

Quelles perspectives pour l'écologie urbaine au XXI^e siècle : d'un champ de recherche basé sur les interfaces à une discipline scientifique autonome ?

N. Maughan^a

LATP UMR-CNRS 6632, case 18, centre St. Charles, Aix-Marseille Université, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 3, France

Résumé. La progression rapide du phénomène d'urbanisation a entraîné le développement depuis une décennie d'une multitude des programmes de recherche en écologie urbaine, principalement en Amérique du Nord et en Europe. Ces initiatives ont nécessité le passage d'un champ de recherche historiquement pluridisciplinaire vers des démarches interdisciplinaires construites sur la base de nécessaires collaborations et d'échanges entre les différentes disciplines scientifiques afin d'étudier et de comprendre les relations entre les villes et leur environnement. D'un point de vue environnemental, ces démarches ont été complétées et renforcées par une nouvelle approche nécessitant la transition d'une écologie *dans* la ville à une écologie *de* la ville basée sur des études intégrées de larges zones urbaines. Après avoir présenté les principaux objectifs et caractéristiques des programmes actuels de recherche en écologie urbaine, les types de relations et d'échanges initiés au sein de ces programmes entre les disciplines impliquées sont détaillés et analysés ainsi que ceux qui ont permis d'obtenir les meilleurs résultats. Une réflexion est également menée afin de déterminer si ces échanges, devenus quasi obligatoires, peuvent être assez puissants pour donner naissance à une discipline autonome, considérée par certains auteurs comme « *a new emerging discipline* ».

1 Origines et cadre de la réflexion

Le phénomène d'urbanisation est une tendance mondiale, il s'observe aussi bien dans les pays développés que dans les pays émergents avec comme principale conséquence une population humaine qui devient de plus en plus urbaine [1]. En effet, depuis 2007, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité plus d'êtres humains vivent dans les villes que dans les zones rurales et, en 2017, les pays en développement présenteront un visage plus urbanisé que rural [2,3]. L'augmentation prévue de la population urbaine dépasse celle de l'ensemble de la population mondiale sur la même période (2,5 milliards), ce qui implique que les zones urbaines devront absorber non seulement toute la population attendue sur les 40 prochaines années mais aussi une partie de la population rurale (du fait des migrations et de la transformation d'habitats ruraux périphériques en centres urbains). En 2050, d'après la dernière évaluation de l'Organisation des Nations Unies [1], la population humaine comptera probablement 2 à 4 milliards d'individus supplémentaires, elle pourrait passer de 6,3 aujourd'hui à plus 8,9 milliards [4]. Cette urbanisation du monde a débuté il y a environ 200 ans et s'est grandement accélérée dans la seconde moitié du 20^e siècle. À cette époque, 16 villes, la majorité dans les pays industrialisés, possédaient 1 million d'habitants ou plus. Aujourd'hui, ce nombre est presque de 400, et presque 70 % d'entre elles se situent dans les pays en voie de développement. Le nombre des mégapoles (« megacities ») de plus de 10 millions d'habitants atteint

aussi un niveau mondial sans précédent [5]. Ces milieux ont non seulement une très forte influence sur les écosystèmes proches ou plus lointains [6-8] mais présentent aussi des caractéristiques écologiques uniques. En plus de ces considérations générales, l'urbanisation a des effets régionaux importants. Par exemple, dans les pays développés, la conversion des terres agricoles et naturelles pour un usage urbain et péri-urbain augmente à un taux plus rapide que la population des villes. Ainsi, les zones urbaines et les zones naturelles s'interpénètrent de plus en plus, augmentant ainsi les interfaces. Les villes ne sont plus compactes, agrégations isodiamétriques, mais plutôt étalées sous des formes fractales. Comme pour les zones urbaines en développement, les zones péri-urbaines grandissent encore plus vite que les autres zones. Ces nouvelles formes de développement urbain fragmentent les milieux naturels (forêts, prairies, zones humides, déserts, etc...) et amènent les nouveaux habitants à avoir des contacts quotidiens avec des habitats écologiques anciennement gérés uniquement par des agriculteurs, des forestiers ou des écologues et à développer des habitudes et des attentes différentes vis-à-vis de la nature. Les défis posés par les villes nécessitent de comprendre leur fonctionnement écologique et imposent une collecte importantes d'informations à destination des décideurs impliqués par exemple dans l'aménagement régionale ou la conservation. Ceci afin de permettre une gestion appropriée des systèmes urbains pour un fonctionnement plus durable et pérenne mais également, au-delà des raisons pratiques, dans le but d'approfondir les connaissances scientifiques écologiques de ces milieux pour comprendre les interactions entre les modèles et les

^a e-mail : nicolas.maughan@etu.univ-provence.fr ;
nicolas.maughan@gmail.com

Cet article est placé sous licence Creative Commons Attribution 2.0 qui autorise la libre utilisation, distribution et reproduction du travail, à la condition que le document original soit correctement cité.

processus sociaux et biophysiques [9]. De plus, les informations recueillies présentent un intérêt qui dépasse largement le cadre des villes car beaucoup des changements environnementaux qui se produisent dans le périmètre des zones urbaines anticipent ceux en cours dans d'autres écosystèmes.

Bien que les zones urbaines attirent l'attention des écologues, des sociologues, des géographes aussi bien que des urbanistes depuis un certain nombre d'années, ces milieux présentent de grandes opportunités pour augmenter et intégrer l'ensemble des connaissances. C'est dans ce contexte que l'on a assisté, depuis environ une décennie, à un bourgeonnement d'études réalisées principalement sous le prisme écologique.

Après avoir fait une rapide synthèse sur l'état actuel de la recherche internationale en écologie urbaine et sur le statut des concepts développés et des connaissances acquises, notre réflexion sera, tout d'abord, axée sur l'analyse du passage d'études historiquement pluridisciplinaires à celles de projets interdisciplinaires intégrés basés sur les interfaces. Puis, nous tenterons de savoir si l'écologie urbaine tend à évoluer vers une discipline autonome ou plutôt vers un champ de recherche transdisciplinaire.

2 L'écologie urbaine en 2012 : bilan des concepts développés depuis une décennie et présentation des principaux objectifs

Les résultats des programmes de recherches mis en place sur les systèmes urbains ont été, pour beaucoup, particulièrement riches tant du point de vue des concepts développés que des informations environnementales collectées [10,11]. C'est à la fin des années 1990 que de nombreux auteurs ont commencé à souligner l'importance d'un renforcement des études sur les zones urbaines et de développer des approches intégrées afin de comprendre les rapports entre les villes et leurs environnements [13,14]. La majeure partie de ces initiatives ont vu le jour en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest, parmi les travaux les plus connus on peut notamment citer ceux de Nancy Grimm et de Jiango Wu dans la ville de Phoenix (USA, Arizona), de Stewart Pickett à Baltimore (USA, Maryland), de Marina Alberti à Seattle (USA, Washington), de Jari Niemelä en Finlande et, pour la France, ceux de Philippe Clergeau (écologue), Nathalie Blanc (géographe) ou bien encore Sabine Barles (urbaniste). Notons que dans un pays comme la Chine ou la maîtrise de l'urbanisation et les problèmes environnementaux qu'elle engendre sont un des principaux défis, les travaux relatifs aux zones urbaines sont aussi de plus en plus nombreux mais majoritairement axés sur des thématiques d'ingénierie (e.g. gestion de l'eau et des déchets) et de santé publique et touchent encore très peu aux concepts, à l'histoire et à l'épistémologie de l'écologie urbaine. Les programmes de recherche nationaux ou internationaux et les études menées sur les écosystèmes urbains, souvent en lien avec les programmes de recherche de long terme en écologie les « LTER » se sont donc multipliés et ont donné une profusion de publications [15,16] (Figure 1). Citons aussi d'autres initiatives diverses liées à cette dynamique comme la création de la revue *Urban*

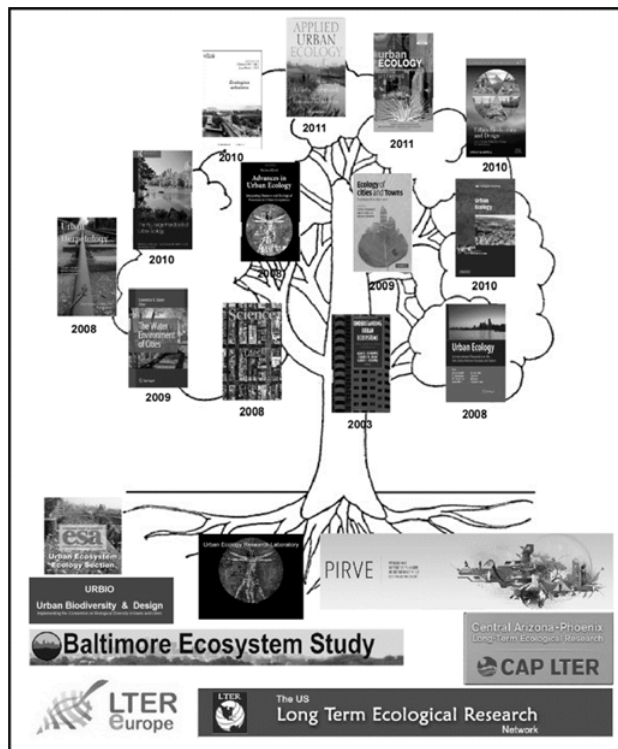


Fig. 1. Une décennie de croissance pour l'écologie urbaine. La multiplication ces dernières années d'initiatives de recherche consacrées aux écosystèmes urbains, souvent en lien avec les programmes de recherche de long terme en écologie (LTER), a donné lieu à la publication d'un nombre relativement important d'ouvrages et d'articles.

ecosystems en 1997 (qui connaît un succès grandissant), la création récente d'une « chaire pour l'étude des écosystèmes urbains » à l'Université de Montréal au Québec en 2001 et d'une section de l'Ecological Society of America (ESA) dédiée à l'écologie des écosystèmes urbains. Une des spécificités de ces programmes tient au fait que les systèmes urbains y sont appréhendés de manière globale, avec le passage d'une l'écologie naturaliste traditionnelle, l'écologie *dans* la ville (l'étude des organismes vivants dans les zones urbaines), à une écologie *de* la ville (l'étude des systèmes urbains dans une perspective écologique) [11,18]. D'importantes différences dans la perception de la notion d' « urbain » entre sciences sociales et sciences naturelles ont également été mises en évidence avec une nécessité d'homogénéisation des définitions sur cette notion [17,20] mais également de manière plus large afin de savoir si, par exemple, les théories classiques utilisées en d'écologie (e.g. la notion de biodiversité) pouvaient être appliquées à ces milieux ou bien si des modèles de fonctionnement spécifiques devaient être élaborés [17,20,22]. De plus, alors que les concepts de métabolisme (i.e. théorie organique) et d'écosystème urbain (énoncé par l' « école de Chicago ») ont retrouvé une nouvelle légitimité, et sont aujourd'hui généralement admis, après avoir été très critiqués à cause de leur supposé manque de finalité pratique [12], une multitude de concepts visant à décrire le fonctionnement des systèmes urbains ont été développés [22]. Nous pouvons citer, entre autres, l'*Urban cliff hypothesis*, l'*Urban funnel model*, l'*Urban stream syndrome*

et l'*Urban wildlife syndrome* mais surtout l'importante notions « d'empreinte écologique » l'*Ecological footprint* et sa variante l'*Ecological foodprint* récemment développée en France pour l'étude de l'impact alimentaire de la ville de Paris sur son environnement proche [17, 21, 24, 26].

Les résultats obtenus sur les caractéristiques et le fonctionnement des écosystèmes urbains l'ont été, en majorité, grâce à des approches interdisciplinaires. Divers travaux ont analysé l'importance de ces dispositifs interdisciplinaires, par exemple, pour analyser la place tenue par la biodiversité dans les villes à l'interface entre sociologues, écologues, gestionnaires et citoyens a permis d'obtenir les meilleurs résultats [27]. Une des principales conclusions formelles de ces travaux est l'intervention d'une multitude d'acteurs différents et on peut se demander qu'elle dynamique entre les disciplines et quelles interfaces mises en place ont permis d'arriver à ces résultats sur les écosystèmes urbains. Des questions sur la nature intrinsèque de l'écologie urbaine ont été posées par certains auteurs pour savoir, par exemple, si elle était plus proche de la science théorique ou de l'urbanisme [19], mais la genèse de l'établissement de liens entre les différentes disciplines n'a pour le moment été explorée que de manière superficielle. En outre, on peut se demander quelle nouvelle perception des villes et de leur environnement a conduit à des telles collaborations mais aussi quel rôle ont joué certains outils comme les métaphores pour donner naissance à de nouvelles idées et réaliser des synthèses.

3 Genèse des dynamiques actuelle : de la pluridisciplinarité à l'interdisciplinarité dans l'étude des écosystèmes urbains

Comme nous l'avons dit précédemment, la progression continue de l'urbanisation et l'impact des villes sur les écosystèmes adjacents a entraîné une dynamique renouvelée et internationale des études sur les environnements urbains. Cependant, la ville a depuis fort longtemps été un objet d'étude pluridisciplinaire pour les historiens, les sociologues, les géographes ou bien encore les urbanistes mais de manière séparé. Dans le but d'appliquer des concepts écologiques aux actions anthropiques les sociologies américains Robert Park et Peter Burgess ont émis le terme « écologie urbaine » dans les années 1930 [23]. Au début des années 1950, le biologiste Franck Evans a reconnu les défis uniques posés par l'étude des systèmes urbains et appelé à une coopération plus proche entre les sciences naturelles et sociales. Mais, ce n'est que récemment que l'on a observé le passage d'une pluridisciplinarité à une interdisciplinarité [43]. L'importance de cette dynamique a déjà été soulignée par de nombreux auteurs [29] dont les français Edgard Morin et André Bourguignon, souvent dans une perspective sociale globale et humaniste [33–35] mais également dans les sciences de l'environnement [36, 38]. On peut considérer que l'élaboration progressive de concepts destinés à comprendre la structure et le fonctionnement des systèmes urbains soit également à l'origine de ce besoin d'interdisciplinarité. L'Anthroposystème (aussi appelé le socio-écosystème ou l'écosystème humain « *the human ecosystem* » chez les anglo-saxons) souligne de

manière explicite le besoin d'intégration entre science naturelles et sciences sociales, de même que l'approche écosystémique appliquée aux zones urbaines ou bien encore la généralisation de l'approche par bassin versant pour la gestion des ressources en eau [37] (Figure 2). On notera aussi le rôle très important des métaphores, dont nous avons évoqué certaines dans le paragraphe précédent [28], ce sont des outils puissants pour faire émerger de nouvelles idées et élaborer des synthèses, elles peuvent suggérer comment utiliser une idée ou une approche développée dans un périmètre disciplinaire spécifique dans un autre périmètre [29]. Par conséquent, elles jouent un très grand rôle pour chercher des connections entre les différentes disciplines mais aussi entre les pratiques de gestion et les sciences environnementales. Ajoutons qu'un autre élément fondamental à prendre en compte dans cette évolution des structures des domaines de la connaissance est liée à l'évolution des technologies qui transforment les rapports des chercheurs à l'information scientifique [51, 52]. En effet, l'apparition d'une e-science qui globalise les connaissances et les rend facilement et rapidement accessible reconfigure les disciplines et abolit de plus en plus les frontières (la technologie comme facilitatrice de l'interdisciplinarité) [53].

Dans le cas de la France, les premiers programmes interdisciplinaires de recherche en environnement datent de la fin des années 1970 ce sont les célèbres « PIREN » [31] dont un des plus connus aujourd'hui le « PIREN Seine », consacré à l'étude du bassin versant du fleuve Seine dans son ensemble, existe toujours après plus de deux décennies [32]. Cependant, il a fallu attendre la fin des années 2000 pour voir la mise en place d'un programme ambitieux dédié aux écosystèmes urbains : le PIRVE¹, bien que des programmes plus sommaire aient déjà été lancés dans les années 1990 tel que le PIRVILLES^{2,3}.

La mise en place tardive de l'interdisciplinarité et la faiblesse des concepts encore naissant pour l'étude des systèmes urbains est liée à deux principaux facteurs : d'une part, l'opposition classique entre nature et société en occident et, d'autre part, la progression rapide de l'urbanisation. Beaucoup de chercheurs estiment que ces facteurs ont entravé l'intégration des approches écologiques et sociales ralentissant l'étude des écosystèmes dominés par l'homme et le développement de systèmes urbains durables. Notons cependant qu'en 2009, R.F. Young dans son article intitulé « *Interdisciplinary foundations of urban ecology* » analyse les origines et les fondements historiques de l'écologie urbaine actuelle et met en évidence que, bien que les concepts théoriques soient encore minces, la structure interdisciplinaire actuelle prend ses origines à la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle [30]. Nous ne nous attarderons pas sur les origines et l'histoire de l'interdisciplinarité ni sur ses pratiques mais, si bien souvent, celle-ci reste une invocation et non une pratique vécue [42] l'écologie urbaine offre un cas concret et pas

¹ Programme Interdisciplinaire de Recherche Ville et Environnement, <http://www.pirve.fr/>

² La lettre du GRIDAUH, 4, 1998, <http://www.gridauh.fr/le-gridauh/la-lettre/lettre-n4-html/>

³ Les bonnes feuilles du PIRVILLES, <http://cybergeog.revues.org/256>

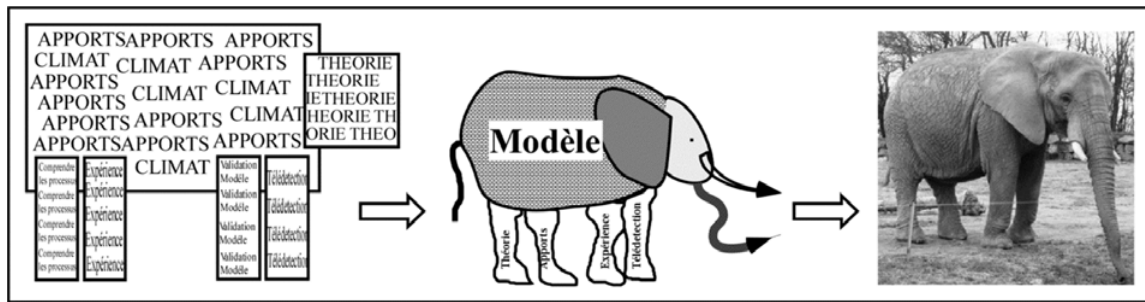


Fig. 2. L'usage du bassin versant comme méthode d'intégration des connaissances. D'une vision fragmentée à une vision holistique de l'hydrologie du bassin versant (reproduit et modifié d'après [45]).

simplement dans une vision théorique de l'unité du savoir et de communion des disciplines qui convergent toutes vers une même connaissance la fameuse « consilience » énoncée par les biologistes de l'évolution E.O. Wilson ou de manière différente par S.J. Gould [39–41]. D'un point de vue épistémologique certains auteurs affirment même que l'on se trouve à un moment d'ouverture où la célèbre « science normale » (cadre de recherche disciplinaire délimité et acceptable dans un domaine donné) définie par Thomas Kuhn s'estompe temporairement pour laisser place à une remise en question des paradigmes scientifiques classiques [50]. Cette situation de l'écologie urbaine incite à nous interroger sur la poursuite de son évolution en tant que champ de recherche interdisciplinaire dont l'intégration des sciences sociales et naturelles fait d'elle « une des interfaces les plus productives entre les processus sociaux et biophysiques » [30] ou bien si elle peut devenir une discipline autonome répondant à la définition qu'a pu en donner le sociologue Edgar Morin « une catégorie organisationnelle au sein de la connaissance scientifique ; qui y institue la division et la spécialisation du travail et répond à la diversité des domaines que recouvrent les sciences » [34]. En effet, bien qu'englobée dans un ensemble scientifique plus vaste, une discipline tend naturellement à l'autonomie, par la délimitation de ses frontières, le langage qu'elle se constitue, les techniques qu'elle est amenée à élaborer ou à utiliser, et éventuellement par les théories qui lui sont propres ». Néanmoins, se pose le problème des « interdisciplines » ou des spécialités ouvertement pluridisciplinaires. Celles-ci sont plus définies par leurs objets d'étude que par la classification des disciplines qui les composent. Elles sont alors paradoxalement sorties du dispositif, ou dotées de lieux spécifiques, dans lesquels elles organisent néanmoins les espaces selon la même logique [62]. Dans ce cadre on peut aussi se demander si l'écologie urbaine pourrait s'orienter vers un état de méta-discipline caractérisée par le passage à une transdisciplinarité [47, 57] couplée à un élargissement des perspectives d'analyse tenant compte d'une « écologie du paysage urbain » qui dépasserait l'unique vision écosystémique actuelle [44].

4 Quelles perspectives pour le XXI^e siècle : vers une discipline réellement autonome ?

Aujourd'hui l'écologie urbaine est régulièrement qualifiée de « discipline émergente », une notion qui apparaît de

manière assez courante en science du vivant du fait des avancées technologiques, on peut citer en exemple la nanotoxicologie (l'étude des effets sanitaires des nanomatériaux et des nanoparticules) [59] ou bien la protéomique (qui vise à étudier l'ensemble des protéines caractérisant un organisme vivant afin par exemple de connaître son écologie et celle de la population dont il est originaire) [60]. Ce qualificatif pose plusieurs questions concernant ses perspectives d'évolution en particulier, comme nous l'avons évoqué précédemment, avec le passage d'une interdisciplinarité à une transdisciplinarité. Celle-ci transcende les clivages pour formuler les problèmes dans de nouvelles directions et ses acteurs doivent accepter une perspective épistémologique unique pour cet effort, en redessinant la frontière entre les savoirs disciplinaires avec la nécessité d'une plus grande intégration [54, 61]. Elle est souvent, bien que pas toujours, caractérisée par un engagement explicite avec la société. En ce qui concerne le statut de discipline autonome, deux analogies avec deux domaines de recherche en plein essor, et soumis au même questionnement, peuvent être faites : la première concerne l'histoire environnementale et la seconde la vaste notion de science du développement durable, qui rejoint l'écologie urbaine sur bien des points. En effet, pour ces domaines, qui font très fortement appel aux interfaces et qui les vivent aussi grâce à l'interdisciplinarité, se pose la question des frontières et de l'autonomie réelle de la discipline mais également des problèmes des définitions. Une définition récente de l'histoire environnementale peut être donnée : « nous considérerons l'histoire environnementale non comme une discipline à part entière (et encore moins comme une sous-discipline de l'histoire) mais plutôt comme une méthodologie interdisciplinaire » [62, 64]. Et, elle est comme le dit succinctement l'historien de l'environnement John McNeil, « aussi interdisciplinaire qu'une quête intellectuelle peut l'être » [63] car liée aux sciences humaines et sociales et aux sciences naturelles, principalement l'écologie. La question se pose également pour la « science durable », actuellement en pleine construction (mais de manière plus récente) [51, 55] et que certains qualifient de méta-discipline [55] qui, comme pour l'écologie urbaine, se trouve confrontée à des problèmes de définitions [49]. La science durable est un champ défini par les problèmes qu'elle doit résoudre plus que par les disciplines qu'elle met en œuvre [58] ; un noyau de programmes de recherche en développement durable qui transcende les préoccupations de ses disciplines fondatrices

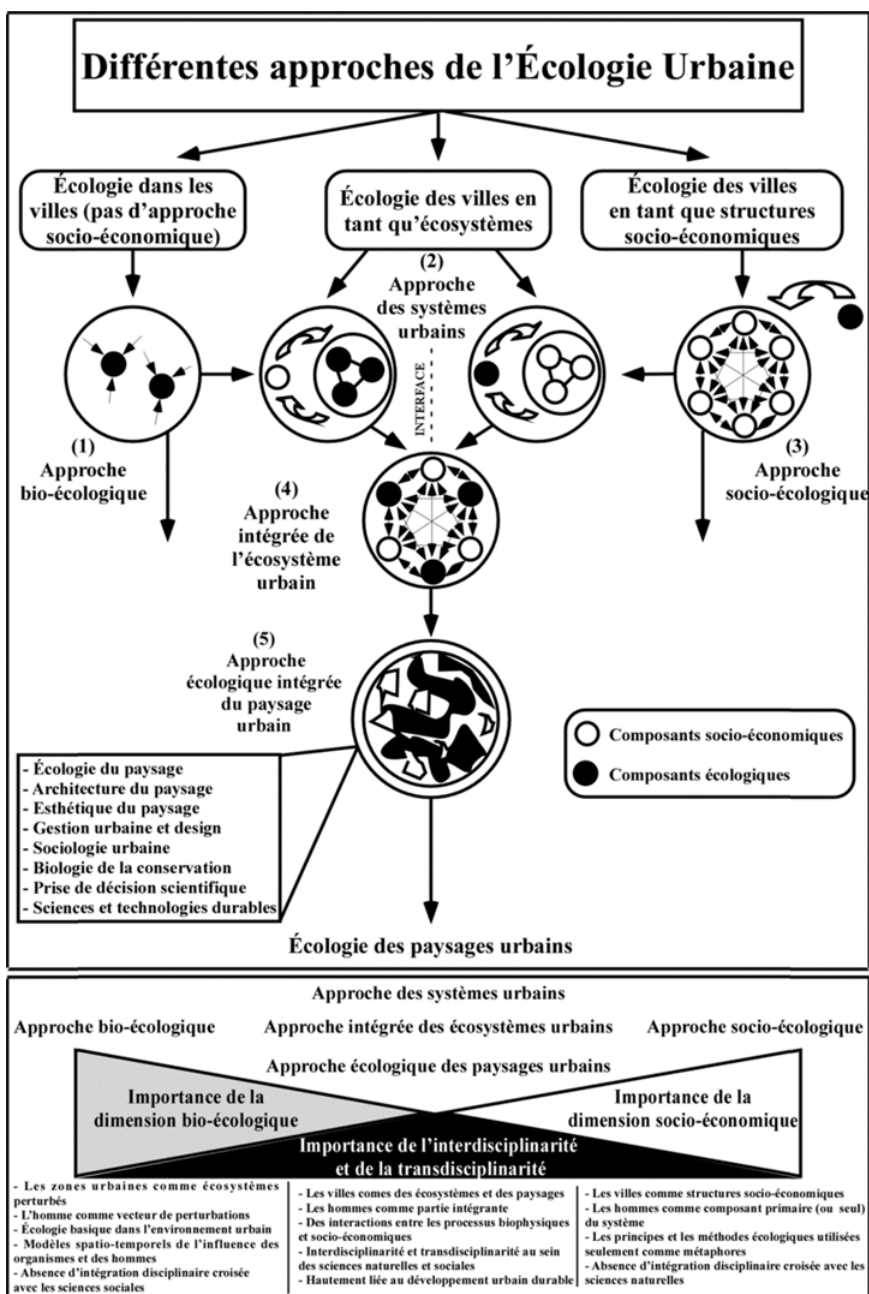


Fig. 3. Les différentes approches possibles en écologie urbaine et leurs principales caractéristiques en termes d'hypothèses, d'importance des thèmes de recherche et de méthodologie (reproduit et modifié d'après [19]).

et se concentre sur la compréhension des dynamiques complexes qui apparaissent et des interactions entre le socio-système et l'environnement a commencé à prendre forme. De la même manière, l'évolution de l'écologie urbaine est surtout liée aux futurs objectifs pratiques donnés aux recherches qu'elle implique ainsi qu'à la transformation de la perception de son objet d'étude au sein de l'Anthroposystème.

L'étude des zones urbaines peut donc s'orienter vers un champ de recherche transdisciplinaire tout en dépassant la notion d'écosystème urbain pour parvenir à une écologie des paysages urbains [48] (Figure 3) qui rejoint une vision récente de la ville qualifiée de « post-urbaine » [65] dont la progression continue et les limites de plus en plus flous

laissent place à l'étude des anthroposystèmes *lato sensu*. Notons que la création aux USA en 2012 du Centre National pour les Synthèses Socio-environnementales (le National Socio-Environmental Synthesis Center), destiné à remplacer les programmes actuels de recherche en écologie urbaine, va dans le sens de cette analyse.

Références

1. ONU 2009. World urbanization prospects: the 2007 revision
2. UN-Habitat. State of the World's Cities 2010/2011
3. B. Cohen, Technol. Soc. **28**, 63-80 (2006)

4. J.E. Cohen, *Science* **30**, 1172-1175 (2003)
5. J. Canton, *Significance* **8**, 2, 53-56 (2011)
6. N.B. Grimm, S.H. Faeth, N.E. Golubiewski, C.L. Redman, J. Wu, X. Bai, J.M. Briggs, *Science* **319**: 756-760 (2008)
7. R.T.T. Forman, *Urban Regions: Ecology and Planning Beyond the City* (Cambridge University Press, 2008)
8. J. Véron, *Mondes en développement* **36**, 142, 39-51 (2008)
9. N.E. McIntyre, K. Knowles-Yáñez, D. Hope, *Urban Ecosyst.* **4**, 5-24 (2000)
10. S.T.A. Pickett, M.L. Cadenasso, J.M. Grove, P.M. Groffman, L.E. Band, C.G. Boone, W.R. Jr. Burch, S.B. Grimmond, J. Hom, J.C. Jenkins, N.L. Law, C.H. Nilon, R.V. Pouyat, K. Szlavecz, P.S. Warren, M.A. Wilson, *BioScience* **58**, 2, 139-150 (2009)
11. S.T.A. Pickett, M.L. Cadenasso, J.M. Grove, C.G. Boone, P.M. Groffman, E. Irwin, S.S. Kaushal, V. Marshall, B.P. McGrath, C.H. Nilon, R.V. Pouyat, K. Szlavecz, A. Troy, P. Warren, *J. Environ. Manage.* **92**, 3, 331-362 (2011)
12. J. Theys, C. Emelianoff, *Le débat* **113**, 1, 122-135 (2001)
13. N.B. Grimm, J.M. Grove, S.T.A. Pickett, C.L. Redman, *BioScience* **50**, 7, 571-584 (2000)
14. J.P. Collins, A. Kinzig, N.B. Grimm, W.F. Fagan, D. Hope, J. Wu, E.T. Borer. *Am. Sci.* **88**, 416-425 (2000)
15. M. Alberti, *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban ecosystems* (Springer, 2008)
16. A.R. Berkowitz, C.H. Nilon, K.S. Holweg, *Understanding urban ecosystems. A new Frontier for science and education* (Springer, 2003)
17. J.-P.L. Savard, P. Clergeau, G. Mennechez, *Landscape Urban. Plan.* **48**, 3-4, 131-142 (2000)
18. J. Wu, *Landscape Journal* **27**, 1, 41-50 (2008)
19. C. Emelianoff, *Quaderni* **43**, 85-99 (2001)
20. I. MacGregor-Fors, *Landscape Urban. Plan.* **100**, 4, 347-349 (2011)
21. J.T. Lundholm, A. Marlin, *Urban Ecosyst.* **9**, 3, 139-159 (2006)
22. J. Niemelä, *Urban Ecosyst.* **3**, 57-65 (1999)
23. S.E. Grineski, *Bull. Ecol. Soc. Am.* **84**, 4, 200-205 (2003)
24. M.A. Luck, G.D. Jenerette, J. Wu, N.B. Grimm. *Ecosystems* **4**, 782-796 (2001)
25. N. Blanc, *Écologie & politique* **29**, 2, 99-110 (2004)
26. M. Wakernagel, W. Rees, *Notre empreinte écologique : comment réduire les conséquences de l'activité humaine sur la Terre* (Les Éditions Ecosociété, 1999)
27. N. Blanc, M. Cohen, S. Glatron, L. Grésillon, *La ville durable, du politique au scientifique* (Quae, 2005)
28. S.T.A. Pickett, M.L. Cadenasso, J.M. Grove, *Landscape Urban. Plan.* **69**, 4, 369-384 (2004)
29. S.T.A. Pickett, W.L. Jr. Birch, J.M. Grove, *Ecosystems* **2**, 4, 302-307 (1999)
30. R.F. Young, *Urban Ecosyst.* **12**, 311-331 (2009)
31. M. Jollivet, *La Revue pour l'Histoire du CNRS*, **4** (2001)
32. G. Billen, *La Revue pour l'Histoire du CNRS*, **4** (2001)
33. E. Morin, *Revue du MAUSS* **10**, 21-29 (1994)
34. E. Morin, *Transversales, Science, Culture* **29**, 4-8 (1994)
35. A. Bourguignon, *Congrès de Locarno, Annexes au document de synthèse CIRET-UNESCO* (1997)
36. J.M. Legay, *L'interdisciplinarité dans les sciences de la vie* (Cemagref, Cirad, Ifremer, INRA, 2006)
37. B. Surridge, B. Harris *ISR, Interdiscipl. Sci. Re.* **32**, 3, 298-312 (2007)
38. E. Bruna, J.-M. Betsch, P. Blandin, G. Humbert, M.-C. Lefeuvre, M.-C. Marival, *NSS* **15**, 177-185 (2007)
39. E.O. Wilson, *L'unicité du savoir : de la biologie à l'art une même connaissance* (Robert Laffont, 2000)
40. S.J. Gould, *Le renard et le hérisson : Comment combler le fossé entre la science et les humanités* (Seuil, 2005)
41. J.T. Klein, *Interdisciplinarity. History, Theory, & Practice* (Detroit, Wayne State University Press, 1990)
42. N. Mathier, C. Rivault, N. Blanc, A. Cloarec, *NSS* **5**, 1, 18-30 (1997)
43. C.L. Redman, *Population, Land Use, And Environment: Research Directions* (The Academies Press, Washington D.C., 2005)
44. J. Wu, *Landscape Ecol.* **21**, 1, 1-4 (2006)
45. T.R. Miller, T.D. Baird, C.M. Littlefield, G. Kofinas, III S.F. Chapin, C.L. Redman, *Ecol. Soc.* **13**, 2, 46 (2008)
46. M. Sivapalan, *Hydrol. Process.* **17**, 5, 1037-1041 (2003)
47. M. Antrop, *Interdisciplinary and transdisciplinary landscape studies: Potential and Limitations* (Delta Program, Lanscape Centre Wageningen, 2003)
48. G. Tress, B. Tress, G. Fry, *Landscape Ecol.* **20**, 4, 479-493 (2005)
49. J. Aronson, *Landscape Ecol.* **26**, 4, 457-460 (2011)
50. T.S. Kuhn, *La structure des révolutions scientifiques* (Flammarion, 1970)
51. L.M.A. Bettencourt, J. Kaur, *PNAS* **108**, 49, 19540-19545 (2011)
52. R.M. Shiffrin, K. Börner, *PNAS* **98**, 5183-5185 (2001)
53. R. Schroeder, *Soc. Sci. Inform.* **47**, 2, 131-157 (2008)
54. J.-P. Resweber, *Le pari de la transdisciplinarité : vers l'intégration des savoirs* (L'Harmattan, 2000)
55. H. Komiyama, K. Takeuchi, *Sustain Sci.* **1**, 1-6 (2006)
56. J.R. Mihelcic, J.C. Crittenden, M.J. Small, D.R. Shonnard, D.R. Hokanson, Q. Zhang, H. Chen, S.A. Sorby, V.U. James, J.W. Sutherland, J.L. Schnoor, *Environ. Sci. Technol.* **37**, 5314-5324 (2003)
57. A. Létourneau, *VertigO* **8**, 2 (2008)
58. W.C. Clark, *PNAS*, **104**, 6, 1737-1738 (2007)
59. G. Oberdörster, E. Oberdörster, J. Oberdörster, *Environ. Health Persp.* **113**, 7, 823-839 (2005)
60. D.G. Biron, H.D. Loxdale, F. Ponton, H. Moura, L. Marché, C. Brugidou, F. Thomas, *Proteomics* **6**, 6, 1712-1715 (2006)
61. B. Claverie, *Transdisciplinarité* (2009)
62. J.M. Powell, *J. Hist. Geogr.* **22**, 3, 253-273 (1996)
63. J.R. McNeill, *Hist. Theory* **42**, 4, 5-43 (2003)
64. J.D. Hughes, *What is environmental history* (Polity, 2006)
65. O. Mongin, *La condition urbaine : la ville à l'heure de la mondialisation* (Seuil, 2005)