

LES **N°119** ÉCHOS DU LOGEMENT

SPW | Éditions

ARCHITECTURE(S) ET MODES CONSTRUCTIFS [PARTIE 1]

→ Urbanisme vertical / Systèmes de construction / Ensembles / Utopies / Containers / Qualité architecturale /
Matériaux durables / Familistère / Recyclage urbain + Bail de résidence principale / Street art / ...



Wallonie

MARS 2017

POLITIQUE DU LOGEMENT

- 04 Un urbanisme vertical « utopéthique »
PAR PHILIPPE SAMYN
- 24 La ville et la maison sont l'apanage des hommes
PAR JEAN ENGLEBERT
- 29 Habiter (des) ensemble(s)
PAR PIERRE HENRION
- 35 Vers une politique wallonne de la ville —
Une politique de promotion de la qualité architecturale et du patrimoine
PAR JOSIANE PIMPURNIAUX
- 37 Parcours croisés. L'architecture, de la brique au container...
PAR PIERRE SAUVEUR

INNOVATIONS CONSTRUCTIVES ET MATÉRIAUX DURABLES

- 41 Les nouveaux systèmes constructifs dans le domaine du logement
PAR FRANCIS CARNOY, MÉLANIE LÉONARD ET LAURENT LASSOÏE
- 44 Plaidoyer pour que les innovations en matière de construction « durable » dans le secteur du logement ne soient pas des feux de paille
PAR JEAN-PHILIPPE POSSOZ
- 47 A la rencontre des producteurs de matériaux
PROPOS RECUEILLIS PAR SÉBASTIEN FONTAINE

REGARDS SUR LE PASSÉ

- 50 Le Familistère de Guise : une « Utopie réalisée »
PAR PIERRE FRANKIGNOULLE

PROJETS

RÉHABILITATION D'UN ANCIEN SITE INDUSTRIEL : LE « PRÉ MADAME » À HERSTAL

- 52 Genèse d'un projet d'éco-village dans un cœur industriel
PAR FRANÇOIS VERGNIOLLE
- 57 Un projet utopique voit le jour en Wallonie
PAR ALEXANDRA NAFPLIOTIS

JURISPRUDENCE

- 60 J.P. Grâce-Hollogne / 26 mai 2016
- 63 J.P. Tournai II / 26 avril 2016
- 64 J.P. Verviers II / 14 octobre 2016
- 66 J.P. Fontaine-L'Evêque / 25 septembre 2015
PAR NICOLAS BERNARD

PUBLICATIONS

- 70 Banksy
- 72 Urban Man

EDITRICE RESPONSABLE
Annick Fourmeaux

RÉDACTEUR EN CHEF
Sébastien Fontaine

COMITÉ DE RÉDACTION
Nicolas Bernard, Philippe Defeyt, Jean-Michel Degraeve, Michel Grégoire, Paul-Emile Héryn, Luc Laurent, Alexandra Nafpliotis, Sébastien Pradella, Daniel Pollain, Geneviève Rulens, Yves Schreel, Luc Tholomé, Pol Zimmer.

RUBRIQUE REGARDS SUR LE PASSÉ
Jean-Michel Degraeve (degraeve.jm@gmail.com)

RUBRIQUES JURISPRUDENCE ET PUBLICATIONS
Luc Tholomé (luc.tholome@spw.wallonie.be)

GESTION DES ENVOIS ET DES ABONNEMENTS
Liliane Vangeel (liliane.vangeel@spw.wallonie.be)

LES ÉCHOS DU LOGEMENT
PEUVENT ÊTRE OBTENUS GRATUITEMENT
SUR DEMANDE ÉCRITE AUPRÈS DE
Sébastien Fontaine
Service Public de Wallonie (SPW) – DGO4
Rue des Brigades d'Irlande, 1
5100 Jambes
sebastien.fontaine@spw.wallonie.be

SITE GÉNÉRAL DE LA DGO4
<http://spw.wallonie.be/dgo4>

ACCÈS DIRECT AUX ÉCHOS DU LOGEMENT
<http://echosdulogement.wallonie.be>

PHOTO DE COUVERTURE
Xavier Mary, *Charpenter*, chevrons 6/6cm, arêtiers chanlaté, tuiles Sologne, Courtesy Galerie Albert Baronian, 220 × 180 × 280 cm

La reproduction intégrale ou partielle des textes et illustrations n'est autorisée qu'après accords écrits préalables de la Rédaction et de l'auteur, moyennant citation de la source et du nom de l'auteur.

DESIGN GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE : nnstudio.be



NN STUDIO
www.nnstudio.be

IMPRESSION : Snel

Un urbanisme vertical « utopéthique »

PAR PHILIPPE SAMYN

Ingénieur civil, Architecte et Urbaniste*

Introduction

Préambule

J'ai inventé le terme « utopéthique » en constatant que l'« utopie » et l'« éthique » s'associent pour conduire mes rêves, études¹ et calculs théoriques, ainsi que ma pratique quotidienne d'architecte et d'ingénieur. Elles sont toujours présentes lorsque mon esprit, en quête d'idées, prend des chemins de traverse.

Une utopie reste une idée inutile tant que son sujet n'est pas étudié dans le détail², sous tous ses aspects, ensuite ouvertement soumise à la critique, puis expérimentée par un commanditaire inspiré disposant des moyens matériels nécessaires. Cette maturation de l'utopie vers le possible est un long processus truffé d'a priori, d'erreurs et de pensées naïves, mais ce qui la freine le plus c'est le manque d'imagination.

L'éthique, outre ses aspects sociétaux et moraux, inclut les aspects environnementaux, en particulier la biodiversité. Elle imprègne depuis toujours la pensée des philosophes et des poètes et occupe aujourd'hui une place aussi importante que les aspects techniques et économiques dans l'approche des architectes, ingénieurs et scientifiques, bâtisseurs du cadre de vie des hommes.

* Philippe Samyn, également docteur en sciences appliquées, est membre associé de l'Académie Royale de Belgique. Il adore les chiffres!

Il remercie Denis Mélotte, ingénieur architecte associé au sein de son équipe, pour sa précieuse collaboration.

1 La quête de connaissance est comme l'exploration d'une terra incognita. Tout nouvel acquis influence notre manière de rêver et de penser, de telle sorte que nos actes, même les plus accomplis, restent éternellement à l'état de brouillons.

2 Une idée est souvent obsédante parce qu'elle contient une question qui semble insoluble (et qui ne l'est jamais entièrement). Rétive à une formulation orale immédiate, elle induit souvent des représentations graphiques. Elle se structure progressivement par un exercice d'écriture, tel que celui auquel je me livre ici, lequel interagit évidemment avec les autres formulations. Ces esquisses, souvent stériles, forcent une réécriture itérative qui, parfois, porte des fruits...

Deux sujets parmi ceux qui attisent ma curiosité concernent la légèreté et la vie en hauteur et je ne peux les dissocier.

Le premier m'a conduit à « l'indicateur de volume » qui montre la voie géométrique vers les structures légères. Le sujet a été étudié, soumis à la critique et expérimenté. Il est donc devenu un outil fiable³, qui est aussi utile pour les constructions en hauteur.

Le second, qui fait l'objet de ce petit essai, concerne l'urbanisme vertical⁴. Le sujet est vaste, encore trop peu étudié de manière systémique et transversal, et soumis à une critique morcelée, et il a fait l'objet de peu d'expérimentation.

Je poursuis ici mes réflexions et propositions sur la vie en hauteur esquissées dans « La ville verticale » (en abrégé: « l'essai »). Utopéthiques, elles donnent les premières pièces d'un puzzle dont la plupart restent à imaginer.

3 La légèreté:

3.1 « Etude de la morphologie des structures à l'aide des indicateurs de volume et de déplacement », Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences; collection in 4^e, 3^{ème} série, Tome V, 2004. En e-book sur www.samynandpartners.com.

3.2 Wikipedia. « Les indicateurs de volume et de déplacement d'une structure architecturale »; 2016-04-01. « The volume and displacement indicators for an architectural structure »; 2016-10-31.

4 La vie en hauteur:

4.1 Philippe Samyn, Postface de Jean Attali: « La ville verticale », ou en version anglaise « The vertical city », Académie Royale de Belgique, collection « l'Académie en poche », n°38, 2014, www.academie-editions.be. En e-book sur www.samynandpartners.com.

4.2 Bulletin de la Classe des Beaux-Arts, Académie Royale des Sciences, des Lettres & des Arts de Belgique; 6^{ème} série, tome XVII, 2006, 1-6, pp. 45-53; « La ruine utile et la construction efficiente » (838).

4.3 Ibid, 6^{ème} série, Tome XI, 2000, 7-12, pp. 251-263, « La terre étroite » (565).

4.4 Ibid, 6^{ème} série, tome VII, 1996, 1-6, pp.131-137; « La Petite Ville possible de trente mille habitants » (339).

4.5 Revue de la Société Royale Belge de Géographie, 96^{ème} année, 1972, pp 135-182; « Densité de population et hauteur des constructions. Application au cas de Bruxelles » (15). Les publications 4.2 à 4.5 peuvent être obtenues par simple demande à sai@samynandpartners.com en précisant le numéro entre parenthèses.

La terre

Tornades et cyclones⁵, tremblements de terre et tsunamis, éboulements et avalanches, éruptions volcaniques et pluie de météorites, sécheresses et déluges, épidémies sont inhérents à notre planète.

Ces phénomènes naturels sévissent depuis toujours, et ne peuvent qu'être subis. Au mieux, leurs effets peuvent être limités par la conception et la mise en place de dispositifs appropriés. Pourtant de plus en plus de régions à haut risque sont habitées.

Depuis son apparition, l'humanité ajoute aux catastrophes naturelles les guerres, dont les effets sembleraient être maintenant en régression, mais dont la « relève »⁶ est assurée, avec vigueur, par les effets qu'exercent sur la planète la pression démographique, l'économie concurrentielle globalisée et la convergence accélérée des technosciences⁷. Si nous n'y prenons pas garde, nous risquons de « leur abandonner l'orientation de notre avenir »⁸.

En particulier, la construction actuelle de nos villes, soumise à cette influence, exerce des effets négatifs sur l'environnement, et ceux-ci résultent de plusieurs causes:

- l'exploitation des ressources naturelles,
- la production d'énergie, avec en toile de fond le risque nucléaire civil,
- l'aliénation des espaces naturels et de la biodiversité, due, entre autres, à la pollution, à l'étanchéisation du sol et au déve-

5 Aussi appelés typhons ou ouragans.

6 Voir les travaux du Groupe Intergouvernemental pour l'Etude du Climat (GIEC) et ses, déjà, cinq rapports d'évaluation de 1990, 1995, 2001, 2007 et 2014, pour toutes les autres conséquences telles que par exemple famines et déplacements de population, chez les plus pauvres.

7 Voir Philippe de Woot: « Maîtriser le progrès économique et technique, la force des choses et la responsabilité des hommes ». Académie Royale de Belgique. Collection l'Académie en Poche, n° 86. 2016. www.academie-editions.be. Cet essai couvre un vaste champ de sujets captivants, qui concernent aussi la construction.

8 Ibid., p. 66.



loppement de réseaux souterrains et sous-marins,

— l'hyperconnectivité⁹, avec ses corollaires d'information et de désinformation immédiates.

Le progrès de la technoscience, qui a déjà conduit globalement à l'allongement de l'espérance de vie, à plus de bien-être, de santé et d'éducation, à moins d'analphabétisme, de faim et d'extrême pauvreté, pourrait aujourd'hui être à même de supprimer ces causes « *dans le souci du bien commun et de l'éthique* »¹⁰.

Dans cette perspective, économiser la matière de nos constructions en les pensant légères et démontables, réduire l'empreinte au sol de nos villes en les pensant à la verticale, sont deux nouveaux paradigmes, parmi d'autres, que la technoscience ne peut pas négliger aujourd'hui.

Energie, ressources naturelles et légèreté

Un tiers de l'énergie totale consommée sur terre¹¹ l'est par la moitié de la population mondiale pour ses bâtiments¹². En parallèle, les plus démunis¹³, qui représentent 10,7 % de la population mondiale¹⁴, construisent déjà des bâtiments « zéro énergie » sous la contrainte de leur environnement socio-économique.

D'ici à la fin du siècle, la planète aurait livré toutes ses réserves d'énergie raisonnablement exploitables en pétrole, charbon, gaz naturel et uranium¹⁵. La seule énergie disponible serait alors celle du rayonnement solaire, sous la forme de sources renouvelables¹⁶, ce qui aurait un impact très important sur la construction de l'habitat humain, sur l'industrie et les transports.

En effet, tous les domaines d'activité devraient s'adapter en profondeur afin de pouvoir se procurer l'énergie qui leur est nécessaire à des sources de natures beaucoup plus variées, moins « généreuses » et souvent intermittentes, avec une répartition très différente des rôles attribués à l'énergie thermique et à l'énergie électrique.

Ce serait la fin du règne des carburants. En effet, le respect de la biodiversité et des besoins alimentaires humains limiterait probablement la production de biocarburant à des quantités inférieures à celles d'aujourd'hui. Quant au gaz issu de la biomasse, produit localement, il ne serait disponible qu'en quantité réduite.

La fraction thermique du rayonnement solaire serait captée en direct par les panneaux solaires thermiques, mais, compte tenu de la forte variabilité saisonnière, l'usage en serait limité à certaines applications domestiques.

Les pompes à chaleur permettraient de récupérer une partie de la chaleur solaire accumulée dans le sol (géothermie), dans l'eau ou dans l'air pour chauffer et refroidir nos bâtiments et notre eau domestique, mais elles ne peuvent se passer d'une alimentation électrique.

L'énergie électrique, provenant de sources hydrauliques, éoliennes ou solaires, serait, quant à elle, limitée par l'impact sur l'environnement de sa production.

Il aura d'ailleurs fallu beaucoup de recherches, de découvertes et d'inventions pour améliorer le rendement de la production électrique photovoltaïque.

Notre dépendance aux énergies renouvelables, quelles qu'en soient la nature et l'importance relative, aura donc un impact déterminant sur notre environnement, sur la nature des produits fabriqués et sur l'organisation de la vie en société.

En particulier, la raréfaction drastique des carburants fluides semble mener inexorablement vers la généralisation des circuits courts et lents¹⁷ et la disparition du système de distribution alimentaire actuel, basé sur la spécialisation régionale, la concurrence sur les prix et le transport massif à bas prix. Cette évolution ne peut qu'exercer un effet majeur sur la manière de penser la ville, dans la mesure où elle imposera que les zones agricoles se situent à proximité des villes, exigence d'autant plus difficile à satisfaire que la ville est grande.

La vision sur l'exploitation des ressources naturelles autres que l'énergie, telles que les métaux rares, encore si recherchés actuellement, est moins claire mais il serait

aussi logique qu'elle se réduise progressivement au rythme de l'émergence des industries de recyclage et de la prise de conscience environnementale de l'ingénierie¹⁸.

Les matériaux et éléments manufacturés produits par l'industrie seraient ainsi progressivement et pratiquement tous issus du recyclage, avec un impact réduit sur l'homme et sur la planète, en un mot « éthiques »¹⁹.

Faisant l'hypothèse audacieuse de l'équilibre énergétique (celui qui fournit l'énergie nécessaire à l'activité humaine sans abîmer la planète), on pourrait ainsi imaginer un futur dans lequel, nous contenant du recyclage des ressources naturelles accumulées à ce jour, nous n'attendons du « progrès » que les fruits moraux et éthiques de l'augmentation continue du savoir humain, ainsi que la restauration progressive de la biodiversité.

Ce bouleversement concernerait le monde de la construction au premier chef, à commencer par l'architecte !

La construction en béton, qui n'est populaire que depuis un siècle seulement²⁰, ne serait ainsi probablement plus admise que dans la mesure où sa géométrie spatiale lui permettrait de s'adapter à des besoins qui évoluent inmanquablement au fil du temps. Comme cette géométrie spatiale « amène » serait difficile à faire accepter, et donc à mettre en œuvre, parce que plus généreuse que ce que les besoins immédiats exigent, on redécouvrirait la construction démontable faite de composants recyclables.

Il serait demandé aux ouvrages en maçonnerie de revenir, à résistance égale, à des mortiers « faibles » liant entre elles des briques « résistantes », abandonnant les mortiers « résistants » entre briques « faibles », tous deux mis au point après le premier choc pétrolier de 1974, forçant la fissure et générant la construction à démolir.

On redécouvrirait aussi les vertus de la terre crue, additionnée ou non de paille ou de fibres, de la pierre calcaire, du bois, de la vannerie, des étoffes, ... bref, des matériaux disponibles pour tous et que l'on peut se procurer « presque » gratuitement dans la nature sans l'abîmer²¹.

18 A ce sujet, il est intéressant, de voir l'évolution du contenu, entre 1992 et 2016, des cinq éditions successives de Michael F. Ashby « *Material Selection en Mechanical Design* » chez Butterworth Heinemann (un des livres de référence pour les ingénieurs). La cinquième, de 2016, introduit maintenant les critères de « *criticalité* », de « *circULARITÉ* » (économique) et de « *soutenabilité* », à côté de celui d'efficacité, dans l'évaluation d'un produit industriel (material efficiency, criticality, circularity, and sustainability).

19 C'est un des défis actuels pour les industries de l'informatique et de la communication.

20 Auparavant, à l'exception de quelques-unes dues à l'Empire romain, toutes les constructions érigées sur terre étaient démontables.

21 Avec une attention particulière à porter au bois, dont l'exploitation ne peut en aucun cas affaiblir l'effort de recréation.

9 Ibid., En particulier « *Le tsunami numérique* » pp. 21 à 33, et « *L'intelligence artificielle et la singularité* » pp. 37 à 44.

10 Ibid., p. 56.

11 109 PWh en 2014 (109.10¹⁸ kWh) dont 4,4 % en 2015 par l'énergie nucléaire si dangereuse (Source: Wikipedia - « *Ressources et consommation énergétiques mondiales* »).

12 Uniquement pour le logement et le secteur tertiaire, l'industrie et le transport se partageant à parts égales les deux autres tiers (Source: ibid.).

13 Ceux qui vivent avec moins de 1,9 € (valeur 2015) par jour. Voir « *The World Bank - World Development Indicators* ».

14 Selon les chiffres de la Banque mondiale pour l'année 2013 (Ibid.).

15 La rengaine est ancienne, certes, mais les outils d'évaluation sont devenus de plus en plus précis, tout comme la connaissance de la planète. La prévision est dès lors de plus en plus crédible. Il me semble donc impératif de la prendre en considération afin d'éviter un scénario catastrophe, tel qu'imaginé par « *National Geographic Aftermath World Without Oil* » (mars 2010).

16 Il est difficile d'évaluer actuellement leurs contributions relatives. Tout ce que l'on sait, c'est que le soleil donne chaque année 1.000.000 PWh à la terre mais cette énergie est d'abord nécessaire à la photosynthèse, est aussi inégalement distribuée entre l'équateur et les pôles. Voir aussi Jean-Pol Poncelet : « *A toute ardeur ! Science et technique sur le chemin de l'énergie* ». Académie Royale de Belgique. Collection L'Académie en poche, n° 55, 2015, www.academie.editions.be.

17 Le secteur du transport aérien, notamment, semble appelé à voir disparaître à moyen terme les vols économiques rapides, encore en plein développement aujourd'hui.

À performance d'étanchéité égale, on réinventerait l'art du joint et du trait d'ombre²² évitant ainsi les mastics²³. On redécouvrirait les vertus de la lumière naturelle et l'intérêt du verre de clarté cristalline²⁴ associé à une protection solaire distincte.

Cela demanderait aussi d'utiliser à bon escient les progrès scientifiques et techniques extraordinaires de ces dernières décennies en ce qui concerne tant les outils méthodologiques (BIM)²⁵, de dessin et de calcul, que les matériaux (métaux, verres, polymères, élastomères, céramiques et hybrides) et les moyens de fabrication, d'assemblage et de construction.

L'acier²⁶ pourrait déjà, par exemple, remplacer très utilement le béton. Un acier de qualité S2000²⁷ pourrait ainsi être mis en œuvre sous forme de tubes irrigués par de l'eau (ou de l'huile), assemblés pour former des structures très hautes, extrêmement légères et résistant indéfiniment à l'incendie. On pourrait aussi concevoir des structures faites de colonnes tubulaires en bois déroulé, réenroulé selon un diamètre, une épaisseur de paroi et une longueur²⁸ quelconques puis éventuellement remplies de sable.

L'habillage des parties pleines de l'enveloppe, principalement constitué (dans nos contrées) d'une épaisseur de 30 à 40 cm de matériau isolant, pourrait être d'une légèreté extrême. Son étanchéité extérieure serait photovoltaïque²⁹ et sa face intérieure réalisée

tion de la forêt primaire, cœur, avec l'océan, de la biodiversité.

22 Le fait de les négliger a conduit à tant de constructions ignorant l'échelle humaine et plates « comme des limandes ».

23 Et recourir aux joints préformés « éthiques », c'est-à-dire, notamment, recyclables.

24 Le verre « extra-clair » offre la meilleure performance tant en matière de rendu des couleurs (99 %) que de transmission lumineuse (91 %, voire 97 % avec une couche antireflet). Tant le verre sous vide équipé de vantelles extérieures que les enveloppes à trois couches de verre simple séparées par deux cavités avec vantelles intérieures permettent déjà maintenant d'atteindre un coefficient de transmission thermique $U_g = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ et un facteur solaire $FS = 0,12$.

Voir aussi Ph. Samyn : « Entre ombre et lumière, transparence et réflexion ». Académie Royale de Belgique. Collection l'Académie en Poche, mars 2017.

25 « Building Information Modeling », ou maquette numérique du bâtiment.

26 Dont la fraction recyclée compte pour 70 % de nos jours, contre quasi 0 % il y a seulement 50 ans.

27 Présentant une limite élastique de 2000 MPa, ($2 \cdot 10^9 \text{ Pa} = 20.000 \text{ kgf/cm}^2$) à comparer aux valeurs de 235 et 355 MPa des aciers usuels S235 et S355.

28 Inventées par Karel Kunnen en 1996 dans le cadre de mon cours sur les structures en bois aux étudiants ingénieurs à la VUB (Vrije Universiteit Brussel).

29 Sous nos latitudes, une surface verticale orientée au Nord reçoit encore 35 % (soit 385 kWh/m² par an) de l'énergie solaire obtenue par une surface orientée au Sud et inclinée à 35° sur l'horizontale (soit 1100 kWh/m² an). Ce pourcentage est de 60 % pour l'Est et l'Ouest, et de 75 % pour le Sud-Est et le Sud-Ouest.

Il faudra cependant que l'on parvienne à produire des plaques, films ou enduits photovoltaïques respectant l'environnement ce qui est loin d'être le cas pour le moment!

en n'importe quel matériau, pourvu qu'il soit étanche à l'air et pare-vapeur.

La plupart des matériaux « traditionnels », ainsi que les matériaux de très haute performance issus de l'industrie, pourvu qu'ils soient « éthiques », trouveraient bien sûr aussi leur place dans les constructions qui composent la ville verticale.

Cette nouvelle approche de la construction exigerait aussi de renouer avec la maîtrise de la géométrie et du dessin, avec l'usage d'éléments constructifs à la mesure de l'homme. Le dessin raisonné conduirait à la légèreté (même relative, lorsque l'on pense à la maçonnerie) pour réaliser des bâtiments qui seraient a priori « zéro énergie », voire producteurs d'énergie. Tant l'économie que le respect de l'environnement inciteraient à employer aussi des matériaux de très haute résistance et à renouer avec la souplesse des constructions³⁰, étonnamment redoutée depuis un siècle seulement.

Le défi de la « construction éthique » ne s'adresse pas seulement à l'architecte. Il requiert aussi plus de commanditaires animés des mêmes valeurs, porteurs d'un grand dessein et disposant des moyens nécessaires sur le long terme.

Les pouvoirs publics, d'abord, devraient retrouver les moyens qu'ils ont perdus sous la pression et l'influence de l'économie concurrentielle globalisée.

L'industrie immobilière, ensuite, soumise aux mêmes pressions et influences et contrainte à la performance financière immédiate, devrait se donner les moyens de développer une vision humaniste et environnementale à moyen et long terme.

Finalement, tous les acteurs (commanditaires, architectes, ingénieurs, promoteurs et entrepreneurs) devraient pouvoir étayer la validité de leurs actes par le recours à des centres de recherche et de savoir dont la neutralité devrait en permanence être contrôlée et confirmée³¹.

Utopéthique ?

Certes, mais l'idée de construire des villes éthiques en hauteur pour libérer le sol et d'y loger toutes les fonctions et activités humaines, en ce compris l'industrie du secteur secondaire, semble, avec d'autres, mériter une étude plus détaillée.

30 S'il est toujours raisonnable (et encore) de vouloir des planchers raides et qui ne vibrent pas, il n'y a aucune raison de ne pas accepter une enveloppe résistante, légère et souple (toiture et façades, voire balcons!) tant qu'elle satisfait aux critères d'isolation et d'étanchéité. La nouvelle norme belge NBN S23-002-02 : 2016, qui réduit la déflexion admissible du verre de 1/100 à 1/200 de la portée, constitue une régression intellectuelle!

31 L'absence de neutralité et les luttes d'influence et de pouvoir freinent la recherche, la découverte, l'invention et la création éthiques.

La ville traditionnelle en expansion

Nos villes ont aussi besoin d'un surcroît d'« éthique ».

La ville « normale », traditionnelle, s'est construite au fil du temps et son agrandissement constant va de pair avec une perpétuelle transformation interne. Des réseaux collectifs de toutes natures (généralement enterrés et dans le domaine public « horizontal») alimentent les constructions : évacuation et traitement des eaux usées et des déchets, approvisionnement en eau potable et en énergie (gaz et électricité), réseaux informatiques (téléphone, données et télévision), ou encore urbanisme de surface ou souterrain lié au transport : canaux, voies ferrées, routes, tunnels et métros. Les réseaux sont ainsi constamment étendus et leur capacité (terme générique pour débit, puissance, bande passante, etc.) est progressivement augmentée au gré des besoins. Il était certes nécessaire de les enterrer dans les villes anciennes, mais l'habitude est restée même pour les nouvelles parties de villes où des réseaux aériens, et non pas de surface, seraient mieux adaptés.

En conséquence, les coûts associés à leur construction, leur transformation, leur fonctionnement et leur maintenance sont dilués dans le temps et dans l'espace, de telle sorte qu'ils ne sont plus réellement quantifiables ni, encore moins, objectivement imputables aux surfaces desservies³².

Ils ne peuvent dès lors qu'être implicitement financés par l'impôt et/ou couverts par les tarifs unitaires des prestations fournies.

L'évaluation de ces coûts, et en particulier de la quote-part des investissements privés financés par les pouvoirs publics et les usagers, a échappé au débat démocratique tant ils semblaient inéluctables, alors qu'ils représentent probablement une part non négligeable du produit intérieur brut et du budget annuel de la collectivité. Il serait donc nécessaire d'en faire maintenant l'évaluation sereine.

Au-delà des questions de coût, l'impact des réseaux souterrains sur la biodiversité du sol mériterait aussi une attention particulière.

En plus d'imposer le développement tentaculaire des réseaux, l'expansion horizontale des villes étanchéifie une partie grandissante de la surface terrestre : que l'on pense non seulement aux usines³³ et aux centres commerciaux entourés de gigantesques parkings, mais aussi aux kilomètres de voiries qui y mènent.

32 Pour la plupart enterrés sous les voiries, il est tout aussi difficile d'en évaluer l'état technique ou de corriger leurs défauts constatés ou inconnus.

33 Jusqu'en 1950, la plupart des usines de transformation occupaient des immeubles multi-étages implantés au cœur de nos villes belges.

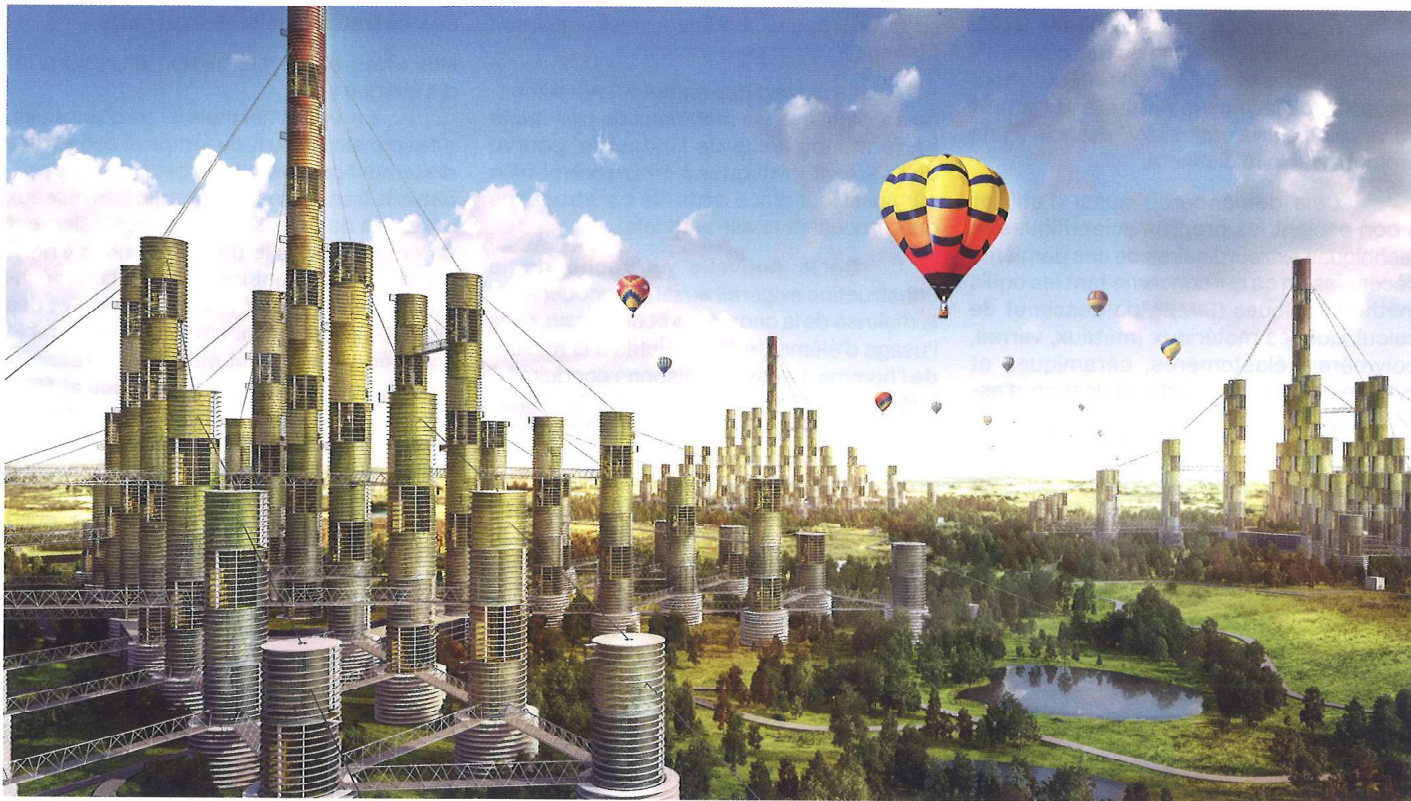


FIGURE 1: Ville verticale. L'essai de 2014. Timide et restrictif

Enfin, les vastes quartiers d'habitat pavillonnaire, l'agriculture industrielle intensive et l'industrie de la viande³⁴ conduisent à l'aliénation des espaces naturels et réduisent la biodiversité.

La ville verticale permettrait de renouer avec la nature ainsi que de rationaliser et pérenniser les réseaux en en réduisant le coût.

La vie en hauteur

Je tente ici d'approfondir la réflexion sur la viabilité de la vie en hauteur, en prolongement de l'Introduction et du chapitre I « Concilier l'habitat en hauteur et la société » de « l'essai ».

La construction en hauteur a toujours existé. Les Météores en Grèce, les « gratte-ciel » en terre de Shibam et Sanaa au Yémen, ou les monastères accrochés aux falaises vertigineuses de l'Inde ou du Tibet, en sont des exemples extraordinaires.

Plusieurs raisons ont pu pousser les hommes à construire leur habitat de cette façon : se protéger d'un environnement hostile, économiser la terre arable, se mettre à l'abri d'une inondation, suivre un terrain en forte pente, etc.

34 La production de viande sur la planète est passée de 75 millions de tonnes en 1961 à 294 millions de tonnes en 2016 (soit fois 3,92) pour une population mondiale passée de 3,1 à 7,35 milliards d'habitants (soit fois 2,37). La consommation par personne a ainsi augmenté de 65 % sur 55 ans !

Mais de nos jours, de nouveaux phénomènes d'ampleur mondiale suggèrent vivement de recourir à l'habitat en hauteur, voire l'imposent comme seule option possible, parmi lesquels l'explosion démographique, l'exode rural vers les villes côtières dans les pays émergents et en voie de développement, la raréfaction de l'énergie, la pollution au niveau du sol et la préservation à long terme de la biodiversité.

Parties prenantes de ce bouleversement, l'architecte et l'urbaniste ont le devoir de travailler à définir les conditions auxquelles doivent répondre la vie en hauteur pour qu'elle soit *vivable*.

Cette recherche peut s'articuler sur deux concepts principaux : *l'échelle humaine et le contact avec la nature*.

On peut constater que la construction traditionnelle « aimable » s'est toujours limitée à une hauteur de 4 ou 5 niveaux, même dans les villes ou villages perchés à flanc de montagne, tels que Cinque Terre en Ligurie italienne ou Valparaiso au Chili. Cette hauteur respecte l'échelle humaine : elle permet d'embrasser du regard l'ensemble de la construction à courte distance et de percevoir d'un même point de vue les différentes échelles de perception, elle permet un accès aisé par escaliers à tous les niveaux, elle évite tout

sentiment d'insécurité lorsqu'on se trouve devant une fenêtre ou sur un balcon.

La petite ville composée d'immeubles de 4 à 5 niveaux est aussi celle qui est la plus « raisonnable » lorsque, comme c'est encore le plus souvent le cas, la règle de composition urbaine est basée sur le rapport entre la hauteur des constructions (H) et leur espacement (L).

Il est de la plus haute importance que l'habitat conserve, sous des formes différentes, bien sûr, cette échelle humaine lorsqu'il se déploie en hauteur.

Arpenter une montagne, flotter sur la canopée d'une forêt³⁵ ou encore, enfant, construire sa cabane dans les arbres, sont des activités qui accentuent l'empathie avec la nature et procurent un sentiment de bien-être, alors même qu'elles se déroulent en hauteur.

Certains vivent même de façon permanente en altitude dans cette nature, comme les bergers dans les alpages ou les Korowai qui érigent leurs demeures à 30, voire 40 m au-dessus du sol dans la canopée de la forêt primaire équatoriale, en Irian Jaya (Nouvelle-Guinée Occidentale, Indonésie).

35 Voir l'aventure captivante de « l'Opération canopée » (www.radeau-des-cimes.org).

Le même sentiment de bien-être se retrouve, sous les tropiques, dans les hautes barres minces de logement qui semblent vivre parmi les grands arbres, en symbiose avec une nature luxuriante. Elles sont pratiquement toujours implantées Est-Ouest (pour se protéger du soleil dont la trajectoire s'écarte peu du plan vertical Est-Ouest) et en quinconce pour offrir le plus grand prospect visuel à leurs terrasses de façade principales Nord et Sud.

En considération de ces exemples, il semble très important que l'habitat en hauteur assure aux habitants une présence très forte de la nature, aussi bien de près que de loin.

Quelles qu'aient été les motivations, bonnes ou mauvaises, de leurs promoteurs et concepteurs, la plupart des nombreuses barres et tours de logements de 10 à 20 étages construites sous nos latitudes depuis les années 1950 ne parviennent à faire ressentir ni l'échelle humaine ni la présence bien-faisante de la nature, avec leurs dessertes intérieures éclairées et ventilées artificiellement, leurs terrasses et leurs halls d'entrée mesquins, leurs vastes pelouses uniformes et sans vie.

Le développement intense de la construction en hauteur des centres d'affaires des grandes villes³⁶ n'y réussit pas mieux. Pas d'échelle humaine dans ces tours isolées les unes des autres, construites autour de noyaux de circulation verticale aveugles, occupées selon un zonage fonctionnel qui sépare le logement du secteur tertiaire en oubliant tout simplement le secteur secondaire. Quant à la nature, sa présence se réduit bien souvent à de maigres bacs à plantes dans des océans minéraux. La mode actuelle, très coûteuse, de la parure végétale des façades³⁷ n'y change d'ailleurs rien.

Comme nous avons vu, tant bien que mal, conserver nos églises et cathédrales du Moyen Âge, il nous faudrait, dès maintenant, apprendre à reconstituer des forêts³⁸ à proximité immédiate des villes et à les gérer de manière à pouvoir bénéficier d'une biodiversité régénérée d'ici 7 à 8 siècles.

Alors que, aussi désolante soit-elle, la destruction de constructions anciennes exceptionnelles³⁹, œuvres de l'homme, peut être réparée en quelques années, la reconstitution des arbres ou des forêts, œuvre de

la nature, demande des décennies, voire des siècles.

La préservation du patrimoine mondial naturel est donc bien plus cruciale que celle des bâtiments.

La macrostructure publique verticale

La communauté scientifique et le monde politique sont conscients de ces manquements. Le sujet de l'urbanisme vertical suscite un grand intérêt actuellement et la « toile » regorge d'annonces de colloques et de congrès, d'articles et de propositions architecturales de toutes natures. Mais ce grand mouvement de réflexion risque de rester sans effet s'il ne cesse pas de voir la ville verticale comme un ensemble de « tours » juxtaposées, chacune d'entre elles montrant une architecture qui lui est propre, mais l'envisage comme une « macrostructure publique verticale ».

Il s'agit, en effet, de concevoir une macrostructure (et pas une architecture!), majoritairement verticale, appartenant au domaine public⁴⁰ et comportant des connexions horizontales aériennes. Il importe qu'elle soit réalisée pour un coût et un impact environnemental moindres qu'une infrastructure d'ampleur équivalente développée horizontalement en surface et en sous-sol. Le coût à prendre en compte pour la comparaison doit inclure les coûts de construction, de fonctionnement et de maintenance.

Elle servirait de support et de contenant à toutes les fonctions urbaines qui composent la ville, de la même manière que l'horizontale, sans plus (de préférence avec moins) de fragmentation et de ségrégation sociales.

La gouvernance, élue démocratiquement, de cette ville verticale, son espace public, sa sécurité, tout comme les rapports humains, la solidarité et le contrôle social seraient de même nature que ceux de la ville horizontale.

La ville verticale n'induirait donc pas d'architecture spécifique et n'impliquerait pas de prise de position politique.

Les caractéristiques suivantes, dont on jouit naturellement dans la ville, le village, le quartier ou le logement traditionnel, devraient se retrouver, entre autres, dans la ville verticale⁴¹:

- des constructions (objets d'« architecture ») de l'ordre de 5 à 8 niveaux de haut,
- une architecture variée qui peut évoluer dans le temps pour s'adapter aux

besoins et souhaits des habitants et porter les traces de l'histoire de la communauté,

- un environnement biologique amène, à l'instar des parcs de quartier ou les habitants peuvent se retrouver parmi les plantes, les fleurs, les buissons ou les arbres, ainsi que les abeilles, les papillons, les oiseaux et les animaux de compagnie,

- une bonne distribution de lumière naturelle et de rayonnement solaire,

- des vues perspectives proches et lointaines,

- un microclimat naturellement agréable et des fenêtres ouvrantes,

- des terrasses généreuses et protégées du vent, éventuellement partagées, qui permettent réellement la vie à l'extérieur les jours de beau temps,

- une architecture intérieure du logement conviviale,

- la mixité des fonctions, y compris celles du secteur secondaire, appelées à occuper les niveaux inférieurs de la superstructure,

- la lisibilité des ordres de grandeur de l'architecture,

- l'emploi de matériaux naturels tels que la pierre, le bois ou la terre.

L'élément-clé de la macrostructure publique verticale est la rue en pente douce qui dessert les espaces publics et les bâtiments étagés⁴², à l'instar des villes et des villages de montagne.

Cette rue en spirale ouverte sur ses deux façades se déroule autour de places et de jardins publics « volumiques » et les relie, ainsi que les différentes fonctions urbaines, régulièrement réparties sur son trajet. En périphérie de la rue, les places et jardins sont reliées par des transports en commun verticaux, éclairés naturellement et économes en énergie. Des ponts légers liaisonnent les macrostructures au-dessus de la cime des arbres.

36 Depuis plus d'un siècle en Amérique du Nord, un demi-siècle en Amérique du Sud et en Asie, récemment en Europe.

37 A ne pas confondre avec l'agriculture urbaine, concept réellement « éthique » s'il en est, malgré son impact quantitatif dérisoire.

38 Des 20.000 ha que comptait la forêt de Soignes sous Charles Quint (1500-1558), il ne subsiste maintenant que 5.000 ha. La protection écologique dont elle bénéficie actuellement pourrait générer une forêt primaire d'ici quelques siècles.

39 L'actualité fait évidemment penser à Palmyre en Syrie.

40 La proportion entre espace public et privé resterait, en effet, inchangée.

41 Il faudra, par exemple, répondre aussi dans le détail à chaque critère énoncé par Christophe Alexander et al. dans « A Pattern Language » (1977, Oxford University Press) qui, comme l'a rappelé Françoise Choay dans « La règle et le modèle » (1980, Editions du Seuil, Paris), est la seule théorie d'architecture cohérente écrite depuis Vitruve « De Architectura » (25 BC, Rome sous l'empereur Auguste).

42 Zhang Yue a réalisé une telle rue en 2015 dans une tour de 57 étages à Chenzhou (Chine). Je l'avais déjà imaginée en 1998, sans succès, pour la « Tour centrale » à Bruxelles (entrer « 364 » dans « recherche » sur www.samynandpartners.com), mais elle ne reliait que des « étages » conventionnels et non des « bâtiments aériens ».

Une petite ville verticale possible

Les réseaux

Après avoir, au chapitre I, traité de l'ordonnement des constructions dans la ville traditionnelle horizontale⁴³ et dans la ville verticale⁴⁴, « l'essai » analyse au chapitre II l'impact (c'est-à-dire le volume des canalisations, tuyaux, câbles, etc., par mètre carré de plancher desservi) des réseaux de distribution de toutes natures à partir d'une production centrale, d'abord dans une ville horizontale puis dans une ville verticale.

Il montre ainsi que, pour une ville horizontale, cet impact est toujours minimum lorsque les bâtiments ont une hauteur moyenne de 5 niveaux, mais croît lorsque la taille de la ville augmente⁴⁵.

Inversement, pour une ville verticale, cet impact est décroissant en fonction de la hauteur moyenne croissante de ses bâtiments et il croît moins vite avec la taille de la ville.

Ce constat est bien sûr déterminant pour la viabilité économique de la proposition.

Si les réseaux sont placés en aérien, ils seront construits à plus faible coût et resteront aisément accessibles pour leur contrôle et leur maintenance. La comparaison avec le coût exorbitant, tant en construction qu'en exploitation et en maintenance⁴⁶, de leurs homologues enterrés, de surcroît difficilement contrôlables, renforce la crédibilité de la proposition. Ceci concerne tant les réseaux de canalisations (eau, gaz, électricité, informatique et communication) que l'infrastructure pour le transport.

La situation est encore plus claire pour les égouts. L'imperméabilisation croissante du territoire a forcé à les dimensionner en fonction des pluies d'orage exceptionnelles, et à construire des bassins d'orage pour limiter les risques d'inondations. Récoltant aussi les eaux usées⁴⁷, les égouts

mènent à de gigantesques stations d'épuration⁴⁸.

Le sol de la ville verticale, restitué à 92 % à la nature dans l'exemple ci-après, absorbe une part équivalente de l'eau de pluie, non polluée, au profit des plantes, des animaux et des nappes phréatiques, supprimant dans la foulée les réseaux coûteux, les bassins d'orage et les gigantesques stations d'épuration, tout en réduisant à presque rien les risques d'inondation. Les eaux de pluie récoltées sur les constructions sont utilisées par les habitants et pour irriguer les espaces verts intérieurs. Seules les eaux usées restent donc à traiter, au pied de chaque tour, avec les déchets solides, pour être retournées, après traitement, dans le circuit d'eau potable⁴⁹.

Les sous-sols

La petite ville verticale ne comprend pas de sous-sol.

Dans les villes traditionnelles, un urbanisme souterrain s'est aussi peu à peu développé au-delà des réseaux enterrés, jusqu'à constituer une partie importante de la ville.

C'est ainsi que l'on y retrouve non seulement d'innombrables parcs de stationnement mais aussi des centres commerciaux ou de congrès, toutes sortes d'infrastructures de stockage, des locaux techniques, des citernes, etc.

Les sous-sols étant considérés comme inévitables, peu de cas est fait du coût exorbitant de leur construction et des équipements nécessaires pour les rendre simplement vivables, sans parler de l'impact environnemental sur le sous-sol.

Le surcoût au mètre carré de ces infrastructures est du même ordre de grandeur que celui de la construction des macrostructures de grande hauteur, lequel provient principalement de la reprise des effets du vent⁵⁰.

La logistique

La nature actuelle de nos réseaux impose, partout en ville, le transport par camion des marchandises et des produits industriels.

Outre la pollution et les embarras de circulation qu'il provoque, ce mode de transport exige de vastes espaces de manœuvre, une construction de voirie qui soit à même de résister aux lourdes charges exercées par les camions et un entretien routier fréquent.

Cet état de fait contraste de manière impressionnante avec l'évolution massive du secteur logistique vers la robotisation, tant dans les activités de service que dans l'industrie⁵¹.

La ville faite de macrostructures verticales permet d'appliquer une telle approche logistique à l'ensemble de son approvisionnement.

Grâce à sa géométrie rigoureuse, elle peut abriter une installation robotisée qui ferait en sorte que tous les produits venant de l'extérieur soient livrés à la plateforme logistique au centre de la ville et soient distribués partout à l'abri des éléments en quantités répondant précisément à la demande⁵².

Le plan de la ville

Le modèle de ville verticale de 30.000 habitants proposé au chapitre V de « l'essai » développait une surface brute de l'ordre de 2.400.000 m², dans laquelle toutes les activités et fonctions urbaines trouvaient place.

Ce modèle était trop timide et restrictif en ce qui concerne l'infrastructure verticale, car elle la limitait à une architecture de tours⁵³ (chapitre III). Celles-ci, de 34 m de diamètre, s'implantaient sur une trame de triangles équilatéraux de 146,2 m de côté⁵⁴ occupant une superficie de 89 ha. Le coefficient d'occupation du sol (COS) était de 13,5 %, 77 ha étant rendus à l'agriculture douce et à la nature, c'est-à-dire, aux cours d'eau, aux lacs et aux forêts (→ FIGURE 1). Le modèle n'évoquait aussi que de manière superficielle le réseau de communication au sol.

Les macrostructures verticales imaginées maintenant se développent à l'intérieur de gabarits constructibles cylindriques

43 Celle dont la distance entre les constructions est régie par la hauteur de celles-ci.

44 Celle dont la distance entre les constructions, sous forme de tours, est régie par la durée pendant laquelle un point quelconque de chacune d'entre elles est dans l'ombre d'une autre. C'est cette règle qui s'applique déjà dans les quartiers actuels de tours.

45 L'impact par unité de surface est multiplié par 6 puis par 11 lorsque la taille de la ville passe de 30.000 habitants à 1.200.000 puis à 4.800.000 habitants !

46 Les fuites des canalisations d'eau, évaluées à plus de 20 % dans le monde et les effondrements de voiries qui en découlent, ou les pertes d'énergie électrique des câbles enterrés sont deux exemples parmi beaucoup d'autres.

47 Les eaux usées comprennent les eaux vannes (eaux fécales et urines), les eaux ménagères (autres eaux usées domestiques) et les eaux polluées rejetées par l'industrie, l'artisanat et l'agriculture. Les eaux de pluie ayant ruisselé sur les rues, routes et parcs de stationnement sont aussi

contaminées par divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques.

48 Qui sont loin de rejeter de l'eau propre dans la nature.

49 Singapour, manquant cruellement d'eau potable, applique déjà un tel cycle avec succès, surmontant les obstacles psychologiques par l'éducation des enfants.

50 Il faut se rappeler que les ouvrages enterrés doivent être ventilés mécaniquement et éclairés artificiellement, ils posent aussi de sérieux problèmes de sécurité des personnes en cas d'incendie et sont aussi soumis à l'action de l'eau dans le sol, ce qui les rend particulièrement vulnérables et peu pérennes.

Les réseaux électriques enterrés ne cohabitent pas plus sereinement avec l'eau souterraine.

Les Bruxellois se rappelleront de la fermeture prolongée de plusieurs tunnels routiers en 2016. D'autres embarras de même nature sont à prévoir d'autant plus qu'il semble que beaucoup de plans d'exécution des tunnels routiers bruxellois (en béton armé) seraient introuvables. L'absence de plans de ferrailage pose d'ailleurs ce même problème pour tous les bâtiments construits en béton armé.

51 En quelques décennies, les automates de distribution de billets ont définitivement remplacé les caissiers à la banque, des armées de robots autonomes ont pris en charge la circulation des chariots logistiques dans les hôpitaux, les centres de distribution robotisés sont devenus la règle pour tout le secteur de la consommation de masse, sans parler des expériences de livraison express par drones.

52 Donc souvent en petites quantités.

53 Elle ne proposait, entre autres, que des rues « verticales » et un simple empilement d'étages, et non pas des bâtiments à l'architecture autonome. La distinction entre surfaces publiques et privées n'y était pas non plus exprimée.

54 Une tour centrale de 140 niveaux y était entourée par 6 tours de 110 niveaux, 9 de 70, 12 de 50 et 15 de 30, (tous niveaux de 3,3 m de hauteur). Les 15 premiers niveaux de chaque tour, élargis à 48 m de diamètre recevaient les activités industrielles et les grandes infrastructures urbaines. Des ponts, légers et couverts, les relient au 15^{ème} étage, au-dessus de la cime des arbres. Elles étaient toutes haubanées les unes aux autres pour en alléger la structure, à la manière d'un pont haubané qui aurait été redressé à la verticale.

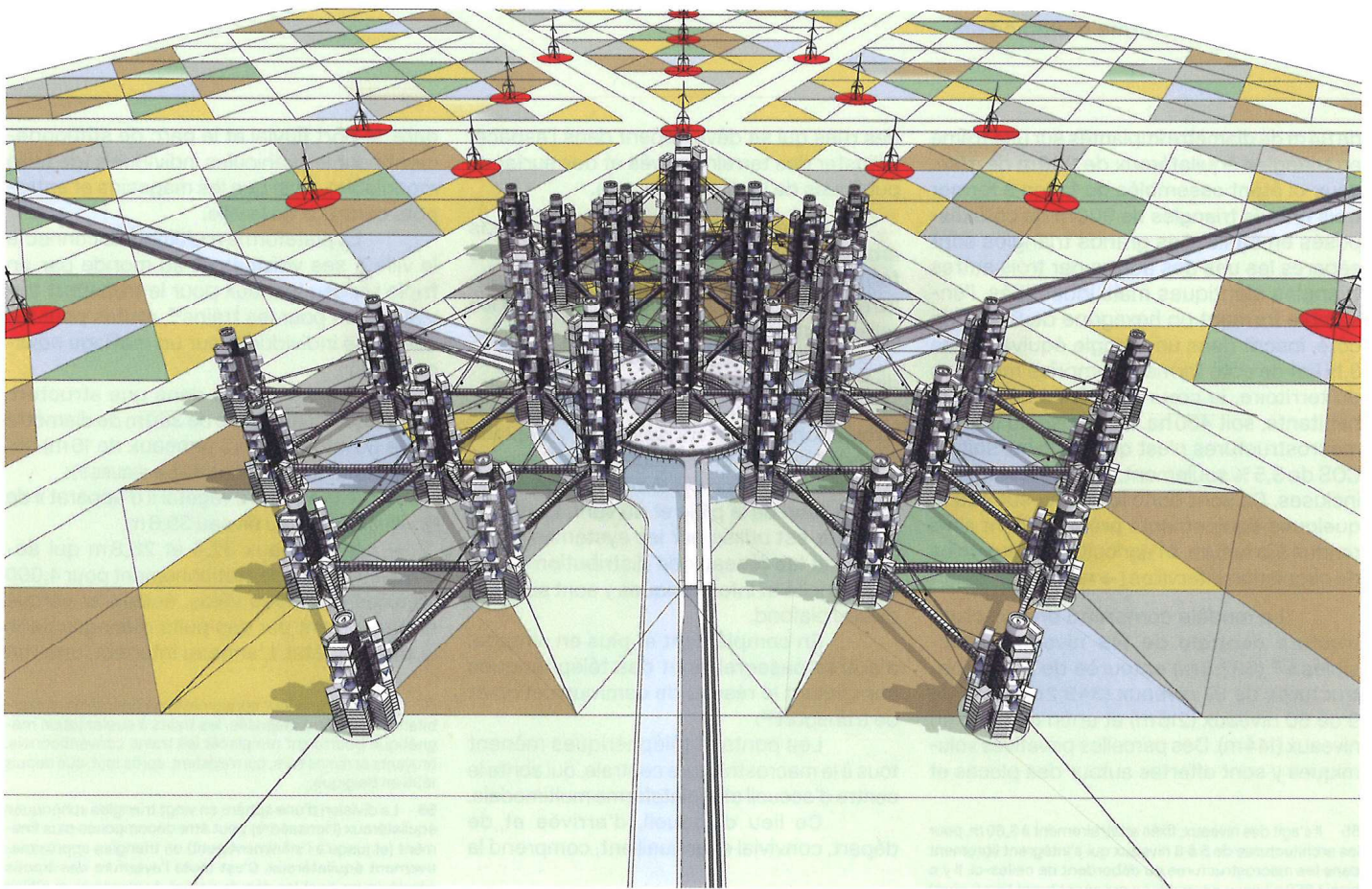
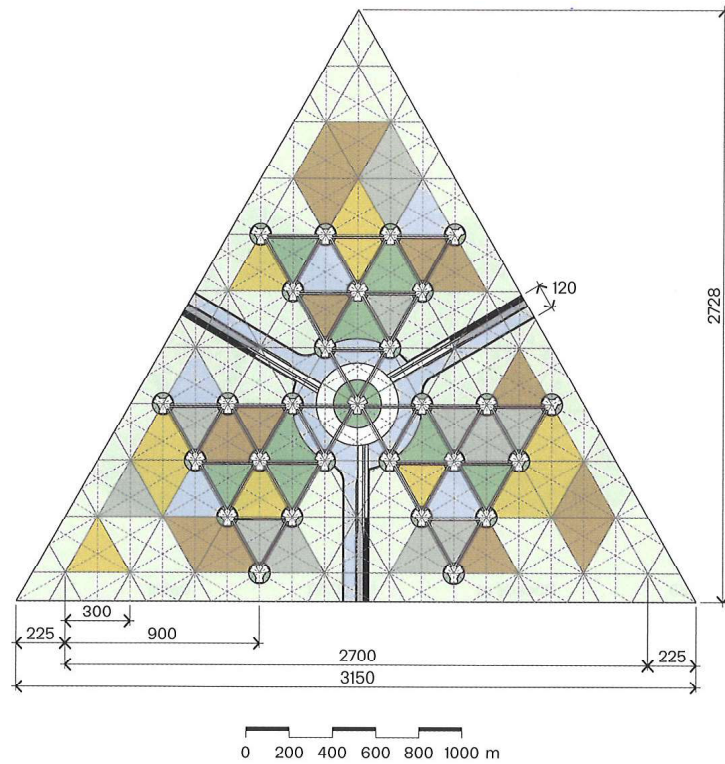


FIGURE 2 : La petite ville verticale de 30.000 habitants — 2017

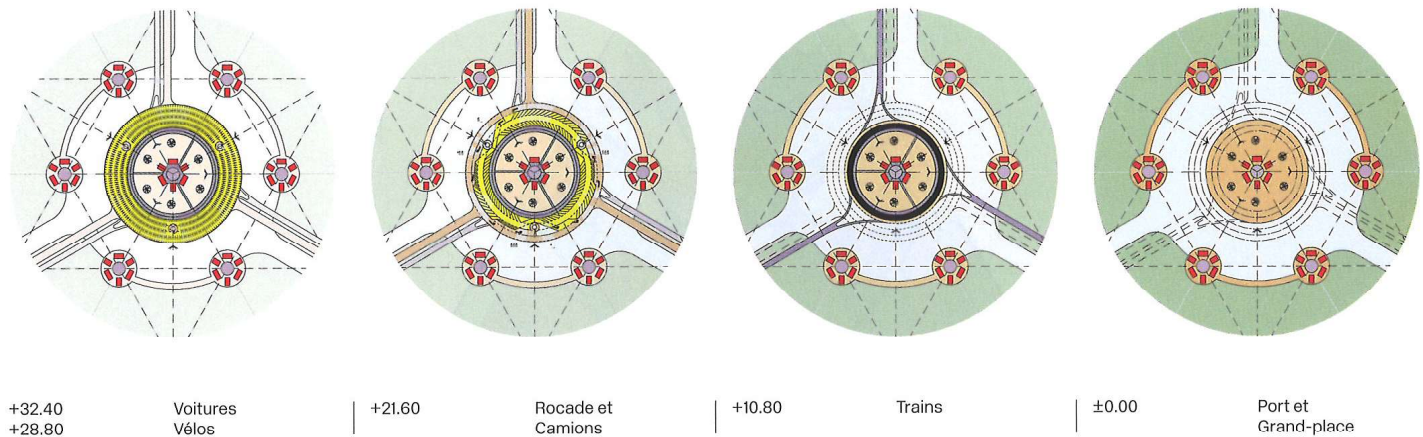


FIGURE 3 : La plateforme multimodale

0 100 200 300 400 500 m

de 84 m de diamètre implantés sur une trame en triangles équilatéraux de 300 m de côté, ceux-ci étant assemblés de façon à former trois grands triangles de 900 m de côté disposés en étoile. Ces grands triangles sont séparés les uns des autres par trois autres triangles identiques mais inoccupés, l'ensemble formant un hexagone de 900 m de côté, inscrit dans un triangle équivalent de 3,15 km de côté formant l'emprise minimum du territoire, le cœur de la ville de 30.000 habitants, soit 430 ha. L'emprise au sol des macrostructures n'est que de 15 ha, soit un COS de 3,5 % seulement, zones industrielles incluses. Ce sont donc ici 415 ha sur 430 (à quelques équipements près) qui sont ainsi rendus à la nature, à l'agriculture et aux voies de circulation intervilles [→ FIGURE 2].

Le modèle comprend une macrostructure centrale de 148 niveaux « possibles »⁵⁵ (532,8 m) entourée de 6 macrostructures de 97 niveaux (349,2 m), puis de 9 de 60 niveaux (216 m) et enfin de 12 de 40 niveaux (144 m). Des parcelles privatives volumiques y sont offertes autour des places et

des rues qui se développent dans l'espace, à l'instar des terrains privés et des surfaces publiques de la ville horizontale.

Au-dessus de la cime des grands arbres, des ponts en treillis haubanés, sous forme de longs parallépipèdes rectangulaires (de 10,8 m de haut et 8,1 m de large) les relient les unes aux autres.

Les ponts présentent deux niveaux de 5,4 m de haut.

Le niveau supérieur est réservé à la circulation des personnes. On s'y déplace à pied, à vélo ou en « caddy » électrique, ou encore à l'aide d'un système léger de transport, à l'abri de la pluie et du vent. Le niveau inférieur est utilisé par les systèmes logistiques et les réseaux de distribution d'eau, d'électricité et informatiques y sont suspendus au plafond.

En complément et plus en altitude, d'autres passerelles et des téléphériques complètent le réseau de communication et de transport⁵⁶.

Les ponts et téléphériques mènent tous à la macrostructure centrale, qui abrite le centre d'accueil et la plateforme multimodale.

Ce lieu d'accueil, d'arrivée et de départ, convivial et accueillant, comprend la

gare, le port fluvial et le parc de stationnement pour les véhicules individuels (de taille modulable), ainsi que les magasins et entrepôts centraux de la ville.

La plateforme multimodale connecte la ville à ses voisines et au monde par un triple réseau (canaux pour le transport fluvial, pistes pour les trains⁵⁷, routes pour les véhicules individuels, sur un maillage hexagonal⁵⁸).

Elle s'organise dans une structure cylindrique et annulaire de 380 m de diamètre et de 80 m de large (5 anneaux de 16 m) qui comprend, de haut en bas [→ FIGURE 31]:

- le grand parc végétal « d'apparat » de la ville (7,54 ha) au niveau 39,6 m,
- les niveaux 32,4 et 28,8 m qui accueillent le parc de stationnement pour 4.000 voitures et 20.000 vélos, éclairé et ventilé naturellement par des puits ménagés dans le parc végétal. L'anneau intérieur, une rue

55 Il s'agit des niveaux, fixés arbitrairement à 3,60 m, pour les architectures de 5 à 8 niveaux qui s'intègrent librement dans les macrostructures ou débordent de celles-ci. Il y a ainsi 1.850 niveaux « capables » qui constituent l'équivalent en hauteur des domaines publics et privés de la ville horizontale.

56 Ils utilisent les câbles de haubanage qui relient les macrostructures les unes aux autres.

57 Pour peu que leur consommation énergétique exorbitante ait pu être maîtrisée, les trains à sustentation magnétique pourraient remplacer les trains conventionnels, bruyants et moins sûrs, qui n'existent, après tout, que depuis 1835 en Belgique.

58 La division d'une sphère en vingt triangles sphériques équilatéraux (l'icosaèdre) peut être décomposée plus finement (et jusqu'à l'infiniment petit) en triangles approximativement équilatéraux. C'est toute l'aventure des tracés géodésiques dont les débuts datent du planétarium d'Iéna en 1922. Ce serait la manière la plus efficace de réaliser le maillage des réseaux de la planète entière.

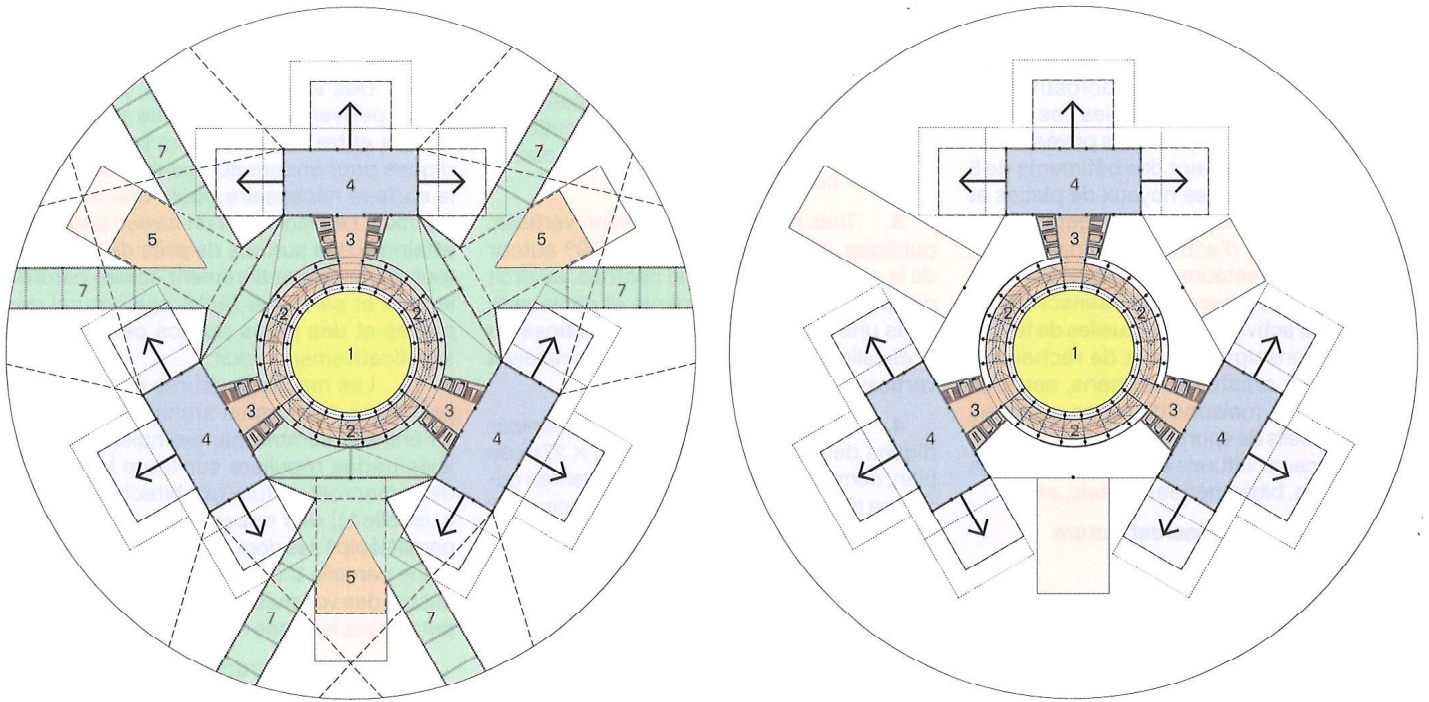


FIGURE 4 : Plan de la macrostructure verticale

0 5 10 15 20 25

bordée de services et de commerces, le relie au cœur de la ville.

— le niveau 21,6 m, réservé à la circulation individuelle, dont l'anneau extérieur forme une rocade à trois voies de circulation pour les véhicules et trois voies pour les vélos qui donne accès tant à la zone des anneaux intérieurs réservée aux poids lourds et quais qu'aux trois rampes hélicoïdales desservant le parc de stationnement,

— le niveau 10,8 m où la petite gare à quatre voies se développe sur les 32 m de large des deux anneaux intérieurs⁵⁹,

— au sol, le grand bassin annulaire de 600 m de diamètre extérieur et de 174 m de large, dont 126 m pour la manœuvre portuaire des péniches⁶⁰ et 48 m, sous l'anneau, pour les autres activités aquatiques. Les quais du port se développent entre les socles industriels des six macrostructures de 97 niveaux, ainsi que sous l'anneau intérieur de la plateforme.

Le réseau intervalles route / rail / eau, en mailles hexagonales, se déploie en territoires de 120 m de large, arrive en étoile à la

structure annulaire et couvre 26 ha du territoire de la petite ville⁶¹. Il se compose d'un canal de 55 m de large, pour la vie aquatique et les bateaux jusqu'à 9.000 tonnes, avec un tirant d'eau de 5,4 m et un tirant d'air de 10,8 m net, longé par une route composée dans chaque sens de deux bandes pour les vélos et deux bandes pour les véhicules automobiles⁶², ainsi que par deux voies ferrées⁶³. Routes et rails, nécessitent un tirant d'air net de 5,4 m. Les voies ferrées doivent ainsi gravir 10,8 m au-dessus de la voie navigable pour atteindre la gare ferroviaire (soit une rampe de 432 m de long avec une pente de 2,5 %) et, tenant compte des structures et équipements, les routes doivent monter 10,8 m plus haut pour rejoindre la rocade (soit une rampe de 432 m avec une pente de 5 %).

Les rampes sont emballées dans des « tubes » pour en réduire l'impact acoustique.

61 Chaque branche de l'étoile étant longue de 720 m jusqu'à la plateforme multimodale, la surface se calcule comme suit: $720 \text{ m} \times 120 \text{ m} \times 3 = 259.200 \text{ m}^2$, arrondi à 26 ha. Le canal et ses berges font cependant aussi partie de l'espace agricole, de telle sorte que, sur ces 26 ha, seulement 13 ha « pris » à la nature sont à ajouter aux 15 ha des constructions. La nature occupe donc 312 ha sur les 340 ha du cœur de ville.

62 Dont il est difficile d'imaginer la nature un siècle à l'avance.

63 Ou plus, lorsqu'il s'agit de relier les cœurs des plus grandes villes.

C'est dans la macrostructure centrale que se concentrent les services principaux de la ville: l'administration et la gouvernance urbaines, les services de prévention (pompiers et police), de justice (en ce compris l'infrastructure pénitentiaire), de soins (l'hôpital principal), les grands équipements de communication et touristiques (centre d'expositions et de congrès, hôtels) culturels (grandes salles de concerts et de spectacles, musées), sportifs (piscine municipale et stade, celui-ci étant forcément implanté au sol à côté de la construction).

Les socles des autres macrostructures verticales se partagent les activités du secteur secondaire et les services urbains locaux. C'est ainsi qu'on y trouve les exploitations agricoles, les usines de transformation, les centres de traitement informatique, les magasins et entrepôts secondaires, ainsi que les unités de traitement local des eaux usées et des déchets.

Les plateformes logistiques locales robotisées sont disposées au-dessus de ces socles, sous les places publiques principales d'accueil (qui sont en liaison avec les niveaux supérieurs des ponts) et se développent, au niveau inférieur de ces derniers, sur toute la surface de chaque macrostructure. Elles traitent les biens de consommation destinés

59 Au cœur d'une plus grande ville, la gare peut s'y élargir jusqu'à 80 m selon le nombre de voies et de quais nécessaires.

60 De 65 à 135 m de long, 8 à 15 m de large, pour un tirant d'eau de 3,5 m.

aux habitants et services ainsi que les flux de l'activité industrielle sous-jacente.

Dans le reste de la macrostructure centrale et au-dessus des socles des autres macrostructures, des parcelles privées tridimensionnelles reçoivent des bâtiments de 5 à 8 niveaux autour des noyaux de places et de jardins publics. En plus des logements, ils abritent les lieux d'activité urbaine : écoles, commerces et restaurants, marchés hebdomadaires, lieux d'expression sensorielle et artistique, d'activités intellectuelles de toutes natures, d'enseignement et de recherche, ateliers pour artistes et artisans, services à la personne, maisons de repos, espaces sportifs et halls de sport, salles de spectacles locales, locaux culturels et cultuels, espaces d'exposition, bibliothèques, hôtels, etc.

Une proposition de macrostructure verticale

C'est pour permettre le déploiement de cette multitude de fonctions urbaines, (organisées, comme pour la ville horizontale, dans un réseau de rues, places et jardins publics) qu'il faut donc se risquer de proposer une esquisse de macrostructure générale et « ouverte »⁶⁴, dont les éléments sont décrits ci-après [→ FIGURE 4].

1. Une structure cylindrique centrale (diamètre 24,3 m) où se superposent places et parcs, par exemple tous les 10 niveaux (36 m)⁶⁵.

2. Autour des places et parcs, une rue hélicoïdale⁶⁶ de 4,05 m de large et gravissant 1,2 m (soit 1/3 de niveau, par tiers de cercle),

64 Toute la structure est proposée en éléments d'acier de très haute résistance assemblés par soudure. La raison principale de l'emploi d'acier à haute résistance n'est pas de l'utiliser au maximum de sa résistance en situation normale, mais de le faire travailler comme un acier ordinaire, la réserve de résistance étant utile en cas d'incendie, ce qui permet d'éviter toute protection au feu de la structure. D'autre part, les assemblages boulonnés sont très inefficaces car ils augmentent de plus de 10 % le poids de la structure, exhibent partout des boulons qui demandent parfois à être cachés et sont sensibles à la corrosion. Leur vertu au démontage est toute relative car les pièces à recycler sont perforées, alors que les éléments soudés se découpent aisément. Une structure soudée demande néanmoins une étude soignée des effets de la dilatation thermique. Les colonnes, en sections tubulaires, sont irriguées tant pour leur conférer la résistance au feu nécessaire que pour contrôler leurs dilatations thermiques.

65 Leurs planchers sont faits, par exemple, d'une calotte parabolique inversée en tôle mince et d'une hauteur de 3,6 m, soit remplie de terre sous les parcs, soit équipée d'un plancher bois sur colonnes pour les places publiques. Profitant du dénivelé de la calotte, l'une ou l'autre de ces places pourrait aussi se transformer en amphithéâtre (voir note³¹, graphique p. 99 ou l'on observe (à part une calotte conique avec un angle d'ouverture de 90° qui, curieusement, est encore beaucoup plus légère et qui pourrait aussi être utilisée çà et là dans l'infrastructure) que c'est la calotte parabolique à paroi d'épaisseur variable qui offre la structure la plus légère, à condition de disposer de l'ancrage « gratuit » en périphérie).

66 Elle présente trois bandes de circulation, la bande intérieure réservée à la montée des véhicules électriques, vélos et autres engins sur roues, la bande centrale (en pente plus faible) à la descente des mêmes engins ainsi que des chaises

portées par deux cercles de 24 colonnes (diamètres : 24,3 m et 36,45 m).

Places, parcs et rues sont à température extérieure, éclairés et ventilés naturellement et peuvent accueillir petites boutiques et kiosques, tout comme les rues et places de la ville horizontale.

3. Trois noyaux de circulation verticale publique, disposés en étoile à 120° autour de la structure cylindrique centrale, au droit des paliers de la rue en pente et contenant, dans une enveloppe vitrée, les ascenseurs et escaliers de secours et les divers réseaux verticaux.

4. Trois macrostructures parallélépipédiques de base, mesurant 13,5 m × 27 m en plan, composées de quatre importantes colonnes d'angles et de planchers principaux⁶⁷ de contreventement tous les 5 à 10 niveaux « capables » (soit entre 18 et 36 m), se greffent sur les noyaux. Les colonnes intérieures (face à la structure cylindrique centrale) sont reliées horizontalement au droit des planchers principaux et triangulées entre elles pour former un prisme de contreventement à base hexagonale.

Les espaces parallélépipédiques contenus dans cette macrostructure, de 13,5 m × 27 m (364,5 m²) en plan et de hauteur comprise entre 18 et 36 m, forment ainsi les « parcelles tridimensionnelles » de base de la ville verticale au même titre que les parcelles de terrain de la ville horizontale. Tout comme l'architecture peut se développer à la verticale sur ces parcelles horizontales, elle peut ici déborder à l'horizontale, en amples porte-à-faux qui se développent librement aussi bien en largeur qu'en hauteur.

Ces parcelles tridimensionnelles forment la structure pérenne de la ville verticale et accueillent toutes les fonctions urbaines. Toutes les expressions architecturales imaginables y sont admises, pérennes ou éphémères, en n'importe quel matériau (terre, terre-paille, pierre, bois, textile, métaux, verre, polymère, élastomère, céramique ou hybride), pour autant qu'elles soient éclairées et ventilées naturellement et que leur enveloppe et leurs équipements soient étudiés de façon, au minimum, à ne consommer aucune

roulantes, et la bande extérieure (à la pente la plus faible) à la montée des chaises roulantes et aux piétons.

67 Les planchers peuvent par exemple être composés de profilés en acier à âme alvéolaire, dont les ailes inférieures sont fixées à une dalle en béton armé (pouvant être activée pour former le plafond thermique de l'étage en-dessous) et dont les ailes supérieures portent le plancher de marche. Ils comprennent donc un espace technique accessible qui peut recevoir toute l'innervation technique nécessaire, quelle que soit la fonction du local desservi. Cette manière de faire un plancher n'est pas nouvelle mais elle a fait l'objet de recherches et d'études approfondies par Jos Lichtenberg à l'Université d'Eindhoven aux Pays-Bas, ce qui a conduit au développement de la firme Slimline. Malgré les très nombreuses constructions réalisées au moyen de ce système, il peine curieusement à se développer.

énergie et, de préférence, à contribuer à sa production.

5. Des volumes privatifs supplémentaires peuvent aussi venir se greffer « en étoile » entre les structures parallélépipédiques pour encore augmenter localement la surface nécessaire pour l'une ou l'autre fonction. Le plancher d'un niveau peut alors atteindre une surface de près de 5.000 m², tout en restant entièrement éclairé naturellement et sans que l'éclairage naturel des places et des parcs publics centraux soit significativement réduit.

Les macrostructures peuvent ainsi présenter des formes architecturales très différentes, comme, par exemple, des parallélépipèdes réguliers sur toute la hauteur de la macrostructure (architecture de tour « usuelle »), des ensembles compacts de parallélépipèdes dont les dimensions varient d'une parcelle tridimensionnelle à l'autre, ou encore des volumes aux formes variées indépendantes les unes des autres [→ FIGURE 5].

6. La macrostructure verticale repose sur des pieux verticaux et obliques de grande profondeur, de manière à pouvoir les activer énergétiquement en-dessous de la zone de biodiversité. Elle ne comprend pas de sous-sol, puisqu'elle abrite l'ensemble des fonctions utilitaires dans les étages inférieurs hors-sol. Une économie substantielle est ainsi réalisée et le monde souterrain (nappes phréatiques, biodiversité, éventuelles cavités,...) n'est pas perturbée. Les macrostructures sont aussi haubanées les unes aux autres.

7. Les ponts sont constitués de poutres-trellis haubanées dont la morphologie est optimisée en vue d'une économie de matière maximale.

L'autonomie alimentaire

Dans une économie organisée en circuits courts, il est essentiel que les surfaces agricoles soient très proches de la ville. Déduction faite de l'emprise des constructions (15 ha) et du réseau de circulation (26 ha), rien n'empêche donc que les 389 ha restants du cœur de la ville soient consacrés à l'agriculture de proximité.

Cependant, en estimant à 0,10 ha par habitant le besoin en surface de culture pour subvenir aux besoins alimentaires⁶⁸ et en allouant une surface équivalente à la biodiversité, il ne faudrait pas moins de 6.000 ha d'espaces verts pour la petite ville de 30.000 habitants, ce qui signifierait un agrandissement de son territoire de 5.611 ha. La longueur

68 Voir Banque mondiale « Terres arables, hectares par personne ». Proposition audacieuse mais dont le seul but est de fixer les idées et surtout d'attirer l'attention sur l'importance des territoires nécessaires à proximité des habitants. Les efforts d'agriculture urbaine auxquels on assiste maintenant dans la ville horizontale semblent donc anecdotiques.

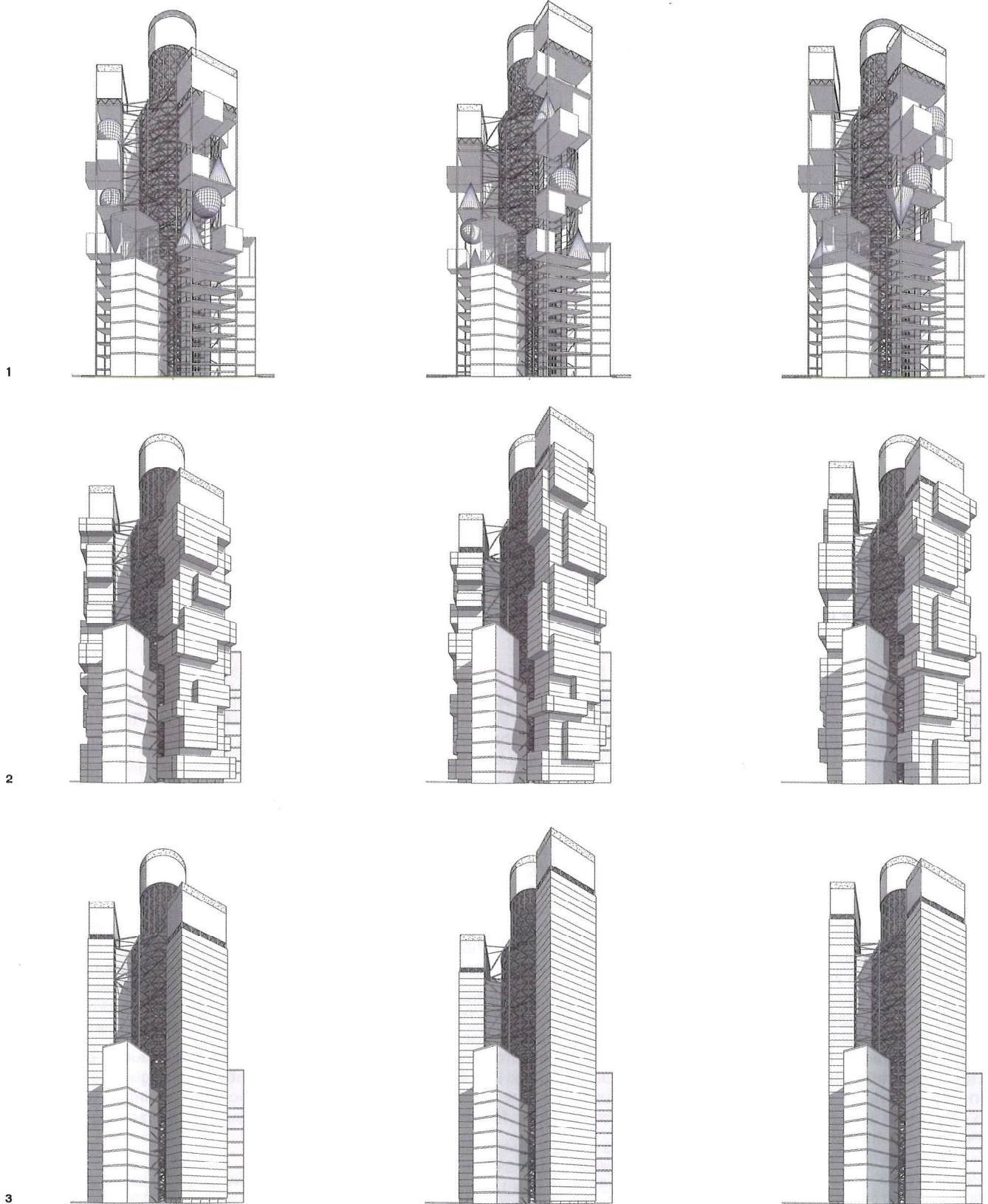


FIGURE 5 : Une architecture indéfinie

- 1 Une architecture aérée composée de volumes indépendants les uns des autres et de formes variées.
- 2 Une architecture compacte de parallélépipèdes aux formes et dimensions variables d'une parcelle tridimensionnelle à l'autre.
- 3 Une architecture de parallélépipèdes réguliers sur toute la hauteur.

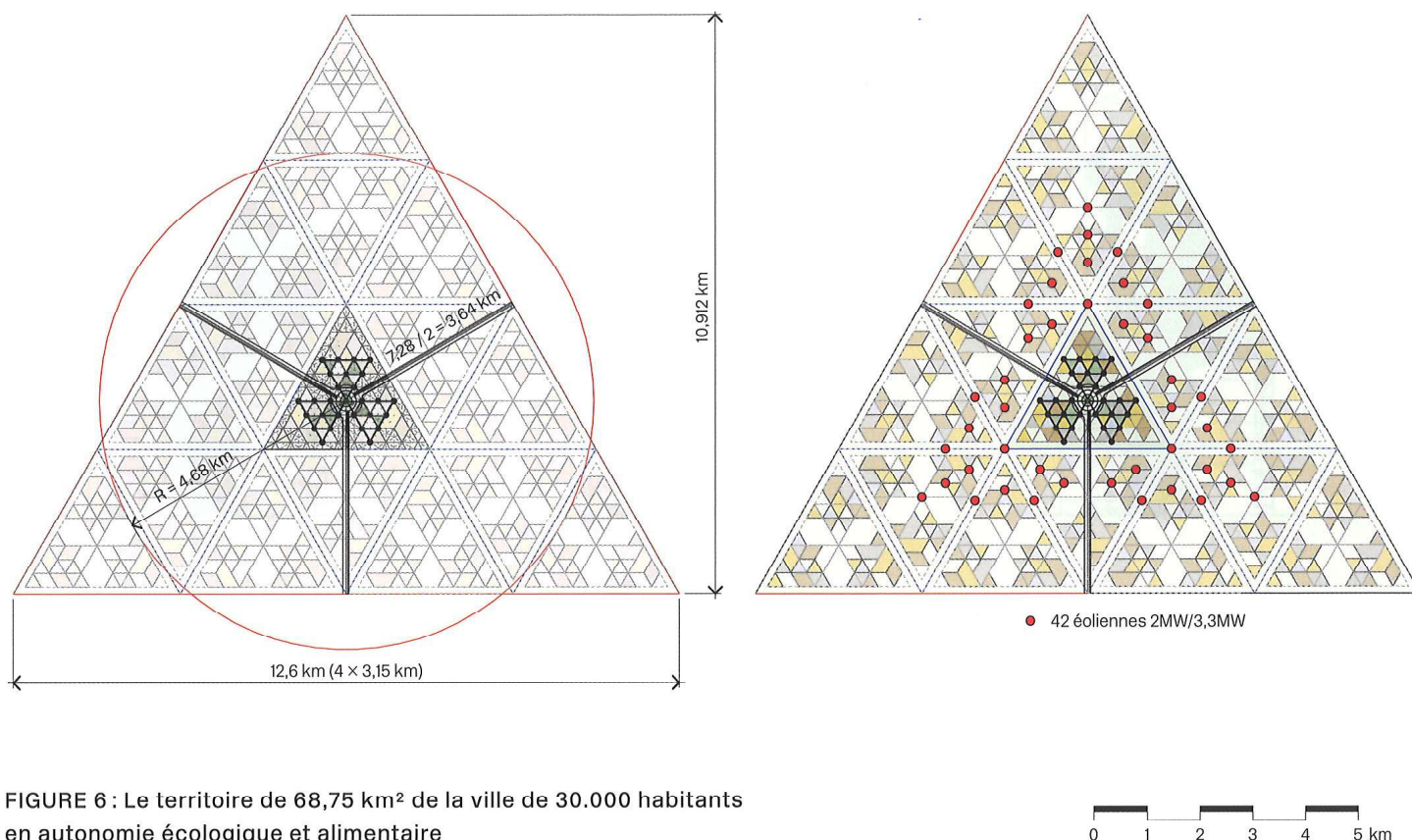


FIGURE 6 : Le territoire de 68,75 km² de la ville de 30.000 habitants en autonomie écologique et alimentaire

du côté du triangle passerait donc de 3,15 km à 12,6 km (ou un cercle de 4,68 km de rayon) pour une surface totale de 6.875 ha, la distance entre centres-villes devenant alors 7,28 km [→ FIGURE 6].

Pour fixer les idées, la population belge, arrondie à 11.220.000 habitants, serait ainsi logée dans 374 de ces petites villes sur 25.712,5 km², pour un territoire couvrant 30.258 km².

De plus grandes villes

Avec son emprise minimum de 430 ha et sa densité brute de 70 habitants à l'hectare, le modèle du cœur de petite ville verticale de 30.000 habitants est particulièrement « économique » en territoire, ainsi qu'en témoignent les FIGURES 7 ET 8⁶⁹. Celles-ci comparent son emprise à celle de Louvain-la-Neuve (920 ha⁷⁰, zones verte et industrielle comprises).

On peut constater que la surface urbanisée de la petite ville verticale correspond à peu près à la surface construite de Louvain-la-Neuve, à la différence que la première surface citée est presque entièrement « verte » grâce à son très faible COS.

Néanmoins, la superficie agricole susceptible d'assurer l'autonomie alimentaire de la ville, soit 6.875 ha, dépasserait très largement l'emprise actuelle de Louvain-la-Neuve [→ FIGURE 9].

Ce modèle de petite ville peut être agrandi par simple duplication bord à bord du triangle de 430 ha correspondant à son cœur. De nombreuses configurations peuvent ainsi être obtenues. Le cas de la couverture uniforme, ainsi que ceux des villes de 120.000 et 1.200.000 habitants, sont évoqués ci-après, avec les implications territoriales qu'entraînerait leur autonomie alimentaire.

Le maillage du territoire en grands triangles équilatéraux de 68,75 km² (12,6 km de côté) contenant chacun une petite ville de 30.000 habitants en « autonomie alimentaire et écologique » donnerait les circuits alimentaires les plus courts, mais son systématisme rend cette configuration fort théorique.

Plus réalistement, le groupement de quatre « cœurs de villes élémentaires » de 4,3 km² (3,15 km de côté) pourrait former le cœur d'une ville moyenne de 120.000 habitants, inscrit dans un triangle de 17,19 km² (6,3 km de côté) [→ FIGURE 10].

Son autonomie alimentaire serait assurée en lui réservant une « ceinture verte », sous la forme d'un triangle équilatéral de

25,2 km de côté (ou d'un cercle de 9,36 km de rayon), d'une surface de 275 km² [→ FIGURE 11].

De même, quarante-deux entités formeraient le cœur d'une « grande ville » de 1.260.000 habitants s'inscrivant dans un hexagone irrégulier de 180,46 km² (2 côtés de 6,3 km et 4 de 9,45 km), avec une densité de 69,82 h/ha⁷¹ (soit 0,0143 ha/h), ainsi qu'une emprise des constructions de 6,3 km² (COS = 0,05), un réseau route / rail / eau occupant 10,92 km² et des espaces verts et aquatiques sur 131,04 km², soit 92 % du territoire [→ FIGURE 12].

Sa « ceinture verte » pourrait prendre la forme d'un triangle équilatéral de 81,90 km de côté (ou d'un cercle de 30,4 km de rayon), d'une surface de 2.904,5 km² [→ FIGURE 13].

Ce modèle de cœur de grande ville est comparable à la Région de Bruxelles-Capitale avec une population de 1.187.890 habitants⁷² sur une surface de 161,38 km²

69 Illustration aimablement communiquée par la Cellule d'Etudes immobilières et urbaines de l'Université Catholique de Louvain.

70 Wikipédia : « Louvain-la-Neuve ».

71 Pour comparaison, voici la densité des villes (hors agglomération) d'Istanbul : 23,92 h/ha ; Los Angeles : 31,55 ; Londres : 45,05 ; Hong Kong : 64,80 et New York : 67,08. Lorsque l'on considère les agglomérations correspondantes ces chiffres deviennent : pour le grand Los Angeles : 14,15 ; le grand Londres : 11,30 ; le grand Hong Kong : 51,79 et le grand New York : 10,96.

72 Jean-Pierre Hermia « Baromètre démographique 2016 de la Région de Bruxelles Capitale », décembre 2016, Institut

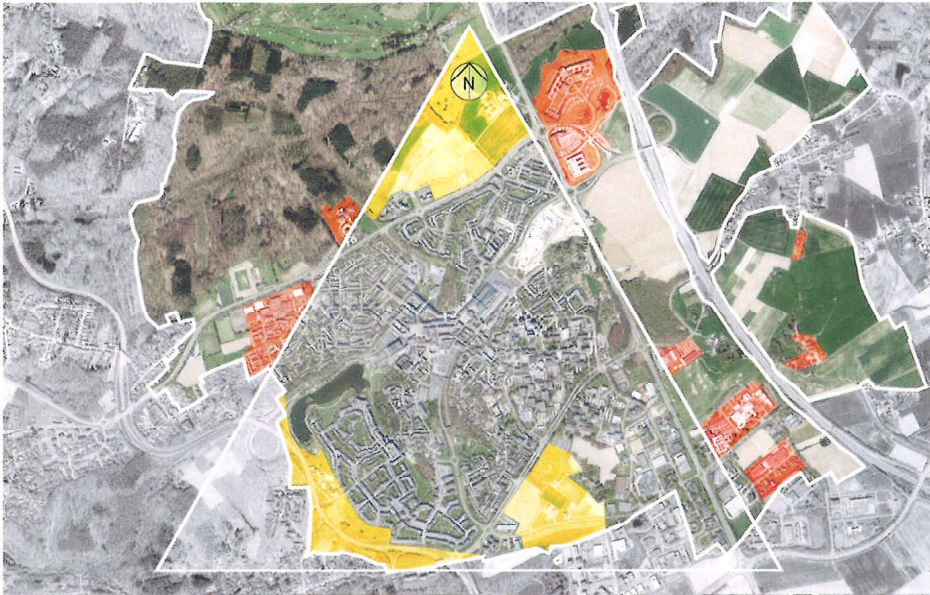


FIGURE 7 : Louvain-la-Neuve dans le triangle de 3,15 km de côté et de 430 ha. Les zones construites en dehors (ici en orange) trouvant aisément leur place dans les zones jaunes. La ligne périphérique irrégulière délimite le territoire de 920 ha.

0 200 400 600 800 1000 m

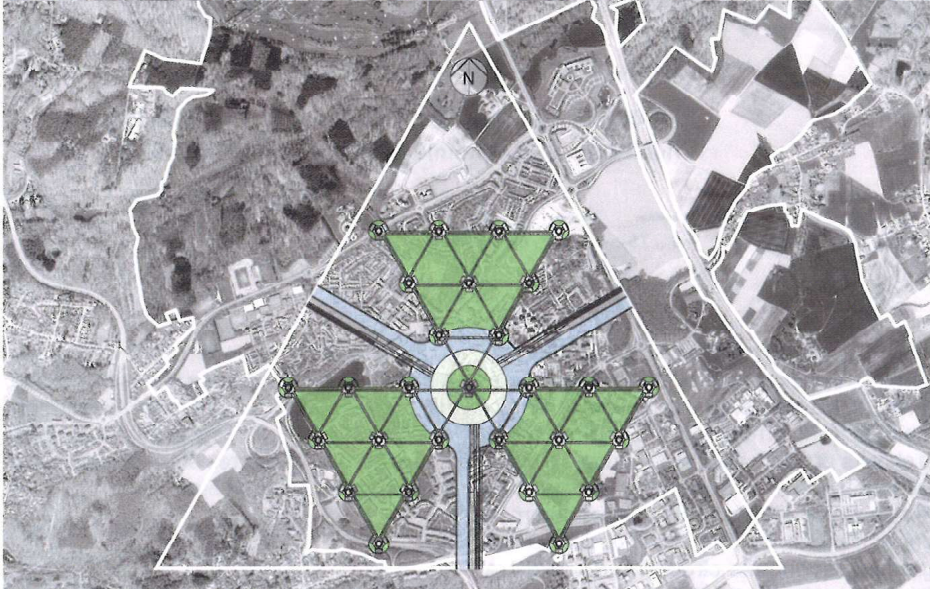


FIGURE 8 : La petite ville verticale de 30.000 habitants superposée à Louvain-la-Neuve.

0 200 400 600 800 1000 m

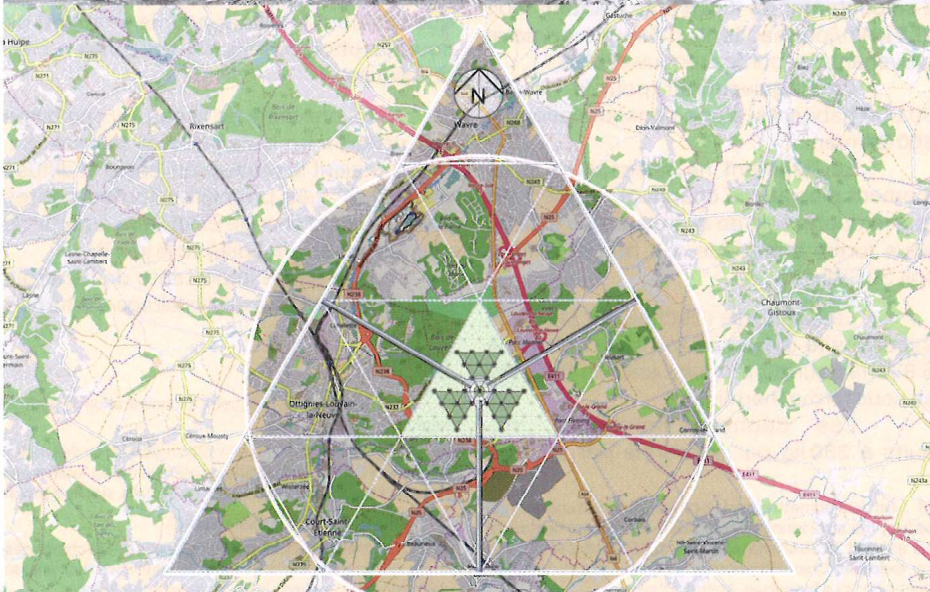


FIGURE 9 : Le territoire nécessaire à Louvain-la-Neuve pour son autonomie écologique et alimentaire

0 1 2 3 4 5 km

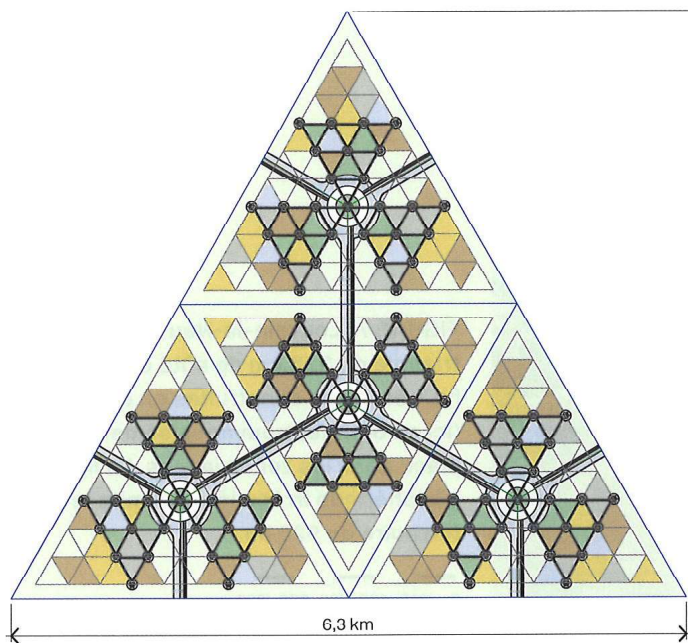
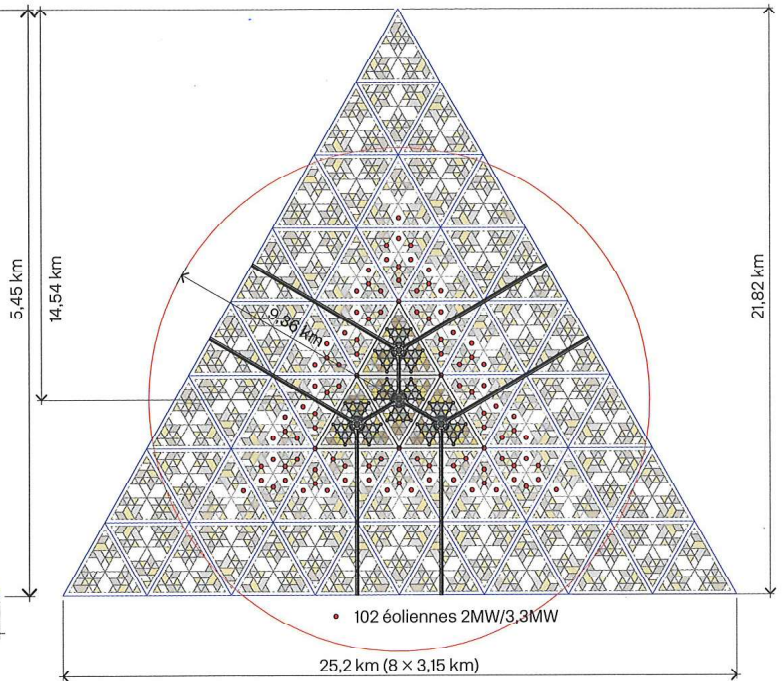
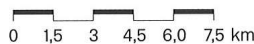


FIGURE 10 : La ville verticale de 120.000 habitants

FIGURE 11 : Le territoire de 275 km² de la ville de 120.000 habitants en autonomie écologique et alimentaire

(74,13 h/ha⁷³ ou 0,0135 ha/h). Cette dernière est répartie en 41,96 km² pour l'emprise des constructions (COS = 0,26), 32,28 km² pour le réseau route/rail/eau (1.745 km de voirie) et 87,41 km² pour les espaces verts (y compris tous les jardins privés et les arbres isolés⁷⁴ [→ FIGURE 14].

La FIGURE 15 superpose l'emprise de la grande ville et de sa ceinture verte [→ FIGURE 13] à la Région de Bruxelles.

L'énergie

Tentons d'évaluer les besoins en énergie renouvelable de la ville, à la fin du siècle, sans pétrole, gaz, charbon ni uranium.

La consommation d'énergie primaire⁷⁵ par année et par habitant de la planète était en 2014 de 22 MWh (de 2,56 au Bangladesh à 80,7 aux USA), en passant par 32,3 pour la Grande Bretagne, 42,7 pour la France, 44 pour l'Allemagne et 55 pour la Belgique).

Bruxellois de Statistique et d'Analyse, Service public régional de Bruxelles.

⁷³ Ce qui reste appréciable comparé aux chiffres des autres grandes villes et à la densité de population pour la Belgique entière, qui n'est que de 364 h/km², soit 3,64 h/ha (Wikipedia « Densité urbaine »).

⁷⁴ Valeurs pour 2002 suivant les données de Bruxelles Environnement: « L'occupation des sols et les paysages bruxellois ».

⁷⁵ Wikipedia: « Ressources et consommations énergétiques mondiales ».

Faisons l'hypothèse que les progrès continus et éthiques des technosciences auraient, entre autres, aussi amélioré le rendement de transformation de l'électricité ou de la chaleur produite à partir de sources d'énergie renouvelable, et que l'on serait parvenu à réduire drastiquement l'énergie consommée par le transport et l'industrie (entre autres grâce à l'économie circulaire) de manière à se contenter de 10 MWh/an.habitant (soit 27,5 kWh/jour.habitant) d'énergie primaire provenant de sources renouvelables.

Ceci équivaldrait, pour la ville de 30.000 habitants, à une consommation de 300 GWh/an.

Le bâtiment ne nécessitant à ce moment plus aucun chauffage, admettons que la quote-part de cette énergie utilisée sous forme thermique soit réduite à 10 %, soit 30 GWh/an.

La biomasse récoltée sur la moitié (biodiversité oblige) du territoire urbain de 6.875 ha pourrait produire environ 80 GWh/an sous forme thermique⁷⁶.

Les déchets ménagers, réduits à 330 kg par personne par an, soit

⁷⁶ On peut admettre que la biomasse produit une énergie de 2 tep/ha.an (2 tonnes d'équivalent-pétrole par hectare et par an), soit 23,26 MWh/ha/an avec 11.630 kWh par tep. Voir par exemple: Chaire économique de l'université de Paris-Dauphine: « La biomasse, énergie d'avenir ».

10.000 tonnes/an pour notre petite ville, produiraient 15 Gwh/an⁷⁷ sous forme thermique.

Biomasse et déchets fourniraient ainsi les 30 GWh/an nécessaires sous forme thermique, les 65 autres étant converties en 20 Gwh/an sous forme électrique.

Il conviendrait alors de produire 250 Gwh/an sous forme électrique. Cette énergie proviendrait (c'est du moins ce que l'on peut imaginer pour le moment) de sources photovoltaïques, éoliennes ou hydrauliques.

La proximité de la nature, combinée aux progrès en botanique et en biologie, favoriseraient la production locale et diffuse d'énergie⁷⁸. Les premières toutes petites productions d'énergie électrique à partir de plantes ont en effet déjà vu le jour⁷⁹.

Une partie importante de l'énergie électrique nécessaire à l'éclairage nocturne⁸⁰

⁷⁷ www.planete.energies.com: « L'incinération: le pouvoir calorifique des ordures ».

⁷⁸ Ainsi que le stockage de l'information dans des molécules d'ADN, qui aurait depuis longtemps rendu totalement obsolètes les grands centres informatiques, si énorogivores.

⁷⁹ Voir par exemple www.bioo.tech.

⁸⁰ Cela ferait heureusement longtemps que la charte des droits de l'homme aurait interdit de faire vivre l'homme en plein jour dans une tanière, comme actuellement.

- cœur de 180,46 km² (161,38 km²)
- cœur et ceinture verte: 2 904,5 km²
- 69,82 ha/h (74,13 ha/h)
- 0,0143 ha/h (0,0135 ha/h)
- emprise des constructions: 6,3 km² (41,96 km²)
- emprise du réseau route/rail/eau = 10,92 km² (32,28 km²)
- surface brute développée des constructions: 100 800 000 m² (107 680 000 m² estimés fin 2012)

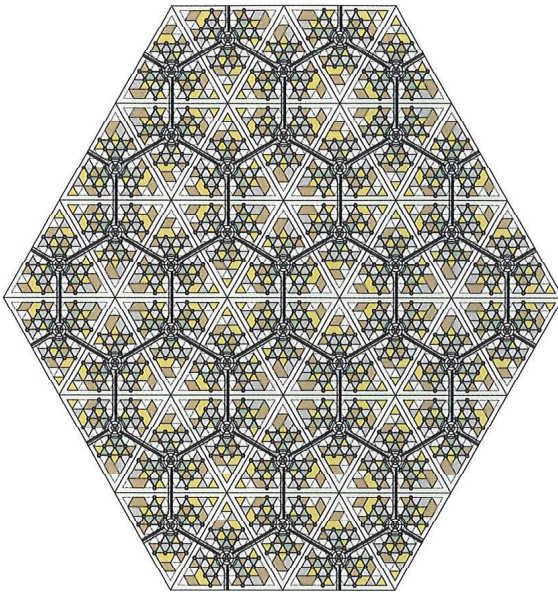


FIGURE 12 : Une grande ville verticale de 1.260.000 habitants (les chiffres pour la Région de Bruxelles : 1.187.890 habitants en 2016)

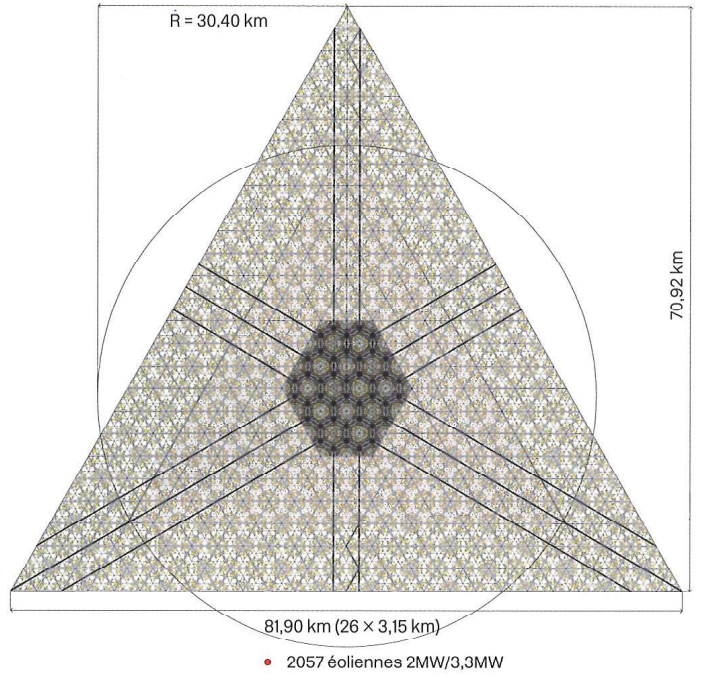
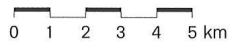
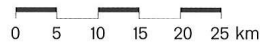


FIGURE 13 : Le territoire de 2.904,5 km² de la grande ville de 1.260.000 habitants en autonomie écologique et alimentaire



serait aussi fournie par bioluminescence⁸¹ (sans même penser aux lampes à l'huile ou à gaz ou aux bougies⁸²).

En attendant, avec le manque d'imagination qui nous caractérise, il nous faudrait bien répondre à la demande de 250 GWh électrique à l'aide des sources solaires et éoliennes⁸³.

Des surfaces photovoltaïques pourraient ainsi être matérialisées d'une manière ou d'une autre, de préférence invisibles sur les enveloppes des architectures de la ville.

Les 310.000 m² de surface concernée pourraient ainsi offrir 49 GWh/an⁸⁴.

Les 10,92 km de route en étoile du territoire de 68,75 km² pourraient aussi rece-

voir un revêtement photovoltaïque sur 18 m de large, au sol ou sous forme d'auvents, et produire 25 GWh/an.

Pour le solde, que l'on fixe prudemment à 200 GWh/an, il faudrait bien se résoudre à recourir à 46 éoliennes de 2 MW (ou 28 de 3,3 MW)⁸⁵ implantées dans la première ceinture agricole autour du cœur de la petite ville (où 27 triangles de 1,05 km de côté permettent d'en placer 42 à 520 m l'une de l'autre) [→ FIGURE 6].

Pour la ville moyenne de 120.000 habitants, 102 éoliennes de 2 et/ou 3,3 mW devraient être prévues dans les deux premières ceintures agricoles [→ FIGURE 11].

Quant à la grande ville de 1.200.000 habitants, pas moins de 1.932 éoliennes seraient nécessaires, disposées dans un triangle de 53,55 km de côté [→ FIGURE 13]! Non seulement ces chiffres défient l'imagination

mais, surtout, ils illustrent l'importance de la question énergétique et manifestent l'absolue nécessité d'y trouver des réponses alternatives⁸⁶.

Il convient aussi d'examiner la question du stockage de l'énergie électrique, dont les besoins, pour la petite ville, sont de 685 MWh par jour. Cette énergie pourrait être stockée à la fois sous forme d'énergie potentielle et calorifique par des Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) qui feraient usage de grands réservoirs d'eau placés sur les 28 macrostructures verticales. La production journalière pourrait atteindre 536 MWh/j, soit 3/4 des besoins journaliers⁸⁷.

81 Voir par exemple www.glowee.fr

82 Ce n'est qu'en 1825 que Michel Eugène Chevreux invente la bougie stéarique et il faudra encore attendre quelques décennies pour voir se développer l'éclairage au gaz!

83 L'énergie hydraulique n'étant pas disponible dans notre cas.

84 50% de ces façades sont orientées Sud-Est et Sud-Ouest, 35% à l'Est et à l'Ouest, et 15% au Nord. En utilisant les chiffres repris dans la note de bas de page n°29, ces panneaux récolteraient une énergie équivalente à 310.000 m² de panneaux en position optimale. Le calcul est fait avec les chiffres réels des panneaux placés en toiture du bâtiment Europa à Bruxelles (référence « 01/494 » sur www.samynandpartners.com), orientés au Sud, qui offrent 170 Wc/m² (Watt-crête par m²) et une production annuelle de 938 Wh/Wc soit 0,158 MWh/m² par année

85 Les éoliennes de 2 MW produisent une énergie de l'ordre de 4,4 GWh/an (ou 7,26 GWh/an pour les éoliennes de 3,3 MW), sur des mâts en rase campagne de 80 m de haut (ou 120 m) pour un diamètre de pales de 80 m (ou 120 m) et doivent être distantes, sur une même ligne, de minimum quatre fois leur diamètre, soit 320 m (ou 480 m) et, entre lignes, de six diamètres minimum, soit 480 m (ou 720 m) pour limiter la nuisance acoustique. Les mâts de ces éoliennes seraient cependant à rehausser de 50 m pour soustraire les pales des obstacles des superstructures et des arbres. Ils pourraient donc être tènement haubanés suivant le procédé que j'ai mis au point en 1999 pour Fabricom (référence « 01/387 » sur www.samynandpartners.com).

86 La réflexion qui précède présuppose la perpétuation de notre modèle de société actuel. Une révision en profondeur de nos modes de production et de consommation pourrait aboutir à un modèle de société où l'impact de l'homme sur la nature serait réduit à quasi rien, tout comme sa consommation de matière et d'énergie. La notion même de ville, qu'elle soit horizontale ou verticale, serait alors remise en question.

87 1 m³ d'eau, soit un poids de 10 kN, présente, à 1 m de hauteur, une énergie potentielle de 10 kiloules ou 2,777 Wh. À une hauteur cumulée des infrastructures verticales valant 6.300 m, 1 m³ d'eau au sommet des tours de la ville offre une énergie potentielle de 17,5 kWh. Un réservoir de 4 niveaux de haut sur la surface des cylindres de 37,8 m de diamètre et de trois ailes de 135 x 27 m représente un volume de 31.906 m³ soit une énergie potentielle de 558,4 MWh, dont il est possible d'extraire 80% sous forme électrique, soit 446,72 MW. Cette eau pourrait aussi être chauffée ou refroidie au moyen de pompes à chaleur pour stocker l'énergie sous forme thermique. Avec une capacité thermique massique de 4,185 MJ/



FIGURE 14 : La Région de Bruxelles-Capitale : 161.138 km²
pour 1.187.890 habitants



D'autres moyens de stockage s'avèreraient donc nécessaires. Un des plus prometteurs à l'heure actuelle consiste à emmagasiner l'énergie dans l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau pour pouvoir générer de l'électricité et de la chaleur par recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène en eau.

Où et comment ?

La construction de cette petite ville nouvelle coûterait de l'ordre de 15 à 20 milliards d'€⁸⁸, et les fonds nécessaires seraient levés par souscription. Ses frais de fonctionnement et de maintenance devraient être inférieurs à ceux de nos villes actuelles.

Ce montant peut être mis en parallèle, par exemple et pour fixer les idées, avec le coût annuel des catastrophes naturelles sur la planète, qui est de l'ordre de 100 milliards d'€, ou avec le Produit Intérieur Brut de

l'Etat Belge qui sera de l'ordre de 400 milliards en 2016.

Les 6.000 milliards de dollars dépensés entre 2003 et 2011 par les USA pour leur guerre en Irak auraient permis de construire 300 à 400 nouvelles petites villes verticales !

Les moyens étant disponibles, elle devrait se construire rapidement, en cinq à dix ans, à l'instar des villes nouvelles chinoises, pour éviter les désagréments que provoquent les chantiers urbains trop longs⁸⁹.

L'économiste l'imagine sans difficultés se réaliser dans un pays émergent ou disposant de vastes territoires agricoles ou naturels, tels que l'Australie, la Chine ou les USA, mais doute de sa faisabilité dans la « vieille Europe » telle qu'elle est aujourd'hui.

La question des territoires disponibles renvoie cependant à celle de la gouvernance et non pas à celle de la disponibilité physique.

Il faut en effet arrêter de coloniser nos espaces verts qui, en outre, ne sont pas alimentés par les réseaux.

⁸⁹ Ceci est sans relation avec la hauteur des constructions. En Belgique, par exemple, il a fallu trente ans pour construire le principal tant de Louvain-la-Neuve (ville basse) que du quartier Nord à Bruxelles (« ville » verticale).

Il serait par contre des plus évidents de réaffecter les gigantesques zonings industriels⁹⁰ sur lesquels s'étendent, horizontalement et généralement sur un seul niveau, des constructions sommaires baignant dans une mer de voiries, de zones de manœuvres, de stationnement et stockage à l'air libre. Non seulement ces surfaces offriraient toute la place voulue pour nos petites villes verticales (dans lesquelles les activités industrielles seraient réimplantées verticalement), mais elles seraient déjà alimentées par tous les réseaux nécessaires.

Cette réaffectation du territoire s'accompagnerait d'une restauration environnementale et d'une extension des territoires agricoles et écologiques, ainsi que d'une réduction conséquente de l'empreinte CO₂. Elle serait en phase avec les questions de toutes natures sur lesquelles la gouvernance européenne et celle des États membres se penchent.

La grande taille des parcelles industrielles, en regard de la faible emprise au sol de notre petite ville verticale, limiterait et simplifierait aussi les transactions immobilières nécessaires.

⁹⁰ Les territoires des aéroports pourraient bien aussi devenir disponibles. Ceux de Zaventem et de Charleroi couvrent chacun 12,45 km²!

m³.°C (ou 4,185/3,6 kWh/m³.°C = 1,1625 kWh/m³.°C), les 31.906 m³ d'eau peuvent ainsi stocker 37 MWh/°C ou 1.484 MWh pour une différence de température de 40°C (de 60°C à 20°C). Cette énergie thermique pourrait être transformée par osmose en 1.484 x 0,06 = 89 MWh électrique (voir www.osmoblue). Le total de l'énergie extraite de l'eau atteindrait donc 446,72 + 89 = 535,72 MWh/j.

Ces grandes réserves d'eau pourraient aussi être utilisées à bien d'autres usages dans la ville verticale.

⁸⁸ Comme Masdar, en plein désert à Abu Dhabi, en construction depuis 2008.

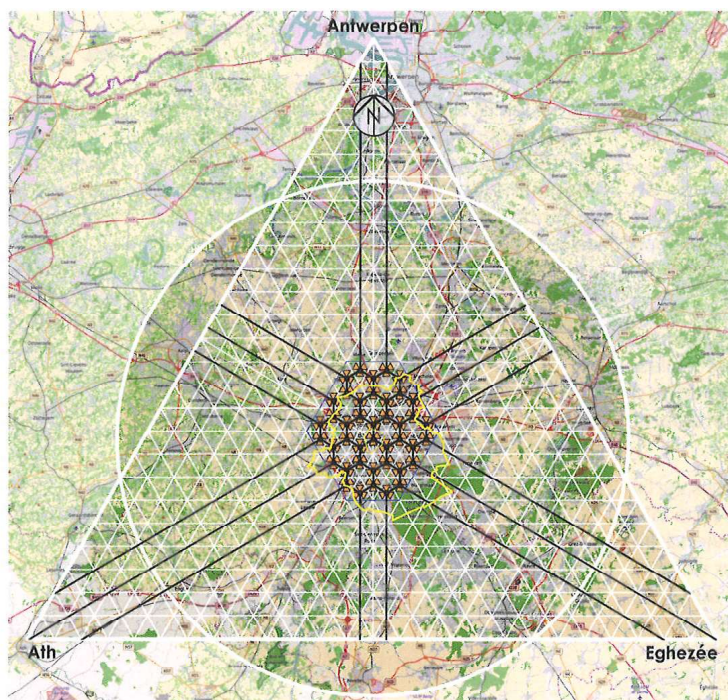


FIGURE 15 : Le territoire nécessaire à la Région de Bruxelles-Capitale pour son autonomie écologique et alimentaire



Il y a aussi les vastes banlieues, avec leur habitat pavillonnaire, qui se sont développées à partir des années 1950.

Elles sont financièrement insoutenables à terme tant pour la collectivité que pour les habitants eux-mêmes. Elles génèrent un isolement social de même nature que celui des tours actuelles.

Mais qu'en est-il de la durée de vie des villes existantes ou de leurs quartiers à l'échelle des siècles ? Quelle est la durée de vie de leurs constructions ordinaires et de leurs réseaux ?

Pour la plupart de nos anciennes villes européennes et à l'exclusion de bâtiments et sites remarquables (5 à 10 % de la ville au plus), il est raisonnable de considérer que le reste des constructions (90 à 95 %) est renouvelé en profondeur à raison de 1,1 % à 1,6 % l'an ; soit que la ville, hors monuments classés, se « reconstruit » sur 60 à 90 années⁹¹.

91 Le cas de Bruxelles est illustratif. Les statistiques relatives aux demandes de permis de bâtir (qui ne sont disponibles à l'Institut national des Statistiques qu'à partir de 1996, alors que les données sont recueillies depuis 1962) font état d'une moyenne annuelle (sur les 18 ans, 1996-2013) de 95 500 m² de démolition (30 % de logements), de 1 260 000 m² de rénovations (54 % de logements) et de 797 000 m² de constructions neuves (62 % de logements). La surface brute développée était de 98 481 952 m² (en 2001) pour 964 405

À défaut de données disponibles, faisons l'hypothèse qu'il en va ainsi aussi pour les réseaux.

En moins de cinquante ans la moitié des constructions en ville est ainsi rénovée ou reconstruite.

La pression environnementale est en particulier très forte sur les constructions érigées ces cinquante dernières années, pour beaucoup sans grande qualité constructive mais surtout énergivore.

Finalement, la reconstruction, plus verticale, densifie la ville existante et devrait favoriser son développement polycentrique pour limiter l'augmentation de la demande sur les réseaux.

L'acceptation culturelle

Il n'est pas évident d'évaluer l'engouement ou le rejet que provoquerait le projet de petite ville verticale puisque l'exemple probant manque en Europe.

La société issue de la seconde révolution industrielle s'attachait à offrir au plus

habitants, soit 102 m²/h. En ajoutant les statistiques précitées pour la période de 2001 à 2012 inclus, soit 1 383 085 m² de démolitions (30 % de logements) 19 009 967 m² de rénovations (56 % de logements) 10 580 086 m² de constructions neuves (51 % de logements), la surface brute développée serait de 107 679 453 fin 2012, pour 1 138 854 habitants, soit 95 m²/h.

grand nombre un logement proche (ou le plus proche possible) du sol, parfois avec jardin, à bonne distance des lieux de travail.

Le groupement de ces logements formait un voisinage avec ses équipements de détente, de services et de commerce de proximité favorisant les contacts sociaux, à l'instar d'un petit village traditionnel.

Les quartiers issus du groupement de ces voisinages, la petite ville du groupement des quartiers, la grande ville regroupant plusieurs petites villes, recevaient les équipements collectifs en relation avec la population desservie.

La gradation de l'importance des prestations offertes par ces équipements, en fonction de la population desservie, s'imposait par leur coût d'autant plus élevé que les sciences et les techniques étaient peu développées. Elle a conduit au monocentrisme partiel des grandes villes, à l'éloignement croissant du lieu de travail, à l'escalade du coût des réseaux et des problèmes sociaux et environnementaux.

L'urbanisation croissante de la société a ainsi érodé graduellement le modèle du logement proche du sol avec ses liens sociaux.

La démographie s'invite aussi dans la réflexion ; elle est à mettre en regard avec

l'évolution de nos mœurs et l'inquiétude relative à l'économie.

Beaucoup de ces logements près du sol construits à partir de 1945, tout comme le capital financier et industriel, sont la propriété des seniors et ont vieilli avec eux.

Ils sont difficiles à transmettre, en l'état, aux générations suivantes et reflètent en outre des valeurs passées très éloignées des leurs.

Il nous faut aussi commencer à gérer beaucoup plus énergiquement la question de la pénurie des terres agricoles et naturelles, comme nous avons dû nous y résoudre, il y a vingt ans à peine pour l'eau potable et l'énergie.

Rêvons un peu : le coût du sol « vert » croîtrait inévitablement beaucoup plus vite que celui de la construction. Il deviendrait économiquement avantageux pour un propriétaire de restituer à la nature des surfaces actuellement asphaltées et bétonnées ou occupées par des logements proches du sol, dont la valeur résiduelle serait de plus en plus faible.

La loi du marché induirait ainsi naturellement, aussi en Occident, l'acceptation pragmatique de la ville verticale.

Son acceptation culturelle découlerait probablement de l'évolution de la société sous la troisième révolution culturelle NBIC

(Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et sciences Cognitives).

Pour n'évoquer que le « I » (l'informatique), la décentralisation de l'échange d'informations – et l'activité humaine qui en découle – s'accélérerait au rythme de l'augmentation du nombre d'opérations par seconde de nos serveurs informatiques⁹² et de leur débit de transmission⁹³.

Elle nous libérerait d'innombrables déplacements inutiles et des coûteux réseaux qu'ils nécessitent et permettrait la décentralisation de la majorité des activités humaines, même parmi les plus pointues.

Les villes polycentriques se concevraient, non plus en fonction des moyens limités de la technologie, mais en fonction des valeurs sociales.

Et l'architecture inventerait le voisinage vertical, qui offrirait une qualité de vie supérieure à celle du voisinage horizontal actuel [→ FIGURES 16 À 18].

92 Ce nombre était de 1 000 (10³) en 1950, 1 000 000 (10⁶) en 1964, 10⁹ en 1986, 10¹² en 1998, 10¹⁵ en 2007, et sera probablement de 10¹⁸ en 2018, 10²¹ en 2029, et peut-être de 10²⁴ (un million de milliards de milliards) en 2037, c'est-à-dire demain !

93 Mais la question de la consommation d'énergie qui y est associée commence à se poser.

A suivre...

On le voit, une approche « utopéthyque » de l'urbanisme vertical génère des interrogations particulièrement vastes, pour lesquelles les réponses concrètes actuellement disponibles sont très parcellaires.

Le rôle d'une utopie n'est pas de donner des réponses réalistes précises à des questions avérées, mais plutôt de stimuler la réflexion des acteurs du changement en proposant un modèle qui cherche à toutes forces à apporter une réponse cohérente, fût-elle irréaliste dans l'immédiat, aux questions les plus fondamentales.

En particulier, le processus de concrétisation du modèle théorique échafaudé ici s'alimentera du « genius loci », tant sous ses aspects matériels qu'immatériels⁹⁴.

Bruxelles, le 25 janvier 2017.

94 L'expression « genius loci », ou « esprit du lieu » est due à Christian Norberg Schulz (« Genius Loci », Editions Mardaga, Bruxelles, 1981). Elle couvre l'ensemble le plus étendu possible des caractéristiques physiques (telles que l'orientation, le voisinage, la nature du sol, la topographie, la faune, la flore, le climat, les pollutions de toute nature,...) ou immatérielles (l'histoire, les légendes, les sociologies, la gestion publique ou privée,...) qui caractérisent le site où s'érige une construction.



FIGURE 16 : Vue aérienne de la petite ville de 30.000 habitants



FIGURE 17 : Vue d'ensemble à mi hauteur



FIGURE 18 : Vue rapprochée