

# DES VILLES ET DES HOMMES

CONTRIBUTIONS DU LABORATOIRE PHOSPHORE D'EIFPAGE À LA VILLE DURABLE



DES VILLES ET DES HOMMES  
CONTRIBUTIONS DU LABORATOIRE PHOSPHORE À LA VILLE DURABLE  
COLLECTION STRATÉGIES D'AVENIR  
ÉDITÉ PAR EIFFAGE, DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Direction artistique et Illustrations  
**Claude Valenti** – [www.clodevalenti.net](http://www.clodevalenti.net)  
Secrétariat de Rédaction  
**Ulysse Badorc**  
Réalisation  
**Terra 21, Nantes**

# SECTION 01 / PHOSPHORE

## LA FEUILLE DE ROUTE DU LABORATOIRE

Remerciements p. 7  
Édito de Pierre Berger p. 9  
« Préface par Jean Jouzel » p. 10

### LE CONTEXTE PROSPECTIF EN 2030

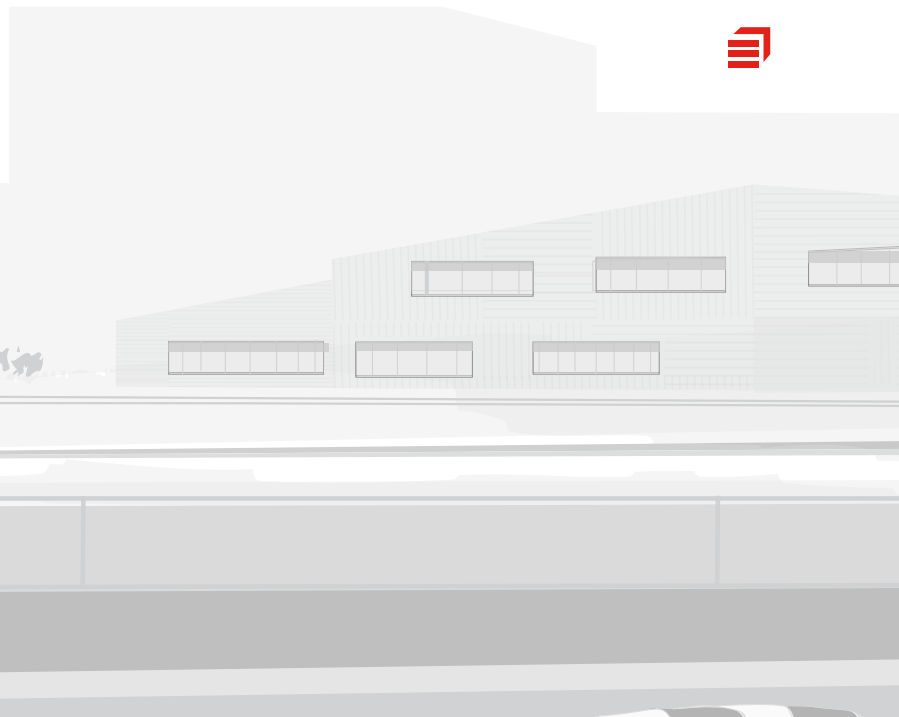
Des tensions fortes sur le climat et les ressources naturelles p. 16  
Des villes, mais pour quels habitants ? p. 18  
« Point de vue de Bernard Charlès » p. 19

### LA MÉTHODE PHOSPHORE

Une approche en rupture conceptuelle et technique p. 21  
Le référentiel Haute Qualité de Vie® p. 22  
« Témoignage de Pierre Gautier » p. 24  
« Témoignage de David Carvalho » p. 25

### LES 3 TERRAINS DE JEU VIRTUELS

Phosphore I & II / Marseille p. 28  
Phosphore III / Strasbourg p. 30  
« Point de vue de Catherine Trautmann » p. 32  
Phosphore IV / l'agglomération de Grenoble p. 34  
« Point de vue d'Alain Juppé » p. 36



# SECTION 02 / LES DÉFIS DE LA R&D VIRTUELLE À LA RÉALITÉ

## LES ÉCOMOBILITÉS

### DÉCONGESTIONNER LA VILLE

Les hubs multimodaux p. 42

Les halles universelles p. 46

### RENDRE LE REPORT MODAL PLUS ATTRACTIF

Le transport urbain par câble p. 48

« Témoignage de Jean Souchal » p. 50

C'est maintenant : **Complexo do Alemão, une réalisation POMA** p. 51

Le Modul'Air® p. 52

Les modules et les vélos du futur p. 54

C'est maintenant : **GreEn-ER, une réalisation Eiffage** p. 55

### LES ÉCOMOBILITÉS A L'HEURE DE LA HAUTE QUALITÉ DE VIE

Le tracé interquartiers p. 57

L'Urbanbridge® p. 58

C'est maintenant : **de la Phosphorescence au prototype** p. 60

L'énergisation p. 61

Le numérique p. 62

4



## LA SOLIDARITÉ ÉNERGÉTIQUE®

« Point de vue d'Alain Maugard » p. 66

### LE BOUQUET ÉNERGÉTIQUE EN PRATIQUE

L'exemple de Marseille p. 68

C'est maintenant : **les réseaux d'eau de mer, une réalisation Crystal** p. 70

L'exemple de l'agglomération de Grenoble p. 71

### LE BÂTIMENT, SUPPORT DE PRODUCTION ÉNERGÉTIQUE SOLIDAIRE ?

La Maison du Bâtiment et la Ruche p. 72

Les Restos du Cœur p. 74

L'énergie positive à l'échelle de l'îlot p. 75

L'îlot passif p. 76

C'est maintenant : **GreEn-ER et les collèges du 93, des réalisations Eiffage** p. 78



# NOUVEAUX MODES DE VIE NOUVEAUX MODES DE CONSTRUIRE

« Point de vue de Jean Viard » p. 82

## MIXITÉ ET ÉVOLUTIVITÉ FONCTIONNELLES

Le bâtiment hybride p. 84

Le bâtiment évolutif p. 86

C'est maintenant : l'îlot Cambridge, une réalisation Eiffage p. 87

## INCLURE TOUS LES PUBLICS

Cultiver le « bien vieillir » p. 88

Accessibilité, confort et partage p. 90

La Rue Nue® p. 92

C'est maintenant : Luciole®, une innovation Eiffage p. 93

## L'ÉCOCONSTRUCTION AU SERVICE DE LA RÉSILIENCE

Le recyclage et la prévention des risques p. 94

La valorisation de la biomasse p. 96

C'est maintenant : Concept Lignum®, une innovation Eiffage p. 97

Quelle place pour l'industrie dans la ville durable ? p. 98

## L'ÉCOSYSTÈME URBAIN

« Point de vue d'Hubert Reeves » p. 102

## L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DE L'EAU ET DES DÉCHETS

La gestion alternative de l'eau p. 104

Les points d'apport volontaire et la halle-ressourcerie p. 106

## VERS UNE VILLE COMESTIBLE ?

L'agriculture urbaine p. 108

La halle maraîchère p. 110

La halle-relais p. 111

## LA NATURE EN VILLE

Le COS biodiversité p. 112

Les trames vertes et bleues p. 114

« Postface par Mathieu Lefèvre » p. 116

Liste des contributeurs de Phosphore p. 123





# DES VILLES ET DES HOMMES

## CONTRIBUTIONS DU LABORATOIRE PHOSPHORE D'EIFFAGE À LA VILLE DURABLE

Sous la direction de

**Valérie DAVID**, directrice du développement durable, Eiffage

Avec les contributions de

**Sarah LAVAUX**, chargée de mission Phosphore 2, 3 et 4, Eiffage

**Nicolas MORONVAL**, chef de projet Phosphore 4, Eiffage

**Maxime PAIN**, chef de projet Phosphore 3, Eiffage

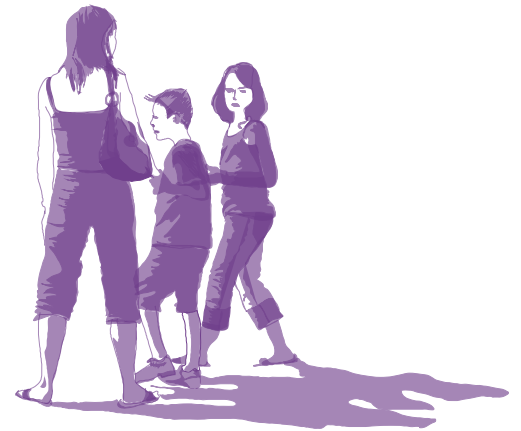
Eiffage remercie **Pierre GAUTIER** (Pierre Gautier architecture et associée), **David CARVALHO** et **Frank AUFAURE** (Dassault Systèmes) de leur accompagnement fidèle. La liste exhaustive des contributeurs aux ateliers de travail du laboratoire Phosphore depuis sa création figure en dernière page du livre.

7



Pierre Gautier architecture & associée





8





# ÉDITO

## « Imaginer la ville durable à l’horizon 2030 »

« Imaginer la ville durable à l’horizon 2030 » : ce sujet n’avait, a priori, que peu de chances de capter durant plus de cinq années les ressources d’une entreprise de bâtiment et de travaux publics bien ancrée dans la réalité immédiate de ses chantiers. Pourtant, le laboratoire de prospective en développement urbain durable d’Eiffage, intitulé Phosphore, existe depuis 2007.

Associant tous les cœurs de métier du Groupe, Phosphore fonctionne comme une parenthèse de liberté créatrice qui invite ingénieurs, architectes et urbanistes à débrider leurs réflexions, à bousculer leurs points de vue classiques d’experts pour contribuer à imaginer la ville durable en fonction de ses usages, de son évolutivité, ou de sa capacité de résilience face aux risques naturels.

Cet exercice virtuel à l’horizon 2030 se détourne en effet de l’addition des seules solutions techniques, et donne la priorité à une analyse et à un scénario systémiques, respectueux de l’écosystème urbain et des multiples interrelations qui le définissent.

Des applications immédiates existent déjà. Des solutions techniques issues du laboratoire Phosphore sont aujourd’hui suffisamment éprouvées pour intégrer les réalisations d’Eiffage : GreEn-ER, l’école de l’énergie du futur à Grenoble, l’îlot Allar à Marseille ou encore les collèges « zéro énergie » à Clichy-sous-Bois et Noisy-le-Grand, en Seine-Saint-Denis, sont ainsi conçus dans le prolongement des travaux de Phosphore et dans le respect du référentiel Haute Qualité de Vie® que le laboratoire a produit.

Ces « Phosphorescences » déjà opérationnelles permettent d’éclairer tout l’intérêt de la prospective, indispensable à notre compréhension de la ville actuelle.



© Gérard Tordjiman

Pierre Berger est président-directeur général d’Eiffage



# PRÉFACE

En matière de climat, l'avenir est entre nos mains. Notre communauté scientifique a des certitudes. Depuis le début de l'ère industrielle, les quantités de gaz carbonique dans l'atmosphère ont augmenté d'environ 40 % ; elles ont progressé de près de 20 % pour le dioxyde d'azote et plus que doublé pour le méthane. Utilisation des combustibles fossiles et modifications des pratiques agricoles incluant la déforestation en sont largement à l'origine. Ces modifications de composés dits à « effet de serre » conduisent à une augmentation notable de la quantité de chaleur dans les basses couches de l'atmosphère. Certes, elles ne sont pas les seules à influencer notre climat, mais ce chauffage supplémentaire a pris le pas sur les autres causes de variations, qu'elles soient naturelles, telles les éruptions volcaniques et l'activité solaire, ou liées à la pollution par divers aérosols qui ont plutôt tendance à refroidir. Et qui dit chauffage supplémentaire, dit accroissement de la température.

10



**Si rien n'était fait pour infléchir rapidement ces émissions, le réchauffement moyen pourrait atteindre 4°C d'ici à la fin du siècle. Un véritable bouleversement car de nombreuses variables ou phénomènes climatiques seraient affectés : précipitations, vents, cyclones tropicaux, vagues de chaleur, couverture neigeuse, banquise, glaciers, niveau de la mer, etc.**



© Philippe Stroppa

Jean Jouzel est climatologue, directeur de recherches au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et vice-président du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il est membre du Conseil économique, social et environnemental (CESE) au titre duquel il a été co-rapporteur d'un avis sur la transition énergétique et participe au comité de pilotage du débat national sur la transition énergétique.

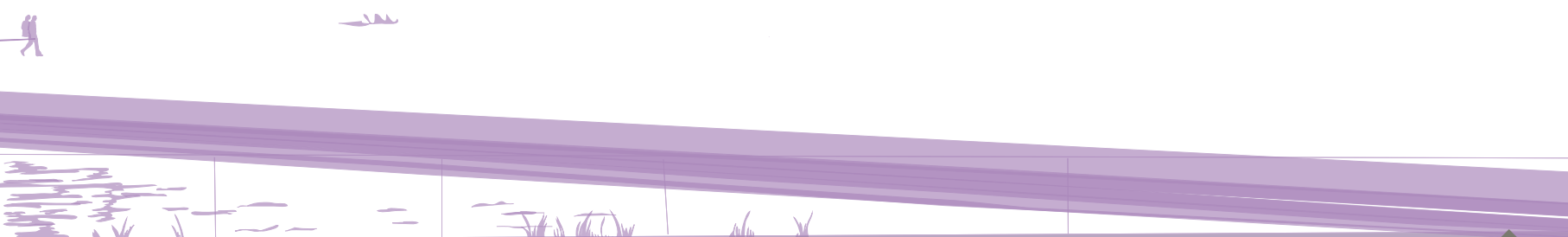
# « Le réchauffement climatique est inéluctable »

Ces changements entraîneraient des risques d'inondations dans certaines régions, de sécheresses dans d'autres – en particulier le pourtour méditerranéen –, une modification trop rapide des écosystèmes, l'accélération de la perte de biodiversité, l'acidification des océans, etc. D'autres impacts s'ensuivraient sur la santé, sur la production agricole et quasiment sur l'ensemble des secteurs d'activité. S'y ajouteraient des risques de surprises climatiques, d'irréversibilités, et de conflits liés aux déplacements de populations. De nombreuses incertitudes subsistent sur l'ampleur future du réchauffement climatique, sur ses caractéristiques régionales, sur l'évolution des précipitations, des événements extrêmes, et, bien entendu, sur ses multiples conséquences, nos capacités d'adaptation et les coûts qu'il engendrera.

Cependant, il nous faut accepter une évidence : le réchauffement climatique est inéluctable et il sera d'autant plus important que nous émettrons de gaz à effet de serre. Conscients des risques qu'ils font peser sur leurs enfants et petits-enfants, tous les pays de la planète ont, au sein de la Convention Climat, adhéré à l'objectif d'un réchauffement moyen lié aux activités humaines ne devant jamais dépasser 2 °C.

Un véritable défi, qui requiert que les émissions de gaz à effet de serre commencent à baisser dès 2020, soient divisées par trois d'ici à 2050, et continuent à décroître par la suite. Et un défi auquel nous avons du mal à faire face. Au cœur du problème, l'utilisation du pétrole, du gaz naturel et du charbon : celle-ci n'a jamais autant cru qu'au cours des dix dernières années. Elle représente près des trois quarts de l'augmentation de l'effet de serre.

11



# « L'entreprise se doit d'être visionnaire »

Une large part de ces combustibles fossiles contribue au chauffage de nos logements et à nos déplacements. En France, plus de 70 % de la consommation d'énergie finale sont liés au bâtiment – résidentiel et tertiaire – et au transport, avec une proportion croissante dans nos villes et agglomérations. Les constructions y sont généralement trop gourmandes en énergie et l'expansion urbaine entraîne une extension sans fin des besoins de mobilité. Ce développement mal maîtrisé s'accompagne d'une consommation galopante d'espaces naturels et de l'affaiblissement des services écosystémiques qu'ils fournissent.

L'objectif de division par quatre de ses émissions que s'est fixé notre pays à l'horizon 2050 – avec une réduction de 40 % d'ici à 2030 – s'inscrit clairement dans ce défi planétaire. Mais c'est un véritable casse-tête dont j'ai pu saisir les difficultés à travers mon implication dans le Grenelle de l'Environnement et dans le débat actuel sur la transition énergétique. Dans le cadre européen du paquet énergie-climat, la France s'est engagée à améliorer son efficacité énergétique de 20 % à l'horizon 2020 par rapport à 1990. Comme le rappelle un récent avis du Conseil économique, social et environnemental consacré à cet aspect « efficacité énergétique », le Grenelle a fait le choix de cibler les efforts essentiellement sur le secteur du bâtiment.

12



Quatre-vingt-huit pour cent de cet objectif est à atteindre par ce secteur alors qu'il consomme 44 % de l'énergie finale, tandis que celui des transports s'est vu assigner un objectif de réduction de 12 % pour une consommation finale de 32 %. La conférence environnementale de septembre 2012 a également mis l'accent sur la rénovation énergétique des bâtiments avec des engagements chiffrés ambitieux : mettre aux meilleures normes énergétiques un million de logements neufs et anciens par an, en se concentrant sur les quatre millions de logements les plus énergivores. Le débat sur la transition énergétique qui en est issu met quant à lui l'accent sur la sobriété. Même si cette ambition dans le domaine du bâtiment est indispensable vis-à-vis de

**« C'est une véritable révolution en termes d'efficacité énergétique et d'écomobilités que nous devons collectivement mener à bien, et celle-ci ne sera possible que si nous sommes capables à la fois de repenser nos villes et d'innover. »**

l'objectif à 2020, il sera impossible d'atteindre ceux affichés à plus long terme – 2030, 2040 et 2050 – sans un effort équivalent dans le domaine de la mobilité. Or cela implique que l'urbanisme, incluant ces deux questions, prenne résolument en compte l'objectif de diminution importante des émissions de gaz à effet de serre. C'est donc une véritable révolution en termes d'efficacité énergétique et d'écomobilités que nous devons collectivement mener à bien, et celle-ci ne sera possible que si nous sommes capables à la fois de repenser nos villes et d'innover. Cette révolution doit aussi être conduite dans un esprit de démultiplication rapide de solutions de bon sens, en particulier dans le domaine du bâtiment, qu'il soit neuf ou existant à rénover.

**« Essayer dès maintenant d'entamer une véritable rupture conceptuelle et technique de la ville et ne pas se contenter seulement d'une démarche d'amélioration continue. »**

Dans un monde en mouvement qui, je le souhaite vivement, va s'orienter rapidement vers une société sobre en carbone, l'entreprise se doit d'être visionnaire. D'où l'intérêt, comme le fait le laboratoire Phosphore, d'une prospective s'inscrivant dans un contexte de très fortes pressions sur le climat et les énergies fossiles. C'est, me semble-t-il, pour Eiffage la meilleure façon de se préparer au pire possible : essayer dès maintenant d'entamer une véritable rupture conceptuelle et technique de la ville et ne pas se contenter seulement d'une démarche d'amélioration continue.







# SECTION 01 / PHOSPHORE

## LA FEUILLE DE ROUTE DU LABORATOIRE

**L**e consensus scientifique et social est aujourd’hui établi sur les questions environnementales relatives au changement climatique et à ses conséquences : il est maintenant de la responsabilité du monde industriel de s’engager dans une démarche de remise en question de l’impact de ses processus et de ses produits finis.

La problématique est particulièrement prégnante pour le secteur du bâtiment et des travaux publics, qui pèse dans le déséquilibre de la balance écologique. Eiffage, acteur du territoire et ensemblier de la ville, a donc choisi d’anticiper et d’orienter sa recherche non seulement vers de nouveaux modes et procédés constructifs moins émissifs, mais également vers une approche réellement globale d’un développement urbain durable, dont le progrès ne se mesurerait plus à ses seules avancées technologiques.

Il s’agit également d’anticiper l’adaptation de la ville aux conséquences profondes des mutations sociologiques qui montent en puissance et modifient la typologie des logements et des services urbains appropriés : recompositions familiales, longévité, nouveaux standards de travail.

C’est là toute l’ambition de Phosphore, laboratoire de prospective en développement urbain durable d’Eiffage.



# LE CONTEXTE PROSPECTIF EN 2030 / DES TENSIONS FORTES SUR LE CLIMAT ET LES RESSOURCES NATURELLES

Plus de 45 % des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'hémisphère nord proviennent des zones urbanisées. En cause : l'habitat et les transports, qui totalisent en France 75 % des consommations énergétiques et génèrent des pressions sur les ressources et les espaces naturels. Ces deux secteurs entrent en résonance directe avec l'ensemble des activités d'Eiffage : travaux publics, génie civil, routes et concessions, installations électriques et multitechniques, structures métalliques, construction neuve et réhabilitation, promotion immobilière – tous les métiers du Groupe sans exception – sont confrontés à ces enjeux.

Le laboratoire Phosphore s'est donc imposé une feuille de route prospective à l'horizon 2030 extrêmement contraignante afin de réunir les conditions, non pas d'une démarche d'amélioration des pratiques classiques de ses métiers, mais d'une véritable rupture en proscrivant le recours abusif aux énergies fossiles par l'introduction d'une taxe carbone dissuasive. Son montant a été fixé arbitrairement à 1 500€ la tonne de CO<sub>2</sub>, l'objectif assumé étant de détruire virtuellement la rentabilité des métiers du bâtiment et des travaux publics tels qu'exercés habituellement. L'effondrement du cours actuel de la tonne de carbone ne remet pas en cause cette hypothèse de travail, car si les tensions sur le climat et l'énergie venaient à s'intensifier, l'urgence absolue d'agir activerait le levier fiscal, les mécanismes de marché nécessitant un délai de maturation que l'on ne pourrait alors plus se permettre.

En sus de ce contexte virtuel volontairement alarmiste, le laboratoire Phosphore a voulu se doter d'une prospective climatique crédible en sollicitant l'expertise de Météo France. Si les modélisations climatiques, démographiques et économiques employées n'ont pas la capacité de donner des prévisions – ce qui est irréalisable sur plusieurs décennies –, elles peuvent en revanche produire des scénarios d'évolution du climat. Trois variantes d'évolution des températures et de la pluviométrie entre 2030 et 2050 ont ainsi été calculées pour chacun des « terrains de jeu » successifs du laboratoire : optimiste, médiane et pessimiste. Supposées couvrir un large éventail des futurs possibles, elles permettent de prendre en compte les incertitudes sur l'augmentation de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre.

C'est donc à la fois dans un contexte de contraintes écofiscales décuplées et sur la base du scénario médian de changement climatique issu des études de Météo France que les équipes de Phosphore ont imaginé un avenir post-carbone à l'horizon 2030.

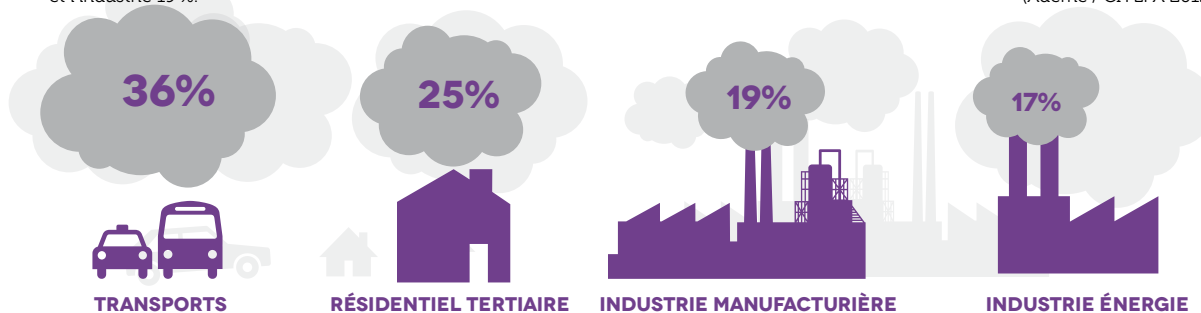




## TRANSPORTS ET BÂTIMENTS, PREMIÈRES SOURCES D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

En 2010, les transports sont responsables de 36 % des émissions de CO<sub>2</sub> françaises, le résidentiel-tertiaire représente 25 % de ces émissions, et l'industrie 19 %.

(Ademe / CITEPA 2012)



## LES VILLES, PRINCIPALES RESPONSABLES DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

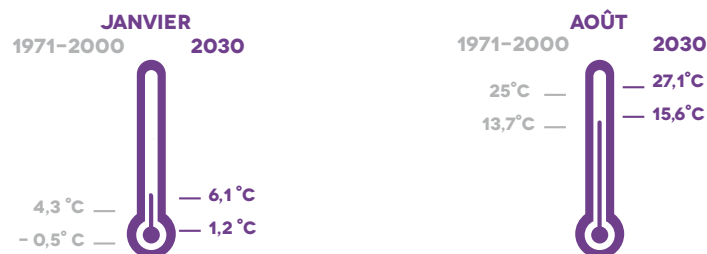
Au total, les villes consomment deux tiers de l'énergie produite et sont à l'origine de l'ordre de 70 % des émissions de CO<sub>2</sub>. (AIE, 2008)



## LES CONSÉQUENCES LOCALES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL

Les simulations climatiques à l'horizon 2030 à Strasbourg montrent une nette augmentation des températures minimales et maximales par rapport à la période 1971-2000.

(Météo France, 2011)



## UNE CONSOMMATION DE PLUS EN PLUS FRÉNÉTIQUE DES RESSOURCES NATURELLES

L'humanité consomme chaque année davantage de ressources que la planète n'en produit et la date de dépassement de cette consommation ne fait qu'avancer.

(Footprintnetwork, 2012)



# DES VILLES, MAIS POUR QUELS HABITANTS ?

À l'horizon 2030, quelles seront les caractéristiques et les attentes de « l'homo urbanus » devenu majoritaire ? La sociologie est en mesure d'apporter un faisceau de réponses à l'aune de mutations déjà avérées aujourd'hui.

Le vieillissement de la population justifierait à lui seul une réflexion sur la ville durable. Alors que l'espérance de vie en bonne santé – sans incapacité –, quel que soit le sexe, diminue depuis 2006 selon l'INED, l'augmentation importante de la part des plus de 85 ans, alimentée par la génération du baby-boom, laisse prévoir une croissance du nombre des personnes dites dépendantes de l'ordre de 200 000 d'ici à 2020. En parallèle, la tendance semble indiquer qu'à cet horizon, la moitié des demandes de place en institut spécialisé pour personnes dépendantes pourrait ne pas être satisfaite.

Au vu des statistiques actuelles et prospectives, les parcours de vie personnels comme professionnels seront de moins en moins linéaires. Ainsi, le taux de divorcialité a dépassé les 45 % depuis 2005, chaque divorce étant à l'origine d'une demande supplémentaire estimée à 0,7 logement. Les familles monoparentales et recomposées deviennent des modèles courants, avec un impact direct sur le nombre et le type des logements souhaités.

Comment prendre en considération les mutations déjà engagées pour déterminer les typologies de services, de bâtiments et de formes urbaines nécessaires ? Comment évaluer l'impact des tendances émergentes comme les nouvelles organisations du travail – télétravail, nomadisme professionnel – ou encore le récent phénomène des migrations intra-européennes des retraités aisés ? Imaginer des réponses concrètes et crédibles à ces besoins requiert d'examiner l'évolution des populations, mais aussi d'intégrer à la réflexion celle des comportements.

Si l'influence précise de l'explosion des technologies numériques peut difficilement être évaluée à l'horizon 2030, en raison du caractère rapide et éphémère des changements en question, on distingue cependant déjà les contours d'une société ultra-communicante dominée par les réseaux et la multi-appartenance. On peut supposer que les contacts sociaux y seront faciles mais fragiles, et que l'exigence d'immédiat et de sur-mesure sera prise en charge par la multiplication des services commerçants par interfaces numériques diverses. Autant de mutations sociologiques et d'évolutions comportementales qui prendront toute leur part dans la définition des besoins et des attentes des citoyens de 2030.



# « L'espace de rencontre de l'imaginaire et du faire »

Les univers virtuels sont l'espace de rencontre de l'imaginaire et du faire : un mode de représentation et d'interprétation du monde qui permet de naviguer dans le temps et l'espace et de mieux créer le futur. Ils sont par là même au cœur de la troisième révolution industrielle et du développement de l'économie de l'immatériel qui place la valeur du côté de la relation et non plus seulement du côté du produit.

Et c'est bien la raison d'être de Dassault Systèmes : créer des univers virtuels pour imaginer des innovations durables propres à harmoniser produit, nature et vie.

La ville en est un terrain de recherche, d'expression et d'innovation privilégié. Car la ville est une question d'harmonie : l'enjeu est de proposer une expérience de vie en résonance et en cohérence avec ceux qui y vivent et la font vivre – une vraie qualité de vie. Les villes sont le laboratoire de notre futur et l'expérience urbaine de demain reste à imaginer.

C'est l'ambition de Phosphore et le sens de l'engagement du Design Studio de Dassault Systèmes dans le projet : penser la ville de façon holistique et donc durable sans dissocier l'attractivité et la compétitivité du territoire de la qualité de vie des habitants. Se projeter dans les futurs possibles de nos villes constitue par essence une démarche de design : la création d'objets, d'espaces et d'expériences, par le concours des outils numériques 3D et autour d'une plate-forme collaborative et « expérientielle ».

Cette démarche de design propose une approche systémique, en contexte et en devenir, alliant art, science et technologie. Elle est centrée sur l'expérience et les usages, dessinant des scénarios de vie qui simulent les interactions entre l'environnement urbain et ceux qui l'habitent. Pour reprendre les mots d'Albert Camus, la bonne manière de faire la connaissance d'une ville – et de la construire – est de chercher comment on y travaille et comment on y aime... Notre démarche rassemble aussi et met en relation tous ceux – ingénieurs, urbanistes, artistes, élus, citoyens, etc. – qui sont appelés à penser la ville de demain. Enfin, les environnements virtuels, en donnant à voir, donnent du sens et donnent vie : ils ont une valeur inégalable d'aide à la décision et de communication. Les expériences virtuelles, participatives par nature, ouvrent un nouvel ordre d'expériences sociales de concertation avec le citoyen.

La ville va ainsi évoluer grâce à son double virtuel explorant toutes les dimensions du réel, espace et temps : passé, comme Paris 3D Saga fait revivre 2 000 ans de patrimoine, et futur, comme 3DEXPERIENCity pour l'aménagement du territoire...

J'ai la conviction que, demain, pas une ville ne sera dessinée et gérée hors des univers virtuels : des villes mieux intégrées, mieux vécues, des villes conçues dans la perspective d'un projet véritablement humain. Pensons la ville comme un tout, qui s'intègre lui-même dans un plus grand ensemble. Les univers virtuels ont en effet, pour moi, une vocation humaniste et citoyenne – parce que vecteurs d'harmonie et de dépassement. Harmonie par leur fonction essentiellement systémique. Dépassement par l'accroissement des potentialités de faire et d'imaginer. Le virtuel a cette vertu paradoxale de nous permettre d'être encore plus présents au monde.

Nous sommes seulement à l'aube des grandes découvertes vers lesquelles il nous porte dans tous les domaines de l'industrie, de l'économie et de la vie. Poursuivons l'exploration de ces nouveaux possibles.



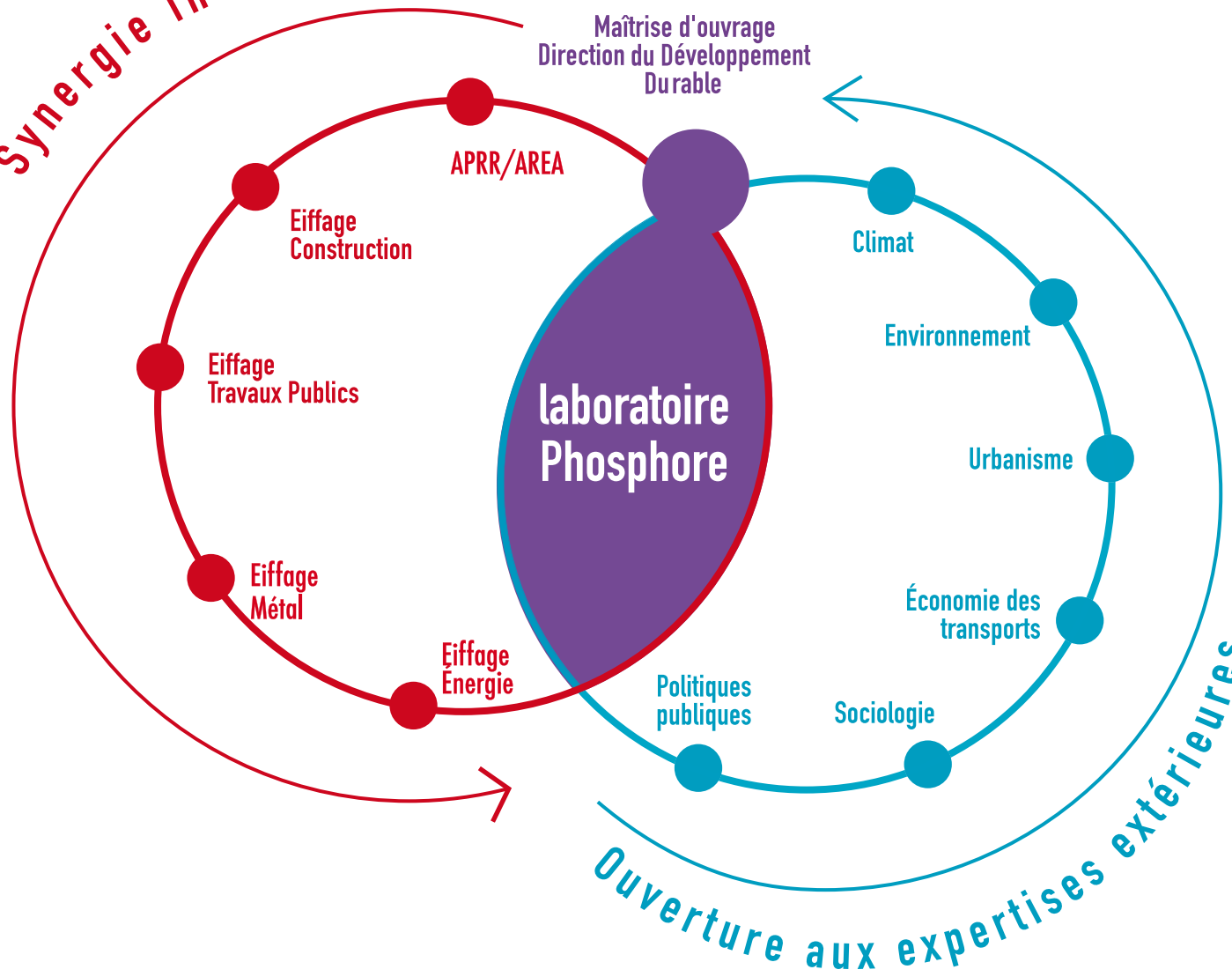
© Xavier Granet

Bernard Charlès est directeur général et administrateur de Dassault Systèmes, « The 3DEXPERIENCE Company », leader mondial des logiciels de conception 3D, de maquettes numériques en 3D et de solutions de gestion du cycle de vie des produits.





*Synergie inter branches*



# LA MÉTHODE PHOSPHORE

## Une approche en rupture conceptuelle et technique

**Le Grenelle de l'environnement a plaidé en faveur d'une révolution des pratiques de l'aménagement, en particulier urbain. Le défi est double. D'une part, entrer dans l'ère de l'analyse systémique de la ville, intégrant l'ensemble des enjeux sociologiques, socio-économiques et environnementaux qui l'impactent. D'autre part, imaginer des solutions à des enjeux à la fois très différents, mais interdépendants : lutte contre toutes les pollutions et les conséquences du changement climatique, sobriété énergétique, qualité environnementale et sanitaire des matériaux, recyclage des déchets, préservation de la ressource en eau et de la biodiversité, promotion des filières courtes, développement de modes de déplacement doux, mixité fonctionnelle et mutualisation des espaces.**

**A**fin d'imaginer et de concevoir des solutions innovantes et durables à tous égards, le laboratoire Phosphore a cherché à réunir les conditions nécessaires à sa meilleure créativité. Une parenthèse dans le fonctionnement quotidien d'Eiffage est ainsi née, fondée sur les principes suivants.

La réunion de tous les cœurs de métier du Groupe issus des différentes branches d'Eiffage crée un large vivier de compétences approprié à une vision systémique de la ville, afin que ces compétences s'enrichissent mutuellement. Il s'agit aussi de se projeter en 2030, avec pour seule contrainte la prise en compte d'un contexte très alarmant de pressions extrêmes sur le climat et l'énergie. En contrepartie, le laboratoire jouit d'une liberté totale pour inventer la rupture conceptuelle et technique de demain, sans censure de faisabilité financière, ni carcan juridique.

**L**e laboratoire doit se confronter à toutes les évidences et soumettre les recherches des ingénieurs – tenants des sciences exactes – à l'éclairage des sciences humaines et sociales. Spécialistes de l'environnement, urbanistes, économistes, sociologues, experts en politiques publiques – élus, bailleurs sociaux, cadres dirigeants de collectivités territoriales entre autres –, nombre de personnalités qualifiées ont été invitées à faire part librement de leurs conceptions les plus idéales de la ville.

C'est à la condition de bénéficier d'un environnement de travail favorable, c'est-à-dire une parenthèse managériale multi-générationnelle, pluridisciplinaire et a-hiérarchique, qu'ont été rendues possibles des rencontres souvent peu probables dans le fonctionnement classique de l'entreprise.

**P**our cadrer la méthodologie du laboratoire, les équipes de Phosphore ont réalisé, en préalable à leurs travaux, un état de l'art de la recherche dans ces domaines ainsi qu'un comparatif des écoquartiers en Europe et dans le monde. Afin de se référer à des critères éprouvés et reconnus, elles ont également effectué une étude approfondie des systèmes d'évaluation qualitative du bâti, parmi lesquels figurent HQE®, BREEAM® ou LEED<sup>1</sup>.

Tout en jugeant pertinent d'intégrer les méthodes et les cibles constituant ces référentiels, elles ont aussi constaté les limites de leur concordance par rapport à la nature et à la dimension du projet Phosphore. Elles ont conclu à la nécessité de les compléter dans le respect d'une véritable approche systémique des besoins et des solutions, qui est la marque conceptuelle de Phosphore.

1 HQE® : Haute Qualité Environnementale, BREEAM® : Building Research Establishment Environmental Assessment, LEED : Leadership in Energy & Environmental Design



# LE RÉFÉRENTIEL HAUTE QUALITÉ DE VIE®

## Ou comment promouvoir une approche systémique et humaine pour tous les projets urbains

S'appuyant sur ses propres travaux pluridisciplinaires et sur les retours d'expériences opérationnels des branches d'Eiffage avec les parties prenantes de la ville, le laboratoire Phosphore crée dès 2009 un référentiel de construction durable appelé **Haute Qualité de Vie® (HQVie®)**, destiné à intégrer les plus hauts standards du développement durable traitant de toutes les dimensions constitutives de la ville et à placer la dimension humaine au cœur des projets. C'est l'application du référentiel **Haute Qualité de Vie®** qui a permis de proposer, de sélectionner puis de mettre en cohérence les différentes solutions imaginées par Phosphore à Marseille, Strasbourg et pour l'agglomération de Grenoble.

### Le référentiel HQVie® se déploie dans une matrice en trois dimensions

Les principes **HQVie®** traduisent la philosophie et la vision d'Eiffage en matière d'aménagement urbain durable. Interdépendants et solidaires, ces cinq principes constituent la colonne vertébrale du référentiel et sont applicables quelles que soient la nature et l'échelle du projet urbain considéré.

Les champs d'analyse représentent toutes les composantes d'un projet urbain identifiées par le maître d'ouvrage et varient en fonction de chaque opération d'aménagement selon les spécificités du territoire et de ses acteurs. Chaque champ est analysé à travers le prisme des principes **HQVie®** pour développer des orientations concrètes en matière d'aménagement et de construction durables.

Enfin, les échelles varient selon la nature du projet urbain : bâtiment, îlot ou quartier. Différentes solutions méthodologiques et techniques proposées par Eiffage en matière de mobilités, de construction et d'aménagement sont associées à chacune d'entre elles.

De fait, le référentiel **HQVie®** garantit une approche globale et croisée du développement durable à tous les projets d'aménagement, quels que soient les programmes et les configurations géographiques. A travers ce référentiel, le laboratoire Phosphore s'attache à traduire fidèlement la complexité des enjeux environnementaux et sociétaux des projets, tout en apportant un cadre, une méthode et des indicateurs lisibles.

À la fois guide de conception et outil d'aide à la décision, le profil **Haute Qualité de Vie®** permet aux différents acteurs d'un projet urbain – élus, aménageurs, promoteurs, constructeurs, mainteneurs et exploitants, mais également riverains – d'évaluer son positionnement en termes de performances développement durable. Il est totalement compatible avec les référentiels existants tels que **HQE®**, **BREEAM®** ou **LEED**.





## Les cinq principes Haute Qualité de Vie®



### Respect du génie du territoire

Prise en compte des spécificités physiques, naturelles et culturelles du lieu dans la définition, la composition urbaine et architecturale et le positionnement des ouvrages, équipements et espaces.



### Gestion raisonnée des flux et des mobilités

Approche systémique de la gestion des flux et des rejets associés visant à optimiser le fonctionnement et le maillage des ouvrages, équipements et espaces, tout en réduisant au maximum les nuisances associées.



### Intensification et évolutivité des usages

Procédés conceptuels et constructifs appliqués aux ouvrages, équipements et espaces, visant à garantir leur durabilité, leur évolutivité et leur adaptabilité à court et à long termes.



### Cohésion, santé et bien-être

Ensemble de procédés permettant de répondre aux attentes et aux besoins de tous les usagers.



### Prévention des risques et résilience

Procédés et procédures visant à minimiser l'exposition aux risques et à développer la résilience des espaces, équipements et ouvrages.

## Les champs d'analyse



Environnement physique et naturel



Développement humain



Énergie



Ressources et matières



Eau



Économie

## Les échelles



Bâtiment



Îlot



Quartier



# « La ville du futur est une question d'approche dynamique »

L'urbaniste Pierre Gautier, contributeur au projet Phosphore depuis 2009, insiste sur le fait que le caractère durable de la ville de demain se joue notamment autour de l'organisation de la mobilité, physique ou virtuelle, et de l'accès à cette mobilité.

## Quelle est votre expérience de Phosphore ?

Je suis intervenu en tant que contributeur extérieur sur les sujets de l'architecture et de l'urbanisme. Notre expertise a rencontré dans ce laboratoire les compétences des meilleurs ingénieurs du groupe Eiffage et nous avons travaillé sur des sujets liés à la fabrication de la ville. Spécifiquement, nous sommes intervenus à titre expérimental sur la ville de Marseille, le territoire urbain de Strasbourg et celui de l'agglomération de Grenoble. Ensemble, nous nous sommes projetés selon une approche transversale. Le principe de Phosphore est de dépasser les cadres traditionnels et d'intégrer des sujets aussi divers que la question énergétique, la solidarité, la programmation et l'intégration urbaine, la démographie ou encore les mobilités.



© Daisy Reillet

Pierre Gautier est architecte, ingénieur et urbaniste, diplômé de l'École supérieure technique de Delft. Parmi ses réalisations récentes se distingue notamment l'ensemble mixte Le Monolithe – Lyon Confluence.

## Quelle définition de la ville durable émerge de cette approche ?

Le caractère durable de la ville de demain réside dans sa capacité à planifier des changements dans l'occupation des sols, à s'adapter dans le temps à des offres évolutives de transports collectifs. La ville du futur est une question d'approche dynamique, d'adaptation, de résilience. Elle s'adapte à des demandes nouvelles : celle du commerce de proximité bousculé par le e-commerce, celle des lieux de l'habitat et de travail. Qu'est-ce qu'un lieu de travail aujourd'hui dans le secteur tertiaire ? Probablement une table, une chaise et une connexion ! Construire la ville consiste à mettre en réseau ces usages, à penser l'interconnectivité. La ville d'hier était figée dans le temps et dans l'espace. Aujourd'hui, nous devons construire pour des durées d'usage très courtes, tout doit être évolutif. Nous avons étudié le concept du bâtiment évolutif : une enveloppe et une programmation qui évoluent dans le temps. Cette structure de bâti sera tertiaire dans un premier temps, habitat par la suite, enfin lieu d'enseignement. C'est une tentative pour répondre à la notion de cycle de vie de la construction à la démolition.

## La ville n'est-elle pas confrontée à quelques enjeux prioritaires ?

L'organisation de la mobilité est prioritaire. Elle va de pair avec la densité. Le transport collectif ne pourra pas tout solutionner et son coût demeure élevé pour la collectivité. La densité urbaine est une solution contre l'étalement urbain à la fois pour les pouvoirs publics et les populations.

Nos travaux ont aussi abordé la figure de l'exclu dans la ville de demain : la personne qui n'a pas accès à la mobilité, physique ou virtuelle. La ville va devoir s'organiser autour de nouvelles centralités pour relier le plus grand nombre. Elle ne sera plus monocentrée – un centre historique et un périmètre suburbain – mais deviendra polycentrée, avec une pluralité de centres de vie associant habitat, services, commerces et activités. Qualifier les entre-deux et ne délaisser personne doivent être notre préoccupation.





# « Le designer délivre une vision anthropologique de l'usage de la ville »

David Carvalho, qui a participé à l'ensemble du cycle Phosphore, apporte son regard et sa réflexion de designer dans le projet de la ville future, qui ne se conçoit plus à partir du bâti mais de la qualité de vie.

## Quel est l'apport du design appliqué au monde de l'architecture et de l'urbanisme ?

Le designer délivre une vision anthropologique de l'usage de la ville. Il se positionne entre l'architecte et le promoteur constructeur, les accompagne dans la scénarisation et affine la représentation de la ville qu'ils modélisent. Le design est familier des industriels qui, à partir d'un cahier des charges et d'une logique économique, conçoivent un produit ou un service sur une logique majoritairement liée au fonctionnel et au marché. La place du designer se révèle de plus en plus légitime dans l'univers du bâtiment et des travaux publics qui s'intéresse de plus en plus aux scénarios d'usage. Il envisage le lien entre l'usage et l'identité sociale dans la vision qui s'exprime de façon originale dans un quartier, une ville, un équipement.



David Carvalho est designer et cofondateur de 3E OEIL studio (design et communication spécialisé dans les nouvelles technologies), actuellement directeur du design chez Dassault Systèmes à la suite de sa reprise pendant l'été 2011.

## Quelle est votre expérience de la démarche Phosphore ?

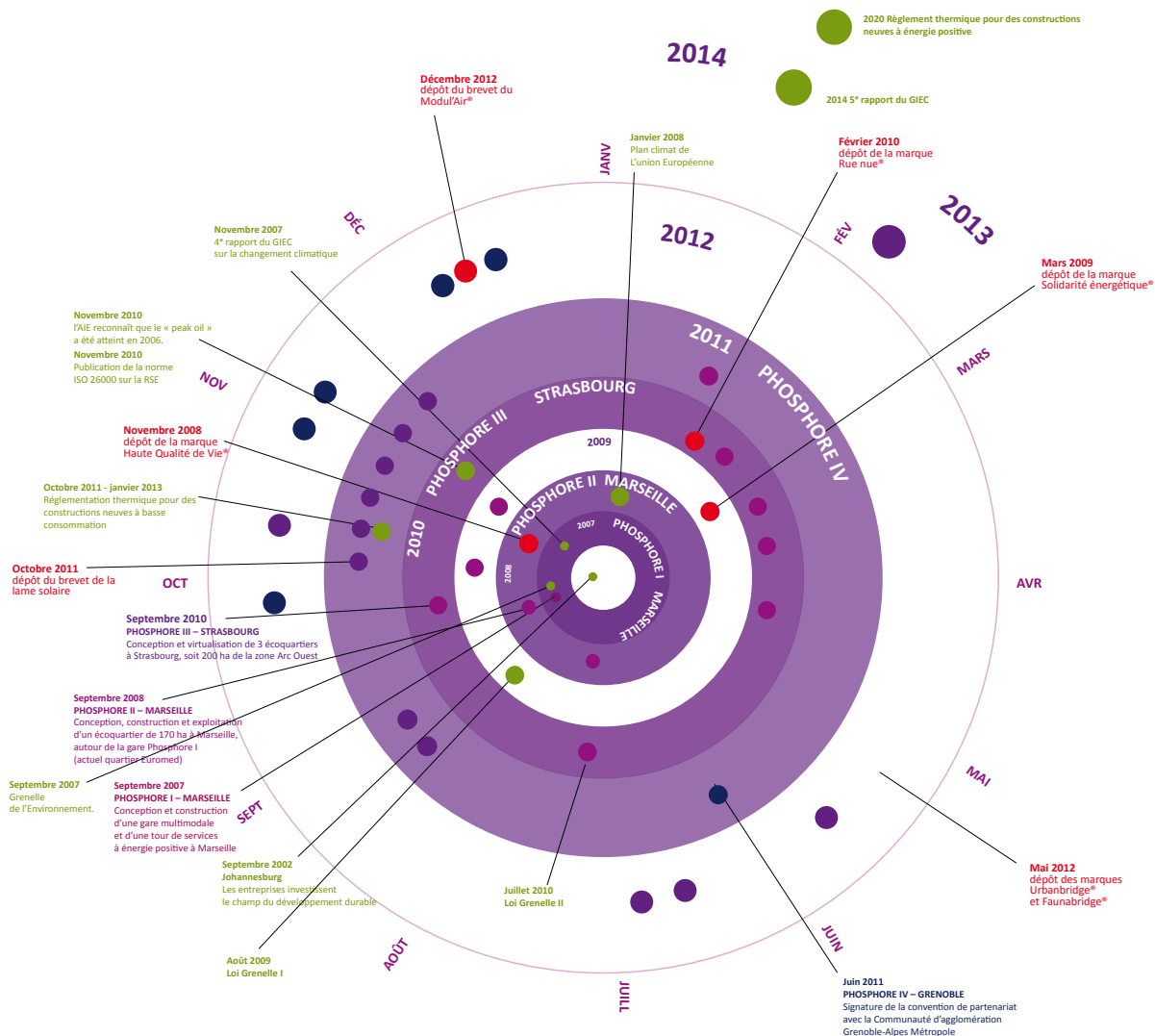
J'ai personnellement participé à l'ensemble du cycle et ai constaté la progression constante de Phosphore. Lors de la première session, nous nous étions cantonnés au bâti avec le souhait pour Eiffage d'adapter ses modes de construction aux spécificités du lieu, à l'espace naturel disponible, aux capacités du territoire et à son histoire. Nous voulions également aboutir à une signature originale de projet qui soit en phase avec les enjeux du développement durable – démographie, ressources naturelles, qualité de vie.

A partir de la deuxième session, nous nous sommes attachés à élargir le point de vue en partant non plus du bâti, mais de la qualité de vie. Notre enjeu devenait dès lors l'usager de la ville, dont la perception et l'expérience s'installaient au cœur de nos travaux. La force de Phosphore était dès lors de proposer un parti pris sur le territoire, sur ce que pourrait être une ville qui tiendrait compte de nouveaux modes de vies. L'approche systémique, holistique est en parfaite résonance avec la pratique de notre démarche de design. Aujourd'hui, les retombées sont nombreuses pour l'entreprise qui les traduit dans ses choix stratégiques. Les sessions 3 et 4 ont permis d'approfondir ces innovations et d'élargir l'audience avec une qualité de restitution remarquable selon moi.

## Dans quelle ville vivrons-nous demain ?

Notre défi n'est plus d'imaginer une ville qui soit conforme aux générations d'aujourd'hui, mais d'inventer la cité évoluant librement, en fonction de données économiques ou environnementales, de fluctuations démographiques ou de mutation de ses activités à venir. Le quotidien des habitants change en fonction des saisons, de leurs activités professionnelles et personnelles, d'événements collectifs, notamment culturels. La plateforme 3DEXPERIENCE utilisée au Design Studio de Dassault Systèmes se révélera instrumentale pour suivre les rythmes de la ville de demain. Notre rôle est finalement de révéler au territoire ces nouveaux comportements et usages ; la ville deviendra alors une scène d'expression permanente de ses habitants, de ses acteurs.





- juillet 2008 : partage du film et de la plaquette de Phosphore I sur Internet
- 8-9 octobre 2009 : 33<sup>e</sup> congrès mondial de l'INTA à Taïwan (Chine)
- 13 novembre 2009 : partage de l'outil interactif Phosphore II « éco-quartier virtuel zéro carbone » sur internet
- 12 février 2010 : séminaire « Vers la ville post-carbone » organisé par le MEEDDM
- 5 mars 2010 : communauté d'agglomération Angers Loire Métropole
- 16 mars 2010 : EPADESA
- 7 avril 2010 : MFQM de Nantes
- 4 octobre 2010 : 34<sup>e</sup> congrès

mondial de l'INTA à San Sebastian (Espagne)

- 21 janvier 2011 : conférence « Vision de la ville du futur » organisée par le CGDD
- 22 août 2011 : partage de l'outil interactif Phosphore III sur Internet
- 30 août 2011 : université d'été de l'École des ingénieurs de la Ville de Paris
- 13 octobre 2011 : Rencontres Capitales de Marseille « Que sera la ville durable en 2030 ? »
- 14 octobre 2011 : conférence « La ville en transition durable et en projets » à Aix-en-Provence
- 17 octobre 2011 : Phosphore

lauréat du Grand Prix Fimbacte « Projets innovants » pour Phosphore

- 24 octobre 2011 : master « Urbanisme et aménagement » de l'université Paris-1 Panthéon-Sorbonne
- 10 novembre 2011 : CETE de l'Est à Nancy
- 13 novembre 2011 : 35<sup>e</sup> congrès mondial de l'INTA à Grenoble
- 15 mai 2012 : AFTES
- 14 juin 2012 : 8<sup>e</sup> édition du salon ENVIRONNORD à Lille
- 28 juin 2012 : 8<sup>e</sup> Rencontres nationales des SCOT à Nantes
- 28 septembre 2012 : convention

des 60 ans du Centre belge de Recherches Routières

- 17-18 octobre 2012 : 4<sup>e</sup> Forum des Quartiers durables à Paris
- 8 novembre 2012 : Forum des projets urbains à Paris
- 19-21 novembre 2012 : Rencontres nationales des agences d'urbanisme à Bordeaux
- 5 décembre 2012 : master « Sciences du territoire » de l'UPMF de Grenoble
- 14 décembre 2012 : Comité du Grand Lille
- 6 février 2013 : conseil de quartier « Centre » de Strasbourg

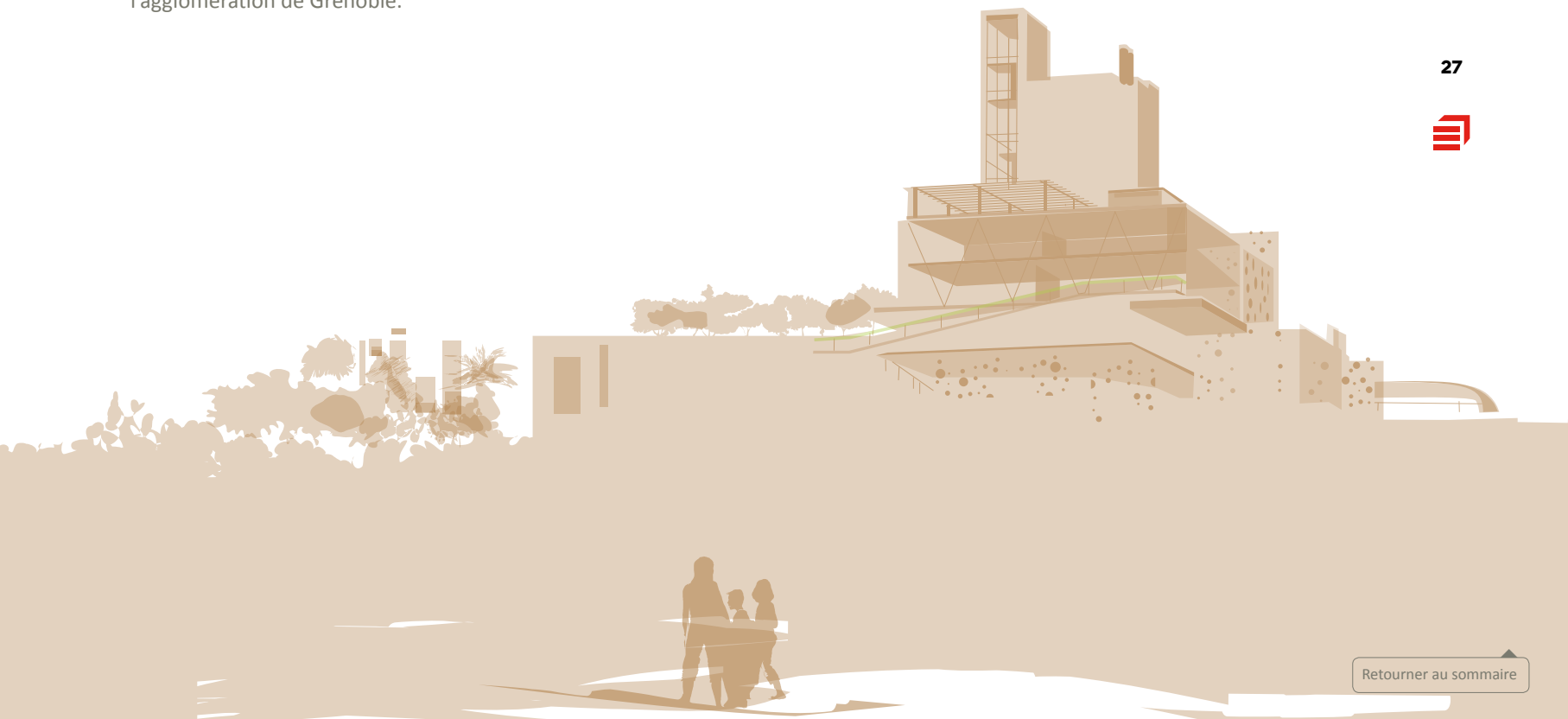
# LES 3 TERRAINS DE JEU VIRTUELS

## Le « bac à sable » de Phosphore

**D**ans ses différents exercices virtuels à l'horizon 2030, Phosphore s'est toujours volontairement détourné de l'addition de solutions techniques et technologiques, qui, seules, ne feront jamais la ville durable.

La primauté est accordée à l'analyse systémique, respectueuse des interrelations multiples de l'écosystème urbain, ainsi qu'à l'émergence de solutions proposées en prolongement de la compréhension des spécificités géographiques, socio-économiques et culturelles du site. C'est ce que Phosphore appelle respecter le génie du territoire, au sens étymologique du terme.

De facto, les travaux virtuels de Phosphore devaient se confronter à des territoires d'accueil, pour, d'une part, appréhender leur réalité bien concrète et, d'autre part, accoucher de propositions plausibles à tous égards. C'est ainsi que Phosphore s'est successivement invité à Marseille, Strasbourg, puis au sein de l'agglomération de Grenoble.



# PHOSPHORE I & II / MARSEILLE

## Révéler les atouts d'un territoire

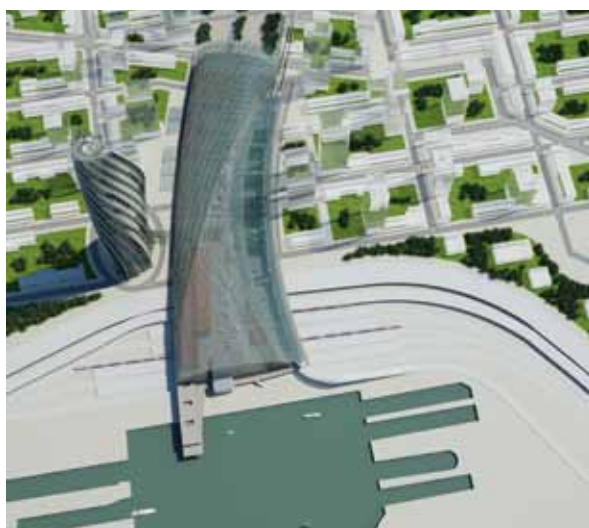
C'est sur la zone d'Arenc à Marseille que les deux premières sessions du laboratoire Phosphore ont élu domicile, à l'invitation des équipes d'Eiffage Construction Méditerranée qui ont vu dans ce site un lieu d'expérimentation particulièrement riche : avantages exceptionnels du territoire en termes d'énergies renouvelables locales, potentiel de requalification urbaine associant neuf et rénovation, projet attractif d'extension des réseaux de transport en commun, etc.



La première phase des travaux de recherche, entrepris entre septembre 2007 et juin 2008, a pris la forme originale de la réponse d'Eiffage à un partenariat public-privé virtuel, relatif à la conception, la construction et l'exploitation jusqu'en 2050 d'une gare multimodale et d'une tour de services. L'enveloppe en forme de vague de la gare forme une vaste halle de 450 mètres de long qui s'ouvre à l'est sur une place et un parc donnant accès au quartier du Canet, et à l'ouest sur les bassins du port. Elle est conçue comme une peau dont le métabolisme assure les échanges, notamment aérauliques, thermiques et lumineux, avec le milieu extérieur. La gare et la tour, qui en est la déclinaison verticale, alimentent le quartier en énergies propres, inaugurant le concept de **Solidarité énergétique**<sup>®</sup> (p. 65) dont d'autres applications seront développées dans les sessions suivantes de Phosphore.

La deuxième phase du projet, stimulée en 2008 et 2009 par les suites du Grenelle de l'environnement, a élargi le champ d'investigation initial à la conception d'un écoquartier connecté à la gare. En 2030, ce quartier virtuel d'une surface de 170 hectares situé en bordure de mer accueille 32 000 habitants – contre 4 000 aujourd'hui – et autant d'emplois. La gare multimodale, préfiguration du **hub multimodal** de transport (p. 43), est à l'intersection de lignes de métro, de tramway et de trains de banlieue. La circulation des véhicules thermiques étant interdite au sein de l'écoquartier, elle organise la rupture de charge et distribue l'accès à une palette de modes de transport propres. Privilégiant un espace public vivant et partagé, le concept de **Rue Nue**<sup>®</sup> (p. 92) y fait sa première apparition.

Le respect du génie du territoire, principe fondamental des analyses de Phosphore, exige que les besoins énergétiques des bâtiments de l'écoquartier soient couverts par un « mix énergétique » qui puise largement dans les ressources locales particulièrement généreuses à Marseille : le soleil, la mer et le mistral. Les bâtiments imaginés répondent aux impératifs bioclimatiques de l'**Energitecture**<sup>®</sup>, consistant à allier excellence architecturale et performance énergétique. Ils développent également d'autres qualités : l'hybridité et l'évolutivité. Qu'elles soient à patio central, multi-patios ou arborescentes, les typologies proposées dans l'écoquartier inaugurent dans Phosphore l'intensification d'usage et la mixité fonctionnelle pour répondre aux mutations sociologiques pressenties.



La gare, la tour et l'écoquartier de Phosphore  
1 et 2 à Marseille ©EIFFAGE Direction  
du Développement Durable / 3e-œil.  
com studio / Pierre Gautier architecture  
©Buffi Associés - Eiffage - 3°Oeil



# PHOSPHORE III / STRASBOURG

## Trois écoquartiers au cœur et aux portes de la ville

Après Marseille, le laboratoire Phosphore a investi en 2010 un nouveau terrain de jeu : 200 hectares de la zone Arc Ouest à Strasbourg, ville européenne caractérisée par un climat océanique dégradé, avec de fortes amplitudes thermiques. Fortes d'une réflexion menée à l'échelle de l'ensemble de l'agglomération, les équipes de Phosphore ont virtualisé trois écoquartiers dans le respect des exigences du référentiel Haute Qualité de Vie®.



Situé en cœur de ville, le quartier dit « Gare Basse » est aujourd'hui une zone dévitalisée, ceinturée par une succession d'obstacles naturels et bâtis : bras d'eau, remparts de la ville et autoroute A35 à l'ouest, gare TGV et voies ferrées à l'est. À l'horizon 2030, les équipes de Phosphore se sont attachées à réduire les emprises et les nuisances des infrastructures de transport tout en créant le lien entre le centre-ville et son agglomération. Un **hub multimodal** de transport associé à une offre de services diversifiée en font un lieu de rencontre et de vie qui revivifie le quartier.

Le quartier appelé « Wacken » a été revisité dans une double perspective de mixité urbaine et de respect de ses spécificités. Les jardins ouvriers au nord, le lycée Kléber au sud ainsi que la nature inondable du site ont ainsi largement influencé le parti d'aménagement de ce lieu. À l'horizon 2030, une importante surface d'espaces verts autorise une gestion alternative des eaux de pluie et de voiries tout en offrant un lieu d'activités récréatives dominé par une baignade biologique de belle envergure aux familles des logements individuels et collectifs voisins. Ils servent aussi de cadre à une cité de l'enseignement spécialisée dans les métiers de l'eau.

Troisième site étudié, la « place de Haguenau » constitue l'une des portes principales de l'agglomération de Strasbourg. Voies ferrées, canal, routes et bretelles d'entrée et de sortie d'autoroute s'y enchevêtrent. La **Maison du Bâtiment** (p. 73), un immeuble de grande hauteur voué à la démolition, domine de toute sa hauteur le vaste giratoire de distribution de la circulation entre le centre et la périphérie. A l'horizon 2030, les équipes de Phosphore proposent de valoriser ce paysage d'entrée de ville complexe mais fonctionnel. Une requalification énergétique et programmatique complète de la **Maison du Bâtiment** prolonge sa durée de vie tandis qu'une construction neuve évolutive, la **Ruche** (p. 73), densifie la place centrale, qui conserve sa fonction de diffuseur, à laquelle s'ajoute celle de parc urbain.

---

Les trois écoquartiers de Phosphore 3 à Strasbourg, avant et après virtualisation ©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture





# « Nous vivons un moment de grande inventivité urbaine »

À la fois champs d'expérimentation et actrices de la recherche dans l'innovation écologique, les métropoles ont une approche transversale du développement durable. Cette transversalité est un défi pour les élus. Un défi qui ne sera relevé que si les habitants sont étroitement associés à l'élaboration du futur de leur ville.

**Comment renforcer la prise en compte des enjeux sociologiques dans les projets, en particulier dans les projets de rénovation urbaine ?**

Les questions d'accessibilité au logement, de l'accessibilité à la ville, de répartition socioprofessionnelle, les problématiques intergénérationnelles et en même temps la fonctionnalité urbaine nous obligent à anticiper les mutations des modes de vie et des modes de travail. Ces évolutions sociologiques sont connues : la multiplication des modèles familiaux, le développement de familles monoparentales, le besoin de pouvoir suivre un parcours locatif qui donne accès à un moment donné à la propriété, et enfin la dépendance. Lorsque j'ai été élue maire de Strasbourg en 1989, je me suis attachée à mettre en œuvre le principe de l'égalité urbaine : faire en sorte pour tout jeune d'aller à l'école, mais avant cela à la crèche ; pour tout actif, retraité, sédentaire ou mobile, trouver des réponses au quotidien dans la ville.

Ce principe de l'égalité urbaine est devenu mon leitmotiv. Attentive aux handicaps au pluriel, je suis sensibilisée à tous les phases de la vie et à ses défis : entrer sans difficulté avec une poussette dans un transport en commun, intégrer des personnes à mobilité réduite ou celles qui connaissent des problèmes visuels. La question de l'emploi, enfin, est délicate puisque nous connaissons une vraie difficulté à rapprocher le domicile de l'emploi. D'un côté, nous développons des transports en commun qui vont d'un point à un autre, de l'autre, nos transports n'atteignent pas les personnes qui ont choisi d'habiter plus loin, à l'extérieur de la ville, dans des villages aux logements moins chers.

**Dans le périmètre de responsabilité de l'élu local, dispose-t-on des outils adéquats pour penser et réaliser cette ville de demain ?**

Je pense qu'il faut faire participer les habitants à la fabrication de la ville, les associer, à tous les stades du projet urbain. C'est parfois compliqué, les débats peuvent être rudes, mais c'est indispensable pour faire émerger une compréhension partagée. Les habitants y voient leurs intérêts propres et comprennent la façon dont on peut les combiner avec un ensemble d'objectifs. Notre responsabilité est de rendre cette ville désirable. Il n'est pas simple non plus d'atteindre cet équilibre entre intensité urbaine, fonctions métropolitaines et services de proximité. Le retour de la ville exige une approche plus naturelle avec une prise en compte de la biodiversité, des circuits courts agricoles, des espaces de respiration. Les outils d'aménagement doivent nous aider



© Ernest Laemmel / CUS

Catherine Trautmann est vice-présidente de la communauté urbaine de Strasbourg chargée des questions universitaires et du développement économique, et députée européenne. Elle a également exercé la fonction de ministre de la Culture et de la Communication.





à chercher la densité de la ville et à la desserrer en quelque sorte, à la changer d'échelle. Cela est vrai pour le temps urbain – la ville 24 heures sur 24 –, mais également pour l'espace : nous n'avons plus le droit de gâcher l'espace et nous devons préserver des lieux de convivialité.

### **Comment l'aménagement urbain peut-il intégrer efficacement, et pas seulement à la marge, les contraintes croissantes en termes d'épuisement des ressources naturelles et de pressions climatiques ?**

Dans la vie des habitants au quotidien, ce qui me paraît important, c'est la garantie d'une mobilité écologique et durable pour tous. Il s'agit d'une fonctionnalité essentielle dans cette nouvelle organisation de la qualité urbaine qui comprend la desserte des quartiers isolés, la possibilité de réduire l'automobile, le développement des modes doux, l'offre de logement adapté, un équilibre entre neuf et rénovation, le développement économique.

Il est impératif que les métropoles soient reconnues dans un rôle de catalyseur de l'innovation. Celle-ci est manifeste lors de la mise en œuvre d'un plan climat avec de nouveaux modes d'approvisionnement, de distribution et de consommation des énergies. Dans l'objectif de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, nous devons travailler à l'échelle du quartier sur des solutions d'autonomie de consommation et de production de l'énergie.

**« Il est impératif que les métropoles soient reconnues dans un rôle de catalyseur de l'innovation. »**

Construire du neuf n'est pas forcément la solution, mais il ne faut pas hésiter à détruire en cas de trop grande déperdition d'énergie. La réduction de l'empreinte environnementale de la ville doit être une priorité et cela dans la droite ligne de l'approche négaWatt : sobriété énergétique, efficacité, et conversion vers le renouvelable. La programmation de projets urbains de rénovation permet d'intégrer l'ensemble de ces paramètres et de les combiner entre eux.

### **N'est-ce pas difficile de penser la transversalité ?**

Avec le tramway et le plan de déplacement urbain dans les années 80 et 90, j'ai d'abord pensé la ville mobile : comment se déplacer, relier les quartiers, transformer l'usage de la ville et revaloriser les espaces publics par la mobilité ? Aujourd'hui, la ville doit se concevoir avec deux autres types de réseaux : les réseaux de communications et les réseaux d'énergie. Réintroduire en ville de nouvelles formes de qualité de vie passe par le transport, l'énergie et le très haut débit. Leurs développements organisent la ville, améliorent ses services publics et lui donne une accessibilité plus grande que celle que soit la situation personnelle d'âge ou de conditions physiques ou matérielles de chacun.

Il nous faut enfin nous projeter dans l'avenir. J'avais apprécié dans Phosphore cette possibilité d'aller beaucoup plus loin dans le temps et de chercher des modélisations. Nous avons modélisé les risques climatiques, les pluies torrentielles, les inondations, les périodes de canicule dans l'aménagement urbain. Il nous faut adapter la ville au changement, préparer sa résilience à travers la prévision systématique de ses modes de fonctionnement.

Nous vivons un moment de grande inventivité urbaine et je m'en réjouis.

Les problèmes posés dans les objectifs de réduction des émissions de GES mais aussi d'anticipation par rapport aux risques climatiques et aux évolutions sociologiques montrent que l'on ne doit pas forcément voir la ville comme un ingénieur. Nous devons avoir l'ingéniosité de l'assembleur et de la composition du projet urbain. Nous sommes désormais dans la ville *organisation*.



# PHOSPHORE IV / GRENOBLE

## Cinq « zooms » pour une communauté d'agglomération

En 2010, alors que la 3<sup>e</sup> session de recherche du laboratoire Phosphore débute à Strasbourg, Grenoble Alpes-Métropole le sollicite avec un objectif aussi clair qu'ambitieux : contribuer à l'analyse prospective à l'horizon 2030 de l'ensemble des 28 communes qui la composent, soit 31 000 hectares et plus de 400 000 habitants. Avec ce nouveau terrain de jeu virtuel, les défis et champs d'analyses de Phosphore 4 ont, une nouvelle fois, été largement renouvelés.



Niché au pied des massifs du Vercors, de la Chartreuse et de Belledonne, le territoire de l'agglomération grenobloise se caractérise par un climat semi-continental humide. Il repose au-dessus d'une nappe phréatique subaffleurante, source d'une eau potable d'excellente qualité dont la préservation appelle de grandes précautions.

Cette aire urbaine dense et très dynamique est marquée par la présence historique de l'industrie, qui y développe depuis longtemps des liens forts avec le monde de la recherche et de la formation. Alors que les thèmes de la mobilité et de l'énergie nécessitent une réflexion à l'échelle de l'agglomération, d'autres au contraire sont davantage pertinents à l'échelle de la commune ou du quartier. Au sein de la communauté d'agglomération et en lien avec elle, cinq « zooms » d'étude ont donc été sélectionnés en vertu de leurs qualités démonstratrices, pour les thèmes relevant des nouveaux modes d'habiter et de construire, de l'écologie industrielle, ou encore des services écosystémiques.

Les trois portes d'entrées de l'agglomération, zones propices aux réflexions portant sur la décongestion et la rupture modale, hébergent les trois hubs multimodaux – infrastructure désormais incontournable – de Phosphore 4. L'un d'entre eux se trouve dans le zoom nord-ouest, sur la commune du Fontanil-Cornillon. A Domène, le zoom nord-est est centré sur une portion de tissu mixte avec des logements et des industries. Tout comme le premier zoom, il est soumis à la problématique du risque d'inondation, ce qui en fait le support d'une réflexion sur la résilience de la ville complémentaire avec celle menée sur le zoom de Pont de Claix, qui héberge une importante plateforme chimique.

Avec les deux derniers zooms, Phosphore explore des cas d'autant plus intéressants qu'ils sont complexes. Le laboratoire examine ainsi les possibilités offertes par un nouveau quartier en montagne, circonscrit et dense, localisé dans un secteur de moyenne altitude, et aborde les enjeux de la rénovation et de la densification urbaines sur un zoom du centre de la ville de Grenoble, où se trouve une zone urbaine sensible.

---

Les cinq zooms de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble après virtualisation ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



# « Une nouvelle culture urbaine »



© Thomas Sanson - mairie de Bordeaux

Alain Juppé est maire de Bordeaux et ancien Premier ministre.

## Selon vous, à quoi ressemblera la ville en 2030 ? Ou doit-on plutôt se demander à quoi ressemblera l'« homo urbanus » en 2030 ?

La ville de Bordeaux en 2030 ? Elle occupera enfin la totalité de son territoire, grâce à l'aménagement des 600 hectares de terrains mutables disponibles le long de ce que j'appelle l'arc de développement durable de la ville, ce qui aura permis la réalisation de près de 50 000 logements permettant l'accueil des 100 000 habitants supplémentaires que Bordeaux peut et doit accueillir. Elle le peut sans densités ni hauteurs excessives, elle le doit si Bordeaux veut devenir une métropole millionnaire et s'inscrire pleinement dans la liste des villes européennes compétitives dans le monde globalisé. Mais la ville et la vie en ville ne sont pas qu'affaire de chiffres. L'« homo urbanus » en 2030 à Bordeaux est sans doute définitivement urbain. Cela signifie pour moi qu'il a coupé avec ses origines rurales ou ses habitudes demi urbaines. Il ne possédera sans doute plus deux voitures mais plutôt une, voire pas du tout. Dans ce cas il louera une voiture pour ses longs déplacements, et dans Bordeaux il empruntera les transports en commun ou l'équivalent d'Autolib'.

C'est pourquoi je me réjouis de la proposition que vient de me faire Vincent Bolloré d'installer à Bordeaux ce qui marche magnifiquement bien à Paris.

Le Bordelais de 2030 restera le week-end à Bordeaux – ce qu'il fait déjà depuis quelques années – car il y trouvera tout ce qui est nécessaire à son épanouissement personnel ou familial en termes de culture, de loisirs, de commerces et de promenade. Bref il respirera librement à Bordeaux. Le Bordelais de 2030 sera, du moins je l'espère, en parfaite harmonie avec sa ville, en ce sens que ses transformations, il y aura participé en amont. Il sera donc le premier ambassadeur de sa ville. C'est lui, par-delà les transformations tangibles de Bordeaux, qui donnera à la ville son ton, son style, son dynamisme. Il ne faut jamais oublier qu'une collectivité ne peut que créer les conditions de développement d'une ville. Ce sont les habitants et les multiples acteurs de la ville qui font le reste, c'est-à-dire beaucoup.

## Comment l'aménagement urbain peut-il intégrer efficacement, et pas seulement à la marge, les contraintes croissantes en termes d'épuisement des ressources naturelles et de pressions climatiques ?

À l'heure du développement urbain, notre premier impératif est de développer les « bonnes mobilités ». Il n'est plus possible de freiner la mobilité car elle est la marque de notre société et bien souvent la condition de la formation et de l'emploi. La mobilité virtuelle ne répond évidemment pas à tout. La question des transports en commun est donc, à Bordeaux, une préoccupation constante. Mais elle a beaucoup évolué depuis dix ans, et la réponse aux impératifs de la mobilité n'est plus le seul tramway. C'est une banalité désormais de le dire, mais la mobilité est désormais multimodale : elle doit être étroitement croisée à la politique municipale s'agissant des équipements de proximité, elle doit se caler impérativement sur le projet urbain de la ville, elle doit aller très au-delà des seules analyses quantitatives. Le deuxième objectif porte sur l'usage des énergies renouvelables. C'est un défi pour les années à venir d'autant plus grand que nous allons créer de toutes pièces des quartiers entiers. À Ginko, une chaufferie bois permettra à ce quartier nouveau au nord de la ville de fonctionner avec 30 % d'énergies renouvelables. Plus près du centre, le quartier des Bassins à flot va offrir quant à lui 70 % d'énergies renouvelables. Les futurs quartiers seront-ils autonomes énergétiquement parlant ? C'est bien entendu un objectif à se fixer. Nous en connaissons tous les difficultés. D'ores et déjà, la Ville a réalisé une ferme photovoltaïque qui fournit 50 % des dépenses municipales en matière d'éclairage public. Le troisième objectif concerne évidemment le domaine de la construction. Il y a de ce point de vue des progrès réalisés importants. Tous nos bâtiments sont désormais BBC, notre future cité municipale sera un bâtiment à énergie positive. Les entreprises et les maîtres d'œuvre font des efforts continus et louables même si il reste encore beaucoup à faire. Le rôle des collectivités est fondamental : et dans sa planification urbaine, et dans les objectifs qu'elle fixe dans le dessin des futurs quartiers – en terme d'accessibilité, de densité de proximité avec les pôles d'emploi, etc. – et bien sûr dans le contrôle qu'elle doit exercer, car ne nous ne leurrions pas : les comportements spontanément vertueux sont rares.

## Dans le périmètre de responsabilité de l'élu local, dispose-t-on des outils adéquats pour penser et réaliser cette ville de demain ? Notamment, comment valoriser l'approche globale et systémique dans un contexte concret de cloisonnement – juridique, financier, technique – des commandes ?

Je ne suis pas persuadé que des outils particuliers soient indispensables pour penser la ville de demain. Bien sûr, la complexité voire le maquis inextricable des lois, règlements, normes de toutes sortes sont un frein parfois exaspérant. Mais je continue à croire qu'en matière





d'aménagement urbain, la vision presque intuitive que l'on peut avoir d'une ville qu'on aime, adossée à un projet urbain et portée par une volonté politique forte, tenace, continue, peut contrebalancer les lenteurs et tout ce qui concourt à paralyser trop souvent, en France, les politiques d'aménagement urbain. Soyons optimistes. À Bordeaux, je pense que nous allons disposer dans les années qui arrivent d'un plan local d'urbanisme (PLU) moins rigide, ouvert à l'urbanisme de projet. Et l'expérience du quartier des Bassins à flot, unique en France, qui pratique pour la première fois dans notre pays un urbanisme entièrement négocié avec les promoteurs et les bailleurs, ouvre la voie, je l'espère, à une nouvelle culture urbaine.

### **Est-il utopique de vouloir proposer un cadre de vie qui puisse s'adapter à la mutation rapide des modes de vie, de travail, de production et de consommation ? Quelle est selon vous la temporalité souhaitable des aménagements urbains ?**

Les mutations sont à l'heure actuelle si rapides que la première réponse qui vient à l'esprit est bien entendu négative. La révolution numérique n'en est sans doute qu'à ses débuts et il en est de même, par conséquent, de la révolution culturelle qui l'accompagne. Mais la nature humaine reste immuable et les besoins fondamentaux des hommes évoluent peu : ils restent tournés vers la sécurité, l'éducation, le logement, la santé, l'emploi. La révolution urbaine des deux derniers siècles, le développement de l'information, le partage des savoirs, l'élévation continue du niveau de vie dans les pays occidentaux ont, c'est vrai, imposé aux politiques publiques de répondre à ce qui est devenu des exigences des habitants : culture, nature en ville, sports, loisirs.

C'est en partie pour répondre à l'ensemble de ces besoins que j'ai proposé aux Bordelais un troisième projet urbain intitulé « 2030 : vers le grand Bordeaux. Du croissant de lune à la pleine lune ». Bordeaux pleine lune signifie que, pour la première fois de son histoire, Bordeaux va se réaliser sur les deux rives, dessinant ainsi la forme d'une pleine lune, mais une pleine lune dont le centre est occupé par un immense espace naturel constitué du fleuve et de ses rives, et proposant ainsi 10 kilomètres de promenade et de jardins. Immense et véritable parcours de santé en cœur de ville, il sera borné par cinq grands équipements d'intérêt d'agglomération, sportifs et culturels. Il s'agit du nouveau stade et de la Cité des Civilisations du Vin au nord, du Rocher de Palmer à l'est, de la MECA qui regroupera le FRAC et les agences culturelles de la Région au sud, ainsi que de la future salle de concerts de Floirac, au débouché du pont Jean-Jacques Bosc. Nous serons alors en 2030, c'est-à-dire demain.

Au-delà, je l'avoue, il est bien difficile de prévoir les investissements ou les équipements pour répondre aux évolutions de la société.

### **Notre population en Europe se stabilise mais elle vieillit avec une inégalité forte devant la vieillesse, entre le retraité hyperactif et la personne âgée en perte d'autonomie motrice, voire cognitive. Comment l' élu peut-il intégrer ces évolutions sociologiques avec leurs traductions sociétales très inégales ?**

Le vieillissement de la population est un sujet dont on parle beaucoup, que chacun redoute mais qui est très insuffisamment traité par les politiques publiques. Il touche évidemment d'abord les questions de mobilité et rejoint par là les questions que nous devons résoudre face au handicap : accessibilité de tous aux bâtiments publics comme aux transports publics ou aux commerces. Nous nous y employons. La question du logement est beaucoup plus complexe car elle est protéiforme. La catégorie « vieillesse » n'existe pas. Il y a des personnes plus ou moins âgées, plus ou moins valides, plus ou moins dépendantes. Il faut donc essayer de proposer des logements ergonomiques bien entendu, mais éviter de réunir ensemble des personnes qui ne souhaitent pas toutes, loin s'en faut, vivre ensemble par le seul fait qu'elles appartiennent à une même tranche d'âge.

De ce point de vue, je suis avec attention les projets portés par le bailleur social Logévie qui est en train de créer des foyers intergénérationnels thématiques, dont une des particularités est de faire en sorte que le palier devienne un lieu de rencontres. Rester chez soi, quand on vieillit, est, on le sait, la meilleure thérapeutique contre les effets de la vieillesse. Encore faut-il le pouvoir économiquement parlant. Il faut donc innover en jouant sur tous les outils à notre disposition.

J'espère par exemple que notre futur PLU permettra aux propriétaires de pavillons de construire en fond de parcelle le studio ou le petit appartement qui constituera un complément de revenu et permettra si nécessaire à la personne devenue âgée et moins à l'aise financièrement de quitter une maison devenue trop grande et trop coûteuse pour un logement plus petit sans pour autant réellement déménager. De même les logements neufs réalisés avec une double porte palière peuvent permettre à un ménage d'offrir à un parent âgé d'habiter à proximité tout en protégeant l'intimité de chacun. Les promoteurs et les architectes ont un grand rôle à jouer pour nous aider à aborder toutes ces questions avec sérénité et pragmatisme.

Bordeaux mène une politique active auprès de ses seniors, veille à l'implantation de maisons polyvalentes capables de les accueillir pour diverses activités dans chaque quartier, a développé une carte senior offrant de multiples avantages culturels et maille son territoire de résidences senior ou d'EHPAD en veillant à un juste équilibre entre les types de résidences. Car nous connaissons tous le montant moyen des retraites en France et la difficulté de beaucoup de personnes en voie de dépendance pour trouver un établissement correspondant à leurs possibilités financières.

Ce grand chantier n'en est qu'à ses débuts. C'est d'ores et déjà un des grands défis des décennies qui arrivent.





# SECTION 02 / LES DÉFIS

## CONCEPT « VILLE DURABLE »

### CHERCHE SOLUTIONS CONCRÈTES



Qui dit « diagnostic des besoins », dit « recherche de solutions ».

Les propositions organisationnelles ou techniques présentées ont toutes été étudiées à l'aune de critères multiples et reliés entre eux, tels que l'impact carbone, la pression exercée sur les ressources naturelles, la pertinence des réponses apportées aux mutations des modes de vie et de travail, le potentiel de réversibilité en cas de changement d'usage.

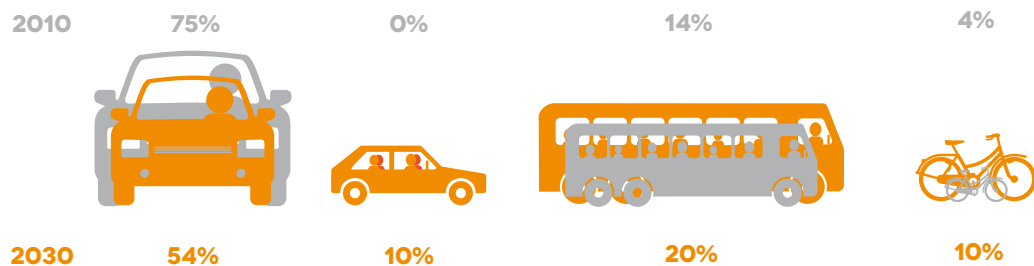
Cette analyse à 360° a parfois eu raison de certaines pistes de travail, ou, au contraire, en a validé d'autres. Aussi, les solutions proposées dessinent-elles un éventail des possibles, sans avoir la prétention de l'exhaustivité, ni celle de l'exclusivité.

Leur applicabilité est également diverse : parfois immédiate ou, au contraire, nécessitant encore quelques travaux de développement. Ainsi, des « Phosphorescences » – solutions techniques issues du laboratoire Phosphore – sont d'ores et déjà intégrées dans des réalisations d'Eiffage. Les Phosphorescences déjà opérationnelles sont détaillées dans des focus dédiés, qui donnent un éclairage actuel sur l'éventail des possibles dans les projets urbains.



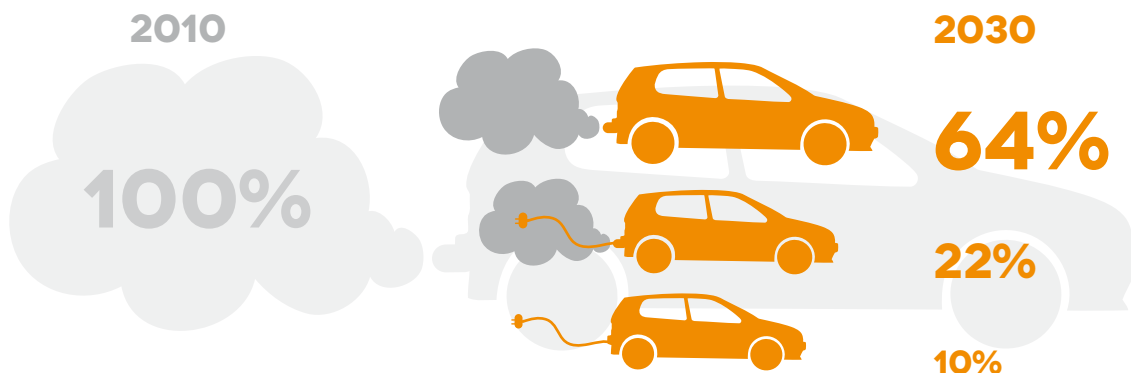
## TRANSPORTS : MOINS DE VÉHICULES INDIVIDUELS, PLUS DE PARTAGE

En France, entre 2010 et 2030, la part des véhicules individuels passera de 75 à 54 %, tandis que le covoiturage augmentera de 0 à 10 % en zone urbaine. (ADEME)



## LE MOTEUR À COMBUSTION SUR LE DÉCLIN (MAIS TROP LENTEMENT)

En 2030, les systèmes de motorisation thermiques n'équiperont plus que 64 % des véhicules, contre la quasi-totalité en 2010. (ADEME)



## LA DISTANCE DOMICILE-TRAVAIL EN QUESTION

En France, un actif sur cinq déclare ne pas être satisfait de son temps de trajet domicile-travail. Les trois quarts des non-satisfaits se disent prêts à changer d'emploi pour réduire cette durée. (IFOP pour "Métro", février 2013)





# LES ÉCOMOBILITÉS

## Porte d'entrée de la ville durable

**Au sein des sociétés modernes, le temps s'est affirmé comme une denrée rare et précieuse, non productible et non stockable. Gérer son temps signifie, et signifiera encore davantage demain, être capable de maîtriser l'offre de mobilités, qu'elles soient physiques ou virtuelles au travers des nouvelles technologies de l'information.**

Devenue un fait culturel, la mobilité n'est plus marginale, ni secondaire dans les modes de vie : elle est désormais centrale, quitte à devenir bientôt un mode de vie en elle-même. Et c'est bien un rapport au temps et à l'espace harmonieux qui conditionne la participation de tout individu dans et à la société, à tel point que l'immobilité est aujourd'hui facteur d'exclusion. L'évolution de la mobilité dans la décennie à venir est en effet au cœur des questions de cohésion sociale : intégration, amélioration de l'employabilité, accès facilité à la formation, à la culture et aux loisirs, etc.

Au cours de ses travaux sur les écomobilités, Phosphore a ainsi toujours poursuivi un triple objectif. Celui de maîtriser les externalités négatives que les mobilités carbonées classiques ont drainées avec elles : pollutions, congestion, dégradation d'espaces constructibles et étalement urbain. Celui de penser l'attractivité du report modal, notamment par l'application d'une échelle des distances, le « 300 m à pied », au-delà de laquelle une offre de transports propres doit systématiquement être proposée. Enfin, celui de stimuler l'efficacité de l'offre de transports physiques, visant en particulier la complémentarité entre modes rapides pour hypermobiles et modes doux pour sédentaires, chaque usager pouvant passer d'un statut à l'autre au cours de sa journée comme au cours de sa vie.



Le volet sur les écomobilités du programme Phosphore 4 a bénéficié du soutien financier de la communauté d'agglomération Grenoble-Alpes Métropole.





Le hub multimodal  
de Phosphore 2  
en vue intérieure  
©EIFFAGE Direction du  
Développement Durable /  
3e-œil.com studio / Pierre  
Gautier architecture

# LES ÉCOMOBILITÉS / DÉCONGESTIONNER LA VILLE

L'expansion urbaine et l'explosion des mobilités individuelles ont pour corollaire la congestion des centres-villes avec ses effets sur l'environnement et la santé des citoyens. Ce phénomène trouve son origine dans les limites de la capacité d'accueil des infrastructures, aujourd'hui dépassée, et dans une culture qui promeut l'usage du véhicule personnel – vécu comme un prolongement de la propriété privée, voire du statut social. Comme pour toutes les problématiques complexes, la recherche de solutions se conjugue au pluriel, dans le respect du génie du territoire concerné. Phosphore propose donc le duo constitué du **hub multimodal** et de la **halle universelle** (p. 47) pour diffuser les solutions d'écomobilités au sein de la métropole post-carbone.

## LES HUBS MULTIMODAUX

### Filtres, plates-formes logistiques et nœuds de mobilités décarbonées

La congestion automobile sévit principalement dans les centres-villes qui, dans les conceptions urbaines centralisées, accueillent la majeure partie des infrastructures de transport. La tentation est donc grande de focaliser les dispositifs du report modal sur ces aires centrales restreintes. Phosphore considère cependant que la congestion routière doit être traitée en amont, là où les flux sont encore clairement identifiés et facilement captables. C'est ainsi qu'au fil des travaux des différentes sessions du laboratoire, les hubs multimodaux se sont imposés à la source du système d'écomobilités.

La clé de leur efficacité réside d'abord dans leur implantation stratégique. A proximité immédiate des centres-villes, ils ne sont pas attractifs car trop proches de la destination finale des automobilistes. Trop éloignés de la frange périurbaine, ils ne sont plus en contact avec les réseaux de transport capacitifs. Dans ces deux cas, ils sont réduits à de simples parkings. Afin de remplir leur fonction principale d'infrastructures multifonctionnelles de report modal, ils doivent investir l'interface entre les aires urbaines et périurbaines, aux carrefours des grands axes de communication et des réseaux de transport en commun qui irriguent massivement les centres-villes.

Les **hubs multimodaux** ont également une vocation logistique d'acheminement des marchandises vers les cités. Aujourd'hui libres de se mêler au trafic local, les véhicules de marchandises qui pénètrent au cœur des villes participent activement à leur engorgement. Afin d'organiser une logistique du dernier kilomètre rationnelle et moins émissive, le fret fait lui aussi objet de la rupture de charge et d'un report modal différencié en fonction du volume et de la nature des biens transportés. Les **hubs multimodaux** sont ainsi conçus comme de véritables portes d'accès aux villes post-carbone pour les personnes comme pour les marchandises.

La morphologie et les fonctionnalités des **hubs multimodaux** sont nécessairement adaptatives, car inhérentes aux spécificités du territoire desservi, des axes de communication pris en charge et des caractéristiques du parc de véhicules concerné.





Dans le quartier d'Arenc à Marseille, le **hub multimodal** imaginé dans Phosphore 1 et 2 se situe à la jonction entre l'extrémité de la pénétrante autoroutière et le bord de mer pour desservir une infrastructure de cabotage. Dans le cas de l'exercice virtuel de Phosphore 3 à Strasbourg, la présence de plusieurs autoroutes radiales, d'une plateforme de fret ferroviaire et de la gare TGV a conduit le laboratoire à doubler le **hub multimodal** en dissociant les fonctions « personnes » et « marchandises ».

Tout aussi unique, le territoire d'analyse grenoblois de Phosphore 4 est dominé par la présence des trois massifs alpins enserrant l'agglomération. La configuration en « Y » qui en résulte constitue une contrainte forte et l'une des causes de congestion de l'hyper-centre. Dans ce cas particulier, Phosphore propose de combiner deux solutions : d'une part, trois **hubs multimodaux** positionnés à chacune des entrées de ville et, d'autre part, une **voie tangentielle** en lieu et place de la voie de gauche des autoroutes urbaines.

Les hubs interceptent les véhicules en provenance des pénétrantes autoroutières et les marchandises circulant sur les axes ferroviaires avant qu'ils ne se croisent au cœur de l'agglomération, en proposant de fortes capacités logistiques et de stationnement. Ils sont directement connectés aux réseaux de transports en commun non émissifs ou de déplacement « doux » : TER, transport urbain par câble, tramway, vélos et véhicules électriques en auto-partage, etc. Ils ont vocation à faciliter le quotidien des usagers en transfert modal, ainsi que des personnes qui habitent ou travaillent à proximité. Ils proposent ainsi un panel de services publics et privés complet et performant : commerces de proximité, points de retrait de marchandises, espaces de coworking multimédias, etc.

Comme c'est aussi le cas dans d'autres villes, le réseau autoroutier de l'agglomération grenobloise cumule les flux de trafic : collecte et distribution des véhicules vers et au sein même du centre, contournement pour les trajets de périphérie à périphérie, transit à plus ou moins longue distance. La superposition de ces fonctions dont les origines, destinations, vitesses et motivations sont divergentes, voire conflictuelles, participe incontestablement à la congestion du réseau existant. Au vu de cette situation aujourd'hui mal vécue, le laboratoire Phosphore propose de le reconfigurer en réaffectant les voies actuelles.

Implantée à gauche, la **voie tangentielle** recueille et draine l'ensemble des flux : flux sortant de l'agglomération, flux traversant de périphérie à périphérie, flux des transports en commun. Elle se comporte en « aspirateur » du trafic qui débouche de chaque **hub multimodal**, le canalise vers une issue unique en le fluidifiant. En effet, la vitesse sur cette voie dédiée est limitée à 70 km/h. Les véhicules y accèdent par des entrées régulièrement implantées sur le linéaire car elle est physiquement séparée du reste de l'infrastructure, reconvertie en boulevard urbain circulé à 50 km/h.

---

Les hubs multimodaux de Phosphore 3 et 4 à Strasbourg et au nord-ouest de Grenoble en vue extérieure ©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture ©EIFFAGE / Grenoble-Alpes Métropole / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES





# LES HALLES UNIVERSELLES

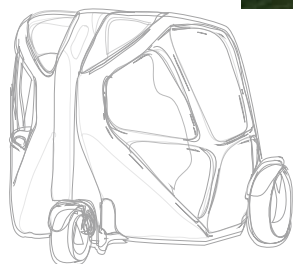
**Second élément-clé du dispositif des écomobilités, la halle universelle est un équipement multifonctionnel qui agit comme relais local au sein du schéma de décongestion structuré dès l'entrée de ville par les hubs multimodaux.**

**A**insi, les halles universelles sont implantées selon une échelle des distances étudiée pour proposer une offre de mobilités décarbonées et de services urbains toujours accessible à moins de cinq minutes à pied. Elles fonctionnent en réseau comme des stations-relais de transport collectif – tramways, bus, transport urbain par câble notamment – et permettent d'orienter les cyclistes comme les piétons pour l'étape finale de leur parcours. En référence aux traditionnelles halles de village, les halles universelles sont de nouvelles centralités rayonnantes qui apportent mixité et vitalité au sein des quartiers.

**C**es lieux de rencontre positionnés stratégiquement aux nœuds de communication urbains attirent quotidiennement de nombreux citoyens ou périurbains de passage. La fréquentation importante permet de proposer, à l'instar des hubs multimodaux, mais à plus petite échelle, un socle commun de commerces de proximité et de services publics et privés liés à l'éducation, à la santé, au sport ou à la culture – bureau de poste, crèche, centre médical, bibliothèque, cybercafé ou salle de réunion en location. Selon leur localisation, ces prestations de base peuvent être complétées par une offre spécifique qui donne alors aux halles universelles une dominante fonctionnelle, comme c'est le cas pour la recycl'halle (p. 106), la halle maraîchère (p. 110) et la halle-relais (p. 111).

**L**es halles universelles sont également un maillon essentiel de la distribution intramuros des marchandises et de l'acheminement des déchets. Leur mise en réseau ne bénéficie pas qu'aux voyageurs puisque chacune d'entre elles assure la collecte et la livraison du fret et des déchets sur son territoire de chalandise. L'intensification d'usage des moyens de transport existants, et à plus forte raison leur substitution par des modes de transport ou des véhicules non émissifs – comme c'est le cas des lignes de transport urbain par câble – permettent ainsi une logistique efficace et propre depuis les hubs multimodaux directement vers les halles universelles, ce qui optimise d'autant la gestion du dernier kilomètre. Le croisement continu des marchandises et des passagers au sein des halles universelles est particulièrement propice à alimenter un ensemble de comptoirs de dépôt et de retrait de colis, comme alternative à la livraison à domicile en prévision de la croissance du e-commerce.





Le transport urbain par câble de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / Grenoble-Alpes Métropole / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



# LES ÉCOMOBILITÉS / RENDRE LE REPORT MODAL PLUS ATTRACTIF

Si les **hubs multimodaux** et les **halles universelles** ont été imaginés comme de puissants leviers de décongestion urbaine, ils pourront jouer pleinement leur rôle si les réseaux de transport en commun et de déplacement doux qui leur sont associés sont eux-mêmes attractifs, capacitifs et largement déployés.

Ainsi, les modes de transport collectifs – tramway, transport urbain par câble, bus à haut niveau de service, covoiturage – et les véhicules du futur – **Modul’Air®** (p. 53), **modulos** électriques (p. 54), vélos triporteurs – imaginés par le laboratoire Phosphore, participent tous à cet objectif : renforcer l’attractivité du report modal.

**E**n collaboration avec la société iséroise POMA, les travaux de la 4<sup>e</sup> session du laboratoire Phosphore ont envisagé l’avenir urbain du transport par câble. Alors que celui-ci est historiquement associé à l’équipement des stations de ski, son usage urbain ne bénéficie pas encore d’une véritable acculturation en France, contrairement à d’autres pays où il a déjà été largement éprouvé.

**L**es travaux de Phosphore se sont alors attachés à démontrer la capacité du transport par câble à compléter l’offre de transports déjà existante, notamment de tramway et de bus, en répondant à deux types de besoins.

Le transport urbain par câble peut être utilisé pour prolonger, par le câble, des infrastructures de transport au sol comme une ligne de tramway, qui représentent des investissements conséquents. Pour certains secteurs aujourd’hui peu desservis, voire exclus des périmètres de mobilités, il peut constituer une solution rapide à mettre en œuvre et moins onéreuse. Installé sur le terre-plein central d’une voirie classique, il peut aussi « doubler » les modes de transport au sol et intensifier l’usage du foncier déjà consommé par les mobilités individuelles.

**M**ais les perspectives qu’ouvre le transport urbain par câble vont bien au-delà du seul service de transport de personnes. Du fait de son déplacement aérien totalement compatible avec les réseaux existants, il permet de transporter jusqu’à 5 000 passagers à l’heure, mais également de déplacer en milieu urbain dense marchandises et déchets dans des cabines réservées à cet effet. L’optimisation des plages horaires d’exploitation résultante rend cette nouvelle infrastructure d’autant plus efficace.

**C**ôté environnement, le bilan est attractif. Le mode de propulsion tout électrique n’émet pas de polluants atmosphériques et préserve la qualité de l’air. L’infrastructure est composée de matériaux recyclables à 98 %. La très faible emprise au sol libère des hectares de foncier urbain, offrant autant d’opportunités d’aménagement urbain pour la mise en œuvre de pistes cyclables en site propre, ou encore pour le déploiement d’une politique volontariste de renaturation des sols, premier pas vers la mise en œuvre des futures trames vertes urbaines.

Qu’elles soient techniques, sociales ou environnementales, les qualités intrinsèques du transport urbain par câble, explorées par le laboratoire Phosphore, coïncident pleinement avec les besoins croissants d’une mobilité partagée, sobre et efficace.



# « Le câble, c'est le lien ! »



Remis au goût du jour, le transport par câble s'impose comme une des solutions privilégiées pour faire face aux défis de la mobilité dans la ville durable.

## Quels sont les avantages du transport urbain par câble par rapport à d'autres solutions de transport urbain collectif ?

Le transport par câble est une solution ancienne qui, à l'instar du tramway dans les années 90, revient en force dans nos villes depuis les années 2000. Précisément, cette solution a été remise au goût du jour en Amérique du Sud. Elle revient vers nous aujourd'hui car elle est une évidence économique et urbaine. Un transport par câble s'adapte à tout contexte géographique, son coût est peu élevé et il est rapide à mettre à œuvre. Il relie symboliquement différentes parties du territoire urbain, connecte les populations qui y vivent et complète naturellement les infrastructures existantes.

## Existerait-il une spécificité sud-américaine de l'AirMetro ?

A Medellin ou à Rio, ce mode de transport aérien s'est inséré dans de vastes projets de renouvellement urbain pour lesquels la question des services aux habitants ne se limitait pas à la mobilité. Ces opérations abordaient les thématiques de la sécurité publique, des services sociaux et éducatifs, le cadre de vie en général. A Rio, le câble représente environ 10 % de l'investissement global sur le quartier d'Alemão. Le transport aérien, de par sa visibilité rassemble, la ville et ses habitants. Ce volet social et sociétal est fondamental, plus que les cabines elles-mêmes ! Le câble, c'est le lien, et pas seulement en Colombie ou au Brésil.

## Le câble est-il une solution privilégiée pour nos villes occidentales aujourd'hui ?

Les besoins sont spécifiques à chaque pays mais les problématiques sont très similaires. Nous devons réfléchir dans nos villes à la mobilité : comment se déplacer d'un point à un autre, d'un mode de transport à un autre avec des motivations multiples – loisir, travail – sans générer plus d'encombrements, de nuisances environnementales et à des coûts raisonnables ? Nous avons de plus en plus de difficultés à financer de nouvelles lignes de tramway ou de métro. Il nous faut chercher d'autres solutions multimodales propres à chaque territoire : le funiculaire de Grasse – système de transport par câble au sol –, pour relier la gare au centre historique, le tramway aérien de New York, pour relier Roosevelt Island à Manhattan, tout comme la télécabine de Nijni Novgorod en Russie pour traverser la Volga sont des réponses à ces problématiques. L'avenir de nos villes exige forcément ces solutions plus éco-responsables : au niveau environnemental, certes, mais également au niveau économique avec un retour sur investissement performant.

## Vous considérez-vous comme un acteur de la ville durable ?

Nous participons au laboratoire Phosphore sur la ville de demain. Nous apprécions cette ouverture et cette réflexion à moyen et long terme. De notre point de vue, nous ne sommes qu'aux prémices du renouveau, au niveau mondial, de l'émergence des transports doux développés par notre entreprise. Il existe une vraie demande des mégapoles qui va crescendo et depuis Grenoble, nous y répondons !



Jean Souchal est président  
du directoire de POMA

© POMA



# C'EST MAINTENANT COMPLEXO DO ALEMÃO

## POMA réalise la plus longue télécabine urbaine au monde

Désenclaver pas moins de six quartiers périphériques de Rio de Janeiro, situés sur les collines, en les reliant au réseau de transports publics du centre-ville : tel était l'objectif de cette réalisation gigantesque et pionnière. Après New York, Taipei et Medellin, Rio a fait appel au tramway aérien à faible impact environnemental de POMA. Les cabines sont synchronisées et autonomes grâce aux panneaux solaires qui alimentent éclairage intérieur et radiocommunication. Quelques chiffres clés : 3,5 km de ligne connectée au réseau ferroviaire urbain, capacité de 2 880 passagers par heure et par direction, 6 stations, 152 cabines, vitesse moyenne de 5 m/s.

**Mis en service à l'été 2011, le transport urbain par câble d'Alemão modifie profondément la représentation sociale du nord de Rio et contribue au dynamisme des favelas. Jorge Mario Jáuregui, architecte-urbaniste argentin installé à Rio, témoigne de la transformation en quelques mois du quartier d'Alemão.**

### Quelles sont les singularités de la ville brésilienne ?

La ville sud-américaine est divisée. D'un côté, une partie formelle, organisée ; de l'autre, des espaces informels regroupant à minima 30 % de la ville. A Rio, ces territoires sont situés en altitude. Les populations vivant dans ces quartiers souffrent du manque de structures urbaines et d'équipements. Cette réalité génère des difficultés d'accessibilité qui conduisent à de multiples dérives : insécurité, discriminations, pauvreté.

### Quels sont les outils à notre disposition pour penser la ville de demain ?

Nous sommes dépourvus de concepts et de méthode. Nous devons donc en fabriquer pour aborder ces sujets et nous projeter. Le défi urbain est de connecter ces fragments, de mieux articuler les morceaux de ville et les temps de vie de ses habitants. Nous devons lire le territoire par une compréhension de ses flux, de



ses carences, par une écoute forte des besoins des habitants. La prise en compte des dynamiques sociales figure au cœur de ces nouvelles centralités que nous installons. Elles s'intéressent prioritairement aux connexions avec l'environnement et aux conditions d'accessibilité.

### En quoi le transport urbain par câble incarne-t-il la transformation de ce quartier ?

Le transport urbain par câble a permis aux endroits les plus inaccessibles de devenir accessibles ! Nous cherchions un mode de transport de masse qui n'existait pas dans cette ville, ni dans notre pays. L'expérience pionnière de Medellin en Colombie nous a aidés à nous projeter. Aujourd'hui, cette décision d'implanter le transport urbain par câble apparaît plus qu'opportune. Elle a été très bien acceptée par les populations locales qui vivent au cœur de la favela et aux alentours. La logique des lieux a été inversée et cet aménagement est désormais visible de tous, y compris depuis l'aéroport international de Rio. Alemão n'est plus un quartier isolé, caché. Il devient un lieu de visite, d'attractivité pour les autres Cariocas. Le transport urbain par câble et les projets qui l'accompagnent – lycée professionnel, centre commercial, hôpital, éclairage public, etc. – symbolisent aujourd'hui la réussite de cette réappropriation de la ville par ses habitants.



VIEW FROM RIO INTERNATIONAL AIRPORT (NEW ARRIVALS) LOCALIZING COMPLEXO DO ALEMÃO IN THE LANDSCAPE

Le tramway aérien de Rio réalisé par POMA ©POMA





# LE MODUL'AIR®

## ou comment offrir aux usagers une rupture de charge transparente

L'attractivité croissante des transports en commun, notamment du tramway, largement due aux qualités ergonomiques et esthétiques du matériel roulant, ne lève cependant pas toutes les réticences liées au mal récurrent que sont les correspondances ou ruptures modales, avérées ou supposées, imposées à leurs utilisateurs. Ce constat est tout aussi valable pour la logistique urbaine et la gestion du dernier kilomètre, pour lesquelles la rupture de charge est à éviter car largement contributrice à la congestion du trafic en ville.

Les équipes de Phosphore, en association avec POMA et Dassault Systèmes, ont donc travaillé cet obstacle à l'attractivité des transports en commun en poussant plus loin la technologie du transport par câble dans son évolution plausible à l'horizon 2030, au regard de la nécessaire intensification d'usage des infrastructures existantes. Le résultat s'appelle le Modul'Air®, une innovation dans les transports en commun, où c'est bien le véhicule qui subit la rupture de charge et non plus l'utilisateur.

Issues d'un travail de design fonctionnel, deux versions du Modul'Air® sont proposées. Une cabine répondant aux règles d'ergonomie et de confort optimales, assortie d'un accès aux technologies numériques, pour un transport en commun pouvant accueillir jusqu'à 35 passagers, et une cabine en mode transport de marchandises ou transport de déchets.

Le scénario est le suivant : le Modul'Air® circule sur une ligne de transport urbain par câble. En bout de ligne, il est libéré du câble pour se connecter au réseau de tramway existant, en se comportant comme une remorque non motorisée. Qu'il soit suspendu au câble, circulant au sol et doté d'un module de conduite, assemblé à d'autres cabines sous forme d'un « train » de Modul'Air® ou encore tracté par une force motrice externe telle qu'une rame de tramway, ce véhicule est conçu pour être compatible avec d'autres modes de transport collectifs, de manière fluide et transparente pour ses occupants.



# MODULOS ET VÉLOS DU FUTUR

## Quand les écomobilités rencontrent le design



Dans l'idée de rendre les écomobilités plus attractives, les équipes de Phosphore ont développé, en partenariat avec le Strate College Design, le **modulo**, un véhicule électrique modulable et non polluant, visant à réduire le parc de véhicules motorisés en optimisant son utilisation quel que soit le moment de la journée. Selon les besoins, la cabine et ses arceaux-supports peuvent ainsi être équipés d'un module passager, de containers de marchandises, de bennes de déchets ou encore de locaux mobiles pour commerces itinérants.

Dans le même esprit de modularité, le vélo triporteur du futur a été conçu pour transporter des marchandises légères dans un caisson amovible. La flexibilité qu'il apporte à ses utilisateurs démultiplie les emplois possibles et le rend extrêmement utile, notamment dans la perspective de la mise en place des points de livraison centralisés des colis adressés aux particuliers dans les **halles universelles**.

Les modulos électriques de Phosphore 2 à Marseille  
©EIFFAGE Direction du Développement Durable /  
3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture

# C'EST MAINTENANT REPORT MODAL SUR LE CAMPUS DE GREEN-ER

Dans le futur pôle universitaire GreEn-ER (p. 78), opération remportée par Eiffage au titre du Plan Campus, l'incitation au report modal s'accompagne d'une véritable offre de transports alternatifs au véhicule individuel carboné, dans le respect du référentiel Haute Qualité de Vie® issu de Phosphore.

Idéalement situé devant un arrêt de tramway et face au pôle de mobilités de la Presqu'île de Grenoble, GreEn-ER accueillera quelque 2 000 personnes qui bénéficieront de 600 places de vélo abritées par des ombrières photovoltaïques dans l'enceinte même de l'école.



Le futur bâtiment GreEn-ER en cours de réalisation par Eiffage ©Groupe6 / Jacobs / EGIS





## L'échelle des distances

300 m

5 min

2 min



# LES ÉCOMOBILITÉS / À L'HEURE DE LA HAUTE QUALITÉ DE VIE®

La Haute Qualité de Vie® développée par le laboratoire Phosphore, se conjugue à l'échelle des bâtiments, de l'îlot et du quartier, mais définit également un ensemble de principes directeurs applicables aux écomobilités. Ainsi, dans le respect du droit à une mobilité dite lente, apaisée et physiquement désolidarisée des axes routiers existants, le **tracé interquartiers** et l'**Urbanbridge®** constituent des briques essentielles du dispositif des mobilités HQVie®.

**A**u terme d'une réflexion portant sur l'échelle optimale des distances permettant de favoriser une mobilité douce et diffuse, les équipes de Phosphore proposent une infrastructure multimodale de transports, le **tracé interquartiers**, dont le cheminement s'organise autour des points centraux que sont les **halles universelles**.

**L**e **tracé interquartiers** associe ainsi sur la même emprise des itinéraires balisés pour piétons, des pistes cyclables et sportives, une ligne de transport par câble au sol ou de bus électriques à haut niveau de service ou encore une coulée verte. Son intérêt est de réunir, sur une largeur inférieure à 10 mètres, plusieurs modes de déplacement doux et propres qui cohabitent sans forcément se croiser et sont dans tous les cas prioritaires sur les autres. L'usage du foncier consommé peut être encore intensifié par l'installation d'une galerie multi-réseaux en souterrain. Cette solution a d'autant plus de sens que le laboratoire Phosphore prévoit la multiplication des réseaux thermiques urbains et des *smart grids* en application du concept de **Solidarité énergétique®**.

**À** l'échelle de la ville, les **tracés interquartiers** dessinent des continuités paysagères assurant une lecture d'ensemble du territoire à travers des axes praticables et identifiables par tous. À une échelle plus fine, le **tracé interquartiers** s'attache à recréer un lien physique entre des secteurs parfois proches, mais amenés à s'ignorer. Il favorise ainsi les connexions entre quartiers en créant des liens contextuels de mobilité privilégiée.

Le tracé interquartiers de Phosphore 2  
à Marseille ©EIFFAGE Direction du  
Développement Durable / 3e-œil.com  
studio / Pierre Gautier architecture





# L'URBANBRIDGE®

En réponse à la demande croissante de mobilités plurielles en ville, Phosphore propose de multiplier les itinéraires doux dont le concept est emprunté au mouvement international « Villes lentes »<sup>1</sup>.

À la croisée des savoir-faire d'Eiffage Métal, Eiffage Energie et Eiffage Travaux Publics, l'Urbanbridge® est un pont modulaire à montage rapide permettant de multiplier les points de franchissement dédiés en toute sécurité aux piétons et cyclistes.

Cette déclinaison urbaine de l'Unibridge® est un pont à structure métallique constitué de caissons préfabriqués en usine, assemblables sur place en moins de 72 heures. La simplicité et la furtivité des opérations de montage destinent spontanément ces ouvrages à être insérés dans le milieu urbain, pour faciliter le franchissement d'un obstacle artificiel ou naturel, ou pour absorber temporairement les déplacements générés par un évènement ponctuel. L'Urbanbridge® encourage ainsi le report modal vers des modes de déplacement actifs, silencieux et non polluants. De la sorte, il renforce l'offre de mobilité décarbonée dans la ville dense et en pleine mutation.

Dans un contexte de retour aux mobilités douces et de densification urbaine, l'Urbanbridge® représente une solution à la fois flexible, sécurisante et réversible, déjà entrée en phase de développement au sein d'Eiffage.

L'Urbanbridge® est éco-conçu et fait appel à des matériaux et des énergies renouvelables. Sa structure en acier est partiellement recyclée, mais totalement recyclable. Son revêtement au liant végétal BIOPHALT® allège l'impact carbone de l'ouvrage. Tout comme son habillage à géométrie variable en bois, qui assure l'ombrage de jour, et supporte des cellules photovoltaïques couvrant les besoins énergétiques nocturnes du balisage à Leds. Respectant les principes d'un éclairage public raisonné, ce système participe à la fois à l'autonomie et à la sobriété énergétique de l'ouvrage. Enfin, l'usage de mobilier urbain en bois et la végétalisation des parapets contribuent à l'intégration de cet ouvrage dans son environnement.

L'Urbanbridge® de Phosphore 3  
à Strasbourg de jour et de nuit  
©EIFFAGE Direction du Développement  
Durable / 3e-œil.com studio /  
Pierre Gautier architecture

1 Le label « Villes lentes » (« Cittaslow ») s'adresse à des villes de moins de 60 000 habitants, qui s'engagent à adopter des mesures coercitives dans le sens d'un urbanisme à visage humain.





# C'EST MAINTENANT DE LA PHOSPHORESCENCE AU PROTOTYPE

L'Unibridge® est un pont métallique modulaire à montage rapide issu de la collaboration entre Eiffage et la société Matière. Dédié au rétablissement en urgence des voies de communication détruites suite à des catastrophes naturelles ou des conflits armés, il est entièrement fabriqué en France. Depuis 2009, l'usine de Fos-sur-Mer située dans les Bouches-du-Rhône a produit 350 ponts, soit plus de 1 800 caissons et 22 000 tonnes d'acier, tous destinés au grand export.

Sur la base du cahier des charges fourni par le laboratoire Phosphore, les équipes d'Eiffage Métal réalisent actuellement un prototype grandeur nature de l'Urbanbridge®, version urbaine de l'Unibridge®. Équipé de bardages latéraux plus hauts et couvrants, doté de bancs et de bacs latéraux pour la végétalisation,

il accueille, en lieu et place de ses tabliers métalliques, des panneaux et des caillibottis en bois qui supportent des panneaux solaires en face supérieure.

En cours de finalisation, le prototype a lui aussi réuni, à l'instar du laboratoire Phosphore, une équipe pluridisciplinaire : Eiffage Construction Métallique Fos-sur-Mer pour la structure, Eiffel Industrie Provence pour les parapets et Eiffage Energie Marseille pour l'installation photovoltaïque et l'éclairage.

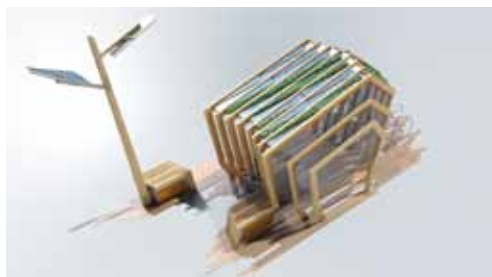
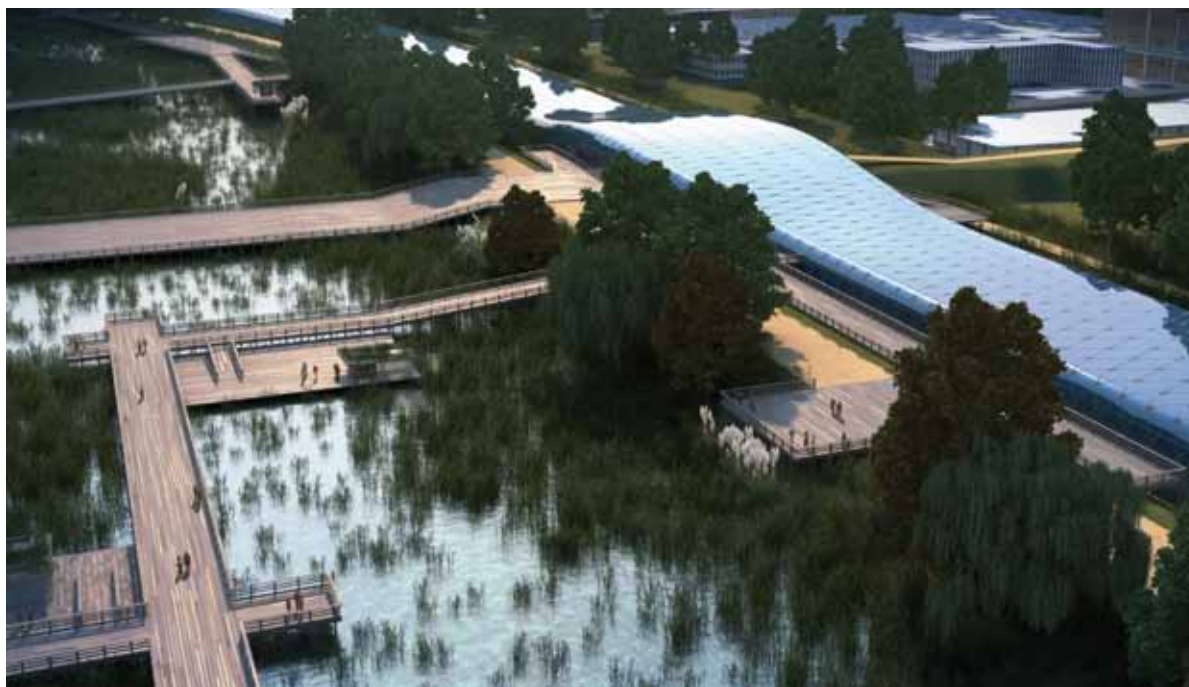


Le prototype d'Urbanbridge® en construction à Fos-sur-Mer © photothèque Eiffage Métal

Au-delà de la nécessaire réduction à la source de ses besoins énergétiques, la ville post-carbone devra diversifier ses sources d’approvisionnement local et saisir toutes les opportunités de production d’énergies renouvelables, notamment en intensifiant l’usage des surfaces déjà artificialisées.

Dans ce but, même l’exploitation de micro-gisements apportera sa pierre à l’édifice, surtout si elle assure l’autonomie des dispositifs concernés. Il s’agit par exemple de l’énergisation des **Modul’Air®** avec des panneaux photovoltaïques – déjà expérimentée par POMA à Rio de Janeiro – et du mobilier urbain, pour couvrir leurs propres besoins d’éclairage et de radiocommunication, ou encore de la récupération de l’énergie de pesanteur sur certaines lignes de transport urbain par câble à fort dénivelé dont les flux sont très majoritairement pendulaires.

À une toute autre échelle, la couverture par des panneaux photovoltaïques d’une partie des autoroutes urbaines, qui représentent des centaines de milliers de mètres carrés de foncier soustraits a priori à d’autres usages, constitue un potentiel très important de production électrique qui conjuguera aux bénéfices énergétiques la réduction des pollutions visuelles et sonores inhérentes au trafic routier – même s’il devient majoritairement électrique. Les batteries des véhicules électriques stationnés dans les hubs contribuent elles aussi au stockage journalier d’électricité d’origine renouvelable.



La couverture photovoltaïque de l’autoroute et le mobilier urbain de Phosphore 4 dans l’agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / Grenoble-Alpes Métropole / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES







Les développements potentiels des technologies numériques sont d'autant plus prometteurs dans le domaine de l'organisation des transports qu'ils touchent tous les champs et dimensions de la vie urbaine : le temps, l'espace, l'individu et la communauté. Ils sont démultipliés par la géolocalisation en temps réel des objets mobiles et par les citoyens eux-mêmes qui, tout à leurs déplacements, deviendront à la fois récepteurs et fournisseurs d'informations, utiles individuellement et utilisables collectivement. Ils ouvrent la porte aux solutions de substitution partielle à la mobilité même des personnes, avec le e-commerce ou en associant la visioconférence aux échanges d'autres données, par exemple.

Dans Phosphore, les bornes de mobilité placées dans la salle d'échange des hubs multimodaux préparent, vérifient et valident avec l'utilisateur son itinéraire en fonction de critères individuels et collectifs. Largement déployées au sein du hub multimodal pour faire de l'information une denrée abondante immédiatement disponible, même en cas d'affluence, les bornes de mobilité communiquent avec les smartphones. Elles proposent à l'utilisateur un accès à l'information interactif en temps réel grâce à une interface tactile : modes de transport disponibles pour son parcours, arbitrage entre les trajets proposés, achat de son ticket de mobilité valable pour tous les opérateurs de transport, réservation de services divers pendant le trajet ou à l'arrivée.

À l'extérieur, les bornes tactiles sont intégrées aux modules de mobilier urbain dédiés à la mobilité qui sont implantés comme stations de transport collectif, ou tout simplement comme repère pour les piétons dans les zones moins desservies. Au-delà du calcul des temps de trajet pour assister les voyageurs dans la dernière étape de leur parcours, ces équipements sont aménagés spécifiquement pour les usagers à mobilité réduite, malvoyants, ou personnes éprouvant des difficultés de compréhension du français.

Lorsque c'est possible, les éléments d'information fournis sur support fixe par les bornes de mobilité sont disponibles à l'intérieur même des véhicules de transport en commun. Les écrans transflectifs intégrés aux parois vitrées des cabines dans le Modul'Air® permettent d'afficher à la demande de l'utilisateur en réalité augmentée l'offre de transport et le trajet choisi par les passagers.

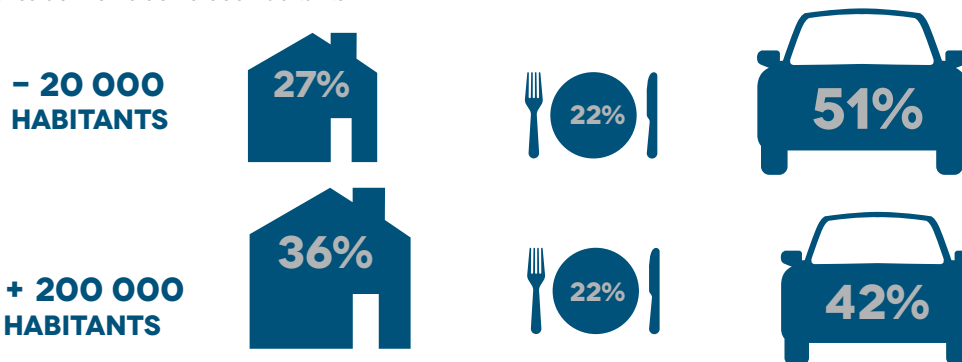
---

La réalité augmentée dans le Modul'Air® de Phosphore 4 et la borne de mobilité de Phosphore 2 à Marseille – crédits EIFFAGE / Grenoble-Alpes Métropole / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES – EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture



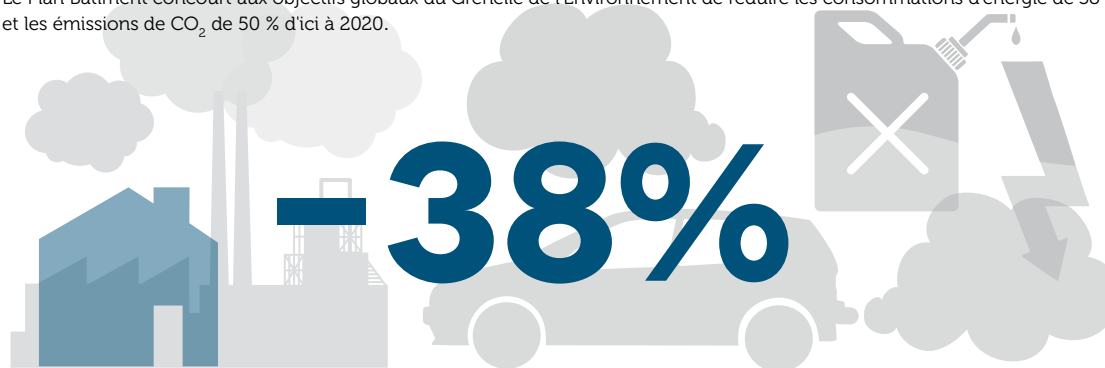
## LE BILAN CARBONE D'UN MÉNAGE URBAIN

Le bilan carbone d'un ménage urbain est le plus faible dans les villes moyennes de 100 000 à 200 000 habitants (6 698 kg de CO<sub>2</sub> par individu). Il grimpe à 7 087 kg dans les villes de plus de 200 000 habitants et à 7 718 kg dans celles de moins de 20 000 habitants. (Ipsos, 2010)



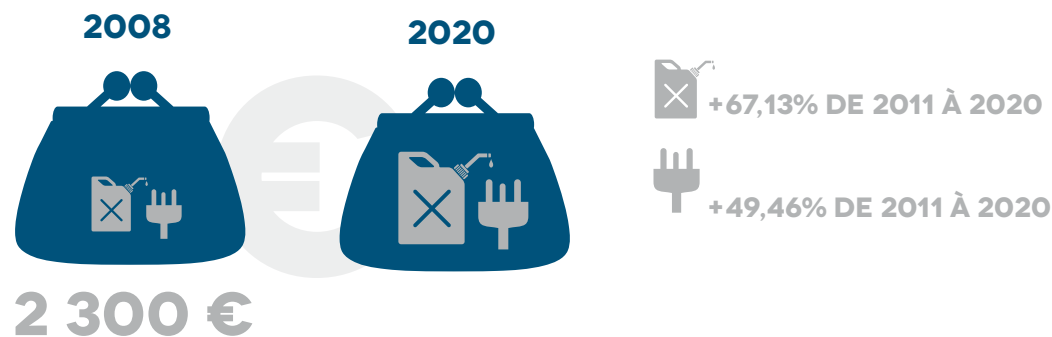
## RÉDUIRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE À LA SOURCE

Le Plan Bâtiment concourt aux objectifs globaux du Grenelle de l'Environnement de réduire les consommations d'énergie de 38 % et les émissions de CO<sub>2</sub> de 50 % d'ici à 2020.



## LE POIDS CROISSANT DE L'ÉNERGIE DANS LE BUDGET DES MÉNAGES

En 2008, les ménages ont dépensé 2 300 euros pour leur consommation d'énergie. Ce budget devrait augmenter d'ici à 2020 compte tenu de l'évolution tendancielle du prix des énergies. (INSEE, 2008 – Sénat, 2012 – US EIA, 2010)





# LA SOLIDARITÉ ÉNERGÉTIQUE®

## En route vers la ville post-carbone

**A**limenten en énergie une ville entière, dans le respect d'une empreinte carbone aussi proche de zéro que possible, commence par la maîtrise de la demande énergétique à la source.

Dans ce but, plusieurs objectifs se cumulent : réduction massive des besoins de puissance, priorité accordée à la sobriété de tous les usages – mutualisation des transports, réduction des besoins et amélioration des systèmes de chauffage, optimisation de l'éclairage et des systèmes informatiques –, recours à des systèmes particulièrement efficaces et récupération de l'énergie fatale.

La proscription du recours aux énergies fossiles intervient dans un deuxième temps au profit de l'exploitation quasi-exclusive du potentiel local en énergies renouvelables. Sans mystère, celles-ci sont les ressources solaires, éoliennes, hydrauliques, géothermiques, de biomasse et de valorisation des déchets.

Un bouquet énergétique viable à l'horizon 2030 réside dans l'exploitation combinée et raisonnée de ces ressources en fonction des caractéristiques géographiques et climatiques du territoire. En conséquence, le laboratoire Phosphore s'est attaché à un double exercice : d'une part, adapter le bouquet énergétique aux spécificités locales de Marseille, Strasbourg et de l'agglomération de Grenoble et, d'autre part, faire du bâti neuf et rénové un support de production d'énergies renouvelables.



# « La solidarité énergétique au cœur de la cité »



© DR

Alain Maugard est président d'EUROPAN-France, une fédération d'organisations représentant une vingtaine de pays européens. Composée d'architectes, d'urbanistes, de chercheurs, d'experts, d'élus, de maîtres d'ouvrage, elle est un lieu unique de prospective et d'expérimentation pour tous les acteurs de la ville.

66



**Dans un monde toujours plus urbanisé, toujours plus énergivore, la question énergétique se pose avec de plus en plus d'acuité pour la ville. Là doivent aussi se trouver les réponses. Les bâtiments à énergie positive montrent la voie. Reste à élargir la question du bâtiment au quartier et du quartier à la ville.**

## Pourquoi la question énergétique est-elle au cœur de la problématique des villes aujourd'hui ?

Nous faisons face à une mutation sans précédent. Le monde dans lequel nous vivons est devenu un monde urbain, plus de la moitié de la population mondiale se presse dans des villes. Ils seront bientôt 70 % !

Quatre-vingts pour cent à 90 % des Européens sont des urbains. La ville consommant beaucoup plus d'énergie que le monde rural, nous assistons à une explosion de la demande mondiale d'énergie, encore aggravée par la tendance des pays émergents à reproduire nos modes de vie énergivores.

L'état actuel de nos énergies, fossiles, renouvelables, nucléaires ne suffit pas à satisfaire cette demande insatiable. Il nous faut donc la REDUIRE impérativement. Le scénario Négawatt associant sobriété, transition et innovation technique représente une solution, de même que le mix énergétique avec une priorité accordée aux énergies décarbonées et une augmentation significative de la part des énergies renouvelables dans tous les aménagements urbains.

Cette situation nous impacte particulièrement dans le bâtiment car nous sommes au cœur de la ville, et la ville est au cœur de cette problématique. Si nous continuons sur cette tendance, nous allons consommer six fois la planète chaque année. C'est une impasse !



## La construction à énergie positive n'est-elle pourtant pas maîtrisée depuis longtemps ?

Bien sûr ! Le bâtiment s'est lancé il y a quelques années avec la RT 2012 dans des constructions à énergie positive. Le bâtiment à énergie positive deviendra la norme pour toute construction neuve en 2020. La solution à ce problème de demande d'énergie a donc été esquissée et, du coup, le bâtiment qui incarnait ce problème de consommation devient une solution en devenant lieu de production d'énergie.

## Le bâtiment à énergie positive ne va-t-il pas résoudre tous les problèmes énergétiques de la ville ?

Non, le bâtiment devient à énergie positive, mais tous les problèmes ne sont pas réglés pour autant, notamment celui des transports pour aller d'un bâtiment à un autre et celui, plus global, de l'organisation de la ville. Néanmoins, si nous sommes exemplaires sur le sujet du bâtiment, nous pouvons accélérer la prise de conscience sur les autres sujets. Nous ne parviendrons pas, dans l'immédiat, à rendre tous les bâtiments à énergie positive, c'est une évidence ! Nous devons partager les performances et les investissements entre des bâtiments d'un même îlot, d'un même quartier. Le quartier se transformera en un espace de foisonnement énergétique, que ce soit pour la consommation électrique via des *smart grids*, ou pour les calories qui seront partagées dans des réseaux de chaleur. Le principe de solidarité intervient alors comme mode opératoire pour optimiser ces productions d'électricité et partager les usages. La solidarité entre les bâtiments, les neufs et ceux du parc existant. La solidarité entre les fonctions de bureaux de logement, de services. La solidarité entre les populations deviendra mode de vie.

**« Cette ville durable s'appuie sur un mouvement très fort vers plus d'autonomie, de liberté de choix pour chacun »**

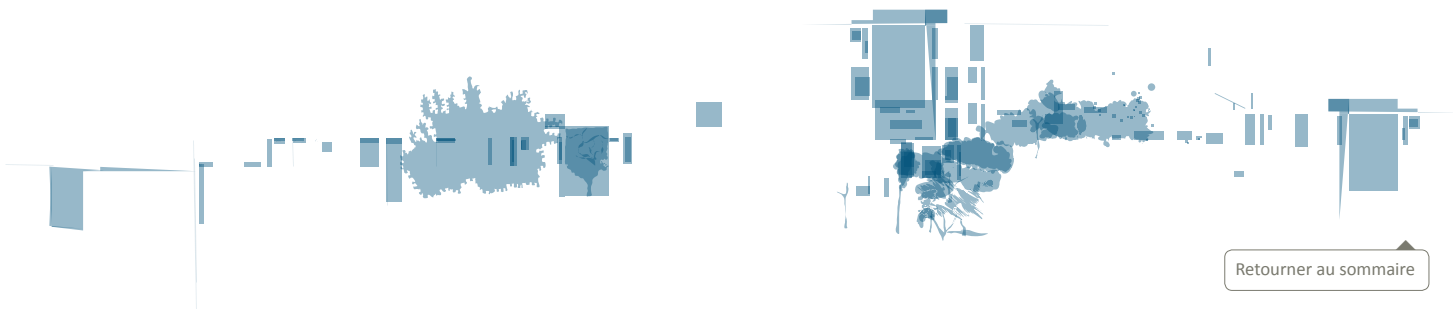
## Le quartier serait donc l'échelle idéale pour appréhender la question énergétique ?

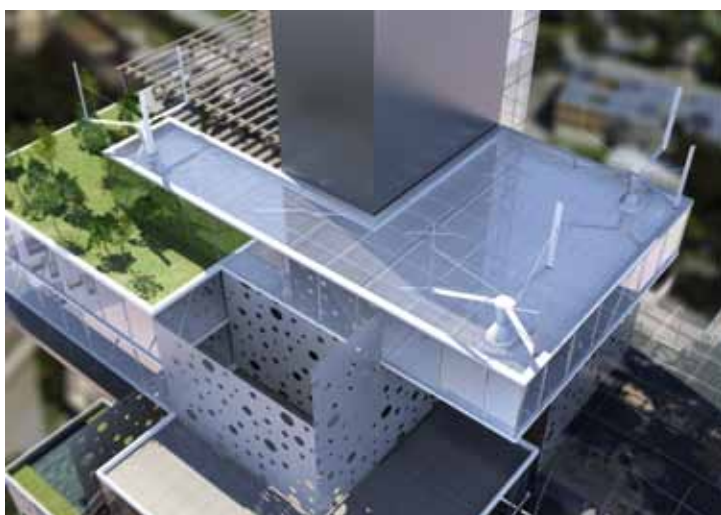
Toutes les échelles sont pertinentes, celle du bâtiment, bien sûr, mais le quartier concentre la recherche de toutes les solutions. Le réseau de quartier intelligent, que ce soit pour la production d'énergie ou ses usages, est un cadre de raisonnement également valable pour la gestion de l'eau, l'utilisation circulaire de certains matières et matériaux, voire pour certaines productions alimentaires. Je n'oublie pas le transport puisque le quartier, l'îlot urbain densifié, est l'endroit des dessertes, de l'interconnexion, de la multimodalité pour diminuer l'usage des véhicules individuels. J'insiste sur l'énergie positive comme point de départ de cette révolution dans la ville et la capacité de chacun à devenir son propre producteur d'énergie.

## Ne sommes-nous pas ici dans une certaine forme d'utopie ?

Eh bien, j'assume cette part d'utopie. Cette ville durable ou ces modes de vie durables ici exposés s'appuient sur un mouvement très fort vers plus d'autonomie, de liberté de choix pour chacun. Les habitants des villes sont devenus des producteurs d'énergie, ils maîtrisent leurs usages. Nous évoluerons dans cette société de cycles courts de production et de consommation et nous redécouvrirons alors de nouveaux circuits de services, relevant ou non de la sphère marchande. Le bâtiment aura été au cœur de cette révolution urbaine, comme nous le constatons dans l'écoquartier de Bonne, à Grenoble.

Nous déroulons ainsi un projet de ville, une organisation de la société différente. Chacun redécouvre la communauté, le vivre ensemble par l'échange de produits et de services. Ce n'est plus un monde où l'on ne maîtrise rien, c'est un espace de liberté créé et amplifié collectivement, c'est une possibilité de changement, saisissons-la !





Les grandes éoliennes et les  
microéoliennes de Phosphore 1  
et 2 à Marseille ©Buffi Associés  
- Eiffage - 3°Oeil ©EIFFAGE  
Direction du Développement  
Durable / 3e-œil.com studio /  
Pierre Gautier architecture

# SOLIDARITÉ ÉNERGÉTIQUE / LE BOUQUET ÉNERGÉTIQUE EN PRATIQUE : 2 EXEMPLES

À Marseille, le bouquet énergétique bénéficie des éléments dominants du site : le vent, le soleil et la mer. Le mistral est exploité par des microéoliennes urbaines, tandis que de grandes éoliennes sont déportées en front de mer. Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques captent l'énergie solaire tandis que des pompes à chaleurs réversibles exploitent l'inertie thermique de l'eau de mer pompée en profondeur. La production de biogaz par fermentation des effluents organiques et les chaudières biomasse complètent le bouquet pour alimenter l'écoquartier en chaleur, en froid et en électricité.

**L**e principe de l'éolien repose sur la conversion de l'énergie tirée du vent en énergie mécanique ou en électricité. La gratuité, le potentiel énergétique et le caractère illimité du mistral constituent les points forts de cette ressource particulièrement intéressante à Marseille.

Le recours au microéolien urbain, positionné en points hauts sur les toitures des bâtiments, permet de limiter les pertes en ligne par une production très décentralisée de l'énergie, au niveau de tension le plus pertinent. Le recours au grand éolien permet quant à lui de générer des grandes quantités d'énergie, mais son positionnement est en revanche conditionné par l'exposition du site au vent et par l'espace disponible.

**L**'exploitation du soleil repose sur la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique ou en électricité. Comme pour l'éolien, la gratuité et le potentiel de cette source d'énergie en sont les atouts principaux. Si l'utilisation de cette énergie nécessite à la fois de grandes surfaces et un degré d'exposition suffisant du site, le cas de Marseille est justement très favorable compte tenu du taux d'ensoleillement annuel d'environ 3 060 heures, soit 127 jours d'ensoleillement en 2011.

**L**e principe du free-cooling par pompage d'eau de mer consiste à utiliser l'eau de mer comme source directe de chaud ou de froid suivant les saisons et les besoins du site. Cette technologie permet de tempérer un réseau général de distribution d'énergie thermique en accédant, via des échangeurs, à des eaux profondes à une température quasi-constante toute l'année de 13°C à Marseille. Elle permet bien sûr d'éviter les systèmes de climatisation classiques générateurs de gaz à effet de serre.

**E**nfin, le recours à la biomasse s'opère grâce à l'énergie dégagée par la combustion du bois dans une chaudière appropriée et peut être utilisée pour produire chaleur, froid et électricité. L'abondance et la répartition géographique relativement homogène de la forêt sur le territoire français, ainsi que son bilan neutre en émissions de gaz à effet de serre, plaident largement pour cette ressource renouvelable. Pour autant, les conditions d'exploitation et d'acheminement du bois doivent impérativement faire l'objet d'un schéma raisonné au cas par cas.

L'association de toutes ces ressources compose un « bus énergétique » décarboné qui produit les 130 GWh par an nécessaires pour alimenter l'écoquartier. En émettant moins de 3 400 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par an dans l'atmosphère, ce bouquet énergétique permet de réduire l'empreinte carbone des bâtiments de près de 94 % par rapport à un scénario énergétique conventionnel.





# C'EST MAINTENANT LE CHAUFFAGE ET LA CLIMATISATION À L'EAU DE MER

En réponse aux besoins de climatisation et de chauffage des bâtiments à proximité du littoral, Crystal, filiale intégrée au groupe Eiffage, a développé une technologie performante qui exploite les qualités d'inertie thermique de l'eau de mer. Plus chaude que l'air ambiant en hiver et plus fraîche en été, l'eau de mer permet en effet d'atteindre une performance trois fois supérieure à l'air en chauffage comme en climatisation.

Dès 1998, Crystal expérimentait cette solution écologique en réalisant le premier réseau d'échange thermodynamique sur eau de mer pour le Grimaldi Forum de Monaco. Cette installation puise l'eau de mer à 15 mètres de profondeur avec un débit de 1 250 m<sup>3</sup>/h et assure ainsi la régulation thermique des 70 000 m<sup>2</sup> de ce Centre de congrès et de culture.

L'exemple monégasque a convaincu en 2007 la municipalité de La Seyne-sur-Mer de réaliser un système similaire à l'échelle d'un quartier. Ce réseau urbain de 1 100 mètres linéaires est dimensionné pour subvenir aux besoins de chauffage et de climatisation de bâtiments tertiaires comme de résidences individuelles, construits sur le site des anciens chantiers navals, soit plus de 54 000 m<sup>2</sup> de locaux publics et privés. À la mise en service, le potentiel d'économie d'énergie correspondant atteignait 5 456 000 kWh par an.

Dans le respect de l'analyse systémique des impacts éventuels, l'activité de pompage de l'eau de mer ne produit aucune pollution chimique, biologique ou métallique : les matériaux inoxydables constitutifs



© photothèque Crystal

du réseau de La Seyne-sur-Mer ont été choisis pour répondre à la fois aux contraintes techniques et aux exigences de totale éco-compatibilité avec le milieu marin. Contrairement aux climatiseurs électriques qui sont souvent peu esthétiques, les canalisations et locaux techniques sont enterrés.

Ainsi, l'investissement initial représente un bénéfice net à la fois pour les utilisateurs, dont la facture énergétique est réduite jusqu'à 50 %, comme pour l'environnement.



Si le relief autour de l'agglomération de Grenoble rend l'exposition solaire et les vents turbulents moins propices à la production d'énergie, les ressources hydrauliques et forestières des massifs environnants sont en revanche très attractives. Le bouquet énergétique proposé s'appuie donc sur la complémentarité entre productions hydroélectrique et photovoltaïque, la biomasse fournie par le bois local et la production de biométhane.

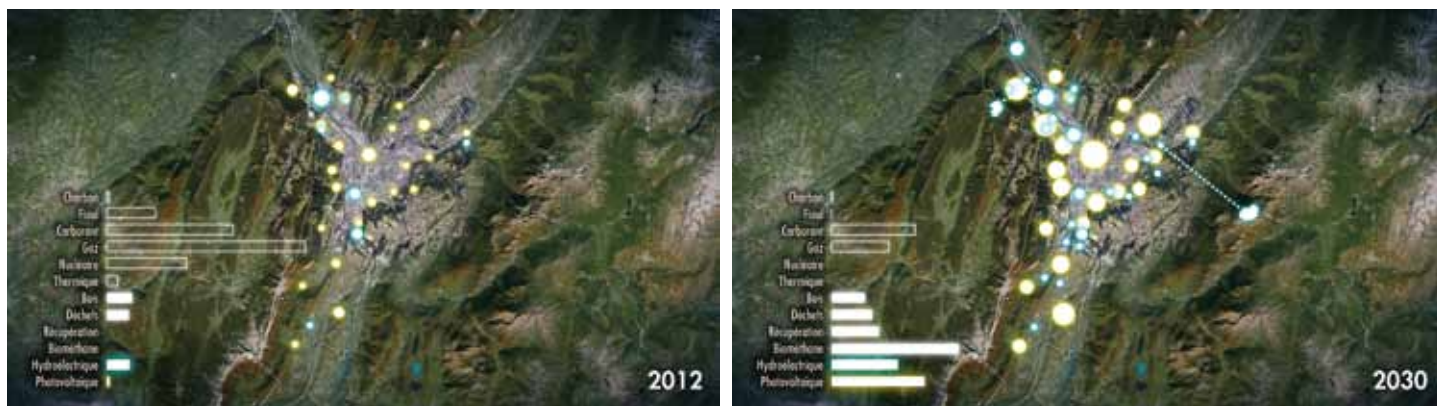
**D**ensifier l'équipement des cours d'eau permet d'optimiser la production d'électricité d'origine hydraulique. La modernisation des installations anciennes s'accompagne de la construction de nouvelles micro-centrales sur les réservoirs d'eau potable situés en hauteur. Cet apport hydroélectrique est complété par la production d'appoint des panneaux photovoltaïques intégrés aux bâtiments, mais également aux infrastructures, avec la couverture partielle des autoroutes.

**L**es massifs forestiers de la région sont également mis à contribution pour approvisionner l'agglomération. La gestion durable des forêts en garantit le caractère renouvelable. Le bois-énergie n'est ainsi issu que des co ou sous-produits non valorisables en matière, et alimente le réseau de chaleur via les centrales thermiques reconverties à la biomasse. Cette solution, préférée au chauffage individuel, trop polluant pour l'atmosphère confinée de Grenoble, permet de rationaliser le transport des plaquettes bois, d'optimiser le rendement de combustion et de garantir un traitement plus performant des fumées.

**S**i, à l'horizon 2030, les perspectives d'amélioration énergétique du bâti et des équipements promettent une réduction importante des besoins, ces hypothèses ne s'appliquent cependant pas aux processus industriels, pour lesquels les investissements sont à une autre échelle. Pour répondre aux besoins inévitables de gaz, les déchets organiques issus de l'agriculture et de l'épuration des eaux usées sont valorisés par biométhanisation. De plus, la chaleur résiduelle des activités industrielles, provenant surtout du refroidissement, est renvoyée sur le réseau de chaleur.

**P**ar ailleurs, la production d'énergie de sources renouvelables, qui est discontinue et aléatoire, ne coïncide pas toujours avec les besoins immédiats, surtout le soir et l'hiver, lorsque le soleil faiblit et que la demande augmente. L'intermittence de la production et la recherche d'adéquation avec les pics de consommation appelle donc des solutions de stockage journalier et intersaisonnier. Parmi les options explorées – mobilisation des batteries des véhicules électriques stationnés, stockage d'eau chaude de longue durée et accumulation d'énergie potentielle ou cinétique – cette dernière fait la particularité du cas de l'agglomération de Grenoble. Plusieurs lacs d'altitude sont alors appelés en renfort et permettent alternativement, grâce à des stations de pompage-turbinage, de stocker et de restituer l'électricité.

**À** l'horizon 2030, la réduction des besoins à hauteur de 40 % et le bouquet énergétique constitué à 75 % d'énergies renouvelables permettent de réduire de 70 % les émissions de gaz à effet de serre de l'agglomération.



Le bouquet énergétique de l'agglomération de Grenoble en 2012 et en 2030 dans Phosphore 4 ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



La Maison du Bâtiment et la Ruche de Phosphore 3 à Strasbourg  
©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture



# SOLIDARITÉ ÉNERGÉTIQUE / LE BÂTIMENT, SUPPORT DE PRODUCTION ÉNERGÉTIQUE SOLIDAIRE ?

La construction et le fonctionnement des bâtiments recèlent des gisements considérables d'économies d'énergie et de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, tout comme l'usage qu'en font leurs occupants. Phosphore place donc la sobriété au cœur de ses réflexions : la priorité est systématiquement donnée à la réduction des besoins grâce à l'architecture bioclimatique et au traitement exigeant de l'enveloppe. Ensuite, le bâti est aménagé pour devenir support de production décentralisée d'énergies renouvelables et subvenir à ses propres besoins, voire aux besoins de bâtiments dont le potentiel de rénovation est épuisé.

Avec un taux de renouvellement du parc immobilier inférieur à 1 % par an, la construction neuve ne saurait, à elle seule, infléchir la courbe des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre imputables à l'habitat et au tertiaire. La rénovation énergétique du parc existant appelle donc à la fois un plan d'urgence et une action prolongée, dans un contexte français d'offre de logements déjà insuffisante.

En premier lieu, l'exercice de rénovation virtuelle engagé par Phosphore a trouvé un terrain d'expérimentation à Strasbourg sur la [Maison du Bâtiment](#), un immeuble de 48 mètres de hauteur représentatif de l'architecture et des techniques constructives des années 60. Le traitement différencié « high-tech » des façades fait partie intégrante de la régulation climatique du bâtiment, et leur nouveau potentiel énergétique constitue l'un des critères de la programmation. Ainsi, les façades sud et ouest, bénéficiant d'une bonne exposition, accueillent activités tertiaires, sportives, services publics et restaurants, ainsi que des logements. Au sud, des ombrières dynamiques génèrent de l'énergie par capteurs photovoltaïques et thermiques tout en protégeant les occupants d'une exposition trop intense. En façade ouest, un écran tempéré permet de rafraîchir et de capter l'énergie solaire par circulation d'eau de la nappe phréatique au niveau des allèges. Un hôtel de standing occupe la partie nord-est.

Tous les besoins énergétiques propres à l'exploitation de la [Maison du Bâtiment](#) sont restreints au maximum et sont couverts par autoproduction. Les besoins électriques sont réduits grâce à l'alimentation directe des appareils basse tension et de l'éclairage à Leds, tandis qu'un [intérieur intelligent interactif](#) (p. 91) interrompt automatiquement les consommations inutiles à l'échelle de chaque pièce. Toutefois, en connaissance de l'influence des habitudes des occupants sur la consommation totale, le système ne se substitue pas complètement à leur action. Il leur laisse la possibilité d'intervenir par eux-mêmes en les guidant par des alertes et des conseils personnalisés vers une utilisation vertueuse des ressources du bâtiment.

Chaque bâtiment, selon sa destination, ses caractéristiques techniques et son implantation, possède cependant un profil énergétique différent, qui limite son potentiel de rénovation. La majorité du bâti existant et même certaines constructions neuves – mal situées ou soumises à des contraintes architecturales ou programmatiques fortes – seront toujours débiteurs en énergie. Phosphore a donc opté pour une démarche systémique de [Solidarité énergétique](#)<sup>®</sup> et en a imaginé différentes applications. Les bâtiments neufs ultra-performants « méritent » le droit d'être construits, c'est-à-dire de consommer du foncier urbain et des ressources, en jouant le rôle de centrales d'énergies renouvelables de proximité, non seulement pour eux-mêmes, mais aussi au profit de bâtiments voisins moins favorisés. Ainsi, la [Maison du Bâtiment](#) échange chaleur et électricité avec le bâtiment neuf appelé la [Ruche](#) pour optimiser les consommations et productions énergétiques instantanées de la place de Haguenau.





La deuxième approche, dite « low-tech », a quant à elle opté pour le terrain d'expérimentation virtuelle du bâtiment des **Restos du Cœur**, dans le quartier Gare Basse de Strasbourg. Il s'agit d'une construction compacte représentative de l'architecture industrielle du début du 20<sup>e</sup> siècle, qui s'accommode parfaitement d'un traitement plus sobre en technologie et adapté au maintien de sa vocation sociale. En conservant les façades historiques de ce bâtiment patrimonial, Phosphore renouvelle ainsi l'exercice de réhabilitation énergétique, mais en intégrant des contraintes architecturales et programmatiques différentes.

À la fonction initiale de solidarité sociale s'ajoutent des fonctions d'hébergement, de services publics et tertiaires. L'extension neuve qui les abrite supporte des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques au niveau des toitures inclinées au sud ainsi que des lames de verre photovoltaïque disposées sur les façades sud et ouest. C'est ainsi qu'elle comble les besoins résiduels de la partie ancienne du bâtiment.

Avec ces exemples de **Solidarité énergétique**<sup>®</sup> entre un bâtiment amené à un optimum de rénovation et son extension neuve productrice d'énergie, le laboratoire Phosphore entend montrer qu'il est possible de prolonger la durée de vie de bâtiments hâtivement classés « passoires thermiques » plutôt que de procéder à leur destruction. Dans une logique d'analyse de cycle de vie du bâtiment, ce choix ambitieux permet également d'amortir l'énergie grise correspondant aux dépenses d'énergie et de gaz à effet de serre en phase construction.

Minimiser l'énergie grise du bâti signifie aussi recourir à des matériaux à faible empreinte carbone et réduire les quantités mises en œuvre, ce qui exige un arbitrage technique et environnemental dans le choix des procédés constructifs. Dans le cas du bâtiment des **Restos du Cœur**, une structure mixte béton/bois est privilégiée pour le renforcement de l'ouvrage existant et son extension, tandis que les façades sont réalisées en bois.



Le bâtiment des Restos du Cœur dans Phosphore 3 à Strasbourg  
©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture

# L'ÉNERGIE POSITIVE À L'ÉCHELLE DE L'ÎLOT

La future réglementation thermique 2020 prévoit l'application du concept de bâtiment à énergie positive à tous les bâtiments neufs. Or il n'en existe pas encore de définition consensuelle, l'acceptation selon laquelle il s'agit d'un « bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme » ne suffisant pas à répondre à toutes les questions.

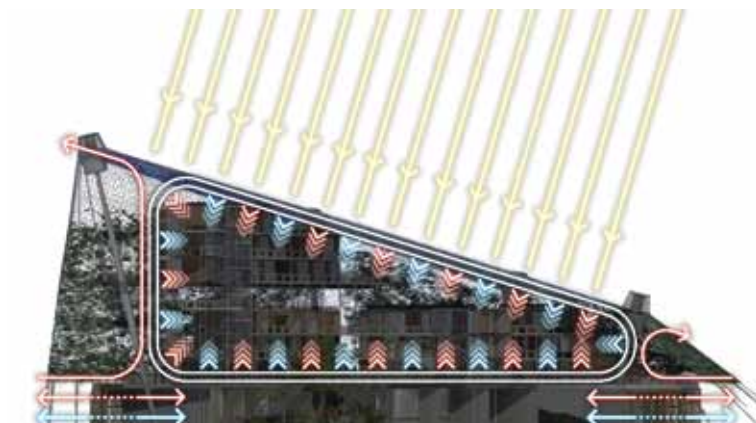
**E**n effet, faut-il prendre en compte la construction du bâtiment et les déplacements de ses occupants pour s'y rendre, ce qui peut représenter jusqu'à la moitié des consommations d'énergie ? Peut-on réellement parler d'autoproduction à l'échelle d'un bâtiment, notamment lorsqu'une source d'énergie renouvelable comme le bois est employée sur le site, mais produite ailleurs ? Quelle est la place des activités et du comportement variable des occupants ?

**L**e périmètre de calcul choisi par le laboratoire Phosphore est ambitieux : en plus des cinq usages de la réglementation thermique – chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires – il inclut les consommations liées aux usages spécifiques du bâtiment. Qu'elles soient dues à son utilisation courante pour ce qui est de la bureautique et de l'audiovisuel ou à une programmation particulière comme un restaurant ou la laverie d'un hôtel, elles peuvent être responsables de 25% des consommations totales. L'énergie grise, les transports et l'impact carbone du bâtiment sont quant à eux pris en compte de manière qualitative.

**C**es postes de consommation sont réduits par les choix d'implantation, de conception architecturale, de procédés constructifs, de matériaux et d'équipements visant prioritairement la sobriété dans une approche de cycle de vie. Ils sont alors couverts – et pas seulement compensés – par l'exploitation du potentiel du bâtiment en énergies renouvelables, si possible sur place en auto-consommation, ou localement à travers l'apport de biomasse, les réseaux thermiques mutualisés, etc.

**E**n vertu du principe de **Solidarité énergétique**<sup>®</sup>, le rôle d'un bâtiment neuf dans Phosphore est non seulement de couvrir les besoins résiduels des bâtiments dont le potentiel de rénovation est épuisé, mais aussi de compenser l'atteinte éventuelle qu'il porte aux capacités énergétiques des bâtiments voisins. En effet, en milieu urbain dense, le concept de bâtiment à énergie positive introduit une forme de concurrence pour l'accès aux ressources – notamment solaires. Face à ce constat, le laboratoire Phosphore a jugé nécessaire d'étendre la notion d'énergie positive à l'échelle de l'îlot, dont l'**îlot passif** de Phosphore 4 est une application au sein de l'agglomération de Grenoble.





L'intérieur et le principe de fonctionnement thermique de l'îlot passif de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble – crédits : EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



**L**e laboratoire Phosphore s'est essayé à l'exercice d'optimisation et d'équilibrage des consommations et des productions énergétiques d'un îlot dit « passif » conçu selon des principes bioclimatiques, virtuellement situé à Domène, commune de l'agglomération de Grenoble.

**L'**inclinaison de la toile photovoltaïque qui donne à l'îlot passif sa forme compacte permet de capter au mieux les apports solaires. Sa composition semi-transparente favorise l'éclairage et l'apport de chaleur naturels tout en limitant le risque d'éblouissement et de surchauffe en été. Son enveloppe végétalisée participe du même compromis. Elle fait office de barrière végétale protégeant les habitations et les circulations extérieures contre les vents dominants froids en hiver tout en renforçant l'attractivité extérieure de l'îlot et en offrant un panorama généreux à ses habitants.

**À** l'intérieur, l'ambiance est tempérée : les façades du rez-de-chaussée construites en pisé<sup>1</sup> forment des espaces respirants, tandis que les niveaux entourés d'une couche isolante étanche fonctionnent en mode passif. Son cœur en pleine terre, planté avec une végétation dense propice à l'évapotranspiration, limite les élévations de température.

Côté programmation, la cohabitation des activités commerciales et artisanales en rez-de-chaussée avec des bureaux et des logements dans les étages favorise l'équilibre et la complémentarité des besoins énergétiques.

**L'**énergie grise a été prise en compte dans l'arbitrage des choix de procédés constructifs et de matériaux. Ainsi, la structure métallique en acier recyclé supporte les planchers à base d'agrégats de béton. Les étages sont constitués de modules préfabriqués, isolés et protégés par le bois issu d'essences locales, dans la veine du Concept Lignum® (p. 96).

---

1 Le pisé est une technique de construction ancienne utilisant de la terre crue comprimée pour l'édification de murs.



# C'EST MAINTENANT DU COLLÈGE AU LABORATOIRE : INNOVATION À TOUS LES ÉTAGES

Eiffage a remporté en juillet 2012 le premier partenariat public-privé conclu dans le cadre du Plan Campus. Les branches Construction et Energie ont travaillé en synergie pour concevoir GreEn-ER, un équipement-phare situé sur la presqu'île scientifique de Grenoble. Ses 21 828 m<sup>2</sup> accueilleront une école d'ingénieurs, une annexe de l'université Joseph-Fourier, le laboratoire en génie électrique G2ELab et la plateforme de formation et d'innovation Predis.

La vocation de l'établissement étant de créer un pôle d'innovation de dimension mondiale sur l'énergie et les ressources renouvelables, et ainsi de favoriser l'émergence d'une filière nationale d'excellence, l'édifice se devait d'être exemplaire en termes de performance énergétique. Les solutions proposées visent l'enveloppe très étanche et peu déperditive, le raccordement du dispositif de chauffage et de rafraîchissement à la future boucle basse température mutualisée pour toute la presqu'île ainsi qu'au recyclage des calories émises par les équipements informatiques, les groupes froid et les eaux usées.

Grâce à ces caractéristiques, le bâtiment atteint la cible BBC<sup>1</sup> avec une consommation d'énergie primaire de 75 kWh par mètre carré et par an, soit 35 % en deçà des exigences de la réglementation thermique 2012. Les étudiants et les chercheurs

pourront également suivre en temps réel les consommations du bâtiment, GreEn-ER étant conçu comme un lieu d'expérimentation où une zone démonstratrice permettra de modifier et de comparer les paramètres de pilotage et le matériel de production de chaud ou de froid, en ajoutant des sondes, des automatismes, etc.

Dans le même esprit, Eiffage a signé en avril 2012 avec le conseil général de Seine-Saint-Denis des contrats de partenariat public-privé pour assurer le financement, la construction, l'exploitation et la maintenance de huit collèges du département. Inspirés de la Haute Qualité de Vie<sup>®</sup> dans leur conception, 80 % des besoins énergétiques de six d'entre eux seront couverts par la géothermie sur champ de sondes par l'intermédiaire de pompes à chaleur. Ils seront également alimentés en eau chaude sanitaire par des panneaux solaires thermiques.

Les deux autres bâtiments vont plus loin avec un objectif « zéro énergie ». En sus du recours à la géothermie, ils seront dotés de panneaux solaires photovoltaïques et d'une centrale de cogénération couvrant les besoins en chaleur et en électricité.

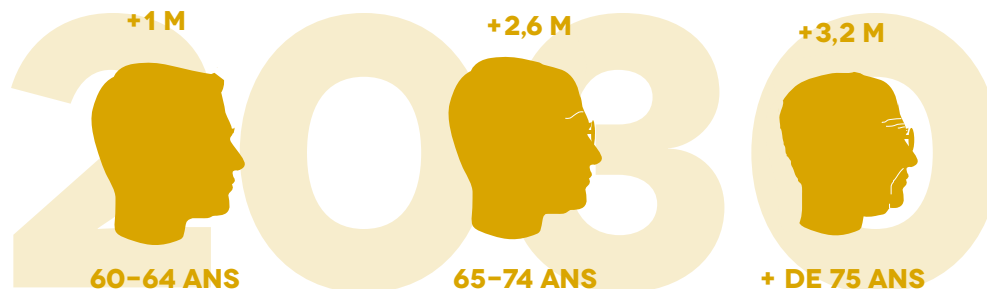
<sup>1</sup> BBC : label Bâtiment basse consommation énergétique d'EFFINERGIE<sup>®</sup>





## LE BOOM DU GRAND ÂGE

L'INSEE prévoit 20 millions de personnes de plus de 60 ans en 2030, soit 29,4% de la population française.



## VIVRE PLUS LONGTEMPS, MAIS VIEILLIR COMMENT ?

Contrairement à l'espérance de vie, qui augmente, l'espérance de vie sans incapacité tend à stagner en Europe. (Eurostat, 2011)



	2004	2007	2010
H	61,5 ANS	62,8 ANS	61,8 ANS
F	64,3 ANS	64,4 ANS	63,5 ANS

## LES FRANÇAIS ET LA FIN DE VIE

Les Français regrettent que l'on meure trop souvent à l'hôpital : 58 % d'entre eux considèrent que le lieu n'est pas adapté à la fin de vie. Ils préféreraient largement finir de vivre chez eux (81 %). (IFOP, 2010)



## ADAPTATION DU LOGEMENT : LE RETARD FRANÇAIS

La proportion des plus de 80 ans bénéficiant d'aménagements spéciaux dans leur résidence est de 45 % aux Pays-Bas, plus de 20 % en Allemagne, au Danemark et en Suède et 18 % seulement en France. (SYNERPA, 2011)





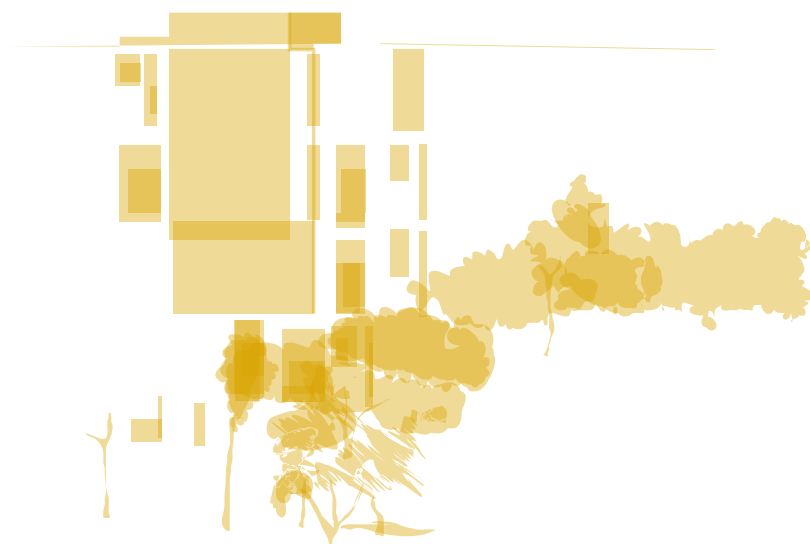
# NOUVEAUX MODES DE VIE NOUVEAUX MODES DE CONSTRUIRE

**L'**attractivité urbaine, et la demande de logements et de services qui en découle, semblent n'avoir jamais été aussi fortes. Elles n'émanent plus seulement de couples qui travaillent en ville et fondent leur famille ; elle est désormais stimulée par des comportements de multi-habitation en lien fréquent avec les exigences professionnelles, ou de décohabitation, soutenus par la divortialité et les parcours personnels non linéaires.

Ces mutations sociologiques de fond, telles que les recompositions familiales, le vieillissement de la population et ses questions connexes – maintien à domicile, traitement de la dépendance – ou encore l'adaptation aux nouveaux standards en matière d'emploi, démontrent que la question du logement ne saurait se réduire à une pénurie d'offre. Elle soulève en effet pour les années à venir des défis relatifs à l'évolutivité des usages, à différentes échelles – logement, bâtiment, îlot – dont les réponses seront essentielles à l'attractivité de la ville durable pour tous.

Cette montée en puissance de nouveaux modes de vie coïncide avec de profondes évolutions dans les modes de construire.

Le besoin omniprésent de maîtrise énergétique, la pénurie de foncier urbain, la préservation des espaces naturels non artificialisés ou encore la rareté annoncée des matériaux : ces pressions influenceront sur toute la chaîne de l'acte de construire, et chaque bâtiment neuf devra « mériter » le droit d'être construit. Ses performances ne devront pas être uniquement d'ordre énergétique. Le bilan environnemental en analyse du cycle de vie, la qualité des services rendus aux usagers en termes d'évolutivité, l'adéquation aux risques naturels tout comme le potentiel de réversibilité du bâtiment, deviendront des critères prégnants qui garantiront sa meilleure insertion dans l'écosystème urbain.



# « La mobilité est notre nouvelle culture »



© J. Viard

Jean Viard, sociologue, est directeur de recherches CNRS au CEVIPOF, le centre de recherches politiques de Sciences-Po. Cet ancien président des groupes de prospective tourisme au commissariat au Plan et à la DATAR vient de publier *Nouveau portrait de la France, la société des modes de vie* aux éditions de l'Aube, 2012.

**Allongement de l'espérance de vie, nouvelle répartition entre travail et loisir, mobilité, etc. La réflexion sur l'utilisation de l'espace, rappelle le sociologue Jean Viard, questionne également sur les nouveaux usages du temps.**

82



## Comment les modes de vie façonnent-ils la ville aujourd'hui ?

Comprendre la ville exige aujourd'hui d'analyser le temps plus que l'espace. Nous avons gagné 40 % de vie au 20<sup>e</sup> siècle, ouvrant à la civilisation des vies complètes dont parlait Jean Fourastié. Nous travaillons désormais 10 à 12 % de cette vie, environ 63 000 sur 700 000 heures de vie. Au début du 20<sup>e</sup> siècle on travaillait 200 000 heures pour une vie de 500 000 heures. Là est le grand changement des sociétés modernes. Les projections d'espérance de vie nous conduisent à espérer encore un gain de 100 000 h (11 années) par génération. Et, plus la vie est longue, plus nous vivrons des séquences courtes – d'habitat, de loisir, de vie privée –, car nous pouvons en permanence « retenter notre chance »... et plus nous sommes mobiles. Cela veut dire une chose simple : la ville et la société structurées jusqu'au 20<sup>e</sup> siècle par le travail, ses valeurs, ses hiérarchies... sont aujourd'hui coproduites par le travail et le temps libre.

## A quoi affecte-t-on ce temps libre ?

Le temps libre est celui des mobilités physiques et sociales, des loisirs, des vacances, de la connaissance, de la vie privée et amoureuse. La nature du lien social change radicalement. Auparavant connecté à la production, il donnait lieu à une hiérarchie au travail qui induisait une hiérarchie de la famille, du politique et des espaces : les individus habitaient près de leur lieu de travail, les quartiers ou les villages étaient alors homogènes. Le grand bouleversement est ce changement de paradigme des usages du temps. Appliqué à l'aménagement urbain, c'est la qualité de la mise en scène du territoire – Metz avec le Centre Pompidou, Lens avec le Louvre – qui le rend attractif et attire les populations et les entreprises. Il faut désormais penser la ville par sa qualité de vie et ensuite se demander comment y faire produire de la richesse. Le *soft* attire le *hard* !



### Comment cette qualité de vie se traduit-elle dans le modèle urbain ?

Le temps libre n'est pas un temps où nous ne faisons rien : nous construisons du lien social, de la compétence professionnelle. Chacun régénère sa créativité, chacun stocke de la connaissance. La modernité de la ville a longtemps été le modèle Haussmann, qui articule le travail avec l'apprentissage, les études, la respiration dans les parcs et jardins, la vie culturelle. Nous avons ensuite construit la ville soumise à l'automobile. Caractérisée par l'étalement urbain, les grands parkings, les supermarchés, elle consomme de l'espace et est profondément anti-écologique. Ce modèle a aujourd'hui peu d'avenir sauf à s'y déplacer peu. Aujourd'hui, nous vivons la fusion du modèle haussmannien et du Club Med ! La ville idéale fonctionne comme au temps d'Haussmann – j'emmène les enfants à l'école, je vais à mon bureau, je circule en transport collectif – et, simultanément, j'y vis comme au Club Med ! Je me baigne, je fais du vélo, je me repose au bord d'un canal ou sur une terrasse, je consomme mon temps de loisir.

**« Aujourd'hui, nous vivons la fusion du modèle haussmannien et du Club Med ! »**

### Quel est l'impact de l'allongement de la durée de vie sur la ville ?

En moyenne, nous sommes grands-parents à 53 ans et perdons nos parents à 63 ans. Cette société « quatre générations » donne lieu à une période surchargée entre ces deux âges où nous nous occupons à la fois de nos petits-enfants et de nos parents en fin de vie. Nous n'avons pas encore réfléchi aux nouveaux besoins de spatialité de cette famille-là, son besoin de proximité pour la solidarité. Et nous vivons une époque où les retraités deviennent aussi des êtres mobiles : 48 % d'entre eux rêvent de déménager. Ils associent retraite et vacances longues, et rêvent de s'installer au pays des vacances ou au pays de leur origine. Le retraité devient un migrateur et une source de développement économique considérable pour les territoires : un couple de retraités crée quasiment un emploi. Il devient plus facile d'héberger 1 000 retraités que de créer 500 emplois industriels.

### Quel est l'espace des retraités en fin de vie ?

Si le cœur de la ville est le temps libre, le cœur du temps libre, c'est le logement et la famille. Nous n'avons pas repensé cette société quatre générations forte de tous ses anciens. Ni le projet de vie des retraites. Avec un revenu moyen de 1 000 euros, les retraités, surtout les femmes, ne peuvent pas accéder à une maison de retraite. Nous n'avons pas inventé d'espace pour eux. Il y a bien quelques expérimentations en cours, des formes communautaires ou des modalités intrafamiliales, mais à la marge. C'est un des grands champs d'innovation de nos sociétés pour ces prochaines années.

### Vous évoquez les mobilités : quelles formes prennent-elles au cours de la vie ?

Repartons de quelques chiffres très symboliques : 2,3 milliards d'individus sont connectés à Internet par leur téléphone portable. Nous venons de passer le cap du milliard d'individus ayant traversé une frontière l'an dernier. Nous sommes dans une ère d'hyper-mobilité et de l'hyper-accélération et nous ne faisons qu'y entrer !

À notre échelle, nous parcourons en Europe chaque jour 45 km – 70 km aux États-Unis – contre 5 km dans les années 50 : 15 km pour le travail, 15 km pour les loisirs et le dernier tiers pour la quotidienneté. Plus les gens circulent sur internet, plus ils sont mobiles eux-mêmes, plus l'idée même de circulation devient banale. La bataille de la mobilité devant nous est double. D'une part, elle est de démocratiser ce stock de kilomètres parcourus. D'autre part, nous devons diminuer les déplacements non obligatoires par des politiques de proximité. Mais comprenons que la mobilité est notre nouvelle culture comme hier, la sédentarité. Il faut la démocratiser et la rendre plus écologique, mais elle fonde le monde moderne.







# NOUVEAUX MODES DE VIE ET DE CONSTRUIRE / MIXITÉ ET ÉVOLUTIVITÉ FONCTIONNELLES

Les évolutions démographiques et les mutations des modes de vie modifient en profondeur les besoins en matière résidentielle à l'horizon 2030. L'allongement de la durée de la vie, une amélioration en soi, a aussi des conséquences « mécaniques » sur le logement, telles qu'une fréquente sous-occupation ou la rotation ralentie de la transmission patrimoniale. La perte d'autonomie, qu'elle soit motrice ou cognitive, engendre des besoins d'hébergement spécialisé que les seuls établissements dédiés ne pourront satisfaire. Les mutations de mode de vie, depuis la cellule familiale à géométrie variable au désir de bi-résidence, contribuent eux aussi à la pression immobilière tandis que le télétravail et le nomadisme professionnel changent la donne du tertiaire. Dans un contexte de raréfaction de l'espace disponible et de pénurie des logements, Phosphore tente des réponses en termes de choix programmatiques et de typologies évolutives des bâtiments.

**C**loisonner les fonctions résidentielle, tertiaire ou commerciale, bâtiment par bâtiment et parfois même quartier par quartier, génère un triple constat : une surconsommation énergétique rapportée à l'usage, une sous-utilisation des équipements et une multiplication des déplacements pendulaires.

Dès sa 2<sup>e</sup> session marseillaise, Phosphore propose de réunir ces fonctions au sein de bâtiments hybrides à usage intensifié, inventant des typologies différenciées qui laissent s'exprimer en fonction du contexte des distributions verticales, horizontales ou arborescentes.

**U**ne première typologie organise la mixité autour de patios intérieurs où se croisent les différents usagers, tandis qu'une deuxième interprétation programmatique invite sur un plateau intermédiaire restaurant, équipement sportif ou culturel et services publics. La troisième typologie, dite « arborescente », offre une plus grande flexibilité dans l'évolution de sa forme, que de nouvelles « branches » peuvent enrichir en fonction des besoins. Les continuités urbaines et paysagères sont favorisées par la surélévation du bâtiment, également propice à l'anticipation des risques d'inondation.

**À** l'intérieur, les locaux sont aussi conçus pour être, le cas échéant, requalifiables à moindre coût. Le passage de cette première approche conceptuelle à des principes applicables a nécessité de concilier les différents cadres normatifs d'accessibilité et de sécurité tout en traitant la contrainte architecturale à dimension humaine.



Les logements évolutifs de Phosphore 3 à Strasbourg  
©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture



**P**hosphore ayant posé le principe de la compatibilité dans la durée de chaque construction neuve avec l'évolution des besoins de ses occupants, le concept de bâtiment hybride s'est imposé, donnant naissance à des bâtiments évolutifs jusque dans leur forme.

**I**ngénieurs et architectes du laboratoire ont imaginé des procédés constructifs permettant de faire varier la configuration des espaces en limitant les travaux de gros œuvre et de second œuvre. Ainsi, dans son exercice virtuel basé à Strasbourg, Phosphore 3 imagine sur la place de Haguenau un bâtiment neuf, la **Ruche**, en forme d'hélicoïdes superposées, permettant d'adapter la programmation des blocs intérieurs qu'il est possible de changer. La légèreté des équipements de production d'énergie renouvelable disposés en toiture permet d'envisager l'extension du bâtiment vers le haut.



**L**e principe d'évolutivité est également appliqué à un programme de logements individuels et collectifs du quartier Wacken. Prévu dès la conception, un panel de permis de construire anticipant toutes les configurations possibles autorise l'ajout d'un ou plusieurs modules en toiture et en façade. Les habitants peuvent également faire évoluer leur logement en fonction de leurs besoins grâce à une pièce ou un local supplémentaire, déconnecté ou non du logement principal.

# C'EST MAINTENANT PREMIÈRE OPÉRATION HAUTE QUALITÉ DE VIE®

Eiffage Immobilier Centre Est a remporté en décembre 2011 la première opération immobilière conçue avec le référentiel **Haute Qualité de Vie®** d'Eiffage. Situé sur la zone d'aménagement concerté de la Presqu'île de Grenoble non loin de la future école de l'énergie du futur GreEn-ER, ce projet concerne 140 logements, 344 m<sup>2</sup> d'activités, 210 m<sup>2</sup> de locaux partagés et une crèche.

Au-delà de leur performance énergétique remarquable, au niveau BBC® moins 30 %, tous les logements proposés répondent aux principes d'évolutivité et de réversibilité développés au sein du laboratoire Phosphore afin de répondre concrètement à l'évolution des besoins des habitants tout au long de leur vie.

La disposition intérieure des immeubles de logements permet ainsi de faire évoluer la surface de chaque appartement du T2 au T3, ou du T3 au T4, en adjoignant ou en rétrocédant une pièce « amovible », sans impact phonique ou thermique. Cette pièce peut aussi être indépendante car directement accessible par les parties communes. Par exemple, une personne âgée aura la possibilité d'aménager une pièce attenante à son appartement pour accueillir un étudiant ou une aide à domicile. Cette disposition accompagnera son maintien à domicile en la faisant bénéficier du paiement d'un loyer si elle recourt à la solidarité intergénérationnelle, ou de services d'aide à la personne.

Le futur îlot Cambridge en construction  
par Eiffage ©Christian de Portzamparc  
et Agence Barthémély & Grino

Ce principe de pièce autonome peut répondre à une multitude d'autres besoins : offrir un complément de revenu pour favoriser l'acquisition de l'appartement, adapter la taille du logement au nombre de personnes constituant le foyer – notamment aménager une chambre indépendante pour un jeune adulte ou un étudiant – installer un bureau pour travailler à domicile ou créer un espace partagé entre copropriétaires de l'étage ou de l'immeuble, pour une chambre d'amis, une buanderie, etc.

D'autres dispositions, comme le recours au bois pour l'isolation, les façades et la structure des bâtiments, ou l'installation d'un système d'éclairage intérieur et extérieur à Leds développé par Eiffage Énergie, font de cette opération une « première pierre » expérimentale posée par Eiffage pour la construction de la ville durable post-carbone.





Le quartier en montagne où se trouve l'EHPAD et un logement adapté de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



# NOUVEAUX MODES DE VIE ET DE CONSTRUIRE / CULTIVER LE « BIEN VIEILLIR »

Comment préparer la place d'une population vieillissante dans l'espace urbain par le développement de nouvelles infrastructures et l'adaptation profonde du parc de logements ? Loin d'être exhaustif, le panel des solutions préconisées – adaptation du logement, habitat intergénérationnel et EHPAD du futur – est à considérer en fonction des situations individuelles, en particulier du point de vue de la perte d'autonomie motrice ou cognitive, et de leur évolution dans le temps. Chacune d'entre elles doit donc être envisagée au cas par cas, successivement ou alternativement, durablement ou par intermittence, et à plus forte raison dans le cadre de maladies neurodégénératives.

**E**n aspirant majoritairement à se maintenir à domicile le plus longtemps possible, les personnes âgées expriment le droit à vivre leur vieillissement comme un processus naturel, tout autant que le souhait de poursuivre leur existence sans rupture – sans déracinement lié au départ en hébergement spécialisé ou au retrait dans un lieu vécu comme distancié de l'environnement habituel et des proches.

Au terme de son analyse, le laboratoire Phosphore a retenu trois facteurs essentiels à la qualité de vie des séniors chez eux : l'accès aux commerces de proximité, aux transports en commun et à des espaces publics de qualité.

**À** l'intérieur, le logement adapté est un modèle d'humanisation : volumes facilement aménageables et cloisons déplaçables, qualité des lumières naturelles comme artificielles et couleurs contrastantes pour se repérer aisément dans l'espace et le temps, mobilier multifonction suspendu pour faciliter le nettoyage du sol, sans arêtes vives ni pieds pour sécuriser les déplacements, salle de bains adaptée, etc. Si elles ne participent pas insidieusement à l'isolement, les applications de la domotique et de la robotique sont alors tout à fait légitimes pour soutenir à domicile l'autonomie de la personne âgée.

**L**es programmes d'habitat partagé représentent une deuxième solution : ils visent à articuler les solidarités familiales, mais aussi les aides publiques, autour de la construction d'immeubles accessibles à tous les ménages afin de ne pas exclure les personnes aux revenus modestes. Déjà expérimenté dans plusieurs pays européens, l'habitat partagé intergénérationnel constitue ainsi une formule d'hébergement originale. Elle consiste à mettre en relation des jeunes, très souvent étudiants ou non indépendants économiquement, avec des personnes âgées, en contrepartie de menus services – présence le soir, menus achats et travaux ménagers, partage des repas. En outre, certaines de ces structures donnent à l'hébergeur la possibilité de percevoir un loyer dit modéré.

**P**ar la suite, les personnes hébergées en établissement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) nécessitent soin et attention, mais surtout des rapports humains de qualité. Dans une certaine mesure, le personnel soignant pourrait y consacrer le temps précieux qu'il gagnerait sur les rituels médicaux pour le suivi des paramètres de santé en ayant recours aux technologies de monitoring à distance, donnant une nouvelle dimension bénéfique à ses tournées quotidiennes.





# ACCESSIBILITÉ, CONFORT ET PARTAGE

**Au-delà de la prise en compte des personnes âgées en perte d'autonomie, la démarche inclusive du laboratoire s'adresse à toutes les catégories d'utilisateurs en portant une attention particulière aux handicaps moteurs, sensoriels et cognitifs.**

**L**es services offerts par la ville sont accessibles à l'ensemble des publics. Les réseaux de transport, le mobilier et l'aménagement publics sont adaptés aux personnes à mobilité réduite. Les systèmes de signalétique facilitent le déplacement de tous dans l'espace urbain, quel que soit leur profil cognitif et leurs éventuelles déficiences visuelles ou auditives.

La recherche d'ergonomie occupe une place centrale dans la conception des solutions de Phosphore. Elle s'exerce à l'intérieur des bâtiments, où le bien-être et l'innocuité sont des exigences majeures. La technologie se fait non intrusive, pour contribuer au confort et à la santé des utilisateurs sans les isoler. Ainsi, l'**intérieur intelligent interactif (I<sup>3</sup>)** est un système domotique intégré développé par le laboratoire pour relier les occupants à leur environnement à plusieurs échelles.

**A**u sein du logement, I<sup>3</sup> assure, selon des seuils adaptés aux besoins des occupants, la régulation de l'ambiance hygrothermique, acoustique et lumineuse, notamment en optimisant l'apport de lumière du jour par l'éclairage physiologique. I<sup>3</sup> vérifie la qualité de l'air intérieur et avertit de toute anomalie. En matière de sécurité, il ajoute aux fonctions classiques de détection des intrusions et des incendies la prévention des accidents domestiques.

**À** l'échelle de l'immeuble, I<sup>3</sup> intègre les informations collectives d'ordre technique et de la vie sociale. Enfin, à plus large échelle, I<sup>3</sup> collecte et traite les données de la ville numérique, comme les opportunités d'échange de services avec le voisinage, les conditions de déplacement, les événements culturels en temps réel, ou, plus simplement, les alertes météorologiques.

Dans Phosphore, la technologie est donc mise au service de l'appropriation individuelle et collective des espaces et des services.



# LA RUE NUE®

## Synonyme d'espace partagé et pacifié

Inspirée au laboratoire Phosphore par le concept d'espace partagé à l'essai dans plusieurs villes nord-européennes, la Rue Nue® est une voirie reconquise par le public, ouverte à la diversité des usages comme des usagers. La signalisation routière verticale et la séparation des flux y sont gommées pour laisser place à la coexistence de tous les modes de déplacement. Souvent bornée à son rôle de voirie majoritairement encombrée par la circulation et le stationnement, la rue se pacifie grâce à la vitesse réduite et au regain d'attention rendus nécessaires par la signalétique au sol.

La Rue Nue® est un lieu ouvert, plan, dont le mobilier urbain est amovible. L'espace public dégagé est intégralement accessible à toutes les catégories de personnes qui s'y déplacent dans un contexte moins accidentogène. Désormais, il peut être investi par d'autres activités urbaines, fixes ou itinérantes : terrasses de café, kiosques, événements en plein air et spectacles de rue.

Pour autant, cet espace public d'un nouveau genre n'est pas neutre ou moins appropriable : les Leds du procédé Luciole® (p. 93) incrustées dans le sol de la Rue Nue® assurent une animation lumineuse discrète qui démultiplie les possibilités de programmation. Délivrant en toute innocuité l'intensité strictement nécessaire, ce balisage sobre et évolutif se substitue entièrement à la signalétique classique au bénéfice d'une identification vivante de l'espace public.

Dans la Rue Nue® imaginée à Marseille, les Luciole® qui délimitent une chicane le matin, le temps de l'arrêt autorisé au véhicule, ouvrent ensuite de larges passages pour les enfants à la sortie de l'école, avant de protéger l'espace piétonnier dans l'ambiance festive du soir. A Strasbourg, dans le quartier Gare Basse virtuellement étudié, une vague d'allumage de Luciole® précède le passage de chaque navette sur le tracé interquartiers. Un cadre lumineux signale à l'avance si l'emplacement commun aux livraisons et à la collecte des déchets est réservé, tandis que la démarcation lumineuse des terrasses de café s'adapte en taille et en position à l'affluence du moment.



La Rue Nue® de Phosphore 2 à Marseille ©EIFFAGE Direction du Développement Durable / 3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture



# C'EST MAINTENANT LUCIOLE®

La source lumineuse de la Rue nue®

Développé par Eiffage Travaux Publics et Eiffage Energie, Luciole® est un produit modulaire lumineux né de l'association entre les diodes électroluminescentes (ou Leds) et les matériaux de construction. Ce procédé consiste à pré-câbler et poser sur un guide les modules lumineux avant de les couler dans l'asphalte, un enrobé, une résine ou encore un béton spécial. En évitant d'encastrer les modules a posteriori, la souplesse de mise en œuvre est accrue et la majorité des risques structurels évitée, ce qui améliore la résistance aux contraintes des sites urbains.

Assemblé à la demande, Luciole® permet de produire des éléments lumineux de n'importe quelle forme. Grâce à sa modularité en nombre, couleur, configuration et animation des sources lumineuses, ce procédé offre aux concepteurs, architectes et paysagistes, une solution innovante et économe appropriée à divers usages : aménagement de voirie et de lieux publics, balisage ou signalétique de guidage, sécurisation d'un passage piéton, mise en valeur des façades et des intérieurs.

La pérennité, l'efficacité et la capacité d'intégration au site sont les atouts-phares de ce procédé qui doit beaucoup aux qualités des Leds, nouvelle génération de sources lumineuses fiables, durables et sobres. Le procédé comporte d'autres leviers de réduction de l'impact environnemental :



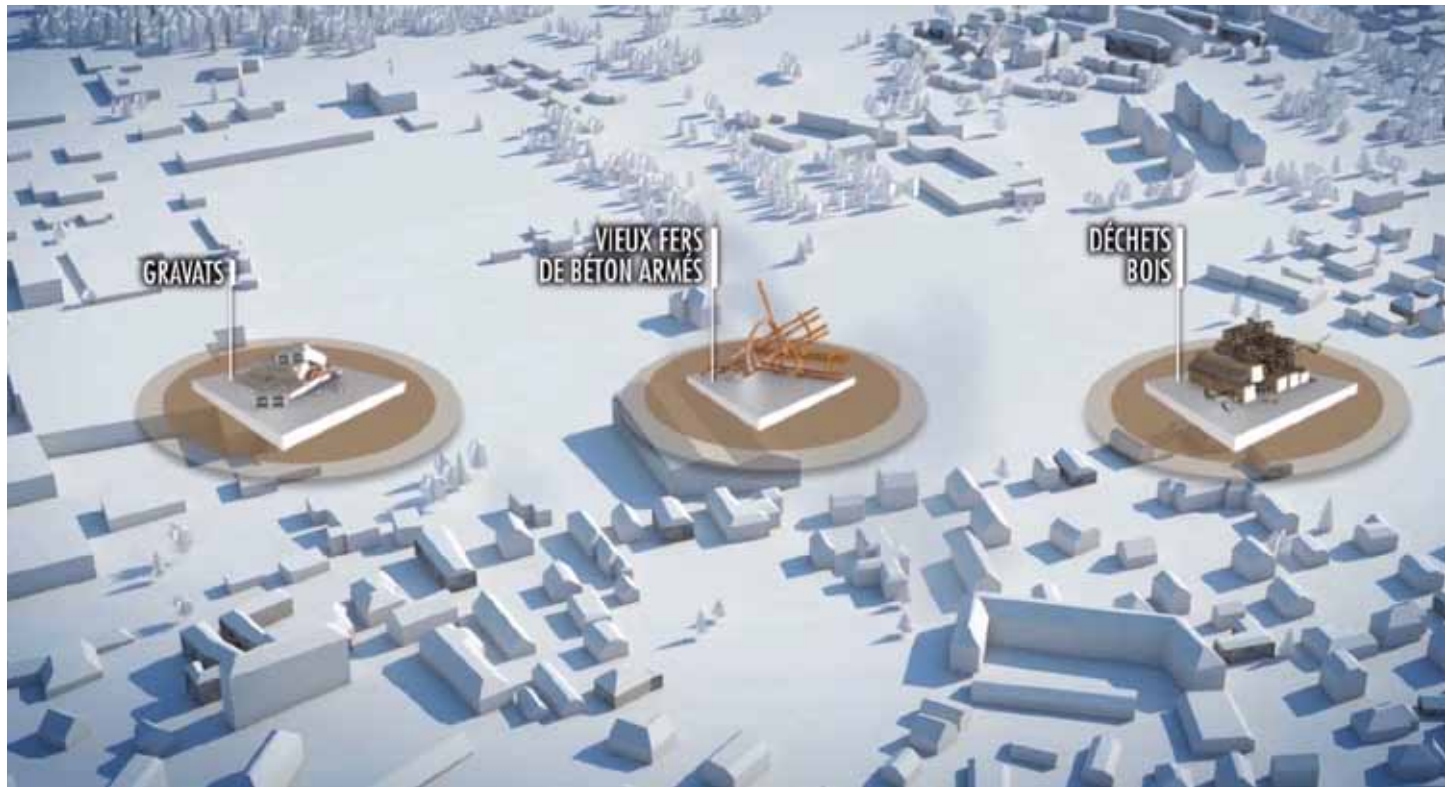
recours à des matériaux de construction recyclés, biosourcés et mis en œuvre à basse température, alimentation par le photovoltaïque ou l'éolien.

Plusieurs applications du procédé Luciole® ont d'ores et déjà vu le jour. Après les essais réalisés sur les sites d'Eiffage, notamment pour matérialiser au sol l'accès du site d'Eiffage Energie à Verquin dans le Nord, le procédé a été mis en fonctionnement pour identifier les deux halls sur la terrasse de la gare Saint-Sauveur dans le cadre du projet culturel Lille 3000.



Les applications du procédé Luciole®  
à Lille et à Verquin  
©Karine MIETTE / TANDEM ©EIFFAGE





Le recyclage en place de Phosphore 4  
dans l'agglomération de Grenoble  
©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture  
et associée / DASSAULT SYSTEMES



# NOUVEAUX MODES DE VIE ET DE CONSTRUIRE / UNE CONSTRUCTION ÉCOCOMPATIBLE AU SERVICE DE LA RÉSILIENCE DE LA VILLE

Face aux conséquences du changement climatique et à la raréfaction des ressources naturelles, Phosphore explore de nouveaux procédés constructifs conciliables avec des contraintes environnementales de plus en plus prégnantes. Il met ainsi l'écocompatibilité des matériaux et des modes de construction au service de la capacité des villes à s'adapter aux risques naturels et à retrouver un fonctionnement normal rapidement et à moindre coût. Ainsi, au même titre que la prévention des catastrophes naturelles ou industrielles, la réduction de l'empreinte écologique des activités du secteur participe à la résilience urbaine en anticipant la transition vers un avenir post-carbone.

**U**ne ville peut-elle prétendre être durable sans être « réversible » ?

Toute portion de sol artificialisé dont la valeur foncière et écologique a été dégradée par un passé industriel ou commercial doit pouvoir retrouver une valeur fonctionnelle ou naturelle après dépollution. Lorsqu'il est possible de s'affranchir des techniques traditionnelles de dépollution des terres in ou ex situ, le sol des friches urbaines peut être réhabilité par phytodépollution en utilisant le pouvoir de fixation de certaines substances toxiques par les plantes.

Pour aller plus loin dans la réduction de l'empreinte écologique du renouvellement urbain, Phosphore propose d'articuler la déconstruction sélective des bâtiments en fin de vie et la reconstruction. Ainsi, la réduction de l'énergie grise des ouvrages, la limitation des émissions de gaz à effet de serre liées au transport et à la pression – locale ou délocalisée – exercée par les activités extractrices sur les milieux naturels, constituent les composantes d'un mode de construire plus sobre. Les déchets inertes – gravats, agrégats de béton, fraisats d'enrobés – et de bois sont ainsi triés, traités, puis valorisés en place. Au gisement important que représente le recyclage des matériaux du bâtiment et des travaux publics s'ajoutent les matériaux bas carbone, biosourcés ou nécessitant un apport d'énergie modéré pour être fabriqués et mis en œuvre, comme le pisé ou le bois.

**L**a 4<sup>e</sup> session du laboratoire Phosphore a approfondi la recherche de solutions de résilience face à l'occurrence très plausible d'ici à 2030 d'aléas climatiques plus violents, conséquences du changement climatique. Pour faire face au risque d'inondation, Phosphore conçoit des équipements urbains capables, non pas de résister, mais de s'adapter en cas de crues importantes : plutôt que de multiplier les protections contre la montée des eaux, la construction sur pilotis et sur plateformes flottantes est donc privilégiée. Le recours à ces procédés présente l'avantage supplémentaire de gagner des surfaces habitables dans les zones fréquemment inondées et impropres à la culture, mais aussi de conserver les fonctionnalités naturelles du sol comme support de biodiversité au service de l'intégration écologique des bâtiments et ouvrages.

**E**n outre, des équipements structurants, telles que les halles universelles, sont conçus pour fonctionner en « mode dégradé » en cas de situation de crise survenue à la suite d'événements naturels, technologiques ou sanitaires majeurs. Le cas échéant, elles sont aptes à recentrer leurs moyens matériels et leurs ressources énergétiques pour assurer des fonctions logistiques et de communication de base, ainsi que pour procurer aux populations impactées des conditions d'hébergement d'urgence sécurisées.



**En réponse à la raréfaction et au renchérissement des ressources minérales et fossiles, le recours à la biomasse représente une alternative durable pour l'approvisionnement en matériaux de construction et en combustible.**

Dans l'agglomération de Grenoble, Phosphore 4 s'intéresse au potentiel de la filière bois locale, tout en ayant conscience des questions liées au morcellement de la propriété forestière et à la forte déclivité des boisements. L'ensemble des maillons de la chaîne d'approvisionnement régional est imaginé à l'aune d'une gestion raisonnée en lien avec les principes de l'économie circulaire : coopératives de propriétaires forestiers, méthodes d'exploitation facilitées par le transport par câble, plateformes de séchage mutualisées, usines de première et seconde transformation à proximité. La destination du bois récolté dépend de sa qualité, le bois d'œuvre puis les usages industriels étant prioritaires sur le bois-énergie.

Côté construction, le bois contribue à neutraliser l'empreinte carbone des bâtiments de Phosphore : que ce soit en structure et en façade comme pour le bâtiment des **Restos du Cœur** à Strasbourg, ou en isolation, cloison et revêtement de sol des modules **Concept Lignum®** pour l'**îlot passif** dans l'exercice grenoblois. La préfabrication industrialisée de composants en bois permet de maîtriser la réalisation des chantiers dans des délais courts ou sous contraintes d'intempéries.

Côté énergie, le bois représente à l'horizon 2030 une composante indispensable des bouquets énergétiques. Aisément stockable, le bois-énergie est mobilisable tout au long de l'année. Il permet de combler les besoins résiduels de chaleur, d'électricité, voire de froid grâce à la co- et à la trigénération possibles dans les centrales de biomasse, capables de garantir un traitement industriel des fumées de combustion limitant les rejets de composés organiques volatils (COV).

Enfin, les dérivés pétrochimiques sont remplacés par des produits de la chimie verte. Il en est ainsi du bois liquide, une innovation née au début des années 2000, qui devient en 2030 une solution courante, biodégradable et recyclable, entrant dans la composition du mobilier urbain en lieu et place des matières plastiques. De même le **BIOPHALT®**, breveté par Eiffage Travaux Publics, est un liant végétal substitut du bitume, obtenu à partir de sous-produits de l'industrie papetière et utilisé en revêtement de l'**Urbanbridge®**. Fibres végétales, résines et peintures naturelles constituent autant d'autres produits biosourcés avec lesquels Phosphore envisage l'éco-construction de la ville de demain.



Les modules Lignum® de l'îlot passif de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



# C'EST MAINTENANT CONCEPT LIGNUM®

De la recherche virtuelle au brevet industriel, Eiffage Construction a imaginé une nouvelle gamme de produits semi-industrialisés en bois, nommée Concept Lignum®, répondant aux besoins identifiés par Phosphore de logements évolutifs et modulaires au sein de bâtiments parfaitement réversibles à faible empreinte carbone.

Conjuguant les avantages du bois contrecollé et du béton préfabriqué, les bâtiments Lignum® abritent, sur une hauteur maximale de 7 étages, une série de modules de studios intégrant des sous-ensembles salle de bains et kitchenette. Concept Lignum® s'adresse principalement aux opérateurs gestionnaires de résidences étudiantes, de services ou d'EHPAD. L'agencement des modules bois s'adapte en termes de combinaison, de forme et de capacité d'hébergement, ce qui en fait un principe constructif évolutif et modulaire.

Assurant un stockage élevé du carbone, le bois massif apporte sa légèreté à l'ouvrage et garantit, avec la rapidité de mise en œuvre, la maîtrise des délais d'exécution. Supportant l'ensemble des modules bois, la chape en béton apporte, quant à elle, le confort thermique et la robustesse d'usage. L'empreinte carbone du rez-de-chaussée en béton est largement compensée par les niveaux de modules bois. Les modules bois sont démontables et peuvent être reconditionnés en fin de vie du bâtiment en vue d'une autre utilisation.

Les performances thermiques des bâtiments Concept Lignum® atteignent la performance BBC dans la plupart des zones climatiques grâce à l'étanchéité à l'air des studios et l'isolation thermique par l'extérieur. Une attention toute particulière est accordée à l'acoustique aérienne et solidienne, à la résistance au feu et aux séismes ainsi qu'aux émissions de composés organiques volatils, ce qui fait des bâtiments Lignum® des ouvrages particulièrement vertueux, confortables et sains.



Le module Concept Lignum® d'Eiffage Construction en vue extérieure et en vue intérieure ©Studiophotojm2d







# QUELLE PLACE POUR L'INDUSTRIE DANS LA VILLE DURABLE ?

À l'occasion de sa 4<sup>e</sup> session qui s'est virtuellement déroulée sur le territoire de la communauté d'agglomération de Grenoble, le laboratoire Phosphore s'est interrogé sur la pérennité, en 2030, des emplois industriels en site urbain. Prenant l'exemple du site de Pont de Claix – 120 hectares dans la banlieue sud de Grenoble, où l'emploi industriel est historiquement implanté – Phosphore s'est donné deux objectifs majeurs au profit de ce bassin, qui comptait en 2012 800 emplois directs et 4 000 emplois indirects.

Tout d'abord, il s'agit d'ancrer l'activité industrielle dans le territoire par le développement d'une économie de la fonctionnalité entre industriels, générant synergies et économies d'échelle.

Ce rôle peut être incarné par un nouveau métier, l'économiste de la fonctionnalité, véritable chef d'orchestre centralisant les besoins des industriels du site dans certains domaines : achats groupés, gestion circulaire et valorisation des déchets, actions de formation conjointes, mutualisation d'espaces, coopération en matière de sécurité, etc. Ce métier réunit certains services proposés par des prestataires en *facility management*, et les développe – à coûts maîtrisés car mutualisés – comme l'un des ciments de la communauté industrielle.

En 2030, l'économiste de la fonctionnalité est également créateur de liens entre acteurs industriels, salariés et communauté riveraine. Il assure le pilotage des échanges tels que le partage des excédents thermiques des industries vers la ville. Il incarne au quotidien l'animateur chargé de la concertation avec la communauté riveraine.

Ensuite, il s'agit de protéger le site des nuisances potentielles des activités industrielles par la construction d'une interface multifonctionnelle, végétalisée, qui participe à la sécurité des riverains comme à la qualité de vie par les aménités qu'elle procure.

Côté industriel, l'interface remplit des fonctions de traitement des nuisances et de prévention des risques. La hauteur de l'interface, modulée en fonction de la proximité des habitations, offre une protection efficace contre les pollutions sonores et visuelles. Elle constitue aussi une barrière qui contribue à maîtriser de nombreux risques : confinement en cas d'explosion, de propagation de substances dangereuses ou d'inondations, coordination des moyens de secours et d'intervention en cas de crise.

L'intérieur même de l'ouvrage, construit en merlon de terre, en tranchée couverte ou par confortement, abrite des fonctions de stockage, de transport et de communication. En cas d'alerte, cette interface multifonctionnelle constitue le noyau logistique essentiel de la gestion de crise, abritant réseaux de télécommunication sécurisés, moyens d'intervention et poste de commandement décisionnel. Cette interface contribue à la mise en œuvre d'une « résilience solidaire » entre industriels, mais également entre le site industriel et les riverains.

Côté ville, les pentes de l'interface, parfaitement insérées dans le paysage, sont reconquises par la nature. Le flanc ouest accueille des parcours piétons et cyclistes ainsi que quelques installations sportives comme des parcours de santé et des murs d'escalade. Des ombrières photovoltaïques prennent place aux endroits les plus profitables.



## SERVICES RENDUS PAR LA NATURE : L'EXEMPLE DE NEW YORK CITY

Régulation thermique, économie d'énergie, séquestration carbone, lutte contre les pollutions, esthétique et patrimoine : les services écologiques rendus par les 592 000 arbres de rue new-yorkais sont estimés à 122 millions de dollars par an. (NYC)



## L'EMPREINTE ALIMENTAIRE DE GÉANT DES VILLES

Pour arriver à Paris, un aliment parcourt une distance moyenne de 662 km depuis son lieu de production (790 km pour les fruits et légumes). (Ville de Paris, 2012)



## DISPARITION ACCÉLÉRÉE DES TERRES AGRICOLES ET NATURELLES

La disparition des terres agricoles et naturelles se poursuit actuellement au rythme d'un département français tous les sept ans. (Jeunes Agriculteurs, 2012)



## CE QUE LA NATURE « RAPPORTE »

La perte des services écologiques pourrait représenter jusqu'à 7 % du PIB mondial en 2050, ou encore 13 938 milliards d'euros par an. (Rapport intermédiaire TEEB, 2008)



**= 13 938 MILLIARDS €/AN**

# L'ÉCOSYSTÈME URBAIN

## Restaurer les services écologiques en ville : une utopie nécessaire ?

**S**i la ville constitue au 21<sup>e</sup> siècle le mode de vie majoritaire, l'environnement du logement et la proximité de la nature restent cependant des facteurs essentiels au bien-être ressenti, et donc recherché par les citoyens. Paradoxalement, la densité des activités humaines engendre des nuisances et des pollutions ; elles sont notamment responsables de la mauvaise qualité de l'air et de pollutions sonores et lumineuses importantes, à l'origine d'une altération, si ce n'est de la santé, du moins de la qualité de vie en ville.

Par ailleurs, à l'instar de l'étalement urbain, l'empreinte environnementale des activités citadines s'étend toujours plus : la production alimentaire, le traitement des déchets et des eaux usées sont souvent reportés en dehors des agglomérations, générant des flux qui contribuent à la congestion et à l'effet de serre tout en induisant des coûts importants pour la collectivité à travers les stations d'épuration, l'organisation de l'élimination des ordures ménagères ou la construction d'ouvrages de protection contre les inondations.

Au regard de ce constat, le laboratoire Phosphore s'est essayé à réconcilier aménagements urbains et milieux naturels pour faire profiter les citoyens des services écologiques qu'ils rendent : assurer l'accomplissement des cycles de l'eau et du carbone, fournir les ressources alimentaires, réguler et épurer les pollutions, fournir un cadre de vie sain et agréable.



# « Le tout minéral n'est pas humainement supportable »



**Je réside souvent à Paris, la plus grande ville de France. Elle me permet de choisir un événement culturel dans un musée, une galerie d'art, un cinéma, un théâtre ou à l'Opéra, ou une promenade pour dire bonjour à la Seine et aux arbres du Jardin des Plantes ou du Luxembourg... Culture et nature font pour moi le charme de la vie citadine.**

**La nature m'est indispensable même en ville, et elle l'est à qui ne le sait pas.**

L'urbanisation ensevelissait les sols sous le béton et le bitume et certains enfants des villes n'avaient que rarement, voire jamais, le contact avec les plantes et la faune qu'elles attirent. Mais des villes prennent conscience que le tout minéral n'est pas humainement supportable.

Demain se décide aujourd'hui ! Et, bonne nouvelle, les professionnels réagissent. Ainsi, Eiffage a créé Phosphore, un laboratoire de prospective en développement durable visant à définir et à mettre en œuvre la ville de demain.

La ville de demain, tout comme la ville d'aujourd'hui, aura une personnalité. Il ne s'agit pas d'avoir un plan type à reproduire pour toute ville nouvelle s'il s'en décide. Le plus souvent, ce sera la ville d'aujourd'hui, la même et pourtant une autre.

Grande différence : dans le passé, les décisions se prenaient sans les citoyens. Dorénavant, ils sont ou seront consultés sur les projets concernant les quartiers périphériques ou le centre-ville.



©Benoît Reeves

Hubert Reeves est astrophysicien et président de Humanité et Biodiversité. L'association, reconnue d'utilité publique, mène une action de plaidoyer pour faire émerger dans la société les défis posés par l'érosion de la biodiversité et propose des solutions pour y faire face. H&B est partenaire d'Eiffage.



## Souvent j'ai plaidé pour « renaturer » les zones urbaines.

L'association Humanité et Biodiversité propose de métamorphoser les balcons, les terrasses et les jardins privés et publics en Oasis Nature. La flore s'installe parfois d'elle-même ! Parfois il lui faut un coup de pouce ! L'accueillir, l'enrichir, c'est contribuer à l'épanouissement du vivant en attirant du coup des représentants de la faune, papillons et oiseaux... C'est embellir la vie.

L'initiative de poser des bacs à fleurs sur un balcon ou une terrasse, l'audace plus grande de transformer, quand c'est possible, le toit en jardin, l'option de murs végétaux, tout cela amorce ces corridors biologiques favorables aux insectes et même aux oiseaux que toute ville doit favoriser pour être vivante.

**« Au-delà des initiatives individuelles, il y a surtout place pour des décisions municipales novatrices »**

Les murs antibruit gagneraient souvent à être masqués par un écran végétal, les murets de séparation des propriétés pourraient être tapissés de végétaux et percés de passages pour les déplacements des hérissons, par exemple. Au-delà des initiatives individuelles, il y a surtout place pour des décisions municipales novatrices dans nos villes actuelles où une friche peut devenir un jardin collectif, les rues, accueillir des arbres, la flore spontanée, s'installer à leur pied...

Bien sûr, les modes de transport collectif permettront de faire l'économie d'une voiture particulière et il faut déjà penser à la reconversion des usines. Une industrie nouvelle en chassant une autre ou la réduisant... C'est dire que rien ne se fera du jour au lendemain et facilement. C'est d'ailleurs pourquoi la consultation des citoyens, leur participation aux débats antérieurs aux choix des élus sont indispensables à toutes les étapes de la métamorphose. Recruter des écologues dans les cabinets d'architectes et d'urbanistes ferait que la biodiversité soit prise en compte...

Venant d'apprendre qu'un nouveau béton a été mis au point par des chercheurs de l'université polytechnique de Catalogne, et persuadé que d'autres innovations de ce type favorables à la nature existent en France, je me dis que les ingénieurs, les écologues, les artistes et tous les habitants vont être contents. Ce nouveau béton est adapté à la croissance de mousses, d'algues et de lichens. Ce ne sont plus seulement les arbres qui changeront de couleur à l'automne ! La ronde des saisons sera illustrée même sur le béton. Les avantages de ce béton sont à la fois environnementaux, thermiques et esthétiques.

Toutes ces verdure accueillant insectes et oiseaux sont bénéfiques à la santé humaine et à la beauté des villes. Que de bienfaits en perspective !

**Les humains bénéficieront d'un meilleur cadre de vie et l'urbanisme créera l'urbanité.**

Humanité et Biodiversité  
110, bd Saint Germain 75006 Paris  
01 43 36 04 72  
contact@humanite-biodiversite.fr  
www.humanite-biodiversite.fr







# ÉCOSYSTÈME URBAIN / L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DE L'EAU ET DES DÉCHETS

Comprenant la ville comme un écosystème, Phosphore a choisi d'appréhender la gestion de l'eau et de la matière selon les principes de l'économie circulaire. À l'opposé de l'économie linéaire, où le développement des activités est inversement proportionnel à l'épuisement des ressources naturelles, l'enjeu consiste à valoriser les rejets issus de la transformation des matières premières consommées. Dans un contexte de raréfaction et de renchérissement des ressources minérales et fossiles, mais aussi de menaces diverses sur la ressource en eau potable de qualité, il apparaît crucial d'alléger les prélèvements anthropiques sur les milieux naturels et les pressions qu'ils génèrent sur la biodiversité.

Sans aller jusqu'à évoquer des risques d'approvisionnement, voire de pénurie, la qualité et la quantité des réserves actuelles d'eau potable en France n'en sont pas moins exposées à des pollutions de fond et à des modifications potentielles des régimes de précipitations en conséquence du changement climatique. L'application du principe de précaution, comme la prise en compte de la fréquence vraisemblablement croissante d'épisodes pluvieux violents, a conduit le laboratoire Phosphore à s'intéresser aux conditions d'une gestion raisonnée de la ressource en eau.

En amont, il s'agit avant tout de préserver des pollutions phytosanitaires les champs captants qui alimentent les villes en eau potable. Dans la perspective de réduire les consommations de cette ressource précieuse, il est proposé de hiérarchiser ses usages en fonction des besoins. Tandis que les usages purement alimentaires et sanitaires, voire certains processus industriels, nécessitent une eau de très bonne qualité, l'eau de pluie satisfait parfaitement à l'arrosage et au nettoyage des voiries. Dans une certaine mesure, les eaux grises peuvent servir aux opérations de lavage.

Ainsi, les toitures des bâtiments de Phosphore recueillent les eaux météoritiques pour les recycler avec une partie des eaux grises. Filtrées puis stockées, elles alimentent les chasses d'eau, les lave-linge et les robinets extérieurs. Non seulement ces mesures permettent l'économie d'un quart des consommations habituelles, mais elles diminuent également les rejets d'eaux usées dans le réseau d'assainissement. L'intérêt est d'autant plus grand dans le cas d'un réseau unitaire. En effet, la dilution de la pollution par les eaux pluviales toujours plus abondantes – en raison de l'imperméabilité croissante des sols, du raccordement de nouveaux quartiers et de l'augmentation vraisemblable de la fréquence des précipitations intenses – altère le rendement des stations d'épuration tout en participant à la surenchère constante des volumes à traiter.

Pour tenter d'y remédier et mieux prévenir le risque d'inondation, le laboratoire Phosphore a également travaillé sur la gestion alternative des eaux pluviales afin de restaurer la capacité naturelle des sols à les retenir et les épurer. Dans le quartier Wacken de Phosphore 3 à Strasbourg, elles sont collectées par un réseau de noues paysagères, puis dirigées vers des bassins à géométrie variable. Les eaux de ruissellement sont recueillies le long des voiries, puis traitées par un procédé biologique de phytoremédiation. Ces procédés s'appliquent même à la baignade biologique, dont l'eau est épurée par les plantes des bassins de filtration et de régénération. Elle fait ainsi bénéficier les familles d'une zone à faible profondeur pendant que les nageurs profitent d'une autre zone de la taille d'une piscine olympique.



# LES DÉCHETS

## Un potentiel pluriel exploitable



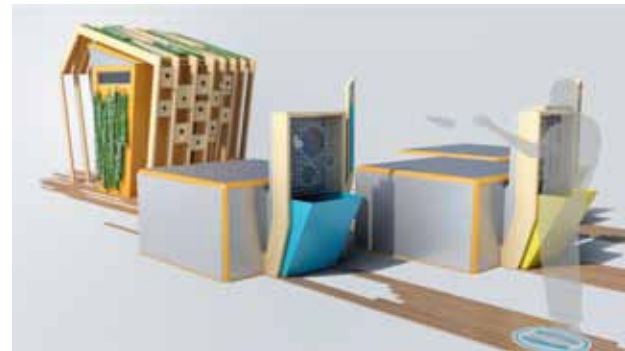
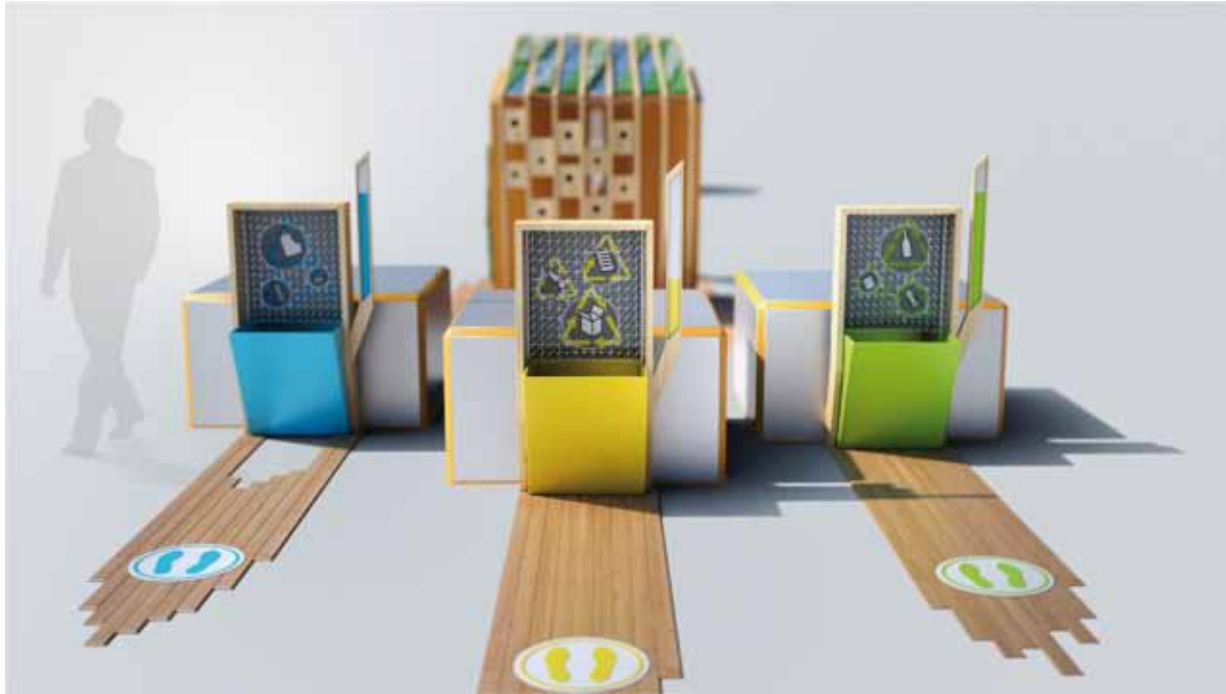
**Avec l'objectif de créer un cercle vertueux de la matière, depuis la réduction à la source de la production des déchets jusqu'à leur destination finale, le laboratoire explore toutes les pistes de valorisation de cette matière première au potentiel sous-exploité. En s'appuyant sur la logique d'analyse du cycle de vie, il entend ainsi changer le regard porté sur les déchets, aujourd'hui synonymes de rebuts dans l'imaginaire collectif.**

La collecte en porte-à-porte est remplacée par des points d'apport volontaire pour le verre, les recyclables et les ordures ménagères résiduelles non compostables. Munis de compacteurs à énergie solaire, ils permettent de maximiser le remplissage des containers, qui sont compatibles avec les **modulos**, pour un ramassage sans nuisances à destination de la **recycl'halle** la plus proche. Enfin, dans le but d'améliorer le tri, dont on sait qu'il est le point faible de la collecte sélective, ils ont été rendus attractifs et ludiques par un travail de design sur des jauges interactives et l'activation à distance de l'ouverture de la trappe.

Les autres déchets – vêtements usés, petits appareils électriques et électroniques hors service, etc. – sont collectés par la **recycl'halle** pour y être valorisés et trouver ainsi une seconde vie. À la croisée de la ressourcerie-recyclerie et de la station-relais de transports, il s'agit d'une **halle universelle** spécifique principalement dédiée au réemploi ou à l'acheminement des déchets vers les centres de tri, ateliers de recyclage et unités de valorisation énergétique. La priorité dans le traitement des déchets est cependant donnée à la réparation et à la réutilisation, puis au démantèlement et au réemploi avant la valorisation de matière. En maîtrisant la gêne liée à ses activités jusque dans son voisinage immédiat, la **recycl'halle** est un modèle reproductible à même de mailler le territoire.

La valorisation énergétique des déchets par incinération, productrice exclusivement de chaleur, n'intervient qu'en dernière instance. La fraction organique des déchets est valorisée plus avantageusement grâce au développement du compostage et des usines de méthanisation, qui fournissent une nouvelle matière première stockable, qu'elle serve pour l'amendement des sols ou comme combustible. Dans le Grenoble de Phosphore 4, les composts en pied d'immeuble remplacent les centres de compostage pour capter et retourner à la source les déchets fermentescibles domestiques. Les grandes quantités de déchets organiques provenant des activités agro-alimentaires ou de l'épuration des eaux usées représentent en revanche une source d'énergie considérable, qu'il convient d'exploiter par méthanisation pour produire du biogaz.

Les points d'apport volontaire de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES





La ferme urbaine et les toitures comestibles de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES

# ÉCOSYSTÈME URBAIN / VERS LA VILLE COMESTIBLE ?

**Le grignotage continu des espaces naturels et agricoles de plaine qui résulte de l'expansion urbaine menace les services rendus aux villes par la nature, notamment le service essentiel de production des ressources alimentaires. Face à la mondialisation de l'économie agroalimentaire et à la spécialisation géographique des cultures, les filières locales se sont affaiblies. En conséquence, l'empreinte alimentaire des villes s'aggrave et leur approvisionnement toujours plus lointain alourdit le bilan environnemental du transport de marchandises.**

**Au regard de ce constat, comment encourager la relocalisation d'une partie de la production alimentaire ?**

Dans le sillon des expérimentations de potagers en toiture d'immeuble à Paris, des *sky farms* de Montréal ou encore de l'initiative « Incredible Edible » au Royaume-Uni<sup>1</sup>, le laboratoire Phosphore propose des pistes pour développer l'agriculture en ville. Mise en culture des délaissés urbains, toitures comestibles et même ferme urbaine pédagogique : Phosphore cherche à explorer toutes les formes d'intégration de l'agriculture dans le tissu urbain.

Dans Phosphore, la culture vivrière réinvestit l'espace urbain dans une approche systémique, respectueuse des autres services écologiques à l'instar de l'accomplissement du cycle du carbone et de l'épuration naturelle de l'eau. Les interstices urbains et le foncier dévalorisé – soumis à des risques naturels ou dépollués après un passé industriel ou commercial – sont exploités en prairie fleurie, potagers et vergers collectifs. Les alignements d'arbres et les parcs et jardins sont également sollicités pour accueillir des espèces productives.

Dans Grenoble à l'horizon 2030, une ferme adaptée aux contraintes urbaines illustre l'intégration d'une agriculture circonscrite en ville, maîtrisant parfaitement ses impacts sonores et éventuellement olfactifs. Sans s'affranchir des exigences d'une agriculture raisonnée, les techniques de culture visent une valeur ajoutée élevée économique ou sociale coïncidant avec le coût du foncier : apiculture, maraîchage en plates-bandes surélevées, aquaponie mais aussi vergers et champs de fleurs en libre-service. La ferme crée des emplois et encourage les habitants à manger « local et de saison », favorisant le développement des modes de consommation alternatifs en ville. L'agriculture urbaine envahit jusqu'aux toitures des immeubles, où des potagers partagés offrent aux habitants la possibilité de récolter le produit de leurs cultures biologiques.

<sup>1</sup> Incredible Edible est un mouvement pour l'autosuffisance alimentaire par la participation citoyenne initié à Todmorden au Royaume-Uni et connu en France sous le nom d'Incroyables Comestibles.



# LA HALLE MARAÎCHÈRE

Un marché local au cœur de l'îlot urbain



Dans cette logique, à Strasbourg, Phosphore promeut la production de fruits et de légumes locaux en faisant écho aux jardins ouvriers historiques, tout proches du quartier Wacken. Aujourd'hui réservés à un usage strictement familial, on peut imaginer que leur développement souhaitable, conjugué aux besoins de réduction de l'empreinte alimentaire de la ville, ait conduit à l'ouverture d'une commercialisation partielle de leurs productions, par exemple au sein de la [halle maraîchère](#). Destinée à promouvoir l'approvisionnement alimentaire en boucle courte, cette [halle universelle](#) renoue avec la tradition de la halle de marché. En proposant aux habitants des produits locaux de qualité à faible empreinte carbone, elle stimule le vivre ensemble et participe au dynamisme du quartier.

Reliées entre elles, les [halles maraîchères](#) forment un véritable réseau de distribution de proximité ravitaillé par les [halles-relais](#), positionnées quant à elles à l'interface de la zone urbaine dense et de la périphérie rurale.



La halle maraîchère de Phosphore 3 à Strasbourg  
©EIFFAGE Direction du Développement Durable /  
3e-œil.com studio / Pierre Gautier architecture

# LA HALLE-RELAIS

## Un trait d'union entre hyper-urbains et populations rurales ?



La nécessaire maîtrise du bilan carbone de l'approvisionnement des villes ainsi que l'appétence croissante des citoyens pour les filières agricoles et alimentaires locales plaident pour le renforcement des liens entre centres urbains et périphéries rurales, dans un esprit *win-win-win* pour les citoyens, les agriculteurs et le territoire.

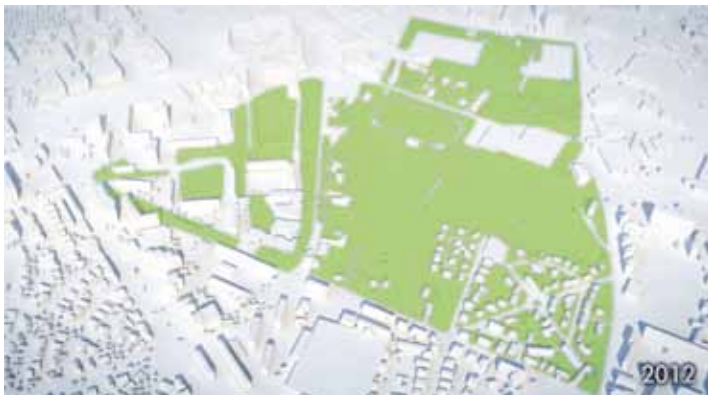
Véritable trait d'union, la **halle-relais** connecte donc ces deux espaces et leurs populations dans un esprit de réciprocité.

Dans un sens, elle constitue un lieu attractif de commercialisation des productions agricoles régionales – provenant en particulier des coopératives d'agriculteurs biologiques et d'organisations telles que les actuelles associations pour le maintien d'une agriculture paysanne (AMAP). En sus de collecter et distribuer les denrées alimentaires depuis les campagnes environnantes jusqu'au centre urbain, elle peut s'impliquer dans le soutien à l'économie rurale locale, en accueillant des ateliers de transformation agricole et un office de tourisme dédié aux activités et aux modes d'hébergement du tourisme vert.

Dans l'autre sens, la **halle-relais** est aussi une antenne de services urbains, en particulier pour les populations rurales excentrées. Elle leur facilite l'accès aux services administratifs « centraux », aux prestations médicales, y compris spécialisées, et à des outils multimédias pour les personnes non connectées. La **halle-relais** joue également un rôle potentiel dans la diffusion des événements culturels au plus large public.

Le principe de fonctionnement de la halle-relais de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES





L'îlot passif végétalisé et le principe d'application du COS biodiversité de Phosphore 4 dans l'agglomération de Grenoble ©EIFFAGE / POMA / Pierre Gautier architecture et associée / DASSAULT SYSTEMES



# ÉCOSYSTÈME URBAIN / QUAND L'URBANISME FAVORISE LA BIODIVERSITÉ

**Au-delà des considérations esthétiques et paysagères des parcs et jardins, la présence de la nature en ville apporte une contribution prouvée au maintien de la santé et de la qualité de la vie en milieu urbain. Lieux-refuges relativement préservés du bruit, des pollutions mais aussi de l'effet « îlot de chaleur », les espaces verts renouent le contact des citoyens avec une nature dispensatrice d'aménités très prisées.**

**L**es équipes de Phosphore ont réfléchi aux meilleures conditions de développement des biotopes urbains pour maintenir les effectifs et la diversité des populations végétales, voire animales en ville, et revivifier les services écologiques qu'ils sont en mesure de rendre. Dans le tissu urbain déjà dense, il convient d'abord de trouver les supports qui permettront aux plantes de constituer une trame végétale suffisamment propice à l'accueil d'espèces animales adaptées à un milieu certes artificialisé, mais avec des « réservoirs » renaturés et reconnectés entre eux. Ceci est d'ailleurs d'autant plus essentiel que les villes s'affirment comme des refuges contre les pesticides répandus par l'agriculture intensive dans certaines périphéries rurales, notamment pour des espèces cruciales mais fragiles comme les abeilles.

**T**outefois, l'acceptabilité sociale du retour de toutes les composantes de la biodiversité urbaine, en particulier les espèces considérées dans l'inconscient collectif comme nuisibles ou parasites, comme les rongeurs ou certains insectes, interroge en particulier sur le plan sanitaire. Loin de vouloir transformer la ville en « zoo urbain » en y réintroduisant des animaux, l'objectif de Phosphore est bien de dégager des surfaces propices au développement et au déplacement des espèces tout en limitant les désagréments d'une coexistence poussée à l'extrême. Cette approche favorise les espèces végétales les plus appropriées – faible pouvoir allergisant et invasif, capacités de fixation ou d'épuration des polluants, caractère local et bonne tolérance à la faible luminosité et au manque d'apport hydrique – tout en éloignant du public les gîtes aménagés ou potentiels des animaux, pour leur bien-être réciproque.

**P**our y parvenir à l'heure où l'artificialisation des sols constitue l'une des premières causes d'érosion de la biodiversité en France, Phosphore a créé le concept de **COS biodiversité** en écho au coefficient d'occupation des sols. Inspiré du Coefficient de Biotope par Surface, notamment expérimenté par la ville de Berlin, il constitue une norme d'écologie minimale incitant les aménageurs et opérateurs immobiliers à favoriser l'intégration des biotopes dans tous leurs projets.

Cette nouvelle règle d'urbanisme, calculée sur la base du coefficient d'emprise au sol, fixe la part minimale des surfaces horizontales et verticales affectées au développement de la biodiversité sur une parcelle. Elle vise un double objectif : limiter l'imperméabilisation des emprises non bâties et végétaliser le bâti. Dans un souci d'applicabilité, sa valeur tient compte de la densité urbaine et de la nature de l'opération : contrairement au cas de la rénovation ou de la réhabilitation, un nouvel aménagement ou une construction neuve autorisent en effet une plus grande marge de manœuvre en intégrant les biotopes dès la conception.





Alors que les trames vertes et bleues constitueront une composante essentielle de l'aménagement durable des territoires, le laboratoire Phosphore n'a pas la prétention de pouvoir employer les termes « réservoirs biologiques » et « corridors écologiques » au sens propre en milieu urbain. Toutefois, il ne s'interdit pas de revivifier le tissu naturel au cœur des villes afin d'y favoriser le développement d'une biodiversité urbaine pourvoyeuse de services écologiques.

Phosphore propose donc que les espaces interstitiels en ville, les surfaces de parkings extérieurs et les friches urbaines diverses soient partiellement réinvestis par une flore locale support de vie biologique. Ces nouvelles surfaces complètent la trame verte initiale de parcs et jardins publics, qui sont souvent l'unique refuge des populations animales et végétales en milieu urbain dense. Pour peu que les pelouses soient remplacées par des prairies mellifères, les haies d'arbustes diversifiées dans les jardins privés et qu'une végétalisation intensive des toitures se substitue à des sédums trop superficiels, les emprises bâties peuvent participer elles aussi à une trame verte secondaire à la fois terrestre et aérienne.

Pourtant, même si l'on associe à la désimperméabilisation des limites d'emprise, il est probablement utopique de penser qu'une telle trame puisse à elle seule assurer la dispersion des plantes et la libre circulation de la faune, ne serait-ce que les insectes, les oiseaux et les petits mammifères. Afin de relier ces îlots de nature hétérogènes et dispersés, Phosphore tente de créer de véritables continuités si ce n'est biologiques, du moins paysagères, à travers l'application à certaines voies publiques du **COS biodiversité**.

Les axes structurants suffisamment larges ou les rues de desserte secondaire sont progressivement déconstruites et renaturées, au rythme des travaux de réfection ou de réaménagement successifs. Au verdissement des pieds de mur succèdent des étapes d'élargissement et de désimperméabilisation des trottoirs, puis de végétalisation. Les couches minérales inertes inférieures sont ainsi mélangées in situ à des matières organiques pour reconstituer une « terre végétale » vivante en évitant les prélèvements de terres arables hors site. Les fonctionnalités du sol sont restaurées sur ces voiries vertes interdites à la circulation motorisée – sauf véhicules d'urgence et **modulos** électriques de collecte des déchets – qui étoffent les itinéraires dédiés aux mobilités douces.

Additionnés à la découverte des cours d'eau, comme c'est le cas du Verderet à Grenoble dans Phosphore 4, les noues et bassins aménagés pour la gestion alternative des eaux pluviales forment en pointillés un réseau de micro-habitats humides précurseur de la trame bleue urbaine.



# POSTFACE

## « La ville du 21<sup>e</sup> siècle : un objet en devenir »

« La ville a dû évoluer dans sa matérialité, les pouvoirs ont été confrontés, sous l'effet du nombre croissant des urbains, à des problèmes inconnus jusqu'alors. Les Occidentaux [...] ont vécu une mutation fondamentale dont ils ont eu une conscience aiguë, les uns s'en réjouissant, les autres effrayés par l'ampleur et les conséquences d'un phénomène qui transformait, sous leurs yeux, leurs façons de vivre, mais ni les partisans ni les détracteurs ne pouvaient en nier la réalité ».

*Le monde des villes au XIX<sup>e</sup> siècle,*  
Jean-Luc Pinol (1991)



© Eric Van Den Broek - Mutinerie /  
New Cities Foundation

Mathieu Lefèvre est directeur exécutif de New Cities Foundation, avec Naureen Kabir et Cristian Santibanez.

116



Nous sommes à l'aube du siècle des villes. Ce qui frappe dans l'urbanisation actuelle, c'est avant tout la vitesse à laquelle certaines régions du monde se jettent dans les bras de la ville. Vu de l'Europe, le phénomène a de quoi nous surprendre, mais il ne doit pas nous désarçonner. Au niveau mondial, la croissance de la population urbaine se fera essentiellement entre 2000 et 2030 et devrait se stabiliser autour de 6,8 milliards d'urbains à l'horizon 2050. Elle est portée principalement par deux continents, l'Afrique et l'Asie, mais, prise dans sa globalité, ce sont près de 3 milliards de nouveaux urbains en une génération – presque la moitié de la population de la planète.

Dans l'histoire urbaine européenne et occidentale, nous sommes entrés dans une phase de consolidation, alors que le reste du monde s'apprête à subir de plein fouet une urbanisation fulgurante. Face à cette tendance mondiale, l'expérience européenne de la ville, issue d'au moins deux cents ans de croissance constante et rapide de la population, est sans équivoque l'un de nos atouts majeurs ; car, rappelons-le, l'Europe a déjà connu cette mutation profonde dès le 19<sup>e</sup> siècle, passant de quelque 19 millions d'urbains en 1800 à 130 millions en 1910.

# « Il faut comprendre la ville dans la complexité »

Cette expérience de la ville dans un monde encore dominé par la ruralité est le creuset dans lequel notre imaginaire et nos représentations de la ville se sont forgés. À l'aube du siècle des villes, ce sont cet imaginaire et ces représentations que nous devons réinventer. Nous sommes les héritiers d'une vision de la ville trop souvent assimilée au vice, à l'insalubrité, à la perte du lien social et du sens de la communauté ; il est temps de la dépasser, de prendre la mesure de l'immense vague urbaine qui s'abat sur le monde, et d'en saisir les opportunités. Depuis 2008 et le franchissement symbolique du seuil mondial des 50 % d'urbains, les discours autour de la ville se multiplient, alternant une vision optimiste et une vision négative, des scénarios catastrophistes et des scénarios utopiques. Or cette vague, c'est celle d'une société où nos symboles et nos représentations – notre culture – sont indéniablement dominés par la figure d'espaces urbains nouveaux et en devenir.

Ce que nous appelons ville aujourd'hui et ce que nous appellerons ville demain ne désignent pas la même chose. Si nous sommes capables de saisir l'importance des villes, nous ne pouvons prétendre connaître à l'avance ce qu'elles seront demain. Nous pouvons en revanche identifier les fondements et marcher dans la bonne direction. Aujourd'hui, c'est peut-être l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) qui saisit le mieux l'essence de cette complexité urbaine en proposant une définition de la ville qui ne se fonde plus sur le bâti ou sur la population, mais sur l'articulation entre flux et centres<sup>1</sup>. La métropole du 21<sup>e</sup> siècle se fera dans cette dichotomie et dans cette complémentarité. La simplifier est une erreur : c'est dans la complexité qu'il faut la comprendre. Ce que nous appelons la réalité urbaine s'appelle, au sein du laboratoire Phosphore, l'approche systémique.

Les conclusions et la méthode présentées dans cet ouvrage font écho aux grands paradigmes et systèmes d'idées autour desquels les villes du 21<sup>e</sup> siècle sont en train de se construire. À travers ces lignes, nous souhaitons livrer des éléments de réflexion, une mise en perspective à la fois historique et prospective, afin de mieux saisir la complexité de ces espaces autour desquels et dans lesquels notre avenir se jouera.



# « Les villes sont à la fois le problème et la solution »

## À la recherche de la ville du 21<sup>e</sup> siècle

Les villes produisent déjà plus de 70 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, consomment les deux tiers de l'énergie mondiale, et représentent près de 80 % du PIB de la planète. En ce sens, la dimension globale du phénomène urbain nous invite à penser dès aujourd'hui les enjeux mondiaux à l'échelle urbaine. Pour préparer l'avenir, nous devons nous concentrer avant tout sur les villes : ce sont elles qui peuvent à la fois exacerber les inégalités, la criminalité, la dégradation de l'environnement, cristalliser une consommation excessive, ou devenir le creuset des solutions les plus efficaces en termes environnementaux, sociaux et économiques. Autrement dit, les villes sont à la fois le problème et la solution. Les données sont là : il s'agit maintenant de les articuler de manière intelligible.

Si nos images et nos représentations de la ville – notre culture urbaine – ont peu à peu évolué, elles sont aujourd'hui plus que jamais confrontées à une réalité mondiale à laquelle nous ne pouvons pas échapper. Les villes ont toujours vécu au rythme des tensions du siècle ; elles sont à la fois témoins de changements sociétaux, de nouvelles revendications politiques, d'une réappropriation de l'espace, et d'un (ré)apprentissage des codes sociétaux pour une grande partie de la population – le « printemps arabe » est ainsi très largement un phénomène de contestation urbaine. En ce sens, la ville du 21<sup>e</sup> siècle ne devrait pas faire exception.

118



À l'horizon 2025, 577 villes ayant une population entre 150 000 et 10 millions d'habitants seront la source de plus de la moitié de la croissance mondiale. Ce sont, pour la plupart, des villes dont on commence tout juste à entendre les noms en Europe – par exemple : Qingdao, Fortaleza, Surat, Luanda, ou Changsha.

Les défis et les ressources de ces espaces en devenir ne sont pas les mêmes. Il s'agit donc de se recentrer sur l'unité, le bâtiment, le quartier, et l'îlot – des échelles

**« À l'horizon 2025, 577 villes ayant une population entre 150 000 et 10 millions d'habitants seront la source de plus de la moitié de la croissance mondiale. »**

plus petites qui ont le mérite de mettre en avant une complexité partagée à une dimension bien plus facile à saisir – sans pour autant mettre de côté, comme de nombreux projets d’urbanistes ont pu le faire par le passé, l’espace dans son ensemble, l’intérêt général. Autrement dit, c’est dans l’articulation entre l’infiniment petit et le démesurément grand qu’il faut débusquer le diable et comprendre la ville de demain.

**« Essayer dès maintenant d’entamer une véritable rupture conceptuelle et technique de la ville. »**

L’approche systémique et les résultats des exercices menés à Marseille, à Strasbourg, et pour l’agglomération de Grenoble, vont dans cette direction ; mais, au-delà du contexte français, cette volonté assumée de placer au cœur de la méthode de pensée la complexité et les particularités des espaces urbains étudiés peut être utile à bien d’autres villes dans le monde. Prenez, par exemple, Santiago du Chili : capitale économique du pays, produisant près de 40 % de la richesse nationale, la ville a voulu mettre en place un ambitieux projet de transport public il y a quelques années, le Transantiago. Victime d’une segmentation ministérielle et d’une absence de coordination entre les différents acteurs de la ville, il s’agit d’un exemple classique de plan superbe sur le papier, mais ayant heurté de plein fouet une réalité urbaine bien plus fine que les hypothèses des ingénieurs et autres experts l’ayant conçu.

**Les problèmes de mobilité nous affectent au quotidien ; ils sont plus faciles à saisir. Mais la ville, c’est aussi des problèmes agrégés bien plus complexes : alors que 93 % des gouvernements municipaux pensent que leurs politiques environnementales auront un impact positif sur l’économie, il n’y a guère que 24 % d’entre eux à avoir développé une véritable stratégie coordonnée de croissance verte. Face aux défis environnementaux et à l’ampleur des mutations sociales de notre temps, agir devient une affaire de responsabilité individuelle, collective, envers nous-mêmes et envers les générations futures.**

## Des innovations urbaines florissantes

Dans un article du journal *Le Monde* paru récemment<sup>2</sup>, on découvre comment le téléphérique comme mode de transport complémentaire revient en force, s’inspirant des expériences de Medellin, en Colombie, ou de Caracas, au Venezuela. Depuis, on peut



# « De nouveaux modèles sont en train d'émerger »

le voir aussi à Rio ou à Hong Kong. Les bus à circulation rapide (Bus Rapid Transit) déployés à Curitiba, au Brésil, ont inspiré près de 150 villes partout dans le monde et transportent aujourd'hui plus de 25 millions de personnes.

De la même manière, afin de permettre aux urbains à revenus modestes d'avoir accès à un salaire et à un emploi, des organisations comme Samasource développent de nouveaux modèles économiques s'appuyant sur les technologies de l'information pour faciliter l'accès au travail dans les villes d'Afrique et d'Asie<sup>3</sup>. Pensez à La Courneuve et à ses 25 % de chômage.

De la même manière, afin d'inviter tous les citoyens à participer et à s'engager dans l'avenir politique de leur ville, une plateforme citoyenne, *Meu Rio*, développe des outils de participation en ligne à Rio de Janeiro. Pensez à la perte de confiance en nos institutions et en nos représentants si souvent mise en avant par les sociologues et les journalistes.

Ne pourrait-on pas apprendre de ces villes et de ces pays que l'on prend parfois de haut ? Ces exemples parmi tant d'autres illustrent bien comment des villes émergentes adaptent à leur contexte urbain des solutions qui n'avaient pas nécessairement été conçues en ce sens au départ.

120



## Vers un nouveau paradigme urbain ?

Ces solutions ont un fort potentiel d'impact systémique. Elles restent méconnues non pas tant par manque de volonté de la part de ceux qui les mettent en œuvre que par une relative absence d'intérêt de la part des autres secteurs, trop souvent occupés à chercher comment se restructurer dans un contexte de crise. Il convient ici de rappeler ces mots extraits du dernier article publié par Elinor Ostrom, prix Nobel d'économie : « Partout dans le monde, on observe un ensemble hétérogène de villes qui, de par leurs interactions, pourraient avoir exercé une grande influence sur l'évolution du cycle de vie de la Terre entière. Ces villes sont en train d'apprendre les unes des autres, développant les bonnes idées et jetant par-dessus bord les mauvaises [...]. Dans les années à venir, un système interconnecté de villes durables pourrait émerger. S'il réussit, tout le monde voudra faire partie du club »<sup>4</sup>. Autrement dit : de nouveaux modèles sont en train d'émerger, de nouvelles modalités d'action deviennent référence. Dès lors, l'Europe peut – et doit – apprendre à partir des villes émergentes, et vice-versa.



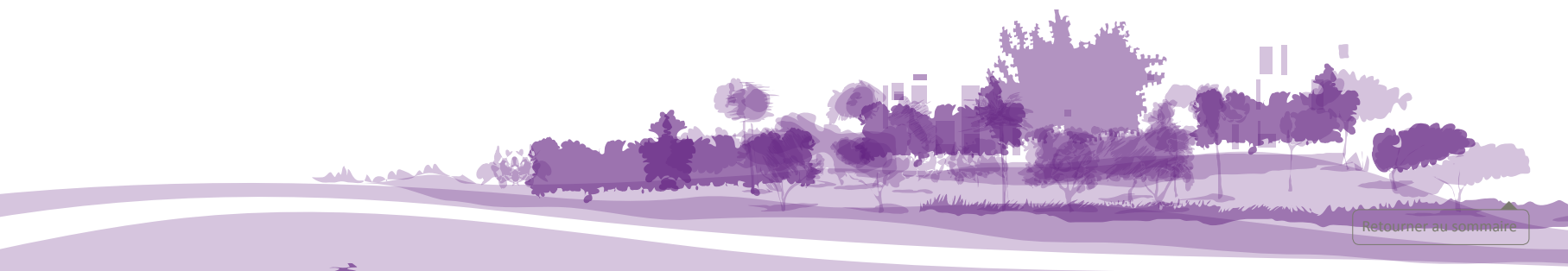
Repenser les rapports entre les acteurs qui font la ville est plus que jamais nécessaire. La ville ouverte, dynamique, juste, créative et durable – la ville à laquelle chacun peut légitimement aspirer – repose sur une gouvernance urbaine qui prend acte, encourage, et s’enrichit de nouvelles formes de collaboration entre les citoyens, les municipalités et les entreprises, en impliquant étroitement le monde associatif et celui de la recherche. Ces acteurs pourront ainsi bénéficier mutuellement de la richesse et de l’expertise de chacun. Autrement dit, ces nouveaux modèles que nous allons forger doivent être capables de saisir l’essence des métropoles du 21<sup>e</sup> siècle et doivent nous permettre de bâtir ensemble un avenir urbain fédérateur s’appuyant sur un paradigme renouvelé.

Ces solutions nous apprennent que la métropole du 21<sup>e</sup> siècle est un objet en devenir et un objet que nous ne connaissons pas encore. Les fondements du paradigme de la croissance urbaine depuis deux cents ans ont été posés par nous, Européens, et c’est à partir d’eux que l’on construira les villes du 21<sup>e</sup> siècle. Mais nous ne sommes plus les seuls à poser des briques – nous sommes ceux qui en posent le moins. Les villes de demain ne peuvent se réduire à des espaces définis uniquement par une présence plus ou moins importante d’humains : leur complexité est à la fois problématique et porteuse d’espoir. Porteuse d’espoir, car, comme de nombreux exemples en provenance de partout dans le monde nous le montrent, c’est dans cette même complexité que naissent les solutions durables.

Si la croissance de la population a été le moteur du premier siècle des villes, le fil rouge de celui dans lequel nous sommes entrés est composite et nous invite à revenir sur l’idée même que nous nous faisons de la ville. Mises en perspective, les solutions évoquées ci-dessus semblent dessiner une feuille de route et les premiers contours de ce que seront les espaces urbains de demain : des villes s’inspirant des principes du développement durable, soucieuses de l’environnement naturel et social dans lequel elles s’inscrivent, ne faisant jamais fi de la complexité du réel, cherchant sans cesse à concilier l’individu et l’intérêt général.

À notre échelle, il est peu de territoires où les enjeux de la complexité, de la métropole, et de la nouvelle gouvernance urbaine sont plus importants que celui du Grand Paris. Nous le savons par expérience, les urbanistes, les décideurs politiques et les entreprises du monde entier – de Moscou à Pékin, en passant par São Paulo – regardent avec attention ce que deviendra ce Grand Paris, certes

**« Si la croissance de la population a été le moteur du premier siècle des villes, le fil rouge de celui dans lequel nous sommes entrés est composite. »**



# « Repenser les rapports entre les acteurs qui font la ville »

ambitieux, mais encore mal défini, alors qu’il est essentiel tant à la vitalité économique et sociale de toute l’Europe que pour son exemplarité en matière environnementale. Au-delà du méga-plan de transport urbain, notre Grand Paris requiert une véritable vision, aujourd’hui peut-être absente. Sans ce rêve, soutenu par une approche de gouvernance métropolitaine et une pensée systémique, le Grand Paris paraîtra bien petit.

L’architecte et ancien maire de la ville brésilienne de Curitiba, Jaime Lerner, dit avec humour que le slogan de la ville de demain pourrait être : « Basta de obras, iqueremos promesas! » : assez de travaux, nous voulons des promesses. Le Grand Paris pourrait le reprendre ; car, s’il est riche en plans et en croquis, ne peut-on pas craindre qu’il soit myope ? À l’heure où la compétition urbaine internationale s’annonce rude, il pourrait manquer au Grand Paris cette identité intangible – pourtant essentielle – ayant permis à des villes d’hier de devenir de grandes métropoles de demain capables de renaître de leurs cendres.

Les progrès inimaginables accomplis en une génération, notamment dans les technologies de l’information appliquées à la ville, notre savoir-faire, et notre volonté de créer des villes plus durables, dynamiques, créatives et équitables font que notre avenir est ouvert. Il est entre nos mains. Les contradictions des villes du 19<sup>e</sup> siècle se retrouvaient tout entières dans celles du 20<sup>e</sup> siècle. À nous de faire en sorte qu’il en soit autrement au 21<sup>e</sup> siècle.

122



---

1 Pour plus d’informations concernant la méthode que l’OCDE est en train de développer pour identifier les espaces fonctionnels, voir : [www.oecd.org/dataoecd/41/37/45511614.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/41/37/45511614.pdf)

2 « Les projets de téléphérique urbain fleurissent en France », paru dans le journal *Le Monde* à la rubrique Planète le 14 octobre 2010

3 voir <http://samasource.org/mission/how-we-work/> pour plus de détails

4 texte original : “Worldwide, we are seeing a heterogeneous collection of cities interacting in a way that could have far-reaching influence on how Earth’s entire life-support system evolves. These cities are learning from one another, building on good ideas and jettisoning poorer ones. (...). In the coming decades, we may see a global system of interconnected sustainable cities emerging. If successful, everyone will want to join the club” extrait de *Green from the Grassroots*, par Elinor Ostrom. Le texte complet en anglais est disponible à l’adresse suivante : <http://www.project-syndicate.org/commentary/green-from-the-grassroots>.

## Depuis 2007, quatre sessions du laboratoire Phosphore ont imaginé l'aménagement urbain durable à l'horizon 2030 de trois terrains de jeu virtuels :

- à Marseille : Phosphore 1 (2007-2008) et Phosphore 2 (2008-2009) ;
- à Strasbourg (2010-2011) ;
- dans l'agglomération de Grenoble (2011-2012).

Les contributeurs, tous issus des différents métiers d'Eiffage, sont représentatifs de la diversité de Phosphore : mixité des genres et des générations, formations diverses – depuis les sciences exactes jusqu'aux sciences humaines et sociales – expériences professionnelles et parcours personnels variés.

En voici la liste exhaustive :

Frédérique Alacoque (EC), Iswann Ali Benali (DDD), Bernard Aversenq (APRR), Fadila Azouaou (EC), Dominique Bellegry (EM), Marcel Bernhard (EE), Victor Blondel (EM), Valérie Boniface (EM), Jacques Bouillot (EC), Jean-Louis Boularan (EC), Isabelle Boyeau (EC), Alexandra Brunetto (DDD), Christophe Buhot (EM), Thomas Caron (EE), Jean-Jacques Charrie Thollot (ETP), Jacques Chassany (EC), Joël Chaudier (EM), Mélanie Coessin (DDD), Xavier Couraud (EE), José Cumplido (EC), Jean-Pierre Daillère (ETP), Christian Dal Santo (EC), François Dapilly (EC), Marie Dariel (DDD), Valérie David (DDD), Christophe Degand (EE), Dominique Delmas (ETP), Philippe Deveau (EM), Maxence Dewulder (EE), Stéphane Dufresne (EE), Vincent Dumas (EE), Charles Dunesme (EM), Marc Duprat (EC), Jacques Durieux (APRR), François Farges (APRR), Geneviève Ferone (DDD), Romain Ferré (EC), Daniel Frasca (EC), Vianney Fullhardt (EC), Stéphane Gaffié (ETP), Marie Gauthier (DDD), Pierre Gauthier (EC), Cyril Goiset (EM), Jean-Michel Grave (EE), Nicolas Gravit (EC), Fabrice Guichard (EM), Aurélie Guillois (EC), Jean-Jacques Jarland (EC), Ingrid Jouve (EC), Hervé Knoery (EM), Jean-François Langumier (APRR), Daniel Lauton (APRR), Sarah Lavaux (DDD), John-Mathieu Laverty (EC), Alain Le Floch Eiffage Concessions, Emilie Lefebvre (EC), Joachim Lémeri (DDD), Denis Levasseur (EE), Valérie Loubès (ETP), Jean-Pierre Mahé (EC), Christophe Mathey (APRR), Michel Measson (ETP), Isabelle Metais (EM), Philippe Montel (ETP), Marc Moretti (APRR), Nicolas Moronval (DDD), Leïla Nassiri (ETP), Bastien Nevejans (EE), Michel Noble (EC), Jean-Raphaël Ogé (EM), Fabrice Ollier (APRR), Evelyne Osmani (EC), Julien Ousteau (EM), Brigitte Outrey (EC), Nathalie Paillon (ECM), Maxime Pain (DDD), Régis Pajadon (EC), Emmanuel Passchier (EE), Frédéric Pastor (DDD), Vincent Pereira (DDD), Sylvain Ponçon (DDD), Patrick Quentin (EC), Henri Quesnel (EC), Karuk Quinol (EC), Marie-Françoise Roussel (ETP), Henri Roy (EC), Dena Rozwadowski-Monribot (EE), Bernard Savary (EC), Cécile Séry (EC), Hervé-Patrick Stella (EC), Franck Templer (EM), Thierry Thibaux (ETP), Céline Tilly (DDD), Yves Urbain (APRR), Charlotte Valancogne (ETP), Sébastien Vicherd (EE), Yves Vircondelet (EE), Hervé Willaume (ETP).



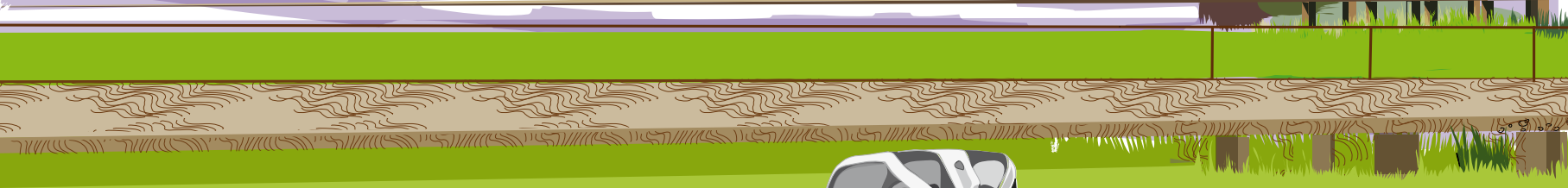
EC : Eiffage Construction

EE : Eiffage Energie

EM : Eiffage Métal

ETP : Eiffage Travaux Publics

DDD : Direction du Développement Durable d'Eiffage



*Stratégies d'avenir*