

## Les grandes villes des Etats-Unis sont moins 'vertes', moins écologiques que les petites agglomérations

*Les grandes villes émettent plus de CO<sub>2</sub> et on y gagne moins par habitant que dans les petites villes, ce qui contredit la notion d'«économie d'échelle» selon laquelle les grandes villes auraient plus d'avantages écologiques que les petites et qui a suscité un doute sur les affirmations des autres avantages des grandes cités par rapport aux petites. [Dr Mae-Wan Ho](#)*

*Traduction d'un rapport de l'ISIS en date du 15/09/2014*

*Avec une annexe en français sur la notion d'**allométrie***

L'article original s'intitule *Large Cities in USA less Green than Small Ones* et il est accessible sur le site : [http://www.i-sis.org.uk/Large\\_Cities\\_in\\_USA\\_less\\_Green\\_than\\_Small\\_Ones.php](http://www.i-sis.org.uk/Large_Cities_in_USA_less_Green_than_Small_Ones.php)

S'il vous plaît diffusez largement et rediffusez, mais veuillez donner l'URL de l'original et conserver tous les liens vers des articles sur notre site ISIS. Si vous trouvez ce rapport utile, s'il vous plaît, soutenez ISIS en vous abonnant à notre magazine [Science in Society](#), et encouragez vos amis à le faire. Ou jetez un oeil à notre librairie [ISIS bookstore](#) pour d'autres publications

### Les relations d'échelle allométrique en biologie appliquée aux villes

Les relations et les représentations sur une [échelle allométrique](#) ont d'abord été découvertes en biologie à propos des différentes dimensions relatives entre des parties du corps, comme par exemple la taille du cerveau et la taille du corps en cours de développement et d'évolution [1]. Il a ensuite été appliqué au taux métabolique des animaux Y par rapport à la masse corporelle X [2] sous la forme générale :

$$Y = AX^{\beta} \quad (1)$$

où A est une constante et  $\beta = 3/4$ , est l'exposant allométrique. Un positionnement de log Y en fonction de log X donne une pente  $\beta$  et un point d'intersection sur l'axe Y de log A. La chose étonnante est que cette représentation s'applique à travers tous les genres de l'ensemble du monde du vivant, allant de la souris à l'éléphant (voir la figure 1 de [3] [Biology's Theory of Everything](#), SiS 21) et même des bactéries jusqu'aux baleines et aux arbres géants comme le séquoia [4].

Récemment, l'échelle allométrique a été utilisée pour étudier les villes et les agglomérations, en particulier par les spécialistes de la physique théorique Geoffrey West et Luis Bettencourt au Santa Fe Institute aux États-Unis [5, 6].

Ils ont constaté que les villes réparties à travers les États-Unis montrent des relations allométriques avec la taille de la population.

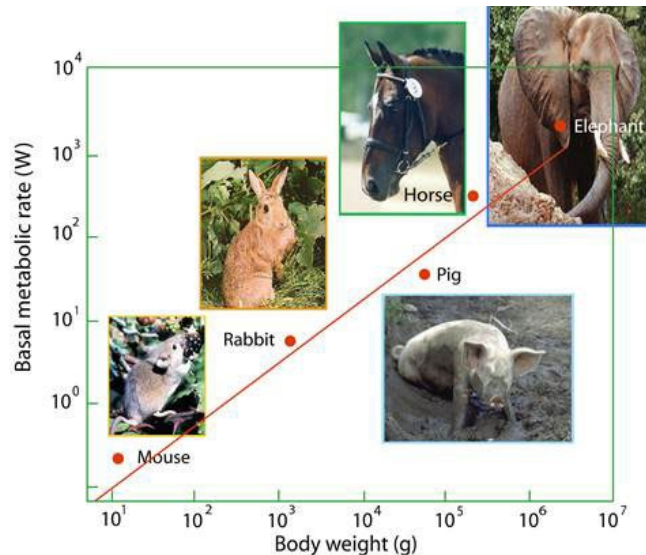


Figure 1 - Echelle allométrique représentant le taux métabolique en fonction du poids corporel chez les animaux, de la souris à l'éléphant [3]

En particulier, les activités humaines peuvent être regroupées en trois catégories en fonction de la valeur de l'exposant allométrique :

- **isométrique** ( $\beta = 1$ ) reflète les besoins humains individuels : le nombre d'emplois, les maisons, la consommation d'eau;
- **sous-linéaire** ( $\beta < 1$ ) implique une économie d'échelle avec une mesure par habitant qui décroît avec la taille de la population, comme dans le nombre de stations d'essence, la longueur des câbles électriques, les revêtements routiers, voire les émissions de gaz à effet de serre;
- et **super-linéaire** ( $\beta > 1$ ) qui implique un gain positif par habitant avec la taille de la population dans des variables telles que les salaires, les revenus, le produit intérieur brut, les dépôts bancaires et les taux d'inventions déposées (brevets).

**L'échelle sous-linéaire indique des économies sur les infrastructures, tandis que l'échelle super-linéaire indique que les grandes villes sont associées à une augmentation des niveaux de productivité humaine et de la qualité de la vie (voir [7] ["Grand Unified Theory of Sustainability" for Cities?](#) \*).**

\* **Versión en français** « Une Grande Théorie Unifiée de la durabilité pour les villes et les agglomérations ? » par le Dr Mae-Wan Ho. Traduction et complément de Jacques Hallard, mercredi 12 novembre 2014 - ISIS Physique Biologie Urbanisme. « Pour faire face à l'urbanisation, le problème le plus urgent de ce siècle, le spécialiste de la physique théorique Geoffrey West est en quête d'une théorie unifiée de la [durabilité](#) sur la base d'une échelle universelle dans les domaines de la biologie et de l'urbanisme... ».

**Les plus grandes villes sont-elles vraiment plus 'vertes' et écologiques ainsi que plus riches et plus créatives que les petites villes ?**

Il y a eu un intense débat en cours pour savoir si les grandes villes sont plus vertes (revue dans la référence [8]). Certaines études rapportent que l'usage des navettes de transport apporte une contribution majeure aux émissions de gaz à effet de serre. En conséquence, les villes compactes seraient plus vertes en réduisant la distance moyenne lors de la mobilité; mais cela a été très discuté avec des querelles, au moins aux États-Unis, au motif que la ville compacte amènerait les gens à vivre en dehors de la ville et donc à rallonger la distance moyenne des trajets.

Erneson Oliveira et José Andrade Jr. de l'Université fédérale du Ceará, au Brésil, et Hernán Makse au City College de New York aux États-Unis, ont mené une nouvelle étude pour voir si les grandes villes sont plus vertes que les plus petites [8].

Ils ont utilisé une nouvelle approche 'bottom-up', du bas vers le haut, en combinant deux ensembles de données sur la population et les émissions de dioxyde de carbone aux États-Unis continental, une étude qui est à la fois la plus fine et la plus détaillée, et actuellement disponible. Ce qu'ils ont trouvé a été dévastateur : une mise sur l'échelle super-linéaire entre les émissions de CO<sub>2</sub> et la population de la ville, avec un exposant allométrique moyen de  $\beta = 1,46$  dans toutes les villes des États-Unis.

En d'autres termes, le doublement de la taille des villes conduit à une augmentation de 146% des émissions de CO<sub>2</sub>, au lieu de 100%. Ils ont conclu: « Ce résultat suggère que la productivité élevée des grandes villes se fait au détriment d'une proportion plus grande de la quantité d'émissions de CO<sub>2</sub> par rapport aux petites villes ».

### **Des bases de données détaillées associées à un bon algorithme des regroupements sont mis en oeuvre pour identifier les villes**

Pourquoi les nouveaux résultats sont-ils si différents ? Et pourquoi devrions-nous avoir plus confiance dans leurs résultats, plutôt qu'en ceux qui ont été obtenus par d'autres auteurs précédemment ?

Tout d'abord, les nouveaux résultats sont basés sur des données disponibles qui sont les plus détaillées pour les émissions de carbone et pour les populations, d'autre part, et sur un algorithme robuste a été utilisé pour identifier les villes, plutôt que de s'appuyer sur des définitions administratives qui attribuent souvent arbitrairement et de façon forfaitaire, les zones périphériques de banlieue et d'autres zones extérieures dans les villes étudiées.

L'équipe a commencé par regrouper les établissements qui sont proches les uns des autres dans les villes à l'aide de l'algorithme 'City Clustering' [désigné plus loin par méthode CCA]. Ensuite, ils utilisent les données d'émissions du CO<sub>2</sub> à une échelle géographique fine pour déterminer les émissions totales de chaque ville.

Leurs résultats sont sensiblement différents de ceux obtenus par la définition standard administrative des villes, c'est-à-dire celle qui se réfère à la méthode 'Metropolitan Statistical Area' (désignée ci-après par la méthode MSA), qui affiche des émissions avec une représentation à l'échelle isométrique ou même à une échelle sous-linéaire. Ceci suggère que les études d'allométrie basées sur les limites administratives pour définir les villes peuvent souffrir de biais inhérents à la méthode utilisée.

La base de données des émissions de carbone est obtenue à partir du programme Vulcan conduit et compilé à l'Arizona State University, et avec une résolution spatiale de 10 km x 10 km (grille de 0.1 degré x 0,1 degré), portant sur les années de 1999 à 2009.

Les données sont distinguées et séparées selon les secteurs des activités économiques : commerciales, industrielles et résidentielles, ainsi que selon la production d'électricité, les véhicules routiers, les véhicules non routiers (bateaux, trains, mobiles sur neige), les avions et les aires bétonnées.

L'équipe a analysé les émissions annuelles moyennes en 2002 pour un total de l'ensemble des secteurs et pour chaque secteur séparément. Le choix des données de 2002 a été fait parce que c'est la seule année pour laquelle la quantification a été réalisée à l'échelle de plusieurs usines, des centrales électriques, des routes et des quartiers, et tout ceci sur une base horaire.

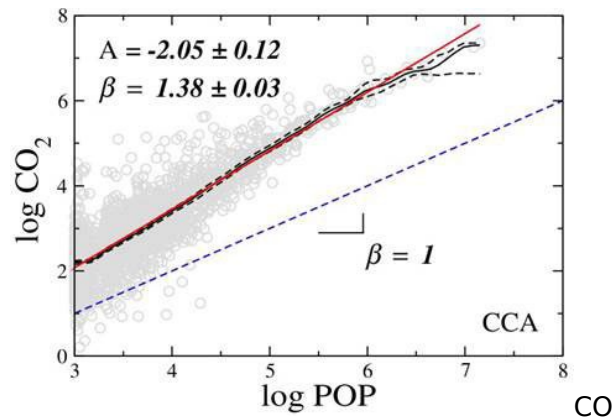
L'algorithme 'City Clustering' estime que les villes sont constituées de zones commerciales et résidentielles contiguës (à une distance de coupure ( $l$ ) égale à 5 km et le seuil de population est  $D^* = 1.000$ ) dont les émissions de  $CO_2$  sont connues à partir de l'ensemble des données du projet Vulcan.

En utilisant deux jeux de données définies au microscope, l'équipe de recherche a pu faire correspondre précisément la population de chaque agglomération et son taux d'émissions de  $CO_2$ .

Pour  $l = 5$  km et  $D^* = 1\ 000$ , le tracé de  $\log(CO_2)$  en fonction de  $\log(Pop)$  donne  $\log A = -2,05 \pm 0,12$  et  $\beta = 1,38 + 0,03$ , avec  $R^2 = 0,76$ .

$R$  est le coefficient de corrélation et la valeur de  $R^2$  est la proportion de la variation de  $CO_2$  qui peut être représentée par la partie linéaire de sa relation avec Pop (population); donc plus il est proche de 1 pour une pente positive, meilleure est l'adéquation au modèle (figure 2).

*Figure 2 - Représentation sur l'échelle allométrique des émissions de  $CO_2$  par rapport à la population. Ligne rouge continue : régression linéaire, cercles gris : les points des données, trait noir : l'estimation Nadaraya-Watson, de la fonction de régression inconnue (avec des lignes en pointillé de noir de l'intervalle de confiance à 95% de l'estimation), ligne en pointillé : régression théorique avec  $\beta = 1$*



La question posée est de savoir si l'exposant allométrique est robuste aux seuils  $D^*$  et  $l$ . Cela dépend-il de la façon critiquable des seuils précis qui ont été choisis ? Cela a été étudié en faisant varier les valeurs des seuils de  $l$  et  $D^*$  et en regardant comment change l'exposant  $\beta$ .

Il a été trouvé que la valeur de  $\beta$  augmente avec  $l$  jusqu'à une valeur de saturation qui est atteinte à 10 km, et cela est relativement indépendant de  $D^*$ . La moyenne des valeurs des exposants dans la région du plateau avec  $l > 10$  km sur différents  $D^*$ , donne  $\beta = 1,46 \pm 0,02$ .

Les émissions de  $\text{CO}_2$  de chaque secteur ont également été tracées séparément pour obtenir les exposants allométriques. Les secteurs ayant les plus forts exposants (moins efficaces) sont le résidentiel, l'industriel, le commercial et la production électrique avec  $\beta$  allant de 1,46 à 1,62, donc une valeur qui est supérieur à la moyenne.

### **La relation est super-linéaire entre les niveaux de salaire et les émissions de carbone, sauf pour les niveaux les plus bas**

L'équipe des chercheurs a également utilisé l'ensemble de données sur le revenu qui sont disponibles aux États-Unis, à partir de l'US Census Bureau pour l'année 2000. La base de données fournit le revenu moyen des ménages par habitant pour les 3.092 comtés américains. Pour chaque comté, ils ont combiné les données sur le revenu et les limites administratives, afin de les mettre en relation avec les ensembles de données géo-localisées.

L'exposant allométrique du revenu par habitant montre une dépendance en U inversé sur le revenu total. En d'autres termes, l'exposant allométrique  $\beta$  diminue pour les niveaux de revenus inférieurs et supérieurs. Le virage est le revenu par habitant de 37.235 US\$ (en \$ de 2000). L'exposant allométrique reste toujours supérieur à 1 (super-linéaire) indépendamment du niveau de revenu, sauf pour les plus faibles revenus.

Lorsque les émissions de  $\text{CO}_2$  sont tracées séparément pour différents niveaux de revenu, il existe une relation super-linéaire pour tous les niveaux de  $\beta$  allant de 1,23 au plus haut niveau de revenu, à 1,43 à un niveau intermédiaire), sauf pour les plus bas niveaux de revenus  $< 25\ 119$  US\$, qui donne  $\beta = 0,92$ ).

Après le virage, au point d'inversion,  $\beta$  diminue : cela indique une amélioration de l'environnement dans les villes avec des revenus élevés. Toutefois, l'exposant allométrique reste partout supérieur à un, sauf pour le niveau des revenus les plus faibles, ce qui indique que presque toutes les grandes villes sont moins 'vertes' ou moins écologiques que les petites, peu importe le revenu des habitants.

La comparaison des relations allométriques pour les surfaces obtenues pour les villes identifiées par la méthode MSA, d'une part, et les villes identifiées par la méthode CCA, d'autre part, montre que la méthode MSA surestime les superficies des villes, en particulier des petites villes. La méthode MSA donne  $\log A_{MSA} = 0,81 \pm 0,36$  et  $\beta = 0,51 \pm 0,06$  (avec  $R^2 = 0,48$ ). La méthode CCA donne  $\log A_{CCA} = -2,86 \pm 0,06$  et  $\beta = 0,94 \pm 0,01$  (avec  $R^2 = 0,99$ ). D'où l'ajustement du modèle basé sur la méthode CCA qui est bien meilleur que celui qui est basé sur la méthode MSA.

Il existe presque une représentation sur une échelle isométrique, de la relation entre la population et la superficie avec la méthode CCA, alors que la méthode MSA présente un ajustement sur une échelle sous-linéaire.

La relation isométrique établie avec la méthode CCA, montre que les émissions de  $CO_2$  sont indépendantes de la densité de population, comme cela est prévu, mais qu'elle conduit à une représentation sur une échelle super-linéaire entre les émissions et la taille de la population.

La méthode MSA surestime la zone occupée habituellement, et le biais statistique est plus grand pour les petites villes que pour les plus grandes et, par conséquent, entraîne une surestimation des émissions de  $CO_2$  des petites villes par rapport aux grandes villes. Cela représente un exposant allométrique plus petit avec la méthode MSA qu'avec la méthode CCA pour les points de  $\log(CO_2)$  en fonction de  $\log(Pop)$  : il est obtenu  $\log A_{MSA} = 1,08 \pm 0,38$  et  $\beta = 0,92 \pm 0,07$  (avec  $R^2 = 0,71$ ).

La publication des auteurs cités a omis de tracer le revenu en fonction de la taille de la ville, ce qui donnerait une comparaison directe avec les résultats obtenus précédemment [5, 6]. À ma demande, les auteurs ont gracieusement fourni une telle représentation du log des revenus par habitant, en fonction du log de la population (non représenté).

La représentation donne un exposant  $\beta = 0,006 \pm 0,017$ , avec  $R^2 = 0,014$ . En d'autres termes, il y a une très faible corrélation positive entre le revenu et la taille de la ville. Cela signifie que le revenu par habitant est pratiquement inchangé, ou augmente très légèrement avec la taille de la ville ; cela est à nouveau en contradiction avec la représentation sur l'échelle allométrique de type super-linéaire, qui a été trouvée précédemment [4-6].

Les nouveaux résultats obtenus montrent de façon convaincante que les grandes villes sont moins 'vertes' ou moins écologiques que les petites villes, et jettent un doute considérable sur les analyses antérieures basées sur des villes à partir de la méthode MSA, pour lesquelles de nombreux autres avantages positifs avaient été annoncés.

(Le texte suivant à été repris et mis à jour par le traducteur) Ce sujet a été développé à l'occasion de l'attribution de la Médaille Prigogine 2014 au Dr. Mae-Wan Ho, dans le cadre de son exposé présenté lors de '**Sustainable City 2014**', '**la ville durable 2014**', la 9e Conférence internationale sur la rénovation urbaine et le développement durable, qui s'est tenue à l'Université de Sienne en Italie, du 23 au 25 septembre 2014.

Le rapport de cette manifestation - en anglais - et une galerie des photos correspondantes sont disponibles sur le site suivant : <http://www.wessex.ac.uk/14-conferences/sustainable-city-2014.html>.

## Références

1. Huxley JS and Tessier G. Terminology of relative growth Nature 1936, 137, 780-1.
2. Kleiber M. The fire of life: An introduction to animal energetic, John Wiley, New York, 1961.
3. Ho MW. Biology's theory of everything? [Science in Society 21](#), 47, 2014.
4. West GB, Brown JH and Enquist BJ. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science* 1997, 276, 122-6.
5. Bettencourt LMA, Lobo J, Helbing D, Kühnert C and West GB. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *PNAS* 2007, 104, 7301-6.
6. Bettencourt LMA. The origins of scaling in cities. *Science* 2013, 340, 1438-41.
7. Ho MW. "Grand Unified Theory of Sustainability" for cities? *Science in Society* 64 (to appear) 2014.
8. Oliveria EA, Andrade Jr JS, Makse HA. Large cities are less green. arXiv:1401.7720v2, 18 June 2014. <http://arxiv.org/abs/1401.7720>

[membership](#) | [sitemap](#) | [support ISIS](#) | [contact ISIS](#)

© 1999-2014 The Institute of Science in Society

### **Allométrie** - Introduction d'un article de Wikipédia

Le terme **allométrie** a été créé en 1936 par [Julian Huxley](#) et [Georges Teissier](#) en tant que désignation conventionnelle, en [biologie](#), des phénomènes de croissance différentielle d'organes, de tissus ou d'activité, dans la mesure où ces phénomènes de croissance sont régis par une loi de forme mathématique spécifiée<sup>1,2,3</sup>.

Huxley et Teissier se sont inspirés du principe de la croissance allométrique énoncé par le biologiste [D'Arcy Thompson](#) en 1917 (estimation de cette croissance par des grilles de déformation)<sup>4</sup>. Voir l'article complet sur : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Allom%C3%A9trie>

### **Relations allométriques en écologie** - Introduction d'un article de Wikipédia

Le terme [allométrie](#) (« *allo* » vient du grec *allos* = « autres », donc dans ce cas « autre que métrique », c'est-à-dire non-[linéaire](#)) a été créé en 1936 par [Julian Huxley](#) et [Georges](#)

[Teissier](#) en tant que désignation conventionnelle, en biologie, des phénomènes de croissance différentielle d'organes, dans la mesure où ils tombent sous une loi de forme mathématique spécifiée. Voir l'article complet sur ::

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Relations\\_allom%C3%A9triques\\_en\\_%C3%A9cologie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Relations_allom%C3%A9triques_en_%C3%A9cologie)

### Traduction en français et annexe sur l'**allométrie**

Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant.

Relecture et corrections : Christiane Hallard-Lauffenburger, ex professeur des écoles.

Adresse : 585 Chemin du Malpas 13940 Mollégès France

Courriel : [jacques.hallard921@orange.fr](mailto:jacques.hallard921@orange.fr)

Fichier : ISIS Ecologie Urbanisme ***Large Cities in USA less Green than Small Ones***

French version.3

---