Mutations des programmes

Raphaël **Ménard**, architecte, ingénieur, directeur d'Elioth / Groupe IOSIS

Introduction

Ressources infinies, territoires sans limites : le paradigme fondateur des premières révolutions industrielles continue d'animer les modèles économiques qui sous-tendent notre civilisation. Société schizophrène, nous sommes aujourd'hui conscients du crash annoncé entre cette approximation nécessaire de la fin du XVIIIe siècle et l'asymptote devenue lisible des capacités limitées de la biosphère. *The Corporation*, le documentaire de Mark Achbar, Jennifer Abbott et Joel Bakan, rappelle justement le verrouillage de ce mode de pensée par notre système économique. Modeleurs de l'espace, portons un regard neuf sur les environnements de vie que nous avons conçus et bâtis. Il est aujourd'hui plus que temps de les interroger à l'aune des constantes physiques qui régiront la pérennité d'une humanité nombreuse.

D.R.

Les 3 empreintes du concepteur

Quel est le pouvoir du concepteur sur la durabilité ? Sans doute celui de traduire et de transcender de façon sensible et poétique les usages programmatiques en besoins minimaux. Et trois empreintes semblent aujourd'hui prioritaires quant à leur impact sur l'urgence environnementale :

- Empreinte spatiale de nos usages : comment faire en sorte que chaque fonction de vie minimise sa consommation de territoire ?
- Empreinte de nos besoins énergétiques : pour un bâtiment, quels principes de conception orchestrer afin qu'en réponse à des contraintes de confort données (température, renouvellement d'air, niveau d'éclairement...) la « boîte » architecturale minimise le recours à un contrôle actif de la température, à de la ventilation mécanique, à de l'éclairage artificiel, etc. ? À titre de comparaison, pour l'architecte naval, il s'agit de travailler à la géométrie hydrodynamique de la coque du voilier avant même de chercher à augmenter sa voilure.
- Empreinte carbone : comment la mixité spatiale, la bonne organisation du territoire et l'invention d'objets bâtis pourraient-elles enfin susciter de nouvelles stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

Finalité ?

Il s'agit de se concentrer notamment sur une remise en cause des façons d'aborder le projet spatial au-delà du bâtiment : quartiers, villes, voire territoires.
Nous dresserons ici quelques constats et rassemblerons des idées disparates sous le sceau des trois empreintes évoquées précédemment pour, finalement, parvenir à cette interrogation : la durabilité n'est-elle pas conditionnée par l'abandon de l'ordonnancement classique et arborescent des choses au profit d'une mise en relation de toutes les interdépendances ?
Ne doit-on pas voir dans le texte de Christopher Alexander *A City is not a Tree* (1965) les prémices d'une pensée transversale qui ferait écho à la poétique proposition du sociologue et philosophe Bruno Latour de transformer la Haute Chambre en Parlement des Choses ?

Surfaces de nos usages

De la taille minimale de nos autarcies

Fordisme des territoires, dilution de nos présences

Fille de la Modernité, la spécialisation fonctionnelle des territoires est poussée à son paroxysme tandis que la pauvreté programmatique généralisée – zones commerciales, zones pavillonnaires, quartiers d'affaires, etc. – dissémine nos vies. Se loger, se divertir, travailler, méditer... : la somme de nos usages se nichait auparavant dans la partie, dans un morceau de territoire unique qui était le quartier ou le pays. Les lectures de *La Ville franchisée* de David Mangin et de *Ville libérale, ville durable ?* d'Alain Cluzet fournissent de précieux éclairages sur les mécanismes à l'œuvre. Finalement, le motif de territoire, qui a capacité à assouvir la plénitude de nos usages, ne cesse d'enfler et tend à ressembler à la surface complète du globe ! Doit-on voir dans l'émergence de l'agence de tourisme spatial Virgin Galactic la révélation de la fin de tout exotisme terrestre ?

D.R.

Morale pour nos espaces Kleenex
Avec si peu de considération pour la rareté spatiale, nous détruisons l'espace naturel en perdant le contrôle de notre « automobilité » et de ses effets conjugués (émissions de gaz à effet de serre, temps perdu, problèmes de santé, isolement social, etc.). Dans un mouvement parallèle, toute notre production d'espaces et de territoires entre dans un métabolisme de cycle de vie court : détruire / bâtir, quitte à en payer cher l'impact énergétique et en CO_2 et le corollaire, les nuisances de chantier.

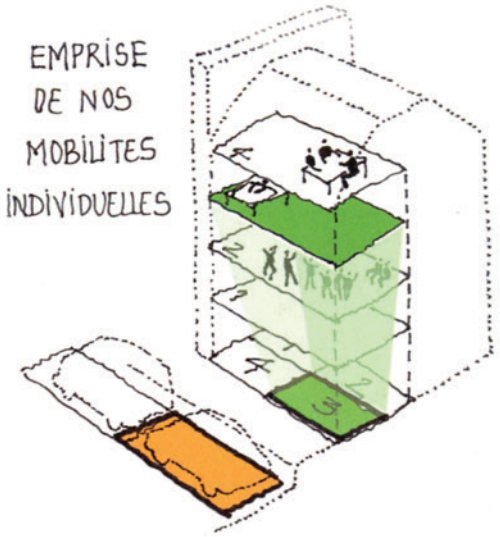
Mutualiser un objet pour plusieurs fonctions
Dans ce canevas, il faut sans doute refonder la monofonctionnalité des objets. L'exemple des pylônes « Wind-it », porté par l'équipe d'ingénieurs Elioth et l'agence d'architectes Encore heureux, est éloquent : pour un coût paysager et environnemental identique, divisons par deux l'empreinte d'un objet en lui faisant assumer deux fonctions – support du réseau de transport électrique et objet producteur d'électricité. À ce titre, les « Montagnes solaires » participent de la même approche en conjuguant exploitation agricole sous serre et production d'électricité. La concrétisation et la généralisation de ce type de démarche supposent, parallèlement, de réévaluer la conception strictement arborescente des responsabilités.

D.R.

Un squelette = un programme ?
Dans notre course à l'hyperperformance, chaque programme – logements individuels, bureaux, entrepôts logistiques... – est l'aboutissement d'un optimum délai-coût lui attribuant un pedigree sans doute trop spécifique pour qu'il puisse être flexible au-delà de sa destination programmatique.

Transformer les attendus du permis de construire ?
Comment proposer aujourd'hui la reconversion d'un bâtiment de bureaux R+5 de 18 mètres d'épaisseur en logements ? Comment envisager la transformation d'un hôpital en école ? Pour forcer une mutation de nos stéréotypes, n'y a-t-il pas lieu d'inciter les architectes à fournir d'emblée la faisabilité d'une autre destination programmatique de leur commande ? Ne pourrait-on imaginer que l'étape du permis de construire soit l'occasion de faire la preuve que l'intelligence géométrique de tel bâtiment de bureaux rend possible sa reconversion en logements dans quinze ans ?
Cette condition de durabilité supposerait aussi de revoir nos conservatismes normatifs (règlement de sécurité spécifique à chaque programme, par exemple).

Surface de nos mobilités
Une taxe d'habitation intégrant l'emprise de nos mobilités individuelles ?
Soit une ville dense. Quelle est la part de l'espace public dévolue à nos mobilités ? Prenons le 9e arrondissement de Paris, où la surface moyenne de logement rapportée à l'habitant est de l'ordre d'une trentaine de mètres carrés. Associée au fait que la densité bâtie parisienne est d'environ de 4, la part d'occupation du sol bâti est d'environ 7 m^2 pour l'usage de mon logement. La voiture stationnée dans la rue occupe, elle, près de 10 m^2 de voirie, notamment en stationnement lorsque j'habite mon logement...
La fiscalité locale ne devrait-elle pas prendre en compte notre consommation globale du territoire commun ?

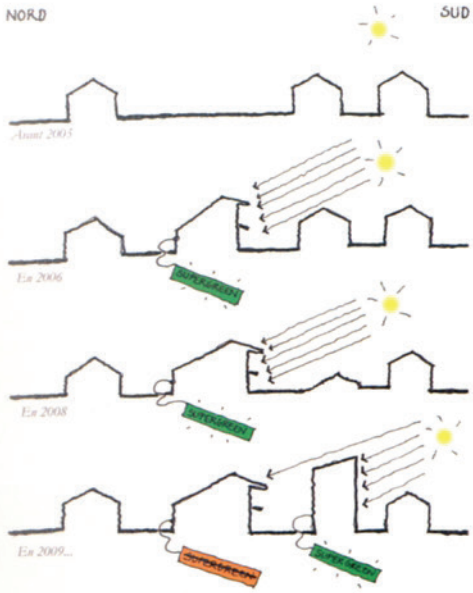


Honoraires ~ surfaces ?
La vie économique des concepteurs se fonde sur le volume et la surface des travaux. Devant notre gabegie spatiale, ne serait-il pas justifié de refonder les méthodes de calcul des honoraires afin que, dans l'esprit du concepteur, la valeur ajoutée ne soit plus associée à la masse mais à la qualité et à la durabilité potentielle de nos intelligentes conceptions ?

Sillages énergétiques

Géométries urbaines solaires
Rappel sur l'architecture bioclimatique
Le recours aux principes de l'architecture bioclimatique est souvent rappelé aux concepteurs lorsqu'il s'agit de parvenir à la définition de bâtiments énergétiquement vertueux. Cette grammaire sous-tend un jeu savant des volumes qui optimise le fonctionnement naturel du bâtiment pour des conditions climatiques données. En matière de logement par exemple, cela suppose de privilégier au maximum les baies vitrées au sud afin de bénéficier d'apports de chaleur gratuits en hiver ; des systèmes de protection solaire extérieure réduisent conjointement le flux incident hors de la période de chauffe.
Qu'en est-il cependant quand l'horizon est partiellement masqué du côté méridional[1] ? Comment parvient-on à répartir de façon équitable le droit au soleil lorsqu'il s'agit de constituer un fragment de ville ? Comment passe-t-on de l'optimum individuel à la maximisation globale ? BedZed (Beddington Zero Energy Development),

dessiné par l'agence de Bill Dunster, a fourni une première réponse en organisant les logements selon des barrettes orientées essentiellement est-ouest et dont l'épannelage en coupe nord-sud est tel que chaque barrette ne produit pas de masque en hiver à celle située en aval dans la direction septentrionale. Comment généraliser ce principe aux différentes formes urbaines ?



VERS UN URBANISME BIOCLIMATIQUE ?

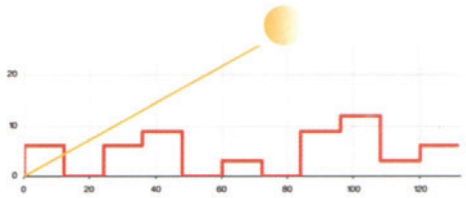
Vers l'urbanisme bioclimatique ?

Le problème posé se résume dès lors à cette interrogation : pour un spectre urbain donné[2], quelle forme urbaine se fait le moins d'ombre à elle-même ? Énoncé différemment, quel arrangement spatial des volumes permet de maximiser les apports solaires en période de chauffe ? Quelle grammaire morphologique est susceptible d'assurer un fonctionnement équitable du bioclimatisme ? Dans le cas d'une intervention au sein d'une morphologie déjà constituée et donc avec des conditions de masque données, quelle géométrie optimale maximise l'ensoleillement hivernal du programme ?

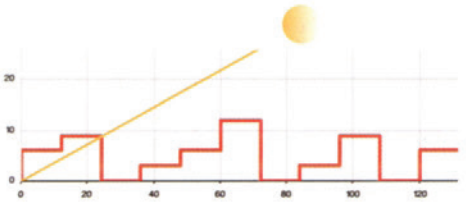
Premier exemple en coupe

L'approche présentée ici évalue la forme urbaine potentiellement à même d'optimiser la récupération de chaleur directe par les façades sud pour une constitution de façade sud donnée. Est laissée de côté dans cette première analyse la capacité de récupération de chaleur et/ou d'énergie en toiture comme sur les autres façades.

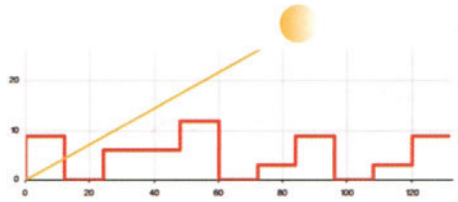
Dans l'étude ci-dessous, nous recherchons l'optimum en coupe ; le problème est simplifié en coupe bidimensionnelle nord-sud. La profondeur de chaque élément bâti est de 12 mètres ; chaque étage fait 3 mètres de haut ; enfin, l'angle solaire incident est de 20° par rapport à l'horizontale. La densité bâtie testée est de 1,5 et la coupe ci-dessous donne l'état initial à partir duquel nous effectuerons les permutations successives pour comparer les scores solaires obtenus. Au fur et à mesure des itérations, l'algorithme conserve la coupe ayant obtenu le meilleur score scolaire (ratio de façades sud recevant le flux solaire direct).



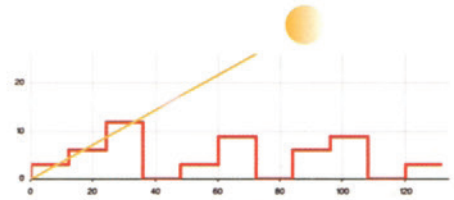
Le trait jaune représente l'angle solaire incident.
Le score solaire de cette permutation est de 62 %.
Au bout de 100 itérations, le score solaire passe à 77 % et la permutation est alors la suivante :



Au bout de 4 000 itérations, le score solaire passe à 78 % pour la configuration suivante :



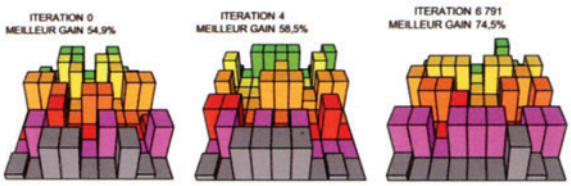
Au bout de 10 000 itérations, le score est identique mais avec une configuration différente :



Cette configuration n'est pas sans rappeler la coupe fondatrice du quartier de BedZed.

Exemple de généralisation en 3D

Les images ci-dessous illustrent la généralisation tridimensionnelle de l'approche par permutation de masses bâties.



...Et les rues ne seront pas forcément orientées est-ouest

Les calculs menés à partir des scores solaires attribués à des permutations aléatoires de masses bâties données sur une grille permettent :

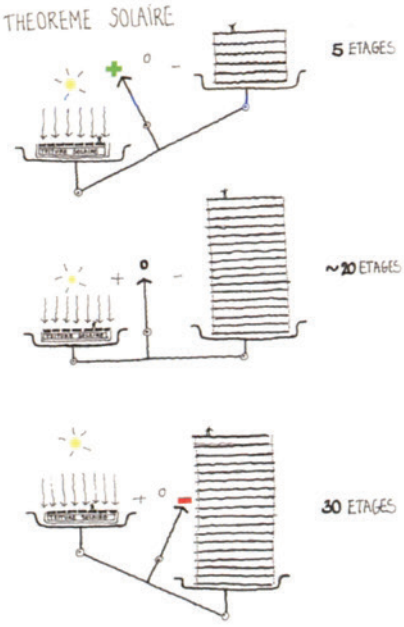
- d'obtenir des « sets » de morphologie de quartier qui maximisent potentiellement les apports solaires ;
- d'analyser, selon une densité bâtie donnée, l'incidence du spectre urbain sur la performance solaire.

Il y a lieu de développer ces recherches au moyen d'algorithmes élaborés, issus des sciences de la complexité (par exemple algorithmes génétiques), pour peut-être

en déduire des règles de prospect associées à une situation géographique donnée.
Ce type de démarche « totalitaire » peut effrayer de prime abord les tenants d'une approche classique du projet urbain. Pourtant, il ne s'agit pas d'inféoder la pensée de la ville au *diktat* géométrique de la cinématique solaire. Voilà d'abord un outil supplémentaire d'arbitrage sur les choix de tracés.
À titre d'exemple, lors de l'agrandissement du quartier Vauban à Fribourg, les habitants souhaitaient organiser les extensions de logements en privilégiant les orientations nord-sud. La ville en a décidé autrement ; la contrepartie est que les logements ne peuvent plus atteindre le niveau *PassivHaus*, du fait d'une moins bonne récupération des apports solaires hivernaux.

Neutralité énergétique vs. densité du bâti

Il subsiste un étrange paradoxe quant au discours sur la densité : plus le tissu bâti est dilué, plus la surface offerte aux éléments – et particulièrement le soleil – est importante pour un mètre carré utile[3]... Énonçons différemment le problème : imaginons une tour tertiaire installée dans la bande tropicale, où, pour simplifier, le flux solaire est principalement au zénith ; la récupération d'énergie renouvelable s'effectue alors nécessairement en toiture[4]. Figurons-nous aussi une récupération très efficace de l'énergie solaire grâce à une toiture de type héliothermodynamique[5], avec une trigénération convertissant 25 % du flux en électricité, 25 % en froid et 25 % en chaud. Rêvons alors d'une capacité de stockage de ces différentes productions d'énergie.



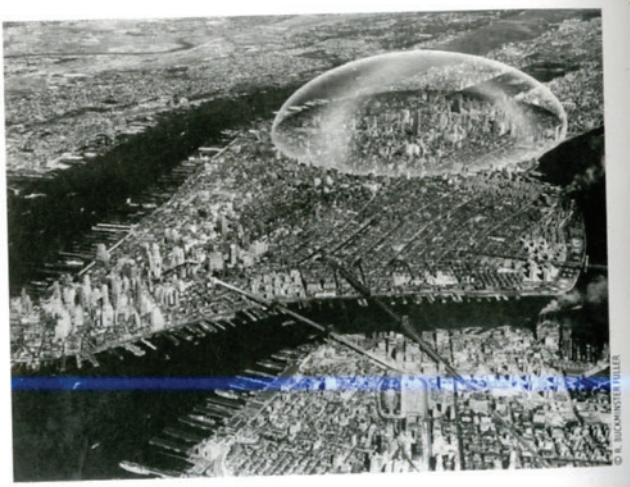
Dans la bande tropicale, le flux solaire annuel horizontal est de l'ordre de 2 000 kWh/m²/an[6]. Nous disposons donc d'une production de 500 kWh par mètre carré de toiture dans les conditions énoncées ci-dessus. Figurons-nous aussi que la tour est très sobre et que chaque mètre carré de plancher ne requiert que 25 kWhEF/an pour chaque type d'énergie.

Plafond de la neutralité énergétique

Nous voyons alors apparaître une limite théorique à l'autosuffisance énergétique du bâti qui, dans cette approche très optimiste, plafonne à une vingtaine d'étages au maximum ! L'éolien peut fournir un appoint mais cela suppose d'y dédier une très importante surface en élévation ; or, ajouter une dizaine d'étages aux vingt précédents implique d'augmenter encore la hauteur de la tour afin d'y loger des aérogénérateurs.

Vêtements été-hiver

À l'aube de la réactivité de l'enveloppe des bâtiments (une doudoune hermétique pour l'hiver, un tee-shirt respirant l'été), y a-t-il lieu de préfigurer la ville-parapluie, qui augmenterait sa compacité en saison froide ? Il faudrait pour cela convoquer les utopies de Richard Buckminster Fuller (Manhattan sous une cloche à fromage) et de Frei Otto (habitats polaires), voire l'expérience de *Biosphère II* ou l'univers sous bulle de *Globalia* narré par Jean-Christophe Ruffin. Mais ces schémas ne contiennent-ils pas des relents d'eugénisme et de préfiguration de sociétés confortablement totalitaires ?



Le coût en CO_2

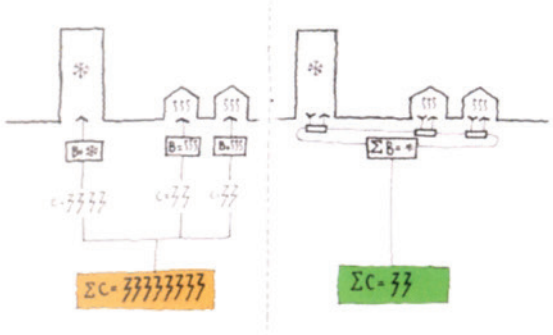
Reculer la traduction du besoin en consommation énergétique

Définir de sobres accouplements programmatiques

Les nouvelles mixités offrent l'occasion de faire des « déchets » thermiques des uns les intrants climatiques des autres. Nous savons par exemple qu'il est efficace d'adosser des logements principalement orientés au sud à des bureaux exposés au nord. En hiver, la chaleur nécessaire au confort nocturne dans l'habitat est transférée aux bureaux dès le matin ; la chaleur des bureaux associée à leur activité est ensuite retransmise aux logements en début de soirée.

La logique

Nous sommes de fait dans une approche autiste de satisfaction de nos besoins climatiques : chaque besoin est traduit individuellement en consommation énergétique. Si nous additionnions nos besoins au préalable, la somme du froid et du chaud conduirait nécessairement à une traduction énergétique plus faible que lors de l'addition des deux traductions en énergie finale. C'est finalement une grande chance que les besoins soient une valeur algébrique !



Conclusion
Pour l'énoncer différemment, les nouvelles mixités sont l'occasion de redémontrer la véracité de l'inégalité triangulaire /x+y/ ≤ /x/+/y/.

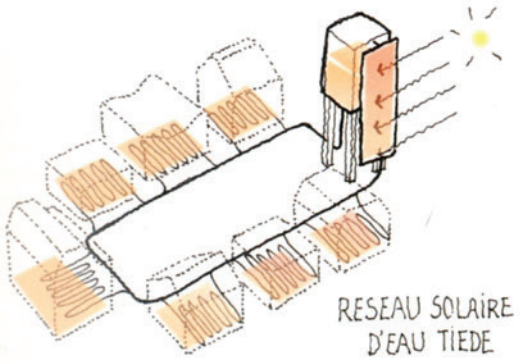
De nouveaux réseaux ?

Mutualiser la production de chaleur solaire

Tout, encore une fois, est affaire d'ordre de grandeur... Imaginons un quartier dont les besoins chauds des logements sont de l'ordre de 30 kWhTH/m²HAB/an (hypothèse constructive deux fois moins contraignante que le PassivHaus). Si la surface moyenne des logements est d'environ 70 m², les besoins annuels en chauffage de chacun d'eux sont alors d'environ 2 000 kWhTH/an.
Sous nos latitudes, le flux solaire annuel reçu sur un plan vertical orienté au sud est d'environ 700 kWh/m²/an.
Si nous imaginons de coupler des capteurs thermiques à haut rendement avec un volume de stockage adéquat, 3 m² de capteurs et 30 m³ d'eau suffisent à produire et à stocker la pile thermique nécessaire aux besoins annuels de chaleur pour un logement.

Château d'eau solaire

À l'échelle d'un quartier comportant 100 maisons, une tour solaire de 30 mètres de haut et occupant en plan un carré de 10 mètres assurerait alors la production solaire et le stockage pour tout le quartier...



Imaginer des réseaux d'eau tiède

Reste alors à implémenter un réseau d'eau tiède assurant par exemple un chauffage par le sol de l'ensemble des 100 logements.

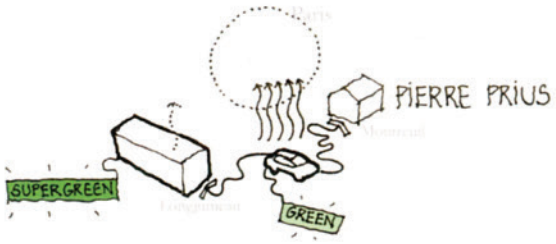
Agréger les optimisations

Prenons l'exemple de la simple conjugaison des relations logement-travail et de leurs émissions en CO_2 pour lire le poids de notre mobilité. Nous sommes en 2010.

Pierre Prius

Pierre habite Montreuil ; il rejoint chaque jour son tout récent bureau « carbone-neutre », distant de 25 kilomètres, avec sa Prius qui émet moins de 100 grammes de CO_2/km. Les émissions de CO_2 annuelles de Pierre pour aller et revenir de son lieu de travail sont, en première approche, de 1 000 kg[7]. Soit, à titre de comparaison, près du sixième des émissions annuelles moyennes d'un Français.

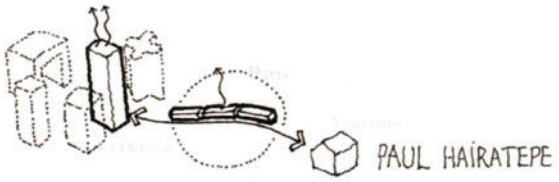
auto+boulot ~ 1000kg CO2 / an



Paul Hairatépé

Paul habite Vincennes et rejoint tous les jours en RER son bureau situé dans une tour des années 1970 à La Défense. La tour est de conception ancienne et mal entretenue ; un audit carbone a récemment montré qu'elle émettait près de 40 kg de CO_2/m²/an pour assurer un confort hygrothermique de qualité moyenne à ses occupants. Le bilan de Paul pour son métro-boulot est donc d'environ 500 kg de CO_2/an[8].

métro+boulot ~ 500kg CO2 / an



Moralité

Bâtissons nos réseaux de mobilité peu émetteurs de gaz à effet de serre avant d'imaginer du bâti à faible empreinte environnementale.

Notes

1. Dans l'hémisphère Nord !
2. La représentation du pourcentage relatif d'emprise au sol des bâtis de hauteurs différentes. Pour une forme urbaine étalée, un spectre urbain serait par exemple : sol>75 %, R+0>13%, R+1>10% et R+2>3%.
3. Le ratio surface SHON/surface toiture est globalement croissant avec la densité.
4. Les récupérations en façades est et ouest sont faibles puisque le soleil, dans la bande tropicale, passe très rapidement de l'horizon au zénith.
5. Par exemple, les miroirs cylindro-paraboliques ou miroirs de Fresnel.
6. À Paris, le flux solaire horizontal est de l'ordre de 1 100 kWh/m²/an.
7. 10 m² x 0 kg de CO_2/m²/an + 25 km/aller x 2 x 200 jours x 100 gr de CO_2/km.
8. 10 m² x 40 kg de CO_2/m²/an + 25 km/aller x 2 x 200 jours x 10 gr de CO_2/km.