

# La Ferme Verticale: Réduire l'impacte de l'agriculture sur les fonctions et services de l'écosystème

Un article par Dickson Despommier, Département des Sciences de Santé Environnementale, Faculté de Santé Publique Mailman, Université de Columbia, 60 Haven Ave, rm. 100 New York, New York 10032 [ddd1@columbia.edu](mailto:ddd1@columbia.edu)

## Résumé

L'avènement de l'agriculture a catalysé la transformation de la condition humaine d'une vie de chasseur-cueilleur à celle d'un citoyen mondial. La population, elle aussi, a grandi jusqu'à arriver à environ 6,4 milliards d'êtres humains. Plus de 800 millions d'hectares (c'est-à-dire presque 38% de la surface de la Terre) sont consacrés à la production des récoltes pour soutenir cette population encore grandissante.

L'agriculture a radicalement transformé la surface de la Terre, remplaçant des écosystèmes fonctionnels avec des champs cultivés et des animaux domestiques. Indéniablement, un approvisionnement alimentaire fiable a permis l'évolution des sociétés culturellement fortes. Ironiquement, l'agriculture a créé un nombre de nouveaux problèmes particuliers à la production alimentaire, et en plus elle a aggravé des problèmes déjà existants.

L'exposition à des niveaux toxiques des produits agrochimiques (pesticides, fongicides) et à une pléthore de blessures est une partie intégrale du labour et de la récolte, et cætera. La grippe, la rage, la fièvre jaune, la fièvre de dengue, la malaria, la leishmaniose, et toute une gamme de géohelminthiases est fréquemment transmise aux interfaces agricoles subtropicales et tropicales. Les infections émergentes, parmi lesquelles beaucoup sont des zoonoses virales (l'Ebola, la fièvre de Lassa, par exemple), ont adapté à l'être humain, à la suite de notre invasion de leur environnement. Dans les 50 années suivantes, on estime que la population humaine dépassera 8,3 milliards. Nourrir ces nouveaux arrivés requerra 109 hectares de terre cultivée; terre qui n'existe pas. D'autres solutions au problème de l'alimentation doivent être trouvés si nous voulons éliminer la faim et la pauvreté.

## Introduction

À partir de janvier 2006, environ 800 millions d'hectares de terre arable étaient cultivés, ce qui permettait un approvisionnement alimentaire suffisant pour la plupart d'une population humaine qui maintenant dépasse 6,4 milliards. Ces estimations comprennent les terres à pâturage (autrefois des prairies) pour le bétail, qui représentent presque 85% de toute la terre qui pourrait soutenir un niveau d'agriculture minimum. L'agriculture produit aussi une grande variété de céréales qui nourrit des millions de têtes de bétail et d'autres animaux domestiques (1).

En 2003, presque 33 millions de têtes de bétail étaient élevées aux États-Unis (2). Pour soutenir une si grande activité agricole, des millions d'hectares de forêts feuillues et conifères (tempérées et tropicales), prairies, et zones humides ont été sacrifiées, ou du moins gravement réduits à des petites parcelles. Dans tout cas, une perte considérable de biodiversité et une perturbation des fonctions des écosystèmes à l'échelle globale a été le résultat (3-5).

Bien que personne ne mette en question l'importance de l'agriculture dans l'histoire de l'évolution de l'homme, même nos premières tentatives agricoles ont causé des dommages irréversibles à l'environnement. Ces dommages sont maintenant si graves et si répandus qu'ils menacent de modifier radicalement la trajectoire de notre vie sur la Terre. Les limons qui se trouvent aux plaines inondables des vallées des fleuves Tigre et Euphrate servent à illustrer ce point (6). Cette région était le berceau de la civilisation occidentale, uniquement à cause du développement des technologies agricoles (principalement la culture du blé). La terre était très vite dégradée et la production alimentaire s'est réduite à des niveaux minimaux à cause de l'érosion due à des techniques primitives, intensives qui ont rapidement consommé les nutriments du sol. Les projets d'irrigation étaient mal gérés, interrompus par des guerres et par des inondations hors saison. De nos jours, ces techniques agricoles traditionnelles (primitives) continuent à produire de massives pertes de couche arable (3,5,6). De plus, ces techniques traditionnelles ne permettent pas que le carbone soit séquestré dans la forme des arbres et des plantes boisées permanentes (7).

Les produits agrochimiques, particulièrement le fertilisant, sont utilisés dans presque tous les programmes agricoles commerciaux (8). Cela se doit au fait que les cultures de rente ont besoin de plus de nutriments de ce que le sol peut fournir. L'emploi du fertilisant coûte cher et encourage la croissance de mauvaises herbes, ce qui exige l'emploi de l'herbicide (9). Dans les entreprises agricoles commerciales, la culture consiste de la production d'une seule espèce de plante, la plupart desquelles sont vulnérables à l'attaque d'une variété de microbes et arthropodes (10,11). Les industries agrochimiques ont, dans très

peu de temps (50+ ans), répondu à ces forces biologiques, en produisant une foule de produits agrochimiques qui ont, jusqu'à très récemment, réussi à contrôler ces intrus qui essayent de s'asseoir à notre table.

L'emploi des pesticides et herbicides a facilité des récoltes toujours grandissantes, mais beaucoup d'espèces d'arthropodes et de plantes a développé un certain niveau de résistance aux deux classes de produits chimiques. Comme résultat, de plus en plus de ces produits sont nécessaires pour avoir le même effet comme dans l'année passée. La source la plus nocive de pollution c'est le ruissellement agricole (12). Dans la majorité des contextes agricoles, à la suite de même des pluies légères une mixture toxique d'agrochimiques s'écoule des champs et contamine les écotones voisins avec une régularité prévisible.

Les conséquences écologiques du ruissellement ont été rien sous peu de dévastatrice (13 ; voir aussi le site web USGS : <http://www.usgs.gov>). Les risques à la santé humaine ont sans doute une association avec l'exposition élevée aux agrochimiques, et quelques maladies liées à ces expositions ont été déjà identifiées (14). Quand même, beaucoup de produits chimiques se manifestent dans le corps humain de façon beaucoup plus subtile que, par exemple le DDT et l'amincissement des coquilles des œufs d'oiseaux, ce qui rend difficile l'implication des produits dans le processus de la maladie (15).

L'agriculture elle-même est une activité pleine de risques pour la santé (16-23). Les mécanismes de transmission de nombreux agents pathogènes (par exemple, les schistosomes, la malaria, et quelques formes de la leishmaniose, geohelmenthiases) sont liés à une grande variété de techniques agricoles traditionnelles (par exemple, l'emploi des matières fécales humaines pour fertilisant, l'irrigation, le labour, l'ensemencement, la récolte ; 24-29). Ces maladies ont eu raison de la santé humaine, rendant infirmes de grandes populations, les enlevant de l'écoulement commercial, et cela est particulièrement le cas dans les pays les plus pauvres. En fait, ces maladies sont souvent la cause racine de leur pauvreté. Les traumatismes sont considérés comme une conséquence normale de la culture par ceux qui s'engagent dans l'agriculture primitive (25,30,31), et sont surtout communs entre les agriculteurs de subsistance qui font de l'écobuage. Il est raisonnable d'anticiper que tandis que la population humaine continue à grandir, ces problèmes empireront de plus en plus rapidement.

Pour aborder ces problèmes et aussi ceux qui semblent être au point d'émerger à l'horizon, une méthode alternative pour la production alimentaire était proposée ; c'est-à-dire, la production de produits alimentaires dans les grattes ciels. Cette

idée semble être une approche nouvelle et pratique pour prévenir plus d'impact sur le paysage naturel déjà radicalement modifié (32 : [www.verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com)). Le Projet de la Ferme Verticale était établi en 2001, et continue aujourd'hui à la Faculté de Santé Publique Mailman à l'Université de Columbia à New York.

L'idée de la Ferme Verticale est encore dans une phase virtuelle, ayant survécu à 4 ans d'analyse critique en salle de cours et d'exposition globale sur l'Internet pour devenir une idée qui mérite considération sérieuse au niveau pratique. Nous avons compilé une liste extensive de raisons pour lesquelles l'agriculture verticale pourrait être une solution à toute une gamme de processus globaux, tels comme la faim, l'augmentation des populations, et la restauration des fonctions et services des écosystèmes (par exemple, permettre aux terres de revenir au processus naturel, la séquestration du carbone.).

Si l'agriculture verticale (AV) était largement adoptée, les avantages seraient probablement réalisés :

Production alimentaire tout au long de l'année ; 1 acre en salle équivaut à 4 ou 6 acres en pleine aire, ou plus, dépendant de la culture (pour les fraises : 1 acre en salle équivaut à 30 acres à l'extérieur)

La AV promet d'empêcher les récoltes ratées à cause des sécheresses, des inondations, des insectes, et cætera.

Tous les aliments produits par AV seront cultivés en employant des alimentations chimiquement définies spécifiquement pour chaque espèce de plante ou animal : pas d'herbicides, pas de pesticides, et pas de fertilisant.

La AV élimine le ruissellement.

La AV permettrait aux terres agricoles de revenir au paysage naturel, ainsi restaurant les fonctions (par exemple, l'augmentation de biodiversité) et services (purification d'aire) de l'écosystème.

La AV grandement réduirait l'incidence de beaucoup de maladies infectieuses qui sont acquises à l'interface agricole, en évitant l'emploi de matières fécales comme fertilisant pour les cultures alimentaires.

La AV change l'eau noire et l'eau grise en eau potable en organisant la récupération d'eau réalisée par l'évapotranspiration.

La AV contribuerait de l'énergie au réseau électrique via la génération de méthane provenant des parties non comestibles des plantes et animaux.

La AV radicalement réduit la consommation des énergies fossiles (pas de tracteurs, pas de labourage, pas de livraison).

La AV presque élimine le besoin pour la conservation et préservation, ainsi réduisant radicalement la population de vermines (les rats, souris, et

- cætera) qui s'alimentent des réserves alimentaires.
- La AV transforme les propriétés urbaines en centres de production alimentaire.
- La AV crée environnements soutenables pour les centres urbains.
- La AV crée de nouvelles perspectives d'emploi.
- Nous ne pouvons pas voyager à la lune, au Mars, et au-delà sans avoir  
premièrement appris comment faire de l'agriculture intensive dehors sur la  
Terre.
- La AV pourrait être utile dans le contexte des camps de réfugiés.
- La AV rend possible une amélioration économique mesurable pour les pays les  
moins développés (PMD) tropicaux et subtropicaux. La AV pourrait devenir  
un catalyseur pour réduire ou même renverser l'augmentation de  
population actuelle dans les PMD, pendant que ces pays adoptent  
l'agriculture urbaine comme stratégie pour une production alimentaire  
soutenable.
- La AV pourrait réduire l'incidence des conflits armes à propos des ressources  
naturelles, telles comme l'eau et les terres agricoles.
- La AV pourrait fournir des plantes médicalement utiles tout au long de l'année  
(par exemple, la plante de laquelle l'artémisinine, une thérapie  
antimalariale, est dérivée).
- La AV pourrait être employé pour la production de sucre (la sucrose) à grande  
échelle pour l'emploi dans la nouvelle méthode révolutionnaire pour la  
production d'une essence non polluante.

## Définir la ferme verticale

L'agriculture en salle (par exemple, l'hydroponie et l'aéroponie) a déjà assez longtemps existé. Les fraises, tomates, poivres, concombres, herbes, et épices cultivées de cette façon ont déjà apparu dans les marchés du monde en quantité pendant les 5 à 10 ans passés. La plupart de ces entreprises sont petites en comparaison avec l'élevage industriel, mais à la différence de leurs concurrents, ils peuvent produire tout au long de l'année. Le Japon, la Scandinavie, la Nouvelle-Zélande, les Etats-Unis, et le Canada ont des industries de serre prospères. Les poissons d'eau douce (par exemple, tilapia, truite, perche rayée, carpe), et plusieurs crustacés et mollusques (par exemple, les crevettes, langoustes, et moules) ont aussi été commercialisés de cette façon. La volaille et les porcs pourraient très bien être élevés à l'intérieure, ainsi nous pourrions profiter de quelques avantages intéressants en plus de fournir au monde un approvisionnement alimentaire commode. Par exemple, si les poulets et les canards étaient élevés exclusivement à l'intérieure, l'épidémie actuelle d'influenza aviaire aurait pu être avorté, ou au moins, très réduite. Personne n'a entamé

l'élevage de ces animaux dans un bâtiment de plusieurs étages. En contraste, le bétail, les chevaux, les moutons, les chèvres, et d'autres animaux domestiques semblent ne pas être compatibles avec le paradigme de l'agriculture urbaine.

Ce qu'on propose ici est radicalement différent de ce qui déjà existe ; on propose d'augmenter l'échelle d'opérations, avec la récolte d'une très grande variété de produits dans une quantité suffisante pour soutenir même la plus grande ville du monde sans trop dépendre des ressources au-delà de l'empreinte urbaine. Notre groupe a déterminé qu'une seule ferme verticale avec une empreinte architecturale équivalente à un pâté de maisons de New York et d'une hauteur de 30 étages (environ 3 millions de pieds carrés) pourrait fournir assez de calories (2.000 cal/jour/personne) pour facilement satisfaire les besoins alimentaires de 50.000 personnes, et principalement en employant des technologies actuellement disponibles. Créer la ferme verticale idéale avec un rendement beaucoup plus élevé par pied carré requerra des investigations additionnelles dans beaucoup de champs – l'hydrobiologie, les sciences matérielles, l'ingénierie structurelle et mécanique, la microbiologie industrielle, la génétique des plantes et des animaux, l'architecture et le design, la santé publique, la gestion des déchets, la physique, l'aménagement urbain, pour n'en citer que quelques-uns.

Néanmoins, malgré mon enthousiasme évident pour l'idée, je vous avertis. Ces fermes verticales en forme de gratte-ciel ne réussiront que s'ils fonctionnent en imitant les processus écologiques ; c'est-à-dire en recyclant tout ce qui est organique, en recyclant l'eau « déjà utilisée » (les déchets des humains et des animaux), et la régénération de l'eau potable. D'abord et avant tout, il faut que le gouvernement fédéral offre de fortes incitations économiques au secteur privé, et aussi aux universités et gouvernements locaux pour le développement complet du concept. Idéalement, la construction des fermes verticales doit être bon marché ; la ferme doit être durable, sûre à exploiter, et indépendante des subventions et de l'appui extérieur (la ferme doit faire un bénéfice). Si ces conditions peuvent être satisfaites avec un programme d'investigation compréhensif continu, l'agriculture urbaine pourra fournir un approvisionnement alimentaire abondant et varié pour le 60% des gens qui vivront dans des villes en 2030 (33).

## **Quelques « preuves de concept »**

### **1. Production alimentaire au long de l'année**

L'agriculture traditionnelle a lieu au rythme d'un cycle annuel qui dépend

complètement de ce qui se passe à l'extérieur. Donc, l'agriculture reste une des façons les plus précaires pour gagner une vie (à quoi bon avoir de l'assurance récolte!). Déviation considérable ou prolongée (la sécheresse ou des inondations) des conditions nécessaires pour assurer une bonne récolte a des effets négatifs, mais prévisibles sur les vies des millions qui dépendent de ces récoltes pour leur approvisionnement alimentaire annuel (34,35,36). Tous les ans, quelque part dans le monde, des récoltes souffrent de la sécheresse et fanent sur-le-champ, pendant que d'autres récoltes souffrent des inondations, des averses de grêle, des tornades, des tremblements de terre, des ouragans, des cyclones, des incendies, et d'autres événements destructifs de la nature. Beaucoup de ces phénomènes naturels sont difficiles à prévoir, et c'est souvent impossible de réagir assez vite pour empêcher les pertes qu'ils causent. Les altérations climatiques (37) sûrement rendront même plus compliqué le problème de prévoir la réussite des récoltes (38-40).

En plus des pertes dues au mauvais temps, c'est inévitable qu'une partie de chaque culture se gâte avant la récolte. Une autre partie de chaque culture n'importe pas l'espèce de plant ou de céréale, s'abîme après la récolte à cause d'une gamme d'organismes opportunistes (par exemple, les champignons, les bactéries, les insectes, les rongeurs). En Afrique, les locustes restent un menace constant (41), capables de détruire vastes zones de terres agricoles en très peu de jours. Finalement, le conflit armé empêche toute activité humaine normale dans les zones de guerre. L'agriculture souvent subit de pertes dans ces périodes stressantes. Les cultures sont brûlées ou autrement séquestrées pour que l'opposition ne puisse accéder un approvisionnement alimentaire sûr.

L'agriculture verticale élimine l'effet des processus extérieurs sur la production alimentaire. La production alimentaire dans les centres urbains réduira ou éliminera la consommation des énergies fossiles qui sont nécessaires pour la livraison des produits au consommateur, et éliminera pour toujours le besoin d'employer la combustion des énergies fossiles pendant la culture. Alors, d'où obtenir l'énergie dont on a besoin pour exploiter la ferme verticale ? Idéalement, cette énergie proviendra du méthane produit par la digestion des parties indigestes des produits agricoles (la production du biogaz). L'énergie solaire, éolienne, ou marémotrice pourrait aussi contribuer en réduisant la dépendance sur les énergies fossiles (42, 43). L'Islande et d'autres régions géologiquement actives (par exemple l'Italie et la Nouvelle-Zélande) auront l'avantage de pouvoir exploiter l'énergie géothermale, dont ils ont beaucoup.

## **2. La restauration gratuite des écosystèmes : le principe de l'abandon bienveillant**

Remplacer la plupart de la production alimentaire par l'agriculture verticale promet de restaurer les services et fonctions de l'écosystème (44). Il est raisonnable de croire qu'une récupération presque totale de beaucoup des écosystèmes terrestres menacés aura lieu sans intervention (45). Cette croyance est basée sur des observations anecdotiques de l'état actuel des régions autrefois gravement endommagées par des anciennes civilisations ou par la surcultivation, et aussi sur les données provenant du programme américain de recherches à long terme sur l'écologie (LTER). Ce programme, qui est sponsorisé par la National Science Foundation (NSF), a commencé en 1980. Le LTER comprend une grande variété d'écosystèmes fragmentés qui ont été réservés pour l'observation après une période prolongée d'empiètement humain (46).

L'un des écozones fragmentés les plus intensivement étudiés est le ruisseau Hubbard dans le nord du New Hampshire (47-51). Cette région comprend un bassin hydrologique recouvert d'une forêt boréale mixte qui a été abattue presque complètement au moins trois fois dans les temps modernes (1700-1967). Le programme de recherches à long terme sur l'écologie (LTER) au ruisseau Hubbard donne les objectifs investigateurs suivants : la structure et production des végétations ; la dynamique du détritisme dans les écosystèmes terrestres et aquatiques ; les liens entre les écosystèmes atmosphérique, terrestre, et aquatique ; la dynamique des populations d'hétérotrophes ; les effets des activités humaines sur les écosystèmes. Une partie du bassin hydrologique était toute à fait déboisée. La régénération de certaines plantes (celles que ne tolèrent pas l'ombre) était atteinte en 3 ans. 20 ans après, les arbres (ceux qui tolèrent l'ombre) ont régénéré à la même densité qu'avant le commencement de l'expérience. Ces données ajoutent foi à l'hypothèse, dans laquelle on propose que si l'agriculture verticale pouvait remplacer la plupart de l'agriculture horizontale, alors les services écologiques qui renforcent une bonne hygiène de vie (à savoir, l'eau pure, l'air pur, la séquestration du carbone) seraient restaurés.

### **3. Soutenabilité urbaine**

Les systèmes naturels fonctionnent dans une façon soutenable en recyclant tous les éléments nécessaires pour la génération de vie prochaine (52). Un des défis auxquels les aménageurs urbains doivent faire face est comment incorporer le concept de la soutenabilité dans la gestion de déchets (tant liquides que solides). Même dans les meilleures situations, la plupart des déchets récupérés sont compactés et déposés aux dépotoirs. Dans de rares instances, ces déchets sont incinérés pour générer de l'électricité (53,54). Les déchets liquides sont traités, puis ils sont traités avec un bactéricide (le chlore), et puis ils sont déversés dans



l'étendue d'eau la plus près (55). Dans les pays moins développés, les déchets sont généralement jetés sans avoir été traités, ce qui grandement augmente la transmission des maladies infectieuses dues à la contamination avec de la matière fécale (56). D'un point de vue technologique, tous déchets liquides peuvent maintenant être recyclés efficacement (des bouteilles, du carton, des boîtes, des canettes, et cætera) et/ou employés dans des programmes de production d'énergie avec des méthodes déjà exploités (57). L'incorporation de stratégies modernes pour la gestion des déchets dans le modèle de la ferme verticale doit fonctionner au dès le départ, sans avoir besoin d'être sauvée par des nouvelles technologies. Il faut répéter que la soutenabilité urbaine ne sera réalisée que si on commence à considérer tout déchet comme une matière première, tellement précieuse que l'idée de la jeter serait comparable à siphonner quelques litres d'essence de la voiture familiale et les mettre le feu.

Comme le ruissellement agricole pollue de vastes quantités d'eau de nappe et des étendues d'eau de surface (58-62), toute l'eau qui provient des fermes verticales doit être potable et doit être retournée à la communauté qui l'a rendue à la ferme au début. La récupération d'eau générée de l'évapotranspiration semble valoir la peine, puisque la ferme entière sera couverte. Un système d'eau de mer froide pourrait être créé pour aider la condensation et récolte d'eau expirée par des plantes. Il semble que le seul défaut dans le plan est le manque de capacité pour facilement traiter les déchets humains et animaux d'une façon sûre et efficace. On aura peut-être besoin de plusieurs nouvelles technologies. Les leçons apprises de l'industrie d'énergie nucléaire quant à la manutention du plutonium et de l'uranium enrichi aideront peut-être dans la création de nouvelle machinerie pour ce but.

#### **4. Les bénéfices sociaux de l'agriculture verticale**

Les bénéfices de l'agriculture urbaine offrent quelques objectifs réalisables et gratifiants. Le premier est l'établissement de la soutenabilité comme éthique pour le comportement humain (63,64). Actuellement, ce concept écologique n'est trouvé que dans le monde naturel. Des observations et études écologiques, commençant par celles de Teal (65), ont démontré comment la vie fonctionne, quant au partage des ressources énergétiques limitées. Des réseaux de plantes et d'animaux ont évolué avec des associations très intimes qui permettent l'écoulement de l'énergie d'un niveau à l'autre, dans n'importe quel écosystème (66). En fait, cet écoulement d'énergie est la caractéristique définitive de tous les écosystèmes. En contraste, les êtres humains, pendant qu'ils participent à tous les écosystèmes terrestres, n'ont pas réussi à incorporer ce comportement dans leurs propres vies.

Si l'agriculture verticale réussit, elle établira la validité de la soutenabilité, dans n'importe quel endroit ou organisme vivant. Les fermes verticales pourraient devenir des centres d'apprentissage pour les générations de citoyens futurs. Ces fermes démontreraient nos connexions au reste du monde naturel en imitant les cycles des nutriments qui peuvent à nouveau s'effectuer dans le monde naturel – un monde qui aura ressorti comme résultat de permettre que la terre retourne à son état naturel. Transformer les grandes villes en des entités que nourrissent les meilleurs aspects de l'expérience humaine c'est le but de tout aménageur urbain. Avec l'agriculture verticale comme pièce maîtresse, ce concept pourrait très bien réussir. La résolution et perspicacité sur le plan politique et social rendent possible ce qui, jusqu'à maintenant, était considéré impossible et peu pratique. Finalement, pour assurer le succès continu des fermes verticales, nous devons les construire d'une façon si désirable que chaque quartier voudra sa propre ferme verticale.

## Liste de Références

- Food and Agriculture Organization, World Health Organization. 2004 statistics on crop production (available online).
- United States Department of Agriculture. 2003 report on cattle production (available online).
- FAO: The State of Food Insecurity in the World 2005
- The Diversity of Life. Edward O. Wilson. W.W. Norton & Company, Pubs. 1992.
- Pilot Analysis of Global Ecosystems. Agroecosystems. Wood, S, Sebastian K, and Scherr, S.J. 2001. International Food Policy Institute and World Resources Institute.; Internat. Food Pol. Res. Inst. and World Res. Inst., Washington, D.C. Pubs.; (also online at: <http://www.wri.org/wr2000>)
- Hillel D. Out of the earth. Civilization and the life of the soil. University of California Press. Berkeley, CA. 1991. P. 321.
- Williams M. Deforesting the Earth. The University of Chicago Press. Chicago and London. 2003. P. 689.
- IFA Agriculture Committee. Summary Report. Global Agricultural Situation and Fertilizer Consumption in 2000 and 2001. June 2001. (available online) <http://www.agron.iastate.edu/~Weeds/ag317/manage/herbicide/herbintro.htm>
- ↓
- [http://www.ars.usda.gov/research/programs/programs.htm?np\\_code=303](http://www.ars.usda.gov/research/programs/programs.htm?np_code=303)
- [http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/\\_s.7\\_0\\_A/7\\_0\\_10B?navid=SEARCH&q=pest+control](http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/_s.7_0_A/7_0_10B?navid=SEARCH&q=pest+control)
- [2002 National Assessment Database, Environmental protection Agency.](#)
- Silent Spring. Rachel Carson. Houghton Mifflin Company, NY, NY. Pub. 1962.

- Zupan J. 2003. Perinatal mortality and morbidity in developing countries. A global view. *Med Trop* 63:366-8.
15. Ott MG. Exposure assessment as a component of observational health studies and environmental risk assessment. *Scand J Work Environ Health*. 2005;31 Suppl 1:110-4
- Wang MJ, Moran GJ. 2004. Update on emerging infections: News from the centers for disease control and prevention. *Ann Emerg Med*. 43:660-2.
- Molyneux DH. 2003. Common themes in changing vector-borne disease scenarios. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 97:129-32.
- Stromquist AM, Burmeister LF, et al. 2003. Characterization of agricultural tasks performed by youth in the Keokuk County Rural Health Study. *Appl Occup Environ Hyg*. 18:418-29.
- Park H, Reynolds SJ, et al. 2003. Risk factors for agricultural injury: a case-control analysis of Iowa farmers in the Agricultural Health Study. *J Agric Saf Health*. 9: 5-18.
- Radon K, Monoso E, et al. 2002. Prevalence and risk factors for airway diseases in farmers--summary of results of the European Farmers' Project. *Ann Agric Environ Med*. 9:207-13.
- Walker-Bone K, Palmer KT. 2002. Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occup Med*. 52:441-50.
- Sprince NL, Park H, et al. 2002. Risk factors for machinery-related injury among Iowa farmers: a case-control study nested in the Agricultural Health Study. *Int J Occup Environ Health*. 8:332-8.
- Coble J, Hoppin JA, et al. 2002. Prevalence of exposure to solvents, metals, grain dust, and other hazards among farmers in the Agricultural Health Study. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 12:418-26.
- Parasitic Diseases, 5th ed. Despommier, D, Gwadz, R.G., Hotez, P., and Knirsch, C. 2005. Apple Trees Producitons, LLC, Pub.
- Merchant JA, Stromquist AM, et al. 2002. Chronic disease and injury in an agricultural county: The Keokuk County Rural Health Cohort Study. *J Rural Health*. 18:521-35
- Zaki A, Bassili A, et al. 2003. Morbidity of schistosomiasis mansoni in rural Alexandria, Egypt. *J Egypt Soc Parasitol*. 33:695-710
- Needham C, Kim HT, et al. 1998. Epidemiology of soil-transmitted nematode infections in Ha Nam Province, Vietnam. *Trop Med Int Health*. 3:904-12.
- Fashuyi SA. 1992. The pattern of human intestinal helminth infections in farming communities in different parts of Ondo State, Nigeria. *West Afr J Med*. 11:13-7.
- Amahmid O, Asmama S, Bouhoum K. The effect of waste-water reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and

- Ascaris eggs. *Int J Food Microbiol.* 49:19-26.
- Perry MJ. 2003. Children's agricultural health: traumatic injuries and hazardous inorganic exposures. *J Rural Health.* 19:269-78.
- Alexe DM, Petridou E, et al. 2003. Characteristics of farm injuries in Greece. *J Agric Saf Health.* 9:233-40.
- The Vertical Farm Project – <http://www.verticalfarm.com>
- [Population Reference Bureau](#)
- Tilman D, Fargione J, et al. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science.* 292: 281-284.  
<http://www.globalfundforchildren.org/index.htm>  
<http://nutrition.tufts.edu/academic/hungerweb/>
- Goudriaan J, Zadoks JC. 1995 Global climate change: Modelling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection. *Environ Pollut.* 87:215-24.
- Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature.* 421:57-60.
- Pimentel D. 1991. Global warming, population growth, and natural resources for food production. *Soc Nat Resour.* 4:347-63.
- McMichael AJ. 2001. Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proc Nutr Soc.* 60:195-201.
- Abate T, van Huis A, Ampofo JK. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annu Rev Entomol.* 45:631-59.  
<http://www.cc.utah.edu/~ptt25660/tran.html>  
<http://www.energy.gov/energysources/index.htm>
- Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, et al. 2004. Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environ Int.* 30:701-20.
- Gunderson LH. 2000. Ecological resilience –in theory and application. *Ann Rev Ecology Systematics.* 31:425-439.
- National Science Foundation Program in Long Term Ecological Research. (available online).  
<http://www.hubbardbrook.org/>
- Likens GE, Bormann FH. 1995. Biogeochemistry of a Forested Ecosystem. Second Edition, Springer-Verlag New York Inc. P. 159.
- Likens GE. 2001. Ecosystems: Energetics and Biogeochemistry. pp. 53-88. In: Kress WJ and Barrett G (eds.). *A New Century of Biology.* Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Bernhardt ES, Likens GE. 2002. Dissolved organic carbon enrichment alters

- nitrogen dynamics in a forest stream. *Ecology*. 83:1689-1700.
- Likens GE, Bormann FH, Johnson NM, D. W. Fisher, Pierce RS. 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40:23-47.
- Fundamentals of Ecology. Eugene P. Odum and Gary W. Barrett. Thomson Brooks/Cole, Pubs. Australia, Canada, United States. 2005.
- Ragossnig AM, Lorber KE. 2005. Combined incineration of industrial wastes with in-plant residues in fluidized-bed utility boilers--decision relevant factors. *Waste Manag Res.* 23:448-56.
- Lugwig C, Hellweg S. 2002. Municipal solid waste management. Strategies and technologies for sustainable solutions. Springer Verlag, Pub. Heidelberg, New York. P. 545.
- Hewitt LM, Marvin CH. 2005. Analytical methods in environmental effects-directed investigations of effluents. *Mutat Res.* 589:208-32.
- Khosla R, Bhanot A, Karishma S. 2005. Sanitation: a call on resources for promoting urban child health. *Indian Pediatr.* 42:1199-206.
- Malkow T. 2004. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. *Waste Manag.* 24:53-79.
- Stalnacke P, Vandsemb SM, Vassiljev A, Grimvall A, Jolankai G. Changes in nutrient levels in some Eastern European rivers in response to large-scale changes in agriculture. *Water Sci Technol.* 49:29-36.
- Fawell J, Nieuwenhuijsen MJ. 2003. Contaminants in drinking water. *British Medical Bulletin* 68:199-208.
- Foster SSD, Chilton PJ. 2003. Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *Phil Trans: Biol Sci.* 358: 1957-1972.
- Holt MS. 2000. Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food Chem Toxicol.* 38(1 Suppl):S21-7.
- Ritter L, Solomon K, Sibley P, Hall K, Keen P, Mattu G, Linton B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *J Toxicol Environ Health A.* 65:1-142.
- Cairns, Jr., John. 2000. Sustainability and the future of humankind: two competing theories of Infinite Substitutability. *Politics and the Life Sciences* 1: 27-
- So Human an Animal. Rene Dubos. Transaction Pub. United States, UK. 1968.
- Teal JM. 1962. Energy flow in a salt marsh in Georgia. *Ecology.* 43:614-624.
- Ricklefs RE. 2000. The economy of nature. WH Freeman & Co. 5th ed.