

Quels impacts de la mise en œuvre de trames bleues sur les services rendus par les milieux aquatiques en zones urbaines ?

Si les différents milieux aquatiques présents dans les zones urbaines sont au centre des projets d'urbanisme, ils ne permettent que peu la préservation des écosystèmes.

Dans quelle mesure la mise en place de la trame bleue peut-elle pallier à ce manque ?

Comment doit-elle être envisagée ?



La notion de « services écosystémiques » est de plus en plus souvent évoquée dans la gestion des espaces naturels mais également des milieux anthropisés (encadré 1). Elle tente d'évaluer l'ensemble des bénéfices que tire l'humanité de la présence et du bon fonctionnement des écosystèmes. On considère

qu'il existe quatre grands types de services :

- les services « d'approvisionnement » (les biens produits par les écosystèmes),
- les services de « régulation » (régulation climatique, des crues, purification de l'eau, etc.),
- les services de « support ou d'entretien » (cycle des nutriments, de l'eau, formation des sols, etc.),
- les services « à caractère social » (rôle esthétique, valeur spirituelle, éducative ou récréative).

Précisons toutefois que cette notion de services n'est pas un concept écologique mais plutôt un « concept d'interface », qui mesure une interaction contingente – car spécifique d'un lieu et d'une période donnée – entre une société et un écosystème (Amigues et Chevassus-au-Louis, 2011). Si les milieux aquatiques continentaux lotiques et lenticules (e.g. zones humides) représentent la plus forte valeur économique, ils sont également les plus menacés par les activités anthropiques. L'urbanisation et la multiplication des mégapoles représentent aujourd'hui les premières sources d'altération des hydrosystèmes dans les pays développés mais surtout dans les pays émergents¹. Mais, paradoxalement, ce sont les villes qui sont les espaces où la demande globale en termes de services est la plus forte.

L'approche par les services écosystémiques offre un cadre intéressant pour identifier les bénéfices associés avec une gestion intégrée de la ressource en eau. De ce fait, ce concept est l'objet d'une attention croissante dans les débats sur le rôle et la place des zones vertes et des milieux aquatiques dans les projets d'aménagement des futures villes dites « durables » (Maughan, 2014).

Les services rendus par les hydrosystèmes en zones urbaines

Du cycle de l'eau à la valeur éducative : des services potentiellement très variés

Si l'on considère de manière plus détaillée les services liés à l'eau dans les zones urbaines, il est possible de les classer en fonction des quatre grandes catégories précédemment citées (tableau 1). Ceux-ci peuvent être potentiellement très variés et vont de la régulation hydrologique à la fourniture d'habitats pour la biodiversité aquatique. On constate que s'ils diffèrent finalement peu en ce qui concerne leur nombre, par rapport à ceux produits par des hydrosystèmes plus faiblement anthropisés, c'est plus leur qualité qui va être affectée. Soulignons qu'en termes de production de ces services, il n'y a pas réellement de gradient rural-urbain typique,

1. L'impact des centres urbains est également fort au niveau des zones côtières, mais seuls les espaces aquatiques continentaux sont ici abordés.

ni de modèle uniforme au sein de l'espace urbain, qui peuvent servir de modèle générique à toutes les villes. Et, bien qu'il a été montré que les situations de productions de services sont différentes en fonction des villes considérées, les milieux situés dans l'hyper-centre des villes n'en fournissent pas forcément moins que les zones péri-urbaines.

Cependant, la dégradation généralisée des cours d'eau des zones urbaines ne leur permet plus de fournir la majorité de ces services. Le principal facteur responsable de cette détérioration est l'augmentation des surfaces imperméabilisées qui modifient l'hydrologie et drainent de manière rapide les polluants et les sédiments vers les cours d'eau.

1 DES TERMES VARIÉS POUR DÉSIGNER UN MÊME CONCEPT

Classiquement, les « services écosystémiques » sont définis comme les bénéfices que les sociétés humaines obtiennent à partir du fonctionnement des écosystèmes ou comme contributions directes ou indirectes de ces mêmes milieux au bien-être humain.

Cependant, il existe une grande diversité dans les définitions des services et dans la nomenclature.

Il est possible de trouver les termes : services écosystémiques (« *ecosystem services* »), services écologiques (« *ecological services* »), services environnementaux (« *environmental services* ») ou bien encore de services du paysage (« *landscape services* ») et leurs équivalents en anglais.

En français, si les trois premiers termes sont souvent employés indifféremment, le dernier n'est que très rarement utilisé. Certains auteurs privilégient le terme de « services écologiques », qui aurait un sens plus large car il ne préjugerait pas de l'entité analysée, entité qui peut être un écosystème *stricto sensu*, une mosaïque d'écosystèmes interdépendants ou une combinaison d'écosystèmes tant terrestres qu'aquatiques en interaction sur un territoire donné.

De l'importance de la connectivité entre espaces « naturels » et structures artificielles

Au sein des hydrosystèmes urbains, la production des services liés à l'eau est le fait des différentes structures hydrauliques présentes, naturelles mais aussi artificielles. La mise en place de projets de trames bleues dans les zones urbaines peut favoriser leur connectivité², l'amélioration de leur fonctionnement, et de manière consécutive, les services rendus. En tant qu'outil d'aménagement du territoire, l'enjeu de cette trame bleue, constituée de grands ensembles naturels reliés par des corridors est de maintenir ou de recréer des continuités entre les milieux aquatiques (qui est un des objectifs de la directive cadre européenne sur l'eau³). Mais, celle-ci est aujourd'hui indissociable des procédures de restauration écologique des cours d'eau urbains initiées actuellement dans beaucoup de villes en France et en Europe. Les bénéfices de ces actions de restauration et leur chance de réussite sont fréquemment dépendants de leur intégration au niveau des environnements naturels et construits au travers des choix d'aménagement du territoire qui sont faits. Lorsque ce processus se déroule favorablement, la restauration peut apporter des bénéfices socio-économiques et une amélioration de l'environnement. D'ailleurs, il a été admis que la recherche d'un état écologique pré-anthropique lors de restauration des cours d'eau urbains est utopique et que le choix d'objectifs définis comme la valorisation des services est plus indiquée. Bien que le concept de services écosystémiques a largement pris naissance indépendamment de celui de restauration écologique, leur rapprochement est aujourd'hui nécessaire. Si l'aménagement du territoire est, de ce fait, un outil clés dans la réalisation d'un projet de restauration, la trame bleue peut en être un des éléments centraux.

2. En lien avec une approche récente telle que l'éco-hydrologie.

3. Union Européenne, 2000, Directive 2000/60/EC 23, octobre 2000, directive cadre sur l'eau.

1 Éléments types des hydrosystèmes urbains et leur contribution respective à la production de services écosystémiques.

Éléments de l'hydrosystème urbain						
Catégories de services	Type de services	Cours d'eau chenalisés	Cours d'eau « naturels » ou restaurés	Lacs et étangs	Réservoirs et zones humides construits (lato sensu)	Eaux souterraines
Support	Production primaire	–	Oui	Oui	–	–
	Production d'oxygène	–	Oui	Oui	–	–
	Pédogenèse	–	Oui	Oui	–	–
	Cycle de l'eau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Habitats (faune/flore)	Oui	Oui	Oui	Oui	–
Approvisionnement	Ressources alimentaires	Oui	Oui	Oui	Oui	–
	Eau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Énergies renouvelables	Oui	Oui	–	Oui*	–
	Biodiversité/ressources génétiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Régulation	Micro-climat	Oui	Oui	Oui	Oui	–
	Hydrologie	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Contrôle de l'érosion	Oui	–	Oui	Oui*	Oui
	Purification de l'eau	–	–	Oui	Oui	Oui
Socio-culturels	Valeur spirituelle	–	Oui	Oui	Oui	–
	Valeur éducative	–	Oui	Oui	Oui	–
	Valeur esthétique	–	Oui	Oui	Oui*	–
	Aspects récréatifs	–	Oui	Oui	Oui*	–

* Services uniquement liés aux réservoirs



❶ Les bassins filtrants du Parc du chemin de l'île à Nanterre (Hauts-de-Seine). Ces zones humides artificielles aménagées en bordure de Seine permettent d'épurer l'eau pompée dans le fleuve qui sera ensuite réutilisée pour l'alimentation en eau du parc.

Quelles évolutions et améliorations possibles suite à la mise en œuvre d'une trame bleue ?

L'un des objectifs du développement de trames bleues au sein des environnements urbains est la structuration d'un réseau de milieux aquatiques interconnectés et de corridors biologiques multifonctionnels. Ces trames permettent aux différents milieux aquatiques présents d'offrir une plus vaste gamme de bénéfices socio-économiques et environnementaux qu'en présence des conditions écologiques dégradées. L'impact d'une trame bleue sur l'état des services rendus par l'hydrosystème va principalement toucher les services de régulation, de support ainsi que les services à « caractère social ». À l'inverse, si les services d'approvisionnement peuvent aussi être favorisés, leur mise en valeur ne se fera qu'à une échelle plus réduite. Quelques exemples caractéristiques de services pouvant évoluer positivement suite à la mise en œuvre d'une trame bleue *lato sensu* en zones urbaines sont présentés.

Un contexte hydrologique et microclimatique local qui peut évoluer favorablement

Tout d'abord, si l'on considère l'amélioration des services de régulation liés à l'hydrologie et à la purification de l'eau, après, par exemple, la restauration d'une ripisylve ou la reconnexion de milieux humides à un chenal principal, celle-ci se traduira par un meilleur contrôle du ruissellement et des crues, une rétention des polluants et une facilitation de phénomènes physico-chimiques tels que la dénitrification qui, de manière consécutive, conduira à une amélioration de la qualité de l'eau. Une étude réalisée entre 2011 et 2012 sur un cours d'eau urbain permanent dans l'État du Maryland (États-Unis) a montré une nette diminution des pics de crue dans les secteurs où le chenal principal avait été reconnecté à des zones humides construites artificielles (les « *constructed wetlands* », photo ❶) par rapport à des secteurs dégradés. Une gestion plus efficace du ruissellement pour des événements hydrologiques d'amplitude faible à moyenne a également été constatée ainsi qu'une forte diminution des flux de matières en suspension totales (MEST) vers l'aval lors de faibles pluies. Notons qu'il est également

possible de réaliser des évaluations chiffrées de la valeur de ce type de services. C'est le cas pour la rivière Mayes et son parc (43 hectares) située dans l'est de la ville de Londres pour laquelle la valeur des services de régulations, après restauration de la plaine alluviale, a été évaluée à environ 28 087 £ (Everard *et al.*, 2011)⁴.

Si l'on considère maintenant les aspects climatiques, la présence et la qualité des milieux aquatiques peuvent contribuer, en lien avec les espaces d'une trame verte, à l'amélioration de l'environnement thermique urbain, mais aussi à une fixation des micropolluants et du carbone atmosphérique (encadré ❷).

Dans une étude réalisée entre les mois d'avril et d'août 2010, les mesures des températures et de l'humidité ont été enregistrées sur douze sites d'une petite rivière située au centre de la ville anglaise de Sheffield (Hathway et Sharples, 2012). Les résultats ont montré que la rivière avait un effet rafraîchissant significatif, spécialement lors d'épisodes de chaleur, avec une réduction moyenne de 1 °C pour des températures supérieures à 20 °C pendant la journée (avec une amplitude variant de 0,25 à 1,82 °C). Cet effet qui ne s'étendait pas au-delà de 30 mètres de la rivière devenait négligeable après 40 mètres. Mais, sur de plus courtes distances, celui-ci était significativement modifié par la forme urbaine. En effet, les rues qui donnaient directement sur la rivière, avec des berges plus fortement végétalisées, avaient enregistré un refroidissement plus efficace et sur une plus grande distance. Leur baisse de température était supérieure de 1,2 °C à celui d'une impasse. Le plus fort effet rafraîchissant a été mesuré au niveau des sites possédant une importante couverture végétale et de vastes zones ombragées. Mais, l'ensemble des bénéfices disparaissaient lorsque le site considéré était physiquement isolé de l'eau par des murs ou des immeubles ou lorsque les berges étaient constituées de matériaux sombres tels que la brique ou le goudron.

4. 13 087 £ pour la régulation climatique, 10 000 £ pour la régulation hydrologique et 5 000 £ pour le contrôle de l'érosion.

Ces résultats montrent que les futures actions de gestion visant à rouvrir des cours d'eau souterrains peuvent donc avoir un grand intérêt pour les environnements urbains en limitant les îlots de chaleur urbains (« *Urban Heat Island* ») négatifs pour la santé et le bien-être des habitants. Cependant, le rôle de la forme urbaine à proximité d'un chenal de rivière est bien plus important que la présence ou l'absence du cours d'eau lui-même et l'effet rafraîchissant peut être amplifié par un examen attentif porté à l'aménagement urbain. Ceci met en évidence les implications pratiques liées à la structure des aménagements urbains lors de projets destinés à valoriser le corridor d'une rivière. Ces résultats montrent aussi que les principes généraux du fonctionnement bioclimatique doivent être pris en compte lors de la conception d'une trame bleue urbaine.

Le cas de deux types de services emblématiques : l'auto-épuration et le cycle des nutriments

Si l'on considère maintenant la qualité de l'eau, l'élaboration trame bleue peut fortement influencer le cycle des nutriments (service de support) et de manière consécutive sur les facultés auto-épuratrices du cours d'eau (service de régulation) grâce au rétablissement d'une connectivité latérale efficace et de la reconstitution d'une ripisylve de bonne qualité. C'est par exemple le cas si l'on considère le phénomène de la dénitrification. En effet, l'amélioration de la connectivité hydrologique entre zones rivulaires et chenal principal peut fortement augmenter son taux grâce à différents mécanismes tels que la disponibilité du carbone organique dans le sol et les flux de circulation de l'eau. Une amélioration de la qualité de la ripisylve et sa reconnexion au chenal principal dans une portion de cours d'eau urbain de l'agglomération

de Baltimore aux États-Unis a permis au taux moyen de dénitrification des eaux souterraines d'être multiplié par deux par rapport à un secteur non restauré et déconnecté (passant de $34,8 \pm 8,0 \mu\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ à $77,4 \pm 12,6 \mu\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$, pour un temps de résidence égale de l'eau). Les concentrations en nitrate (NO_3^-) dans les eaux souterraines et dans la colonne d'eau sont aussi significativement plus faibles que dans les cours d'eau non restaurés, mais ceci peut aussi être lié à des variations dans les sources d'azote et les flux hydrologiques. Les zones alluviales avec des berges basses soumises à des flux hydrologiques lents conçues pour favoriser un épanchement des crues et une dissipation des forces érosives ont un taux de dénitrification bien plus élevé que les secteurs avec des berges simplement restaurées mais non connectées ou les zones non restaurées.

D'autre part, les flux d'azote engendrés lors d'épisodes pluvieux d'intensité moyenne (de 6,6 mm à 12,7 mm) peuvent être réduits de 25 % et de 15 % lors d'événements plus violents (de 12,9 mm à 19 mm) dans des sections restaurées. Ces résultats montrent que des actions de gestion destinées à reconnecter les chenaux principaux avec les zones humides et les espaces rivulaires périphériques peuvent favoriser un service de support comme la dénitrification, mais qu'il peut y avoir une variabilité importante en fonction de l'efficacité des méthodes de restauration des cours d'eau.

Précisons, à l'instar des aspects microclimatiques, que la mise en évidence et l'évaluation de ce type de service de support ou de régulation, produit par un fonctionnement écologique amélioré du cours d'eau, doit s'appuyer sur une instrumentation importante de l'hydrosystème et sur un solide réseau de systèmes de mesure.

2 LA RIVIÈRE CHEONGGYECHEON AU CENTRE DE LA VILLE SUD-CORÉENNE DE SÉOUL

Un des projets aujourd'hui les plus emblématiques, pouvant s'apparenter à une trame bleue, est celui qui concerne la rivière Cheonggyecheon en plein cœur de la ville sud-coréenne de Séoul (photo 2).

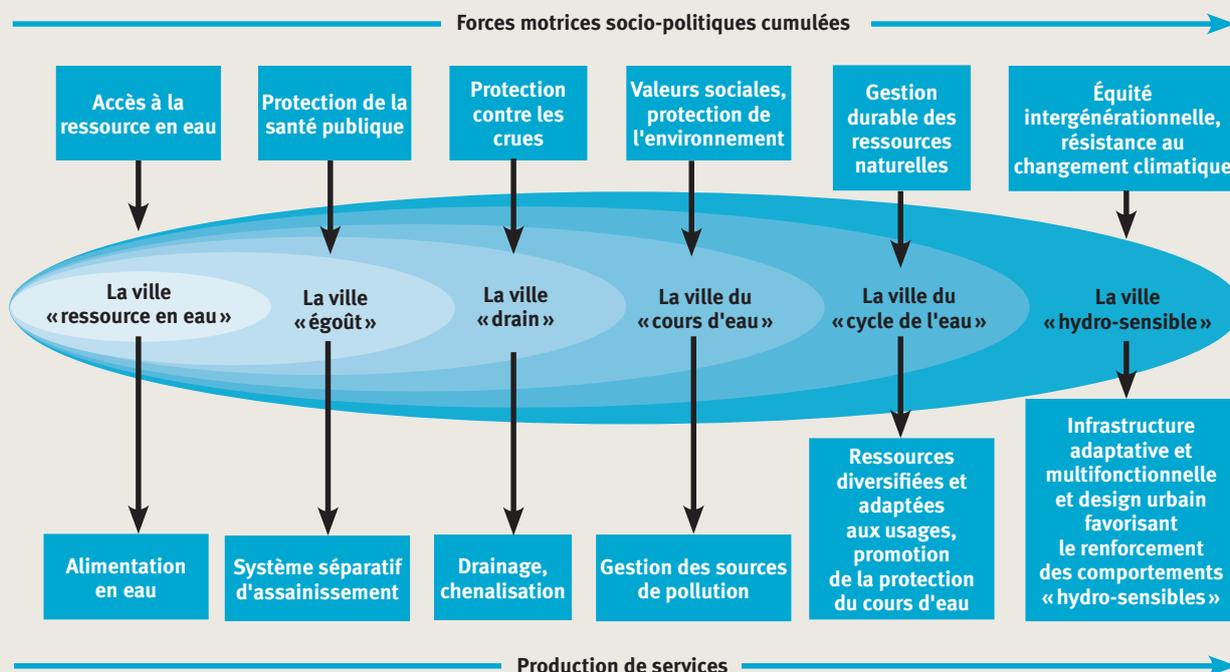
En 2005, une portion couverte depuis plusieurs décennies a été rouverte après la suppression d'un axe routier, ceci afin de favoriser une reconnexion hydrologique et écologique entre les secteurs amont et aval, puis une réhabilitation de ses berges engagée sur 6 km. Peu après cette restauration, il a été montré que les températures aux abords immédiats de la rivière étaient en moyenne $3,6^\circ\text{C}$ plus faibles et ce dans un périmètre de 400 m. Cet effet positif a aussi été observé avec la distribution des températures le long de plusieurs rues perpendiculaires à l'axe du chenal principal. Les températures maximales ont, quant à elles, baissé jusqu'à un maximum de 5°C , à cause de la diminution du trafic routier et de l'effet « rafraîchissant » de la surface plus froide du cours d'eau, et une augmentation de 50 % de la vitesse moyenne des vents a été mesurée. Une augmentation de l'humidité spécifique et du degré hygrométrique de l'air a aussi été constatée au sein d'un espace compris entre l'axe central de la rivière et les quartiers environnants ainsi qu'une diminution de la concentration en particules fines de 74 à $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air. De plus, il a été montré qu'en 2003, avant la restauration, un m^2 de sol urbain recevait entre 300 et 500 watts de rayonnement solaire, alors qu'après la réalisation du projet, cette puissance ne variait plus que de 100 à 150 watts.

Dans cet exemple, l'environnement urbain a été amélioré de manière globale grâce en particulier à la réduction de la pollution automobile (avec la suppression d'environ 170 000 voitures de l'axe de circulation) et à la diminution des nuisances sonores et olfactives. Mais il apparaît clairement que ce sont les services de régulation liés à l'eau, avec une évolution très favorable du microclimat local (offrant à la ville de Séoul une meilleure résilience pour affronter les conséquences de possibles changements climatiques) juste quelques mois après la fin du projet, mais également ceux à « caractère social » avec la réalisation de voies piétonnes et de zones de promenade le long des berges que la réouverture de la rivière a permis de valoriser.



2 La rivière Cheonggyecheon, au centre de la ville sud-coréenne de Séoul, après la suppression de l'axe routier qui la recouvrait en 2005.

❶ Exemple de modèle de transition pour une gestion de l'eau « hydro-sensible » en zone urbaine auquel les trames bleues peuvent fortement contribuer.



► **La dimension socio-culturelle comme aspect le plus facilement quantifiable**

Les services à « caractère social », dont les habitants percevront le plus facilement les évolutions, sont susceptibles d'être rapidement influencés de manière positive par une trame bleue grâce au développement des aspects récréatifs (e.g. sites de randonnée), l'augmentation de la valeur foncière ou du niveau de qualité de l'environnement visuel (aspects paysagers). De plus, ce sont ceux dont la valeur est la plus facilement mesurable grâce à des outils économiques performants (e.g. méthode directe de monétarisation au prix de marché ou indirecte des prix hédonistes). Si l'on considère, par exemple, le cas de la rivière Cheonggyecheon dans le centre-ville de Séoul, après sa réouverture et sa reconnexion avec les secteurs amont et aval, environ quatre-vingt-dix mille promeneurs se mirent chaque jour à arpenter ses berges, aménagées en promenade sur une surface de mille hectares, et deux ans après la réalisation du projet, on estimait à plus de cinquante millions le nombre de visiteurs venus sur le site (encadré ⑤). Si l'investissement initial a été de 350 millions de dollars/US, les bénéfices socio-économiques attendus ont eux été évalués à plus de 3,5 milliards. Mais si le gain économique et l'amélioration de l'environnement urbain ont été perçus comme bénéfiques par beaucoup, certains ont eu peur que ce projet n'entraîne un phénomène de gentrification dans ce quartier de la ville. Dans le cas de la rivière Mayes du

parc de MayesBrook, située à l'est de la ville de Londres, les retombées économiques possibles de sa restauration suite à l'amélioration des « relations sociales » au sens large (telles que les activités halieutiques de loisir, les observations naturalistes ou les jardins collectifs) ont été estimées à environ 7 822 500 £ (pour une période de cent ans au niveau régional), celles des activités récréatives et du tourisme à 815 169 £ et celles liées à l'éducation à 5 000 £.

Lorsque l'exploitation d'un service valorisé entraîne la dégradation d'un autre

Le choix de mettre en valeur un service amplifié par une trame bleue, comme certaines activités récréatives telles que les sports d'eau vive, peuvent cependant fortement entrer en concurrence avec d'autres services comme le maintien d'une diversité des habitats écologiques ou le contrôle de l'érosion dans des secteurs restaurés. En effet, en rendant plus accessible des berges, comme lors de la disparition de tronçons anciennement chenalisés, on expose le cours d'eau à une augmentation de sa fréquentation par le public et, par exemple, de manière consécutive, à une possible dégradation des peuplements végétaux riverains ou à une détérioration du lit nuisible à la faune piscicole. Une telle situation s'est produite après la création du plus long parc aquatique des États-Unis sur un tronçon de la rivière Truckee dans la ville de Reno (état du Nevada) en 1997. Inclus dans un vaste projet

de restauration écologique, cet espace et ses annexes hydrauliques parallèles destinées à favoriser les activités récréatives liées à l'eau ont subi une rapide dégradation de leurs berges ainsi qu'une nette diminution de la biodiversité aquatique, entraînant l'acceptation d'un nécessaire compromis entre écologie et usages anthropiques. Mais, s'il peut y avoir antagonisme entre l'utilisation de deux catégories de services (e.g. services de support et services socio-culturels), une opposition peut également apparaître entre différents types de services au sein d'une même catégorie, voire au sein même d'un type de service entre différents usages ! Cela fut le cas au début des années 2000 lors de la restauration du fleuve Mondego qui traverse la ville de Coimbra au Portugal⁵. Ce projet qui a entraîné la création d'un immense plan d'eau relativement profond et permanent sur une grande partie du chenal principal de la rivière, en lieu et place d'un écosystème méditerranéen auparavant lotique, a provoqué la disparition de pratiques estivales traditionnelles d'usage de la rivière. D'un lieu de baignade familiale autrefois facilement accessible, seules ont persisté des berges hautes et la possibilité de s'adonner à quelques activités nautiques.

Conclusions

D'une manière générale, l'élaboration de trames bleues urbaines, en participant à l'amélioration de l'état écologique et de la qualité de l'eau des hydrosystèmes, peut nettement favoriser la production de services écosystémiques nécessaires d'une part au bien-être humain et, d'autre part, à une gestion intégrée de l'eau dans les villes, qualifiée récemment d'approche « hydrosensible » (figure 1), et à une adaptation plus aisée aux changements climatiques (Rankovic *et al.*, 2012). Ceci nécessite l'intégration et l'utilisation de tous les éléments hydrauliques présents (en particulier des zones humides construites), d'utiliser les techniques de l'ingénierie écologique, mais aussi et surtout les systèmes d'information géographique (SIG) afin d'adapter les structures des trames bleues en fonction de la topographie et des spécificités hydro-climatiques de chaque ville tout en évitant au maximum les possibles nuisances ou « *dis-services* ». Les flux spatiaux de services écosystémiques, qui sont habituellement fortement contraints à travers les paysages urbains pourront ainsi s'en trouver optimisés. Pour cela, une coordination des différents acteurs et services impliqués dans l'aménagement des territoires urbains et la gestion de l'eau est indispensable. Enfin, il est important de garder à l'esprit qu'une telle démarche ne doit pas être uniquement dédiée à l'amélioration du bien-être des citoyens, mais doit aussi être appréhendée de manière plus large et être l'occasion de replacer les hydrosystèmes urbains au sein d'un continuum hydrologique amont-aval dans le but de limiter l'impact des villes sur l'ensemble des milieux aquatiques. ■

EN SAVOIR PLUS...

- AMIGUES, J.-P., CHEVASSUS-AU-LOUIS, B., 2011, *Évaluer les services écologiques des milieux aquatiques : enjeux scientifiques, politiques et opérationnels*, Onema, 172 p.
- EVERARD, M., SHUKER, L., GURNELL, A., 2011, The Mayes Brook restoration in Mayesbrook Park, East London: an ecosystem services assessment, *Environment Agency*, 51 p., disponible sur : <http://www.therivertrust.org/projects/water/Mayes%20brook%20restoration.pdf> (consulté le 25/05/2014).
- HATHWAY, E.A., SHARPLES, S., 2012, The interaction of rivers and urban form in mitigating the urban heat island effect: a UK case study, *Building and Environment*, n° 58, p. 14-22.
- MAUGHAN, N., 2014, *Les services écosystémiques de la théorie à la pratique. Opportunités et limites pour une gestion durable des hydrosystèmes urbains*, Éditions Rue D'Ulm ENS, collections « Sciences Durables », sous presse.
- RANKOVIC, A., PACTEAU, C., ABBADIE, L., 2012, Services écosystémiques et adaptation urbaine interscalaire au changement climatique : un essai d'articulation, *Vertigo*, Hors-série, n° 12, disponible sur : <http://vertigo.revues.org/11851> (consulté le 10/02/2013).

L'auteur

Nicolas MAUGHAN

Aix Marseille Université – CNRS
Centrale Marseille – I2M – UMR 7373
Case 18 – 3 place Victor Hugo
F-13331 Marseille Cedex 03 – France

✉ nicolas.maughan@gmail.com

5. Initiée dans le cadre du programme portugais POLIS de requalification urbaine et d'amélioration de l'environnement des villes (http://www.dgterritorio.pt/a_dgt/outras_estruturas/programa_polis/).