>.

Fréchin, Jean-Louis. 2013. « Le numérique, enjeu du middle out ». *Les Cahiers de l'IAU* (166): 177-179.

Haëntjens, Jean. 2018. *Comment les géants du numérique veulent gouverner nos villes: la cité face aux algorithmes*.

Juillard, Claire. 2020. *Produire des données de prix et de loyers à l'Heure de la PropTech*. SciencesPo. https://www.sciencespo.fr/ecole-urbaine/sites/sciencespo.fr/ecole-urbaine/files/2020_01%20-%20Juillard%20copie.pdf.

Lacheret, Arnaud. 2018. « La société des algorithmes ». In *Le numérique, le secret. Concours IEP. Plus de 100 fiches pour réussir l'épreuve de questions contemporaines 1re année. Édition 2019*, éd. René Rampoux. Ellipses. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01875049>.

Lacombe, Romain. 2013. « Partager les données publiques pour renouveler la démocratie ». *Les Cahiers de l'IAU* (166): pp. 147-49.

LASNE. 2020. « Présentation du programme Démat. ADS : L'urbanisme à l'heure du numérique ». Présenté à Présentation du programme Démat. ADS, Lille.

Laurent, Brice, David Pontille, et Felix Talvard. 2019. « La politique des expérimentations urbaines. Innovation technologique et transformations des villes à Singapour et San Francisco ». In *Gouverner la ville numérique, La vie des idées*, Paris.

Leigh Star, Susan. 2010. « Ceci n'est pas un objet-frontière !Réflexions sur l'origine d'un concept ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol 4, 1(1): pp. 18-35.

Michaud, Thomas. 2014. « La dimension imaginaire de l'innovation : l'influence de la science-fiction sur la construction du cyberspace ». *Innovations* 44(2): pp. 213-33.

Naudin-Adam, Muriel, et Dorothée Palayan. 2013. « Compétences à la carte et carte des compétences ». *Les Cahiers de l'IAU* (166): 44-48.

Opigez, Xavier, Frédéric Prévost, et Gaël Musquet. 2013. « Co-construire le territoire avec OpenStreetMap ». *Les Cahiers de l'IAU* (166): 152-54.

Picon, Antoine. 2018. *Smart Cities*. Editions B2. Rennes.

Ratti, Carlo, et Matthew Claudel. 2016. *The city of tomorrow: sensors, networks, hackers, and the future of urban life*. New Haven ; London: Yale University Press.

Raymond M. et al. 2007. *ESPADA : Un outil innovant pour la gestion en temps réel des crues urbaines*. Novatech.
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/25386/0793_270raymond.pdf

Reghezza-Zitt, Magali, et Samuel Rufat. 2015. *Résiliances: sociétés et territoires face à l'incertitude, aux risques et aux catastrophes*. London: ISTE éd.

Sadin, Éric. 2018. *L'intelligence artificielle, ou, L'enjeu du siècle: anatomie d'un antihumanisme radical*. Paris: L'Échappée.

Sandvig, Christian. 2013. « « The Internet as Infrastructure », *The Oxford Handbook of Internet Studies* », http://www-personal.umich.edu/~csandvig/research/Sandvig_The_Internet_as_Infrastructure.pdf.

Scott, Ridley. 1982. *Blade Runner 1982*. Warner Bros.

Secchi, Bernardo, et Patrizia Ingallina. 2011. *Première leçon d'urbanisme*. Marseille: Parenthèses.

Service Presse Métropole de Lyon. *Le budget 2019 de la Métropole de Lyon*. Lyon: GRAND LYON. Dossier de presse.

Soupizet, Jean-François. 2020. « La smart city : mythe et réalité ». *Futuribles* 434(1): 49-65.

Spielberg, Steven. 2002. *MINORITY REPORT*. UFD

Vulbeau, Alain. 2014. « La maîtrise d'usage, entre ingénierie participative et travail avec autrui ». *Recherche sociale* 209(1): 62-75.

Sitographie

Dijon, Métropole, et DIJON Just. 2019. « DIJON MÉTROPOLE INTELLIGENTE CONNECTÉE » : <https://www.metropole-dijon.fr/Grands-projets/Les-grandes-realizations/OnDijon-metropole-intelligente-et-connectee> (Consulté le 12 mai 2020).

« FORUM EUROPÉEN D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE TERRITORIALE .
<https://allchemi.eu/course/view.php?id=316>.(Consulté le 13 Avril 2020)

Guichet numérique du Grand Lyon : <https://www.toodego.com>

Manager GO! 2020. « Savoir utiliser le diagramme d'Ishikawa ». <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/ishikawa-5m> (Consulté le 20 avril 2020).

La directive européenne Inspire : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/directive-europeenne-inspire>

Préfecture du Rhône : <http://www.rhone.gouv.fr> (Consulté le 15 Mai 2020)

Page d'accueil du site de l'entreprise *Cortexia* : <https://www.cortexia.ch> ((Consulté le 17 Avril 2020)

Page d'accueil du site de l'entreprise *HabX* : <https://www.habx.com/fr/> (Consulté le 14 Avril 2020)

Page d'accueil du site de l'entreprise *SpaceMaker* : <https://spacemaker.ai> (Consulté le 14 Avril 2020)

Page d'accueil du site de l'entreprise *Urbassist* : <https://www.urbassist.fr>. (Consulté le 13 Mai 2020)

Site "Les budgets participatifs" », Les budgets participatifs :
<https://lesbudgetsparticipatifs.fr/contact/>

Plaquette de présentation du MASTÈRE SPÉCIALISÉ URBANTIC GÉNIE URBAIN ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION : https://www.eivp-paris.fr/sites/default/files/2018-03/eivp_plq_urbantic_a4_finale_web_07_20171.pdf (Consulté le 14 Avril 2020)

Site de Paratronic, « *Fonctionnement Général, Surveillance des eaux* » :
<http://www.paratronic.info/risques-naturels/surveillance-eaux/fonctionnement/index.php#2,2;1,0>

Site du Pavillon de l'Arsenal : <https://www.pavillon-arsenal.com> ((Consulté le 20 Mars 2020)

Site Turrier.fr « *Créer et utiliser une base SQL* » : <http://www.turrier.fr/articles/php-mysql-creer-bdd/php-mysql-creer-bdd.php?fbclid=IwAR1CnUM6zUZT2FJdK5azmx>
(Consulté le 20 Mars 2020)

Site Le Robert, Définition de la « facilité » :
<https://dictionnaire.lerobert.com/definition/facilite> (Consulté le 10 Juin 2020)

Site Faculté de Droit, Science économique et politique, Univesité de Bourgogne), Master 2 Smart city et Gouvernance de la donnée : <https://ufr-dsep.u-bourgogne.fr/formations/masters/master-2-smart-city-et-gouvernance-de-la-donnee.html> (Consulté le 20 Mars 2020)

Tables des illustrations

<i>Illustration 1 : Jaquette de la version mobile de SimCity Building —Electronic Arts V. 1.31.1.</i>	14
<i>Illustration 2 : Préférences de navigation Waze - Waze Inc. V 4.61</i>	15
<i>Illustration 3 : La boussole de l'urbanisme numérique – « L'urbanisme à l'heure du numérique » Nicolas DOUAY</i>	18
<i>Illustration 4 : Ce schéma représente le cheminement d'une demande d'un utilisateur sur une infrastructure web reliant un site et des bases de données — Source : http://www.turrier.fr/articles/php-mysql-creer-bdd/php-mysql-creer-bdd.php?fbclid=IwAR1CnUM6zUZT2FJdK5azmx</i>	31
<i>Illustration 5 : "Chronologie de l'IA en Architecture" – IA & Architecture – S. CHAILLOU, 2020, PARIS</i>	32
<i>Illustration 6 : Suite algorithmique de l'urbanisme</i>	34
<i>Illustration 7 : Diagramme des outils de l'urbanisme dans les années 2020</i>	37
<i>Illustration 8 : L'algorithme permet d'analyser la présence d'une bouteille en plastique sur cette zone –</i>	43
<i>Illustration 9 : Inconfort face au logiciel ERP Reynard</i>	48
<i>Illustration 10 : Système de transmission de l'information — Système ESPADA — Ville de Nîmes.</i>	60
<i>Illustration 11 : Diapositive représentant le développement de l'infrastructure technique de la dématérialisation des procédures d'Autorisations du Droit du Sol — Source : « Présentation du programme Démat. ADS : L'urbanisme à l'heure du numérique »(LASNE 2020)</i>	69
<i>Illustration 12 : Les usages de l'IA dans l'urbanisme</i>	87