Sujet national pour l'ensemble des centres de gestion organisateurs

CONCOURS INTERNE

D'INGÉNIEUR TterritorIAL

SESSION 2017

ÉPREUVE DE PROJET OU ÉTUDE

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

L'établissement d'un projet ou étude portant sur l'une des options, choisie par le candidat lors de son inscription, au sein de la spécialité dans laquelle il concourt.

Durée : 8 heures
Coefficient : 7

SPÉCIALITÉ : URBANISME, AMÉNAGEMENT ET PAYSAGES

OPTION : URBANISME

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- L'utilisation d'une calculatrice autonome et sans imprimante est autorisée.
- Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 69 pages et 1 plan dont 1 plan à rendre avec la copie.

Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend le nombre de pages indiqué.
S'il est incomplet, en avertir le surveillant.

- Vous préciserez, le cas échéant, le numéro de la question et de la sous-question auxquelles vous répondrez.
- Des réponses rédigées sont attendues et peuvent être accompagnées si besoin de tableaux, graphiques, schémas…

Ingénieur territorial, vous êtes chargé de mission en urbanisme environnemental sous la responsabilité du directeur de l'aménagement urbain de la métropole d'INGECO, intercommunalité de 425 000 habitants (dont 210 000 pour la ville-centre INGEVILLE). Un des projets de mandat est l'élaboration du premier Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) de la métropole.
Dans ce cadre, les élus souhaitent que ce dossier soit l'occasion d'intégrer des problématiques urbaines d'actualité, dont celles relatives à la transition énergétique et au changement climatique.

À l'appui des annexes, vous répondrez aux questions suivantes :

Question 1 (4 points)

Votre directeur vous demande de rédiger une note sur l'exercice de cette nouvelle compétence PLUi (quelle gouvernance, quelle conduite de projet), en identifiant les principaux enjeux territoriaux à intégrer dans la conception de la ville de demain.

Question 2 (5 points)

Vous rédigerez à l'attention des services de la métropole une note méthodologique permettant d'intégrer la problématique « transition énergétique et changement climatique » dans le PLUi et d'identifier les liens à affirmer entre les différentes compétences de la collectivité.

Question 3 (6 points)

a) Vous proposerez sous forme d'une note méthodologique les solutions techniques et réglementaires permettant d'atténuer le phénomène d'Îlot de Chaleur Urbain (ICU) sur certains quartiers de la ville-centre. Vous préciserez également les avantages financiers qu'elles peuvent apporter.
b) Sur le plan 1 fourni en 2 exemplaires, vous schématiserez les objectifs de politique urbaine à affirmer concernant la végétation (maintien / renforcement) et la morphologie urbaine à adapter afin de réduire l'impact de l'ICU.
c) Pour chaque secteur identifié sur le plan 1,
- vous définirez les objectifs de maintien ou de renforcement de la végétation en tenant compte de leur sensibilité à l'ICU et de la morphologie urbaine ;
- vous déclinerez les outils réglementaires et opérationnels permettant d'atteindre les objectifs définis.

Question 4 (5 points)

Vous rédigerez une note, complétée de tableaux et de schémas, proposant un nouvel outil à introduire dans le PLUi : un coefficient de biotope visant à lutter contre l'ICU grâce au renforcement de la végétation et à l'amélioration de la gestion des eaux pluviales (limitation de l'imperméabilisation, stockage, budget d'investissement et de fonctionnement, etc.).

Liste des documents :

Document 1 : « Le PLU après la loi ALUR, les nouveautés : articles 137, 139 et 157 de la loi ALUR » – *Direction départementale des territoires de la Sarthe – sarthe.gouv.fr* – Juin 2014 – 2 pages

Document 2 : Rapport de synthèse « L'aménagement du territoire face au changement climatique » (extrait) – *Commission Internationale pour la Protection des Alpes (CIPRA) – cipra.org* – Février 2010 – 3 pages

Document 3 : « Le cycle de l'eau, élément structurant d'une ville durable » – *Christian PIEL, Luce VEIGA, Marie PIRE – Composante Urbaine* – 2010 – 9 pages

Document 4 : « Scénario négaWatt 2011-2050 : réussir la transition énergétique » – *negawatt.org* – 2011 – 4 pages

Document 5 : « Îlots de chaleur urbains » – *collectivitesviables.org* – consulté le 20 octobre 2016 – 5 pages

Document 6 : « Guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités locales » (extrait) – *ADEME Île-de-France – actu-environnement.com* – Octobre 2012 – 11 pages

Document 7 : « Mettre en œuvre une Trame verte et bleue en milieu urbain » (extraits) – *Tiphaine KERVADEC – Les notes Etd, le centre de ressources du développement territorial – trameverteetbleue.fr* – Juin 2012 – 5 pages

Document 8 : « Fiche n°8 - Le Coefficient de Biotope par Surface (CBS) » (extraits) – *Trame verte et bleue et PLUi – bourgogne.developpement-durable.gouv.fr* – Juillet 2015 – 6 pages

Document 9 : Fiche n°3 bis « Trame verte et bleue, expériences des villes étrangères : Berlin, métropole naturelle » (extrait) – *CERTU – environnement-urbanisme.certu.developpement-durable.gouv.fr* – Mai 2012 – 8 pages

Document 10 : « Le centre-ville verte de Berlin - CBS - Coefficient de Biotope par Surface » – *stadtentwicklung.berlin.de* – consulté le 28 octobre 2016 – 8 pages

Annexe A : « Trame verte et proportion nature par quartier » – *INGECO* – 2017 – 1 page – l'annexe n'est pas à rendre avec la copie

Annexe B : « Modélisation de l'îlot de chaleur urbain » – *INGECO* – 2017 – 1 page – l'annexe n'est pas à rendre avec la copie

Annexe C : « Hauteurs du bâti » – *INGECO* – 2017 – 1 page – l'annexe n'est pas à rendre avec la copie

Annexe D : « Morphologie urbaine » – *INGECO* – 2017 – 1 page – l'annexe n'est pas à rendre avec la copie

Plan 1 : « Fond de plan du projet » – *INGECO* – 2017 – sans échelle – format A3 – un exemplaire à rendre avec la copie et un exemplaire de secours

Attention, le plan 1 utilisé pour répondre à la question 3 b) est fourni en deux exemplaires dont un à rendre agrafé à votre copie, même si vous n'avez rien dessiné. Veillez à n'y porter aucun signe distinctif (pas de nom, pas de numéro de convocation…).

Documents reproduits avec l'autorisation du CFC

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

DOCUMENT 1

LE PLU APRES LA LOI ALUR, LES NOUVEAUTES

Articles 137, 139 et 157 Loi ALUR

Le contenu – L. 123-1 du code de l'urbanisme

- ☞Rapport de présentation
- ☞ PADD
- ☞ OAP + programme d'orientations et d'actions si PLUi tient lieu de PLH ou PDU
- ☞ Règlement
- ☞ Annexes

possibilité d'adjoindre à chaque élément des documents graphiques

Rapport de présentation article L. 123-1-2	► production d'une analyse de densification, exposé des dispositions favorisant la densification et limitation de la consommation des espaces naturels et agricoles ► inventaire des capacités de stationnement et des possibilités de mutualisation des capacités ► précision sur analyse de la consommation foncière sur dix années précédentes ou depuis dernière révision du document
Entrée en vigueur	► immédiate sauf si débat PADD antérieur à l'entrée en vigueur de la loi ALUR ► à intégrer à la prochaine révision pour PLU déjà approuvés
PADD article L. 123-1-3	►ajout du volet **paysage** parmi les orientations générales à définir **Précisions** ► fixe des objectifs **chiffrés** de modération de la consommation d'espaces et de lutte contre l'étalement urbain
Entrée en vigueur	► immédiate ► à intégrer à la prochaine révision pour PLU déjà approuvés
OAP Articles L. 123-1-4 et L. 122-1-9	**Dispositions portant sur l'aménagement, l'habitat, les transports et les déplacements** ► possibilité de prévoir un % de commerces dans les opérations d'aménagement (L. 123-1-4) ► PLUi, en l'absence de SCOT, intègre les orientations relatives à l'équipement commercial et artisanal que l'on aurait trouvées dans le DOO (document d'orientation et d'objectifs du SCoT)
Entrée en vigueur	► immédiate pour PLU engagés post ALUR et procédures en cours pour lesquelles l'EPCI choisit d'appliquer dispositions ALUR ► à intégrer à la prochaine révision pour PLU déjà approuvés et pour les procédures en cours pour lesquelles l'EPCI choisit le maintien dispositions antérieure

Programme d'Orientations et d'Actions **Article L. 123-1**	Cas des PLUi qui tiennent lieu de PLH et-ou PDU : toute mesure ou élément d'information nécessaire à la mise en œuvre de la politique de l'habitat ou des transports et des déplacements
Entrée en vigueur	► immédiate pour PLU engagés post ALUR et procédures en cours pour lesquelles l'EPCI choisit d'appliquer dispositions ALUR ► à intégrer à la prochaine révision pour PLU déjà approuvés et pour les procédures en cours pour lesquelles l'EPCI choisit le maintien de dispositions antérieures
Règlement **Article L. 123-1-5**	**<u>Clarification et mesures de densification</u>** ► restructuration du règlement en 3 thèmes (usage sol / caractéristiques architecturales, urbaine et écologique / équipements des terrains) ► suppression du COS et de la superficie minimale des terrains **<u>Dispositions nouvelles en matière de stationnement</u>** ► obligations minimales de stationnement pour les vélos à fixer, pour les immeubles d'habitation et de bureaux (L. 123-1-12) ► lorsque le PLU tient lieu de PDU, il fixe les obligations minimales de stationnement pour les véhicules non motorisés en tenant compte de la desserte en transports collectifs (article L. 123-1-12) **<u>Dispositions en faveur de la Trame Verte et Bleue (TVB)</u>** ► possibilité d'instaurer un coefficient de biotope ► possibilité de localiser en zone urbaine des espaces non bâtis nécessaires aux continuités écologiques ► possibilité de fixer des Emplacements Réservés pour des espaces nécessaires aux continuités écologiques ► possibilité d'utiliser l'article L. 123-1-5 III 2° pour identifier et préserver des espaces au titre de la TVB **<u>Possibilités, au sein des zones A et N</u>** ► délimitation de STECAL, à titre exceptionnel (aires d'accueil et terrains familiaux locatifs, résidences démontables constituant habitat permanent) ***après avis de la CDCEA*** **<u>Zones agricoles, naturelles et forestières en dehors des STECAL</u>** ► possibilité uniquement d'adaptation et de réfection des constructions existantes ► possibilité nouvelle en N de désigner les bâtiments qui peuvent faire l'objet d'un changement de destination ***(autorisation travaux soumis à avis conforme CDNPS)*** ► possibilité maintenue en A du changement de destination pour intérêt architectural et patrimonial et ajout **extension limitée, *après avis conforme CDCEA***
Entrée en vigueur	► *immédiate* ► *différée pour la nouvelle présentation du règlement* *<u>NB : pour les POS en vigueur, le COS est maintenu jusqu'à transformation en PLU ainsi que la superficie minimale des terrains</u>*
Plans de secteur **L.123-1-1-1**	► plan de secteurs possibles sur une ou plusieurs communes PLUi, ***à leur demande et après délibération de l'organe délibérant en charge PLUi*** plan couvre l'intégralité de la ou des communes concernées ► <u>OAP et règlement propres à chaque plan de secteur</u>

NB : Un PLUi ne tient plus lieu obligatoirement de PLH ou PDU

(...)

DOCUMENT 2

Extrait de « L'aménagement du territoire face au changement climatique » – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (CIPRA) – cipra.org – Février 2010

3.2 AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET STRATÉGIES D'ADAPTATION

L'aménagement du territoire doit également contribuer à appliquer des mesures d'adaptation au changement climatique. Le rôle de l'aménagement du territoire, la nature des mesures, l'interaction avec les autres secteurs sont constamment étudiés et débattus au sein des projets de recherche sur l'espace alpin (p.ex. : CLISP – Climate Change Adaption by Spatial Planning). En cas d'apparition des conséquences suivantes sur le climat, l'aménagement du territoire peut et doit apporter des contributions importantes :

(1) Gestion des nouvelles catastrophes naturelles liées au climat sur la base des plans/cartes de zones à risque :
Révision des terrains constructibles dans les nouvelles zones à risques
Sécurisation des surfaces pour prendre des mesures de protection supplémentaires : extension de surfaces de retenue d'eau, des digues anti-inondations, des paravalanches et des corrections de torrents.
Précision de certaines règles dans les plans d'aménagement et documents d'urbanisme pour lutter contre les dangers : p.ex. : inclinaison du toit, charge totale supportée par la toiture, zones interdites pour le stockage de substances dangereuses, et utilisation des caves et rez-de-chaussée

(2) Eviter les îlots de chaleur dans les centres villes densément construits.
Parmi ces mesures figurent les suivantes :
Elaboration de données microclimatiques de base lors de la planification de nouvelles grandes zones bâties
Sécurisation des axes de circulation d'air frais en agglomération
Sécurisation d'espaces verts suffisamment grands, encouragement des toitures végétalisées, cours végétalisées, plantations en façade et dans les espaces publics tels que les rues par ex.

Le changement climatique en tant que facteur de risque nécessite une nouvelle approche des risques naturels, qui pourrait passer par une prise en compte de ce facteur dans l'élaboration des outils de planification et de gestion des risques. La probabilité que ces risques surviennent est incertaine. Les primes de risque pour le changement climatique doivent être négociées (voir chapitre 5.5). Les décisions en matière de planification ne peuvent plus être essentiellement fondées sur des références historiques. Elles nécessitent un dialogue sociétal, auquel l'aménagement du territoire participe comme l'un des nombreux thèmes concernés par le sujet (voir également le compact catastrophes naturelles).

Les modèles climatiques ne permettent de faire aucune prévision sur les effets du changement climatique au niveau régional ou des petites localités. En cas de conflits d'intérêts, il est toutefois nécessaire de justifier les décisions juridiquement contraignantes par des preuves scientifiques suffisamment sûres. Pour cette raison, la délimitation des zones à risques s'appuie toujours sur les catastrophes naturelles enregistrées par le passé (crues trentenaires, etc.).

L'établissement de plans de zones de danger ou de zones à risques est réalisé par des experts spécialisés et repris ensuite par la planification de l'occupation des sols. De nombreuses zones n'ont cependant pas encore été soumises à ce zonage en fonction des risques (p.ex. Suisse : avalanches 90 %, inondation 50 %, glissements de terrain 40 %).

Des mesures de protection préventives (p.ex. espaces de retenue d'eau) doivent ętre prises dans les zones et/ou communes qui ne profitent pas de ces mesures mais supportent les inconvénients liés aux catastrophes (restriction d'usage, coûts). Il faut donc des concepts régionaux et intercommunaux proposant un équilibre entre les coûts et les bénéfices. Il n'existe pas encore de modèles généralisables (voir aussi chapitre 3.4).

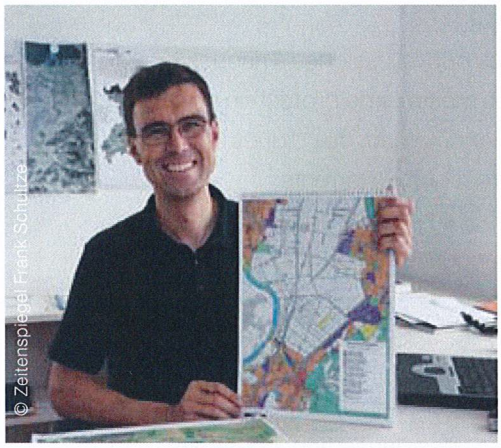


Illustration 15 :
L'aménagement du territoire est appelé à tenir compte des risques croissants decatastrophes naturelles.

Au cours des dernières années, les lois en matière d'aménagement du territoire ont été amendées essentiellement en raison des crues, et les plans de prévention des risques sont devenus plus ou moins contraignants pour l'affectation des terrains constructibles (p.ex. : en Suisse, dans le Tyrol du sud, en Bavière, en Haute-Autriche, en France, etc.). Dans le protocole d'application de la Convention alpine « Aménagement du territoire et développement durable », les Etats alpins se sont engagés par convention à « définir des zones soumises aux risques naturels où les constructions et les équipements sont le plus possible évités ».

Un complément important serait de traiter de façon contraignante les effets et mesures sur le climat dans le cadre d'un diagnostic environnemental stratégique des concepts et des plans. Un autre instrument d'intégration des mesures d'adaptation au changement climatique peut résider dans les programmes d'aménagement ou de développement territorial, dans lesquels les concepts de protection et les mécanismes compensatoires sont traités à l'échelle intercommunale (voir aussi chapitre 5.5).

3.3 CONFLITS D'OBJECTIFS ET PISTES DE SOLUTIONS

3.3.1 CONFLITS D'OBJECTIFS

La mise en place de stratégies d'aménagement du territoire pour atténuer le changement climatique et s'adapter à ses conséquences inévitables entraîne quelques conflits d'objectifs très sérieux :

L'encouragement de structures d'agglomération à moindre trafic peut aller à l'encontre de l'objectif de compensation des disparités entre ville et campagne, et entre régions prospères et régions défavorisées. A cet égard, l'espace alpin est particulièrement vulnérable au risque d'exode accru et d'érosion des services publics dans les régions périphériques et les petites localités. Les notions de « retrait » et de « décroissance » doivent susciter de nouveaux débats dans le contexte du changement climatique. L'aménagement du territoire pourrait jouer un nouveau rôle à cet égard : en tant qu'accompagnant actif et acteur des procédures de retrait, et comme intermédiaire lors de négociations nécessitant beaucoup de tact autour de ces sujets (cf. Weber 2009b).

La limitation des compétences des communes en matière d'aménagement du territoire s'oppose aux objectifs démocratiques et au droit d'autodétermination des communes. L'espace alpin traditionnellement attaché à l'autodétermination et à l'autonomie des petites unités rurales risque d'opposer une farouche résistance à ce type de mesures.
L'évolution des plans de prévention des risques par l'intégration d'hypothèses d'évolutions futures liées aux changements climatiques, se verra confrontée à des problèmes d'acceptation.
L'extension de l'usage des énergies renouvelables peut être en contradiction avec d'autres objectifs : des objectifs de protection de la nature, des objectifs liés à la biodiversité, et d'autres droits d'utilisation (p. ex. production de denrées alimentaires).

3.3.2 ÉBAUCHES DE SOLUTION

Illustration 16 :
Pour un développement autonome, il faut renforcer la capacité d'action sociale dans les régions.

La structure urbaine alpine offre parfois une bonne base de départ pour un développement à moindre trafic. Les vallées alpines linéaires se prêtent très bien à une structure tournée vers les transports en commun. Les villes des Alpes correspondent à l'image d'une concentration décentralisée, et ont une tradition d'habitations compactes. L'objectif doit être de renforcer les structures existantes, et d'empêcher un débordement vers des zones qui ne seraient plus accessibles en transports publics. Dans les structures villageoises en zones reculées, les extensions de l'urbanisation ne doivent se présenter que sous forme de constructions compactes.

Dans les zones périphériques, l'objectif doit être d'encourager le développement économique régional pour rendre inutiles les trajets vers des bassins d'emplois très éloignés. Parallèlement à cela, il faut que le capital social des communes soit renforcé pour que l'instance communale puisse assurer un développement viable et autonome. L'autodétermination des communes sur le plan de l'aménagement du territoire devrait être combinée à un système efficace d'incitation et de sanctions. Les aides financières, les affectations de moyens dans le cadre de la péréquation financière, les autorisations émanant des niveaux supérieurs doivent être liées à des obligations de développement urbain économe en surfaces.

L'un des grands défis réside dans la gestion des conflits entre utilisation des énergies renouvelables (eau, solaire, éolien, biomasse), protection de la nature et d'autres activités (forêt, tourisme, chasse, gestion de l'énergie, etc.). L'aménagement du territoire doit assumer un rôle de médiateur/gestionnaire de conflit, et veiller à un partage équitable entre tous les intéressés. Cela vaut également pour une évolution des plans de prévention à risques, dans lesquelles la probabilité d'un événement serait estimée non seulement sur la base du passé, mais découlerait aussi d'hypothèses sur l'avenir (suppléments de risque pour le changement climatique).

Pour une application réussie des stratégies d'atténuation et d'adaptation en matière d'aménagement du territoire, une solution réside dans la sensibilisation de l'opinion publique, afin de rendre plausibles la nécessité, le but et les effets des stratégies et des mesures.

(...)

Le cycle de l'eau, élément structurant d'une ville durable

Piel . C., Veiga. L., Pire. M.

Composante Urbaine, 45 Avenue Trudaine
75009 Paris
(cp@composante-urbaine.fr, lv@composante-urbaine.fr, mp@composante-urbaine.fr)

RÉSUMÉ

Trop longtemps amputé en milieu urbain, le cycle de l'eau est intégré à la structure urbaine dans sa trame originelle. A travers deux exemples concrets, est illustré comment l'urbanisation de la ville peut s'appuyer sur la géographie et le cycle de l'eau pour structurer la ville. La génération d'axes « bleus et verts » structurant ainsi une ville durable : une ville autonome et respectueuse de l'environnement.

ABSTRACT

Too often cut short, the urban water cycle is integrated into the urban structure. Two case studies illustrate how the urbanisation of the city can be based on the geography and the cycle of water to create the city. The generation of "blue and green" axes provides the structure of a sustainable city: a city which is autonomous and respectful of the environment.

MOTS CLÉS

Urbanisme, Structure, Cycle de l'eau, Paysage, Trames vertes, Trames bleues

KEYWORDS

Urban planning, Structure, Urban water cycle, Landscape, Green and Blue Corridors

1 INTRODUCTION

La gestion du cycle de l'eau en milieu urbain a, jusqu'à récemment, été résolue, du captage à l'épuration, par des solutions classiques d'ingénierie (système de tout à l'égout). Cette approche, bien que bénéfique à la maîtrise des risques sanitaires, a été mise en place au détriment de l'état écologique des cours d'eau.

De plus, l'urbanisation, en générant une imperméabilisation des sols, a augmenté les phénomènes de ruissellement, facteur d'inondation, diminué l'alimentation des nappes, et entraîné une pollution supplémentaire des milieux naturels. Ainsi, le cycle de l'eau, au sein des urbanisations denses est aujourd'hui amplement contraint, amputé, incomplet.

L'alternative à l'imperméabilité massive des sols et à l'assainissement tout tuyau consiste à concevoir un urbanisme qui se nourrit des processus naturels de gestion du cycle de l'eau pour en inventer des déclinaisons adaptées aux formes urbaines.

L'approche qui consiste à intégrer le cycle de l'eau dans l'aménagement urbain et architectural sera approfondie dans cet article. Deux exemples de projet urbain en cours, illustrant comment le cycle de l'eau peut être le support du paysage permettra d'introduire la démarche attendue par ce type d'approche. Enfin, une réflexion plus globale sur le potentiel d'amélioration du cadre de vie urbain conclura cette intervention.

2 INTEGRER LE CYCLE DE L'EAU DANS L'AMENAGEMENT URBAIN ET ARCHITECTURAL

2.1 Associer les concepteurs, s'attacher à l'histoire et la géographie du site

Architectes, urbanistes, ingénieurs, par un travail conjoint peuvent mettre en œuvre ces solutions. Elles nécessitent au préalable de bien connaître le contexte, la géographie, la géologie, l'hydrogéologie, pour exploiter leurs qualités au mieux ; et ainsi :

- favoriser le recyclage pour limiter les prélèvements,
- séparer les eaux selon leur qualité pour améliorer leur traitement,
- écarter le raccordement systématique des eaux aux réseaux,
- désimperméabiliser les sols et autoriser les rétentions ponctuelles au sein des cités en faisant de la ville le support des inondations.

2.2 Modeler la structure urbaine d'un quartier, d'une ville, sur le réseau hydrographique existant

Organiser l'urbanisation d'un territoire, en intégrant dans sa conception même la gestion du cycle de l'eau, et donc la maîtrise des eaux pluviales, conduit :

- à intégrer la topographie en favorisant un ruissellement à ciel ouvert. Pour cela, et de la même façon qu'il en est en milieu naturel, les axes de circulation doivent s'organiser en fonction des pentes de façon d'une part, à faciliter l'écoulement gravitaire des eaux, d'autre part, à stocker les eaux excédentaires dans les points bas. Cela permet de respecter le cheminement naturel de l'eau, ses zones d'expansion naturelles. Ainsi, quelle que soit la pluie, ses éventuels débordements sont maîtrisés et l'on évite ainsi les inondations des sites non prévus à cet effet. Ainsi, on inscrit l'urbanisation nouvelle sur une trame ancienne, naturelle. Ainsi, on échappe aux organisations ex-nihilo et standardisées, aux trames rectilignes et sans âme.

- à intégrer la géologie : le sol, ses qualités, ont un impact sur la gestion de l'eau. Selon l'aptitude du sol à l'infiltration, peut être déterminé le réseau d'évacuation des eaux pluviales. En favorisant l'infiltration, sont évités les réseaux enterrés et surdimensionnés, les stockages consommateurs d'espaces. Les nappes phréatiques bénéficie d'une réalimentation correcte, et ainsi c'est le cycle de l'eau qui se voit reconstitué dans sa presque totalité.

- à intégrer l'hydrogéologie : les nappes phréatiques, les sources, les résurgences, en les connaissant et les valorisant, peuvent générer des plans d'eau d'agréments, des sources d'alimentation, des ressources diverses, qui enrichissent un territoire sans en perturber le fonctionnement de ses constituants naturels et là, encore, en le singularisant.

- à intégrer l'hydrographie : les rus qui drainent le périmètre d'étude, ne doivent pas être abordés

comme des nuisances à supprimer ou dissimuler, mais comme des atouts. Atouts hydrauliques puisqu'ils permettent un meilleur drainage des sols, une régulation équilibrée des nappes. Atouts urbains également pour générer des espaces, libres de construction, réservés à l'accueil des crues ; Atouts pour imprimer une trame urbaine sur des traces anciennes, qui "coulent de sources" ; Atouts pour enrichir un paysage de la présence de l'eau, de son mouvement, de son reflet, de sa texture, des espaces ouverts qu'elle force à conserver.

3 DEUX PROJETS URBAINS DONT LA STRUCTURE URBAINE ET PAYSAGERE EST DIRECTEMENT CALQUEE SUR LA TRAME DE L'EAU PRE-EXISTANTE

3.1 ZAC des Brichères à Auxerre (89) - ZAC du Val Sermon à Mordelles (35): la trame des espaces verts, dessinée par la trame de l'eau : vers une déstandardisation, une recontextualisation des lotissements résidentiels.

3.1.1 Une volonté réelle, soutenue, de développement durable

Les deux programmes portent sur la création de quartiers d'environ 50 hectares, et s'inscrivent réellement dans une logique de développement durable incluant les questions concernant l'énergie, les transports, la densité urbaine et l'écologie. L'ensemble étant abordé dans une démarche globale, associant architecture, paysage et sociologie. Les deux quartiers Brichères et Val Sermon gèrent leurs eaux pluviales à ciel ouvert.

3.1.2 Des projets modelés en fonction du contexte naturel

Le site de Mordelles, en lisère d'un bois, est inscrit au Schéma de Cohérence territoriale (Scot) du pays de Rennes qui préconise la préservation des alternances entre villes et campagne, la mise en œuvre de continuités écologiques et l'économie des ressources foncières. De même, les Brichères à Mordelles s'inscrivent dans la trame verte du PLU d'Auxerres

Les plans masse dessinés par les architectes (Serge Renaudie à Auxerre, Thierry Dupeux à Mordelles) et le paysagiste (Composante Urbaine) s'appuient sur 3 points primordiaux : le sol, le soleil et l'eau.

L'implantation des bâtiments en lanières, relativement distantes, s'organise en fonction de la topographie existante (bâtiments parallèles aux courbes de niveau), ce qui facilite une gestion de l'eau entièrement à ciel ouvert et gravitaire.

A Mordelles, comme à Auxerre, divers espaces publics viennent jalonner la trame de l'eau, constituant pour la plupart d'entre eux le lit majeur des écoulements, les zones d'expansion de crue.

Ainsi, à Mordelles, la trame de l'eau reçoit:

- En amont, en milieu urbain, un parc public le long du chemin gallo romain (3 ha)
- En aval, en milieu péri-urbain, un parc rural planté de vergers et pâturé par les vaches (gestion agricole d'un vaste espace, 10 ha)
- En aval, également en milieu péri-urbain, un espace naturel sous forme d'une zone humide en delta et d'une roselière dépolluant les eaux de voirie (4 ha).

A Auxerre, c'est un mail piéton, puis un parc urbain conduisant à une vaste mare naturelle qui soulignent la présence de l'eau.

Sur ces deux sites, cette trame de l'eau se voit étendue tant en amont qu'en aval. En amont, c'est tout un réseau de noues, de petits canaux végétalisés, de caniveaux également végétalisés, qui remontent jusqu'au pied des descentes d'eau de chacun des bâtiments. Descentes d'eau qui, pour certaines, drainent des toitures plus ou moins densément végétalisées. A l'aval, la trame bleue de l'eau sur laquelle s'adosse la trame verte, conduit jusqu'à la rivière principale drainant la ville, respectivement l'Yonne et le Meu et rejoint ainsi les circulations douces qui les accompagnent.

Ainsi, du toit jusqu'à la rivière, le parcours de l'eau est visible, valorisé et structurant. Ainsi, ces deux quartiers se voient directement, fortement, visiblement et durablement reliés au centre. Ils ne constituent pas une enclave lointaine de la ville ancienne, mais une extension naturelle.

Les figures ci-après présentent le projet de Mordelles où un espace vert est construit sur le système hydrographique (voir figure 2).

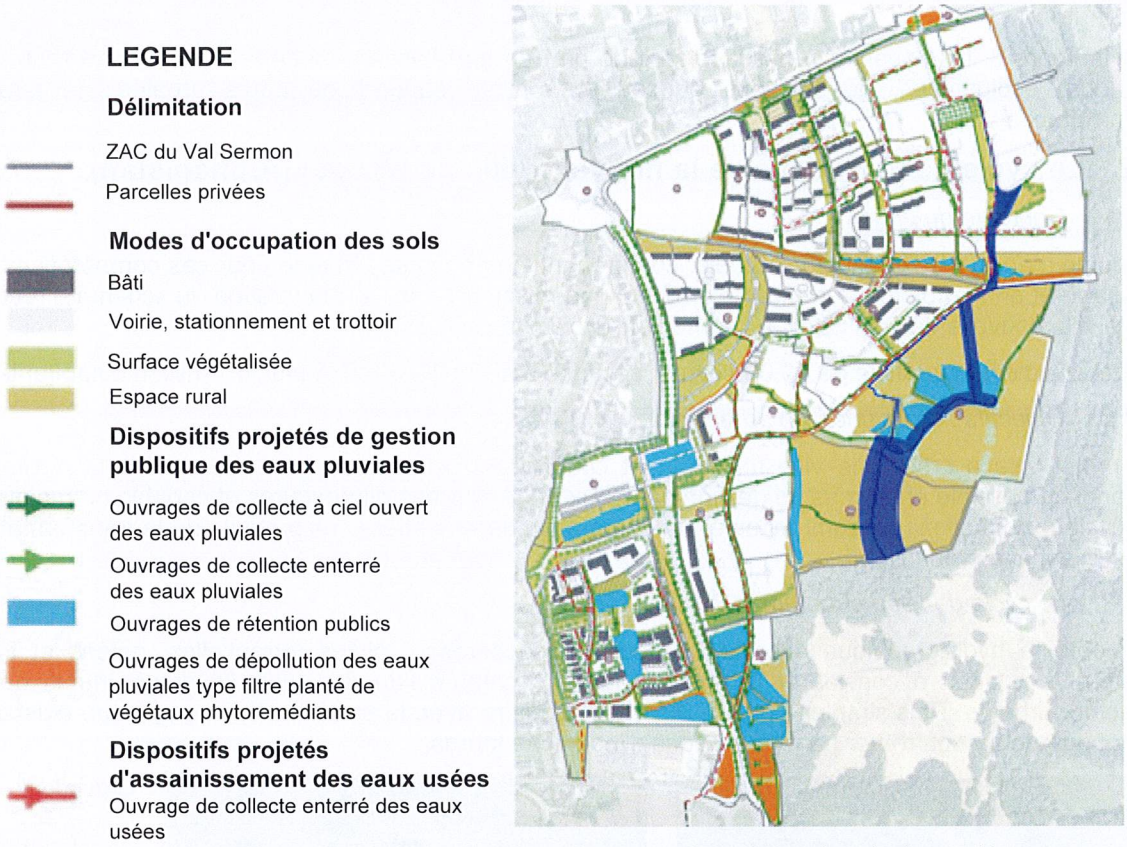


Figure 1 : Le projet de Mordelles : un espace vert construit sur le système hydrographique

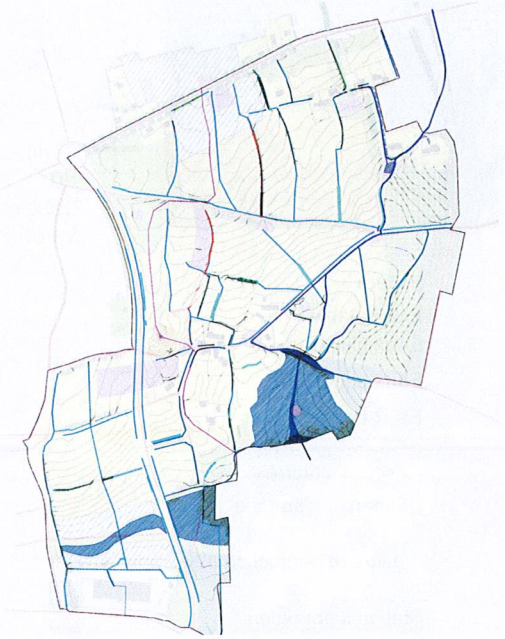


Figure 2 : Plan des circulations et stockages hydrauliques

Figure 3 : Plan des espaces verts

La gestion des eaux pluviales est réalisée à ciel ouvert (figure 2) sous forme de fossés larges et très profonds, des noues. Deux réseaux ont été créés : Le premier est dédié aux eaux de toitures dites propres et commence par du stockage à la parcelle, en réserve et sur toiture végétalisée. Le second est dédié aux eaux polluées par le ruissellement sur voirie. Des plantes adaptées et rustiques assurent la dépollution sur site des hydrocarbures. Cette double précaution permet d'assurer un débit d'eau final conforme au débit initial avant urbanisation et d'assurer une bonne qualité écologique de

l'eau.

Sur la figure 3, les espaces verts traversent de part en part l'ensemble de la ZAC. Ils assurent, des corridors écologiques, des liaisons douces et sont le support de parcs urbains, de jardins municipaux…

3.2 Le cycle de l'eau dessine la nouvelle ville de Kaboul (Afghanistan)

3.2.1 Contexte du projet

L'équipe menée par Architecture Studio, comprenant Composante Urbaine pour ses compétences en paysage et en hydrologie, a remporté en 2006 une mission visant à l'élaboration du schéma directeur de la ville nouvelle de Deh Sabz, en immédiate proximité de Kaboul.

Cette ville d'une superficie de 40 000 ha est destinée à accueillir à terme plus d'1 million d'habitants.

3.2.2 Objectifs : créer une ville autonome

Le projet vise à créer une ville fonctionnant comme un organisme vivant qui tend à la meilleure autonomie possible en termes de gestion des eaux et de denrées alimentaires et capable de maintenir un cycle : production, consommation et transformation de la matière, les produits de la transformation resservant à la production.

3.2.3 Le cycle de l'eau structure la ville de Kaboul

Le contexte hydrographique alternant période de sécheresse, pluies torrentielles, gelées et forte chaleur, a conduit à considérer la gestion de l'eau comme l'un des facteurs déterminants de la structure urbaine. Plus simplement, il a été choisi de faire avec la structure hydrographique existante plutôt que de s'y confronter par des moyens d'ingénierie lourds.

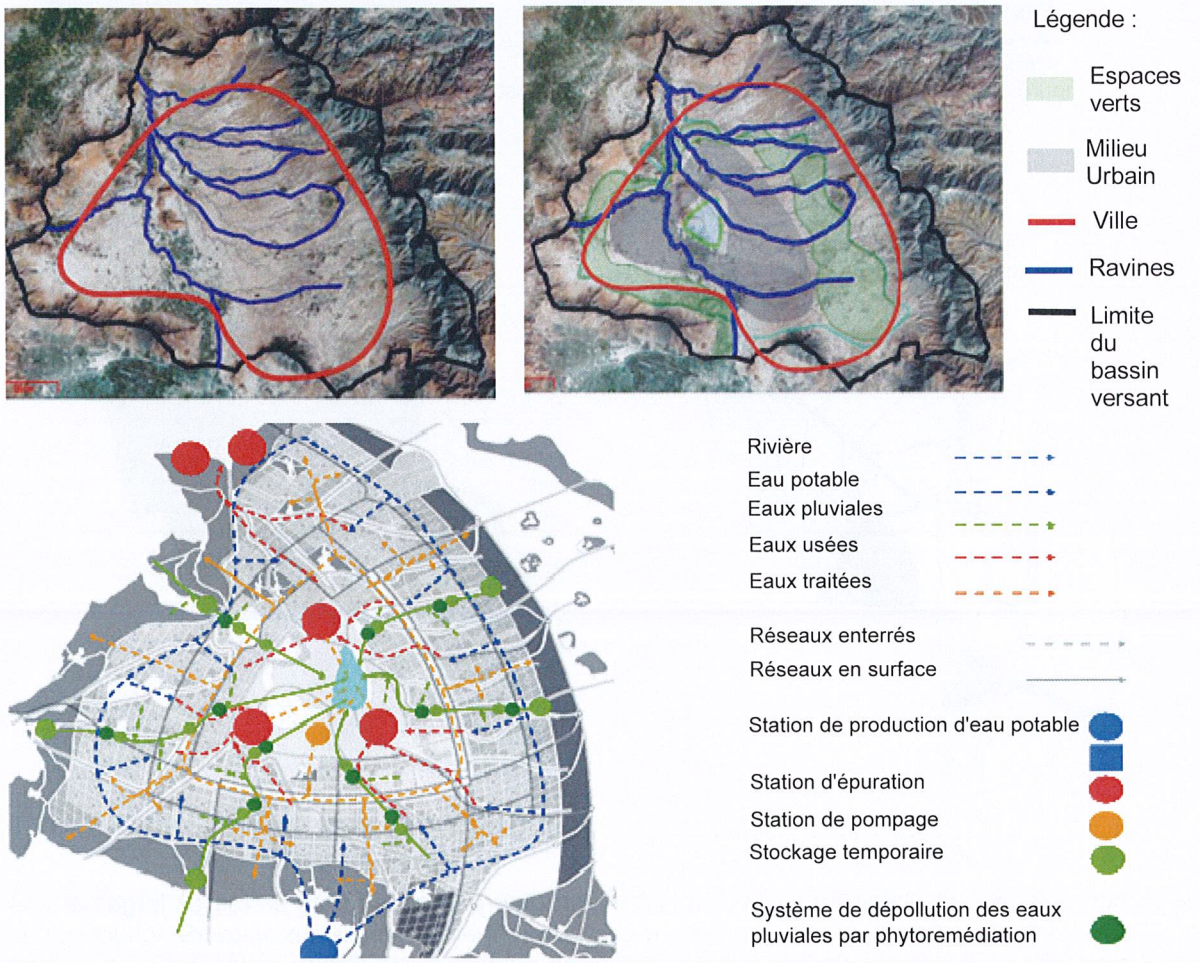


Figure 4 : Le cycle de l'eau et la géographie structure la ville

Les différents organes (artères, cœur de la ville, ceinture verte) sont disposés dans la ville pour profiter au mieux des ressources existantes, en allant dans le sens de la géographie, de l'« anatomie

» du site de la future ville.

- Des artères pour la circulation des flux : en ville.

La création de couloirs verts en utilisant les ravines existantes permet la collecte des eaux de pluie de la ville, leur dépollution, leur rétention et leur utilisation pour créer des pépinières d'arbres, des vergers, et des espaces verts d'agrément.

- La ceinture verte, lieux de transformation et de production

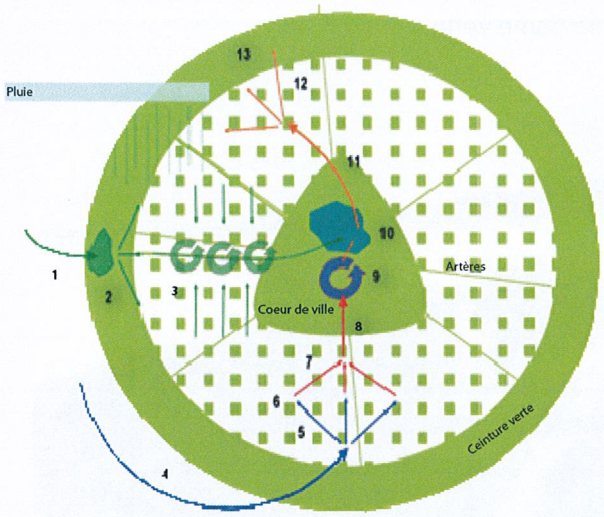
Au pied de la montagne, la création d'une ceinture verte agricole assure la production de denrées alimentaires. Ce site bénéficie de la présence de l'eau : eau souterraine, potentialité de stockage des eaux de fonte de neige et des eaux de pluie.

- Le cœur de la ville, espace de respiration : lieu de traitement, dépollution et de recyclage

Au coeur de la ville, la création d'un parc central en point bas reçoit les matières issues de la ville, afin de les recycler :

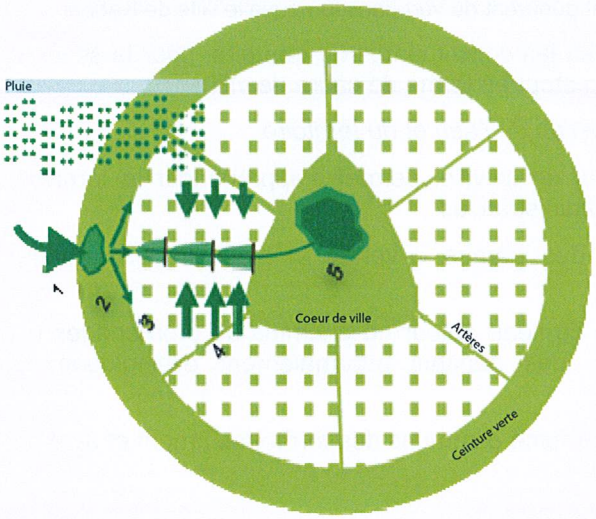
Les déchets ménagers de la ville servent à fournir de l'énergie ; les eaux pluviales et eaux usées sont traitées puis stockées dans un lac, à la fois espace naturel et réservoir d'eau pour la ville.

De ce lac partent des réseaux d'eau traitée, pour l'irrigation des parcelles de maraîchage réparties dans le tissu urbain, l'arrosage des arbres des rues, le nettoyage des voies, ou l'alimentation des bornes pompiers.



Légende :
1. Collecte des eaux provenant des montagnes
2. Irrigation de la ceinture verte
3. Collecte dépollution, rétention et utilisation des eaux de ruissellement urbaines
4. Pompage de l'eau provenant des montagnes
5. Distribution de l'eau potable
6. Station d'épuration
7. Collecte des eaux usées traitées
8. Collecte des eaux usées et des eaux pluviales traitées
9. Dépollution
10. Stockage
11. Recyclage de l'eau traitée
12. Distribution de l'eau recyclée
13. Irrigation de la ceinture verte

Figure 5 : Schéma de principe : la gestion du cycle de l'eau structure la ville



Légende :
1. Ruissellement des eaux pluviales le long des ravines

<u>Ceinture verte :</u>
2. Stockage et réutilisation des eaux pluviales et des eaux de fonte de neige

<u>Artères :</u>
3. Collecte, dépollution, rétention et utilisation des eaux pluviales le long des ravines
4. Transport des eaux pluviales

<u>Cœur de la ville :</u>
5. Traitement, dépollution et recyclage des eaux pluviales

Figure 6 : Schéma de principe : la maîtrise des eaux pluviales structure la ville

3.2.4 Une ville durable

Le recyclage de l'eau assure une certaine autonomie alimentaire de la ville (irrigation de la ceinture verte et des parcelles de maraîchage), ainsi qu'un niveau de confort urbain (parcs, jardins, rues plantées).

Cette ressource en eau optimisée permet de générer des richesses économiques, grâce à des cultures à fortes plus-value, telles la floriculture (parfums, huiles essentielles,…) ou la sériciculture (étoffe, tapis de soie).

Garder chaque goutte d'eau (stocker, recycler,…) permet en outre de préserver au maximum la ressource en eau potable. Les eaux pluviales et les eaux traitées sont destinées à tous les usages autres que l'utilisation alimentaire, pour laquelle un réseau d'eau potable est créé.

4 LE CYCLE DE L'EAU, DES INTERETS PAYSAGER, URBAIN ET FINANCIER

4.1 Impacts sur le paysage et sur la structure urbaine

4.1.1 Des trames « bleues » aux trames « vertes » : structure du paysage

Le respect de la trame ancienne et naturelle, du contexte environnemental, du grand paysage, exposé ci-dessus conduit à un urbanisme vert. Mais plus encore, toujours par le biais de l'eau, cette présence du végétal se voit accentuée. L'objet est, sans nuire à la nécessaire densification urbaine, de limiter l'imperméabilisation des sols. La réflexion peut se porter sur les gabarits des voies qui doivent être limités, sur les revêtements de sol employés –nombreux sont poreux-, sur les toitures dont une large part peut être végétalisées.

Ainsi la trame bleue de l'eau peut s'accompagner d'une trame verte.

Figure 7 : La maîtrise des eaux pluviales structurent et génèrent du vert dans la nouvelle ville de Kaboul

La problématique de l'eau s'immisce ainsi dans toutes les constituantes du territoire, pour la sécurité de tous, mais aussi parce qu'elle se révèle comme un atout en terme de cadre de vie.

4.1.2 Encourager une approche holistique de la gestion de l'eau et du territoire

Utiliser le cycle de l'eau comme élément structurant de la ville, permet d'appréhender le territoire autrement, comme un « tout », au-delà des limites administratives.

Les interactions entre territoires concrétisées par des trames « vertes et bleues » communes, favorisent une approche holistique du territoire.

Un réseau continu de zones vertes, structuré au fil de l'eau autour de chemins de promenades ou randonnées, permet une reconnexion écologique des habitats anormalement écologiquement fragmentés.

Le cycle de l'eau véhicule ainsi une culture et un patrimoine communs des territoires amont et aval de la ville.

4.2 Une approche différente du territoire

Utilisée la gestion du cycle de l'eau comme élément structurant de la ville permet de développer une approche différente du territoire pour le bénéfice de tous:

4.2.1 Un territoire lisible

- Par ses repères, actuels ou à créer

Fondée sur sa trame ancienne, la conservation des particularismes d'un territoire (beaux sujets arboricoles, cycle de l'eau – cours d'eau, zones inondables) permet de le singulariser. C'est à ces particularités et sa singularité qu'on s'attache à un territoire et non à sa banalité. Ainsi, l'eau, par son tracé, par ses usages, dessine un territoire. Sa présence, ses traces, constituent des références à préserver. Connaître l'histoire de son territoire permet de mieux l'appréhender, se l'approprier, le respecter.

- Dans son fonctionnement

Ces particularités doivent aussi être perceptibles par la lisibilité de son fonctionnement. Là encore la gestion du cycle de l'eau a un rôle à jouer.

Le dispositif de gestion du cycle de l'eau doit être visible et compréhensible par tous : des caniveaux, des canaux, des zones inondables doivent être affirmés, valorisés.

La pluie, le ruissellement font naître des bruits, des odeurs, des images. La pluie doit être génératrice d'animations, de mouvements, de fontaines, de plans d'eau, mais pas de nuisances. Cela implique une attention particulière quant à l'intégration urbaine et paysagère de ces ouvrages.

Cela implique que les ingénieurs hydrologues soient accompagnés, voire orientés par des paysagistes. Cela implique que le paysage soit abordé par des paysagistes sensibles et compétents dans le domaine de l'eau.

4.2.2 Un territoire compris : une population responsabilisée et intéressée

Rendre compréhensible le territoire, c'est favoriser son appropriation. C'est également le rendre plus durable. Faire comprendre, c'est également responsabiliser, responsabiliser c'est faire participer, et la participation de tous constitue l'un des objectifs majeurs du développement durable.

Deux exemples :

- l'écoulement superficiel des eaux pluviales rend la pollution visible par tous, on peut espérer alors éviter les vidanges de voiture dans les caniveaux, ou le rejet intempestif d'eaux usées dans les réseaux d'eaux pluviales,
- recycler l'eau pluviale, c'est donner une valeur à l'eau autre que sa valeur financière, cela peut participer à générer un comportement plus responsable.

4.2.3 Un territoire sûr et confortable pour les usagers

- Mitigation du risque d'inondation

Réduire le ruissellement en favorisant l'infiltration des eaux pluviales, c'est réduire le risque d'inondation pour les usagers.

- Confort urbain : mitigation locale du phénomène d'îlot de chaleur urbain

La température des zones urbaines et péri-urbaines est généralement supérieure à celle des zones rurales environnantes. Ce phénomène d'îlot de chaleur urbain est entre autres dû aux matériaux utilisés (brique, pierre, goudron, ciment) qui retiennent la chaleur reçue du soleil.

Remplacer ces matériaux par des espaces verts et des plans d'eau, c'est réduire localement l'effet albédo. De la même manière, c'est créer des microclimats tempérés, au sein et aux alentours des espaces verts, pour le bien-être des usagers.

4.3 Un territoire durable : territoire économique dans l'intérêt de tous

De manière générale, l'aménagement de ce territoire se doit d'être économiquement performant. Pas seulement pour le bénéfice des aménageurs et promoteurs, mais pour celui des riverains qui en auront directement ou indirectement la gestion.

Tout équipement lourd de gestion, coûteux certes en investissement mais également en entretient

doivent d'être exclus : les réseaux de collecte et de maîtrise de l'eau sont à ciel ouvert et gravitaire pour en faciliter l'entretien, l'imperméabilisation des sols doit être réduite pour éviter la constitution de trop vastes bassins de rétention, le recyclage des eaux de pluie doit être encouragé, tant pour l'entretien des voiries ou l'arrosage, mais également, pourquoi pas, pour l'usage domestique, voire sa consommation.

Cette approche paysagère du territoire par le biais de l'eau ne constitue en rien un obstacle à l'urbanisation, tant en terme de densité qu'en terme de qualité ; Et cela pour un coût moindre qu'une approche plus traditionnelle. A la frontière de plusieurs disciplines, les projets de maîtrise des eaux pluviales profitent, en effet, de nombreux financements, notamment de l'assainissement : Agences de l'eau, ADEME (Approche Environnemental de l'urbanisme, Plan Environnement Collectivité)...

5 CONCLUSION

Fondée sur la géographie et les trames naturelles de l'eau, la ville intègre un urbanisme qui se nourrit des processus naturels de gestion du cycle de l'eau.

Les trames d'eau végétalisent la ville et renforcent la présence de la nature en milieu urbain dense, améliorant indirectement le confort urbain.

L'optimisation de la ressource en eau est assurée par une structure urbaine sachant respecter la forme du site et son fonctionnement naturel, en cela elle est durable.

DOCUMENT 4

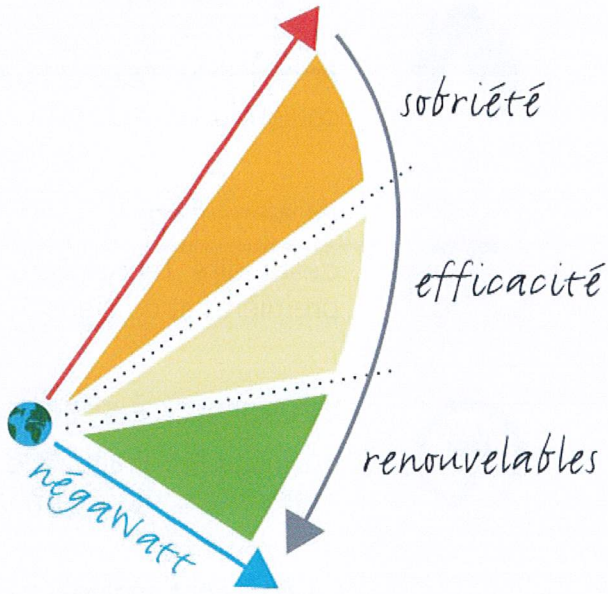
SCÉNARIO NÉGAWATT

RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

– negawatt.org – 2011

FACE À L'AUGMENTATION inéluctable du coût de l'énergie, face à l'épuisement programmé des ressources fossiles et fissiles, face à l'urgence climatique, face aux multiples impacts environnementaux, **nous devons rapidement nous orienter vers un nouveau système énergétique, basé sur la sobriété, l'efficacité et les énergies renouvelables.**

L'Association négaWatt propose, avec son scénario de transition énergétique, l'alternative la plus aboutie en matière de prospective énergétique, en offrant un modèle durable et applicable en France pour les 40 prochaines années. Ce scénario a été conçu par un groupe d'experts et praticiens de l'énergie indépendants et engagés à titre personnel.



Démarche négaWatt *: sobriété et efficacité énergétiques, énergies renouvelables*

LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DU SCÉNARIO

- Il explore systématiquement dans tous les secteurs les **« gisements de négawatts »**, toutes ces consommations d'énergie que l'on peut éviter grâce à des actions de sobriété et d'efficacité, puis il privilégie les énergies de flux (soleil, vent, cours d'eau, biomasse) par rapport aux énergies de stock (fossiles et nucléaire) ;
- Il ne repose sur aucun pari technologique et ne retient que **des solutions éprouvées et matures,** dont la faisabilité technique et économique est démontrée même si elles ne sont pas encore toutes développées à un niveau industriel ;
- Son objectif ne se réduit pas à la lutte contre le changement climatique, car il ne suffit pas de « décarboner » l'énergie : **c'est l'ensemble des risques et des impacts liés à notre modèle énergétique qu'il faut réduire** ! Les contraintes sur l'eau, les matières premières ou l'usage des sols sont également prises en compte.

Le scénario négaWatt 2011-2050 propose une trajectoire énergétique ambitieuse mais réaliste, conforme au principe central d'un développement soutenable : « léguer aux générations futures des bienfaits et des rentes plutôt que des fardeaux et des dettes ».

DES USAGES AUX RESSOURCES

Avant même de parler de consommation d'énergie, le scénario négaWatt s'intéresse d'abord à **nos besoins de services énergétiques et aux moyens de les réduire**, en les répartissant entre trois usages :

LA CHALEUR :

qui regroupe le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments résidentiels et tertiaires, l'eau chaude sanitaire, la cuisson des aliments ainsi que la chaleur utilisée dans les processus industriels.

LA MOBILITÉ :

c'est-à-dire l'ensemble des déplacements de personnes, de matières premières et de biens.

L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE :

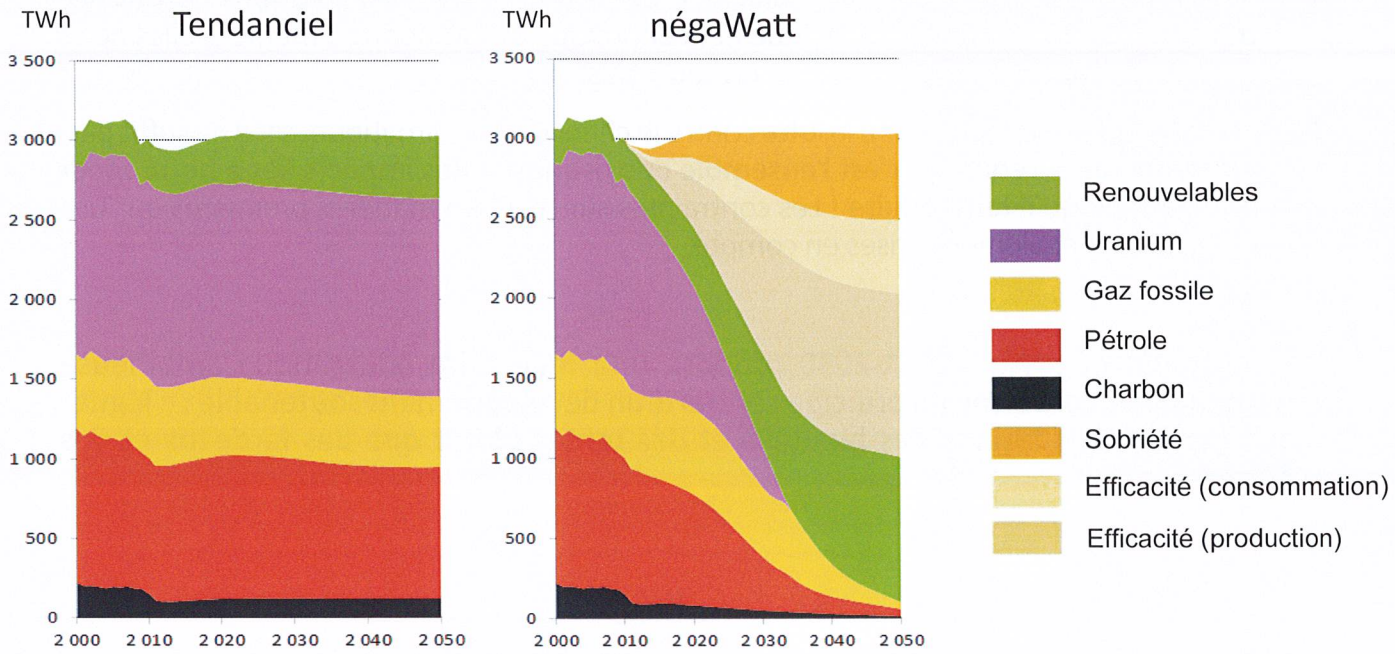
qui inclut l'éclairage, l'électroménager, l'informatique, la bureautique et les moteurs électriques utilisés dans l'industrie ou le bâtiment.

Ces besoins de services sont analysés **par secteur** (logement, tertiaire, transports, industrie, agriculture) pour quantifier, année après année, **les consommations d'énergie nécessaires** à leur satisfaction après application des mesures de sobriété et d'efficacité.

Ces consommations sont ensuite **comparées au potentiel de production des énergies renouvelables,** déterminé par la capacité de développement de chaque filière. Pour l'électricité, **elles sont mises en regard du rythme de fermeture des réacteurs nucléaires**, dans le respect des impératifs de sécurité qui se traduisent notamment par un âge maximum de 40 ans.

Les énergies fossiles, notamment le gaz naturel, servent de **variable d'ajustement** pour fournir le complément de production et assurer, de façon transitoire, l'équilibre entre offre et demande.

Comparaison des besoins en énergie primaire entre le scénario tendanciel (poursuite des tendances actuelles) et le scénario négaWatt.



LE SCÉNARIO NÉGAWATT 2011-2050 EN 10 POINTS-CLÉS

L'application de la démarche négaWatt commence par la sobriété énergétique qui repose sur une meilleure intelligence dans les comportements individuels et collectifs. **1**

Sobriété n'est pas synonyme de privation, mais de suppression des gaspillages énergétiques qui n'augmentent en rien notre confort !

Une politique très volontariste d'efficacité énergétique qui, ajoutée aux actions de sobriété, permet de réduire de deux tiers la demande d'énergie primaire. **2**

Les potentiels d'économies d'énergies ont été analysés usage par usage, secteur d'activité par secteur d'activité : isolation performante des bâtiments anciens, généralisation des équipements peu consommateurs d'électricité, véhicules moins gourmands en énergie, etc.

Le maintien d'un haut niveau de services énergétiques pour les besoins de chaleur, de mobilité et d'électricité spécifique. **3**

On conserve en 2050 les mêmes surfaces chauffées par habitant ; les citoyens continuent à se déplacer et à utiliser des appareils électriques, l'apparition de nouveaux usages est même intégrée. Le scénario négaWatt n'entraîne nullement un retour à la bougie !

Un recours prioritaire aux énergies renouvelables qui couvrent près de 90 % de nos besoins énergétiques en 2050. **4**

Près de la moitié de ces énergies renouvelables sont issues de la biomasse (bois, déchets agricoles, biogaz, etc.) tandis que les filières éolienne et photovoltaïque représentent une part largement prépondérante de la production d'électricité.

Une satisfaction des besoins assurée en permanence et, pour l'électricité, un équilibre offre-demande analysé heure par heure jusqu'en 2050, grâce à une gestion coordonnée des réseaux de gaz, d'électricité et de chaleur. **5**

La variabilité des productions éolienne et photovoltaïque sur un site donné, parfaitement prévisible, est en partie compensée par la grande dispersion des moyens de production à travers la France et la présence de trois régimes de vent différenciés (océanique, continental et méditerranéen). Les excédents de production d'électricité renouvelable sont transformés en méthane pour alimenter les véhicules désormais sevrés du pétrole.

6

Une anticipation de la fin des « ressources fossiles faciles » (pétrole, gaz et charbon) et la limitation de leur utilisation à quelques usages spécifiques (pétrochimie, matières premières industrielles, aviation, etc.).

Partant de plus de 70 % de consommation d'énergie d'origine fossile en 2010, la France peut en moins de 40 ans s'affranchir quasiment en totalité de sa très forte dépendance aux hydrocarbures.

7

Un système énergétique français presque totalement décarboné malgré l'abandon maîtrisé et programmé de la production d'électricité nucléaire au fur et à mesure de la fermeture des réacteurs, lorsqu'ils approchent 40 ans de fonctionnement.

L'arrêt de leur production est compensé par la montée en puissance des renouvelables et par des actions de sobriété et d'efficacité, le tout en augmentant sensiblement la part des services énergétiques assurés par l'électricité. Cette combinaison permet d'envisager entre 2030 et 2035 un abandon complet du nucléaire.

8

Une réduction spectaculaire des émissions des gaz à effet de serre responsables des bouleversements climatiques.

Par rapport à 2010, la quantité de CO_2 relâchée dans l'atmosphère est divisée par 2 en 2030 et par 16 en 2050.

9

Une répartition équilibrée et soutenable de l'usage des sols (en lien avec le scénario Afterres de Solagro).

Cette répartition permet de répondre dans de bonnes conditions écologiques et économiques aux besoins prioritaires de production d'aliments, puis de matériaux « biosourcés » (construction, isolants, textiles, etc.) et seulement ensuite d'énergie (biomasse). Ceci est rendu possible par l'évolution des pratiques agricoles (agroforesterie, agriculture intégrée, agriculture biologique, etc.) et alimentaires.

10

Une France avançant vers l'autonomie et la démocratie énergétiques en redonnant aux territoires et à leurs acteurs une place centrale, et en créant des centaines de milliers d'emplois durables dans la rénovation thermique des bâtiments, l'installation et l'exploitation des énergies renouvelables, la mise en place de nouveaux moyens de transport collectif.

Tous ces secteurs ont un fort contenu en emplois non-délocalisables, dont le financement est assuré par la réduction progressive et continue des importations de pétrole et de gaz qui représentent aujourd'hui 70 milliards d'euros par an.

Crédits : Association négaWatt. www.flaticon.com

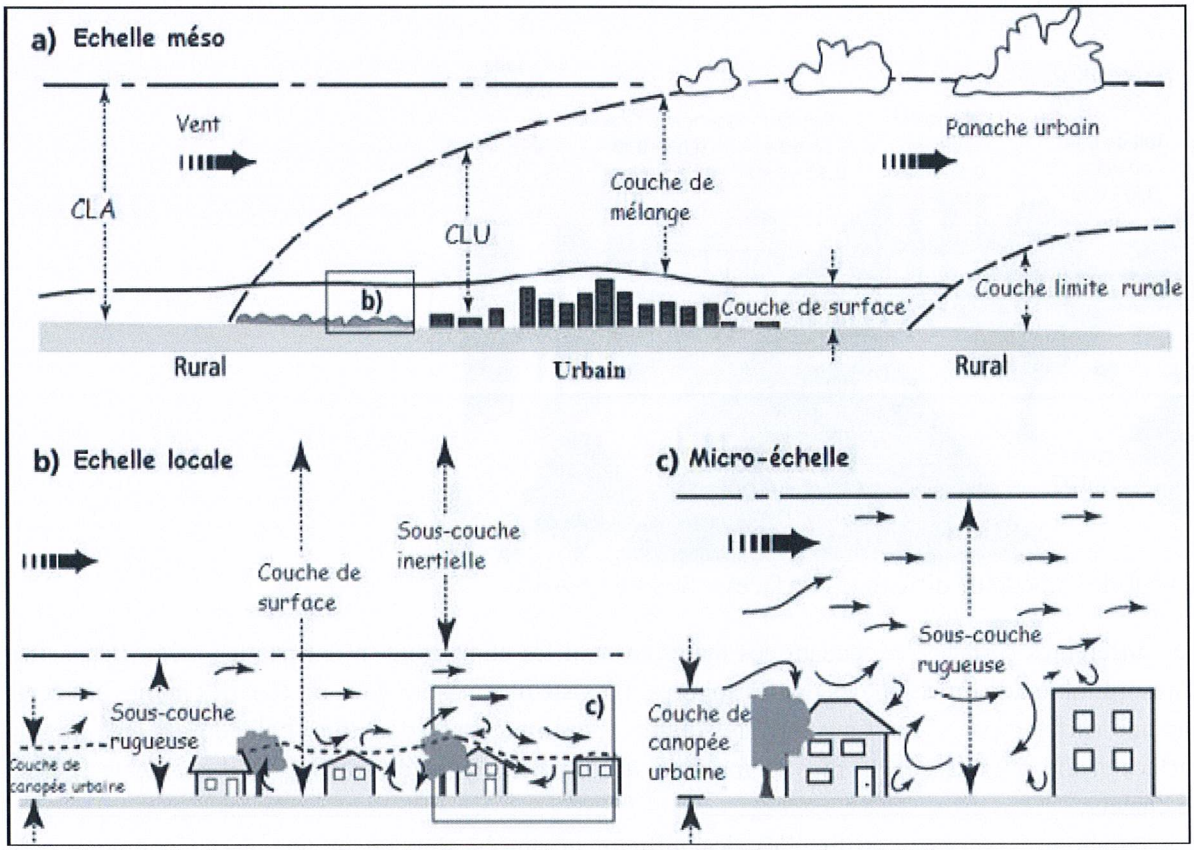
DOCUMENT 5

Îlots de chaleur urbains

collectivitesviables.org – consulté le 20 octobre 2016

Un îlot de chaleur urbain est un secteur urbanisé où les températures sont plus élevées que dans les secteurs environnants. Il est le résultat des choix d'aménagement des milieux de vie, notamment la minéralisation des surfaces. Cet enjeu local est préoccupant pour les villes puisqu'il entraîne de nombreuses conséquences néfastes, entre autres sur la santé.

Le phénomène et ses impacts



Les échelles d'influence des îlots de chaleur urbains – Source : Colombert, 2008

La différence de température entre un îlot de chaleur urbain et les secteurs environnants peut atteindre jusqu'à 12°C. La portée d'un îlot de chaleur urbain (aire d'observation et d'influence) peut être très locale (à l'échelle d'un îlot urbain) ou un peu plus vaste (à l'échelle de la ville), sans pour autant dépasser l'échelle régionale. Les îlots de chaleur urbains sont classés en trois catégories selon qu'on les observe directement au sol, dans l'air entre le sol et la cime des arbres (canopée urbaine) ou dans l'air juste au-dessus de la canopée urbaine.

Le phénomène est préoccupant en raison des nombreuses conséquences néfastes qu'il a, en particulier sur la qualité de vie en milieu urbain et la santé humaine, mais aussi sur l'environnement dont l'être humain dépend. La chaleur accablante peut créer certains malaises et exacerber des maladies chroniques préexistantes. Les îlots de chaleur urbains créent également des variations climatiques locales, en plus de diminuer la qualité de l'air et de l'eau, ce qui affecte non seulement l'être humain, mais les écosystèmes avoisinants.

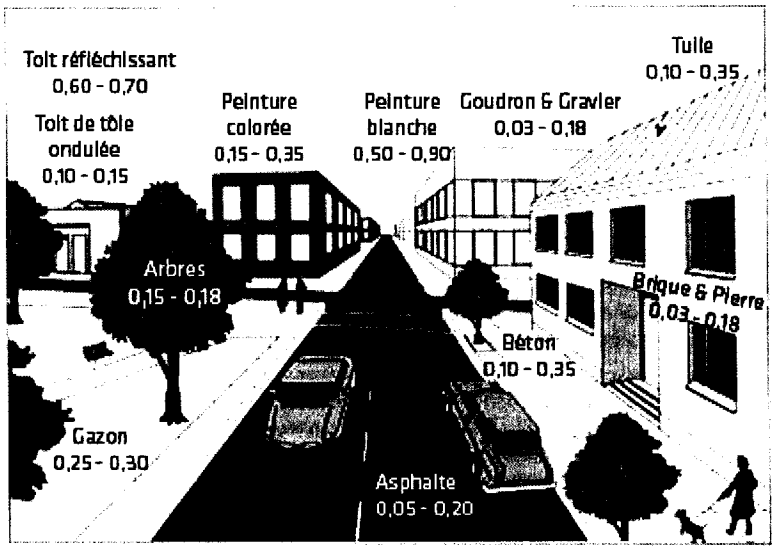
Bien que l'îlot de chaleur urbain ne soit pas une manifestation des changements climatiques et n'influence ceux-ci qu'indirectement[1], lutter contre les îlots de chaleur urbains est un moyen

d'atténuer les conséquences locales de ce phénomène global. Les effets d'un îlot de chaleur sont en effet d'autant plus importants lors de canicules, lesquelles devraient augmenter en intensité et en nombre avec les changements climatiques.

Les causes des îlots de chaleur urbains

Comment les îlots de chaleur urbains se forment-ils ? Les causes sont variées, mais plusieurs parmi les principales sont directement liées à la façon dont sont aménagés les milieux de vie.

Les surfaces



Valeur de l'albédo de différentes surfaces – Source : NASA

Les différentes surfaces, dépendant des matériaux qui les composent, n'ont pas les mêmes capacités d'absorption ou de réflexion des rayons solaires. Il existe une mesure de la portion des rayons réfléchis par une surface, par rapport aux rayons solaires incidents : l'albédo[2]. Plus l'albédo est bas, plus la surface absorbe les rayons. Et plus un matériau absorbe les rayons du soleil, plus il accumule et émet de chaleur.

Les nombreuses surfaces artificielles des milieux urbanisés sont en grande partie composées de matières minérales, tels l'asphalte, le goudron, le gravier et le béton, toutes ayant de faibles albédos. La multiplication de ces surfaces (routes, aires de stationnement, toits goudronnés, murs de briques, etc.) est l'un des plus importants facteurs de création des îlots de chaleur urbains.

Diminution de la végétation et de l'eau de surface

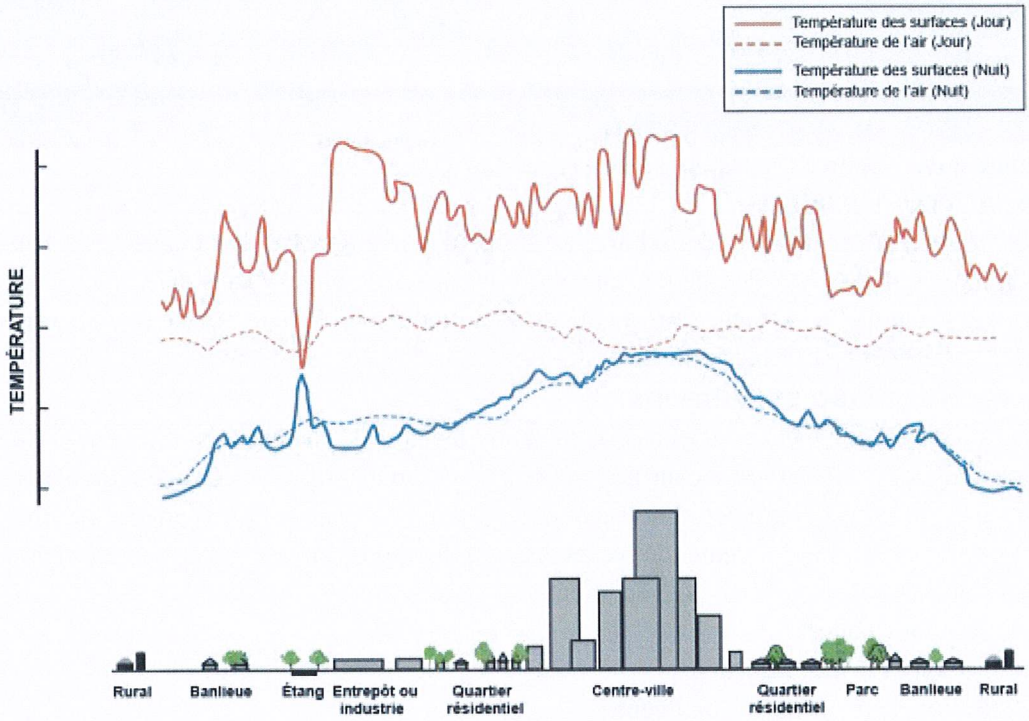
Une autre conséquence de l'urbanisation est la diminution de la végétation et des plans d'eau. Végétation et plans d'eau sont deux vecteurs d'évaporation de l'eau (par évapotranspiration chez les plantes), qui permet de transférer l'énergie du soleil en chaleur latente, réduisant du même coup la température ambiante. Les nombreuses surfaces asphaltées sont là aussi en cause puisqu'elles limitent la rétention de l'eau par le sol en la dirigeant rapidement vers les réseaux d'égout, puis les cours d'eau.

Émissions de chaleur anthropiques

L'activité humaine est source d'émission de chaleur qui vient s'ajouter à la chaleur ambiante du milieu. L'activité industrielle, les transports et la climatisation sont les principales sources anthropiques de chaleur. En effet, les moteurs des machines industrielles, des véhicules et des climatiseurs génèrent de la chaleur. Ainsi, dans un stationnement surchauffé par le soleil, l'automobile dont le moteur roule pour faire fonctionner la climatisation empire la situation qu'elle combat.

Morphologie urbaine

La forme urbaine (notamment la dimension des bâtiments et l'espacement entre ceux-ci) influence à sa façon les îlots de chaleur urbains. Les grands édifices peuvent créer de l'ombre et réduire le rayonnement solaire au sol. Mais lorsque le rayonnement pénètre entre les bâtiments, ils augmentent la superficie de surfaces absorbant le rayonnement solaire. La nuit venue, la chaleur de la canopée urbaine est piégée par une couche d'air frais qui se forme sur les toits des édifices. Ainsi, le rafraîchissement naturel de nuit ne peut s'opérer. Ultimement, ce phénomène contribue également à la création de smog.



Les Variations de température selon les types de milieu – Source : US Environmental Protection Agency

Climat et géographie

Le climat local et la géographie influencent aussi la création d'îlots de chaleur urbains. Le climat a des effets sur les vents et la présence de nuages. La géographie peut, elle aussi, influencer les courants d'air.

Des solutions possibles : l'aménagement à contribution

Si l'être humain subit souvent les conséquences des îlots de chaleur urbains, il en est aussi largement responsable. Les solutions sont donc également de son ressort. À cet égard, les pratiques de l'urbanisme et de l'aménagement, qui ont grandement conduit à la création des îlots de chaleur urbains, peuvent aujourd'hui être ajustées pour faire face à ce défi.

Réduire les surfaces minéralisées

La minéralisation des milieux urbanisés étant la principale source d'îlots de chaleur, la réduction des surfaces minéralisées est la stratégie la plus importante à mettre en œuvre.

Milieu très minéralisé – Source : Vivre en Ville

Réduire les surfaces asphaltées

D'abord et avant tout, il est possible de réduire la largeur des chaussées et le nombre de places de stationnement, ainsi que de créer des stationnements souterrains ou étagés. Tous ces espaces qui ne sont plus dédiés à l'automobile servent alors à améliorer la qualité des milieux de vie par des espaces publics conviviaux, tels des parcs ou des places.

Végétaliser espaces publics et bâtiments

La végétalisation est probablement le moyen de lutte contre les îlots de chaleur urbains le plus évident, en raison de sa simplicité, de son impact sur les températures ambiantes, et du maximum de bénéfices environnementaux qui peut en être tiré. La réduction des îlots de chaleur urbains demande que les municipalités se dotent d'une stratégie de végétalisation, comprenant une vision d'ensemble et détaillée par des projets particuliers qui peuvent prendre diverses formes :

- plantations ponctuelles;
- végétalisation de stationnements;
- végétalisation de pourtours de bâtiments;
- murs végétaux;
- toits verts.

Retenir l'eau en ville

La gestion des eaux pluviales peut être modifiée pour retenir l'eau en ville, par la perméabilisation des surfaces, la canalisation naturelle et la création de bassins de rétention. Il est également possible de créer des fontaines et renaturaliser, voire rouvrir, des cours d'eau. Ces plans d'eau, en plus de rafraîchir leur environnement, contribuent à varier les ambiances et les esthétiques à travers la ville et favorisent la biodiversité.

Réduire la production de chaleur anthropique

L'aménagement peut avoir d'importants impacts sur les transports urbains. En effet, les caractéristiques d'une collectivité viable ont le potentiel de réduire les besoins de transport et surtout, la nécessité d'une automobile individuelle en toutes circonstances. Au niveau du bâtiment, diverses stratégies, telles l'efficacité énergétique et l'architecture bioclimatique, peuvent réduire substantiellement les besoins de climatisation.

Augmenter l'albédo des surfaces

Enfin, l'une des stratégies les plus simples et les moins coûteuses pour réduire les îlots de chaleur urbains est d'augmenter l'albédo des surfaces. Pour ce faire, il suffit d'utiliser des matériaux plus pâles ou même de peinturer en blanc certaines surfaces. Ces solutions ont toutefois des impacts limités comparativement à la plupart des interventions ci-haut mentionnées, et nécessitent de plus de considérer les possibles effets d'éblouissements associés.

Miser sur des solutions comportant des cobénéfices

La majorité des stratégies de réduction des îlots de chaleur urbains, dont plusieurs ont entre autres pour effet d'augmenter l'albédo des milieux urbanisés, présentent l'avantage de procurer des cobénéfices. La réduction des surfaces minéralisées, par exemple, contribue grandement à l'amélioration générale de la qualité des milieux de vie en :

- équilibrant l'espace accordé aux divers modes de déplacement;
- offrant des espaces publics de qualité;
- créant des milieux de vie à échelle humaine;
- etc.

Des exemples montréalais

Un volet important du Quartier 21 Peter McGill, réalisé dans le cadre du programme Quartiers 21, de la Ville de Montréal, est la réduction de l'effet d'îlot de chaleur par diverses mesures de végétalisation, dont la plantation d'arbres, la création de saillies végétalisées sur les rues et la transformation de la ruelle Saint-Marc en ruelle perméable.

L'arrondissement Rosemont–Petite-Patrie, a adapté son règlement d'urbanisme pour réduire les problèmes d'îlots de chaleur urbains. Celui-ci multiplie les dispositions favorisant la présence de végétaux, tant dans les espaces publics que privés. Entre autres nouvelles dispositions, le règlement n'autorise, comme revêtement des toits plats ou de faible pente, que des toits verts ou dont l'indice de réflectance solaire est élevé.

L'arrondissement Saint-Laurent s'est quant à lui doté d'un règlement encadrant l'aménagement des espaces de stationnement, dont le premier objectif est de réduire les îlots de chaleur urbains. Il se décline en 10 points, comprenant la réduction du nombre de cases de stationnement et de leur largeur minimale, l'intégration d'espaces verts et l'utilisation de pavé alvéolé comme revêtement.

[1]Principalement, cette chaleur locale accentue la consommation énergétique pour la climatisation (USEPA, s.d., p. 13), causant du même coup des émissions de gaz à effet de serre supplémentaires.

[2]Albédo : Fraction du rayonnement solaire réfléchie par une surface ou par un objet, souvent exprimée en pourcentage. Les surfaces enneigées ont un albédo élevé, les sols un albédo élevé à faible et les surfaces couvertes de végétation et les océans un albédo faible. L'albédo de la Terre varie principalement en fonction de la nébulosité, de l'enneigement, de l'englacement, de la surface foliaire et des variations du couvert terrestre (GIEC, 2007).

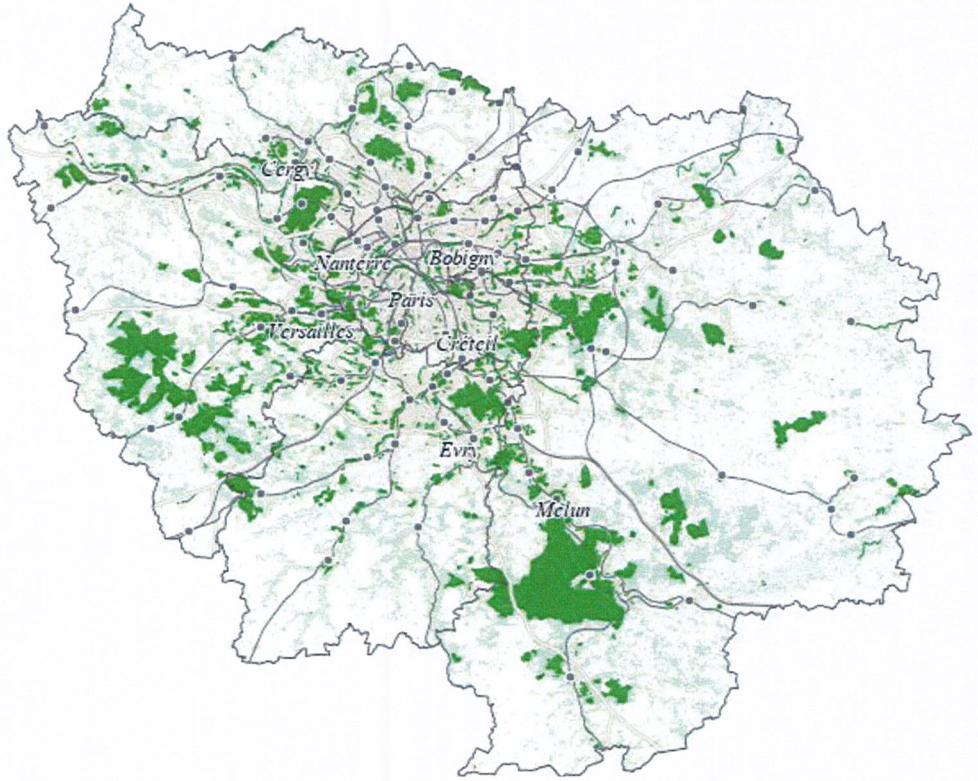
(...)

DOCUMENT 6

Extrait de « Guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités locales » – ADEME Île-de-France – actu-environnement.com – Octobre 2012

C VEGETALISATION ET FRAICHEUR DES ESPACES URBAINS

ENJEUX



Espaces verts et boisés public (*Source: IAUîdF, 2009*)

La réintroduction d'espaces naturels et plus largement du végétal en ville est une des solutions les plus efficaces pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. La végétation permet de stabiliser la température de l'air par rétention de l'eau dans les feuilles et par évapotranspiration de l'eau à leur surface. Cela engendre à la fois une baisse de la température et une augmentation du taux d'humidité de l'air. L'ensemble de ces paramètres participe activement au rafraîchissement de l'espace urbain.

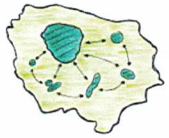
Ainsi, les zones boisées sont 2 à 8°C plus fraîches que le reste de la ville. La plantation d'arbres alignés ou isolés, les espaces plantés, les parcs urbains et les espaces naturels participent à cette réduction de l'intensité des îlots de chaleur en apportant de l'ombre et de la fraîcheur aux espaces publics.

La végétation a d'autres effets multiples qui permettent de lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains. Elle permet notamment de gérer les eaux de ruissellement de façon naturelle et de réduire l'absorption de la chaleur dans le milieu urbain en combinant la réflexion d'une partie des rayons solaires et l'ombrage apporté par les feuillages.

La contribution spécifique d'un arbre en milieu urbain est primordiale. Outre la réduction des îlots de chaleur par le biais de l'évapotranspiration et l'absorption de l'énergie solaire, les arbres contribuent au maintien de la qualité de l'air par absorption de CO2 et le rejet d'O2 ainsi que la filtration des particules. Ils participent à la diminution du ruissellement de surface et des polluants. Enfin, ils limitent la consommation énergétique des bâtiments lorsqu'ils sont associés à une architecture bioclimatique.

La présence du végétal en milieu urbain est donc essentielle car elle permet le maintien de la température à un niveau bas et limite ainsi largement l'effet d'îlot de chaleur urbain.

C VEGETALISATION ET FRAICHEUR DES ESPACES URBAINS



Le territoire et la ville

1 VEGETALISATION DU TERRITOIRE

- **Augmenter l'indice global de végétalisation de la commune**

Une stratégie territoriale de végétalisation en milieu urbain a pour objectif d'augmenter l'indice global de végétalisation d'une ville. Cette augmentation passe par un développement diffus à l'échelle du territoire et de la ville. Des éléments structurant comme les espaces boisés, les parcs urbains et les jardins doivent être complétés par une végétation diffuse permettant de faire perdurer l'effet de refroidissement ressenti. Cette action passe par une stratégie territoriale de végétalisation qui favorisera la végétalisation :

- Des axes de transport (mails, avenues, lignes ferroviaires, plantations d'alignement…).
- Des emprises foncières publiques (espaces verts, espaces extérieurs des équipements publics…)
- Des terrains privés (pourtour des bâtiments, verdissement des pieds d'immeubles, façades végétalisées..) par une politique d'urbanisme incitative.

Ainsi, les arbres d'alignement feuillus participent à ombrager les rues mais aussi les façades d'immeubles, permettant ainsi aux logements de ne pas surchauffer. De même, les espaces verts, que ce soient de petits squares de quartiers ou de grands parcs urbains, fournissent aux citadins des lieux où l'on peut se rafraîchir lorsque la température de la ville est trop forte. La densification de ces éléments par une végétation diffuse permettra d'atteindre les objectifs du SDRIF, à savoir, dans les secteurs déficitaires en espaces verts, 10m² d'espaces verts publics par habitant.

- **Développer les continuités vertes et veiller à la sauvegarde des espaces verts**

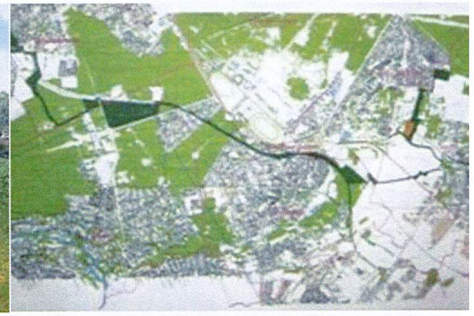
Comme la perte du couvert végétal contribue à l'augmentation de la chaleur en milieu urbain, la conservation et la création d'espaces verts, ainsi que le verdissement, sont essentiels. Il n'est pas question ici d'empêcher le développement urbain, mais de l'harmoniser aux besoins de la population en protégeant, entre autres, les milieux naturels, ou en recréant ceux qui ont disparu. Il s'agit d'une occasion de développer les continuités vertes existant sur le territoire et d'en tisser une trame verte.

- **Favoriser l'implantation de grands espaces verts en amont des vents dominants**

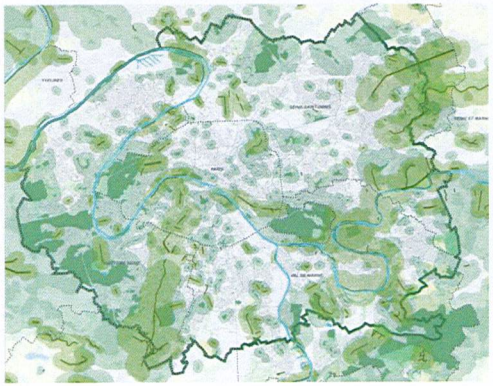
La bonne répartition et la préservation des espaces verts sont essentielles en milieu urbain. Bien repartis, ils doivent créer une trame verte continue à travers les villes et leur territoire, facilitant de même leur appropriation par les habitants. L'implantation de grands espaces verts en amont des vents dominants permet de pré-rafraîchir l'air en période estivale avant qu'il ne pénètre au sein de l'espace urbain. Une trame verte bien constituée participe à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

La coulée verte du Sud Est Parisien (Anthonv

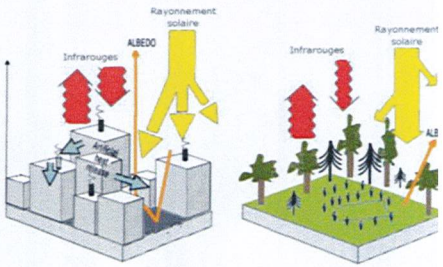
Aménagement de la vallée du réveillon – Source : CG94



Coulée verte Créteil Santeny – Source : CG94

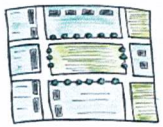


Desserte des espaces verts dans la Trame verte (Source : IAU)



Flux d'énergie zone urbaine/zone rurale
Source: Colombert, 2008

C VEGETALISATION ET FRAICHEUR DES ESPACES URBAINS



Le quartier et la rue

2 AIRES DE RAFRAICHISSEMENT ET MAILS PLANTES

Développer l'accès à des aires de rafraîchissement

Le rafraîchissement de l'espace urbain passe à l'échelle de chaque quartier par la création de diverses aires de rafraîchissement : aires de repos ombragées, installation d'étendues d'eau (bassins, fontaines, jets d'eau ou brumisateurs).

La végétation a un rôle important à jouer : elle participe à la protection solaire. Elle apporte un ombrage et crée un microclimat par évapotranspiration. Le choix des espèces est important car la qualité de l'ombre d'un arbre dépend de sa densité (Voir figure ci-contre). Ainsi, le feuillage d'un arbre peut filtrer de 60 à 90% du rayonnement solaire. Un tapis de végétation réduit également le rayonnement solaire réfléchi par le sol. Quel que soit le projet de verdissement, le choix de la verdure pour remplacer de l'asphalte ou du béton sera toujours plus bénéfique pour le rafraîchissement de l'espace.

Assurer la pérennité et la croissance des essences plantées

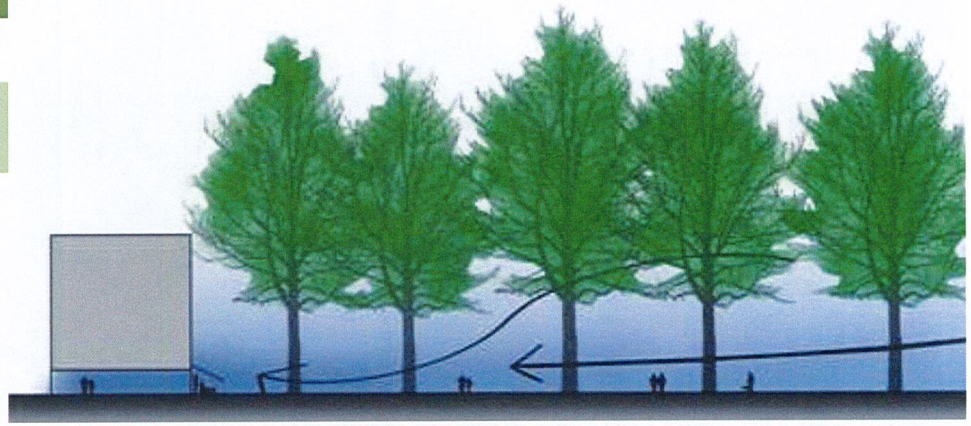
Pour que les arbres puissent fournir de la fraîcheur, leur bonne croissance est essentielle. Un développement en pleine terre ou en aménagements cellulaires adaptés est dans un premier temps à privilégier. Un arbre occupant un espace restreint dans le sol n'atteindra pas sa taille maximale et sa durée de vie en sera écourtée. Le choix d'espèces indigènes, tolérantes aux variations climatiques de la région parisienne et la pollution urbaine est aussi un paramètre primordial. L'application de ces recommandations permettra de pérenniser les aires de rafraîchissement qui viendront ponctuer la ville.

Végétaliser les aires de stationnements

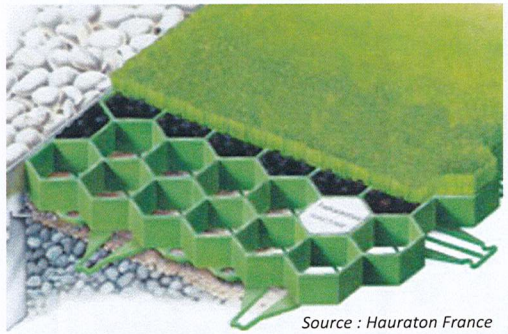
Les stationnements, construits généralement avec du bitume, un matériau à faible *albédo*, contribuent au stockage de chaleur. La végétalisation d'une partie des aires de stationnement est une alternative à l'imperméabilisation pour réduire cet effet et participer au rafraîchissement du quartier. Ils représentent en effet un potentiel surfacique important. Cette mesure passe par :

- La végétalisation des pourtours des places de stationnements (bandes végétalisées, plantation d'arbres…)
- Le choix de revêtements semi-végétalisés pour les emplacements de stationnement (modules alvéolaires…)

Cela permet ainsi d'augmenter les surfaces d'évapotranspiration et de lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. La qualité de l'air en est aussi améliorée. La question de l'entretien de ces espaces ne devra néanmoins pas être éludée afin de pérenniser leur action dans le temps.

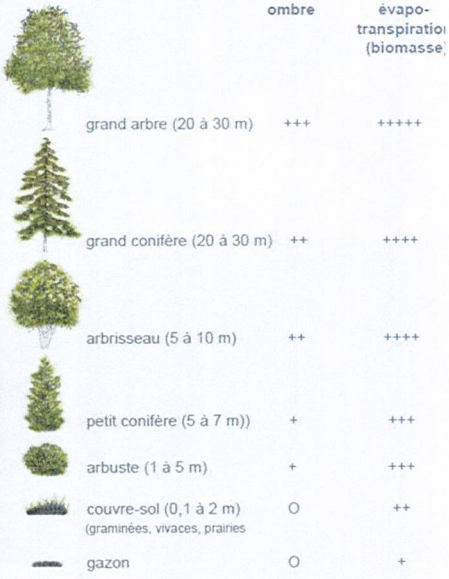


Illustation des aires de rafraîchissement issue de balades urbaines - Source : Lo Giudice, 2008



Source : Hauraton France

Source : Ecovegetal



Source :Guide sur le verdissement

C VEGETALISATION ET FRAICHEUR DES ESPACES URBAINS

L'îlot et le bâtiment

3 PROTECTION ET VEGETALISATION DES FACADES

Protéger les bâtiments du rayonnement solaire estival par un feuillage caduc

La conception architecturale des bâtiments se concentre généralement autour de la lutte contre le problème du froid (isolation, menuiseries…) en oubliant parfois le confort d'été. Ce confort d'été, primordial pour le confort thermique des occupants, passe par une architecture bioclimatique : se protéger du soleil (toiture débordante, casquettes, volets ou stores extérieurs), éviter le transfert de la chaleur par les matériaux et la dissiper en ventilant et en rafraîchissant les pièces (*Cf. figure ci-contre*).

La végétation a un rôle important à jouer dans la protection solaire. Elle procure de l'ombrage et réduit l'insolation directe sur les bâtiments et les occupants. Elle réduit plus localement la vitesse du vent et diminue les pertes par convection du bâtiment. Afin d'optimiser leur action, les arbres doivent être disposés sur les faces est, sud-est et ouest des bâtiments en s'assurant qu'ils soient assez grands pour ombrager les toitures en été. Une filtration d'au moins 60% du rayonnement solaire sur ces faces est recommandée. Le choix d'arbres caducs limitera l'ombrage au minimum pendant les autres saisons, maximisant ainsi les apports solaires nécessaires en hiver.

Végétaliser le pourtour des bâtiments et assurer une fraîcheur optimale

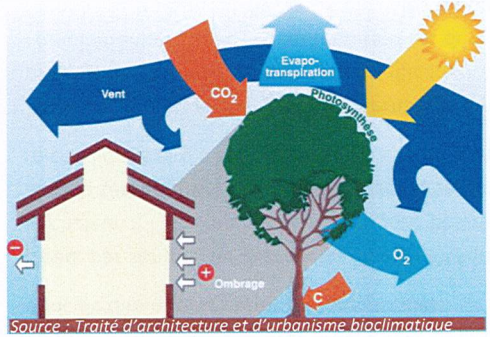
De même, la végétation doit être intégrée aux zones bâties afin d'améliorer l'environnement immédiat de chaque construction. Par l'évapotranspiration, les températures ambiantes sont abaissées, le niveau d'humidité est amplifié et la ventilation naturelle canalisée. A ce titre, les arbres qui jouent le rôle de protection solaire doivent avoir un tronc élancé afin de ne pas freiner l'écoulement du vent.
Une bande d'au moins 3 mètres de large de végétalisation au sol ou d'écrans solaires sur les 2/3 de la périphérie du bâtiment est une protection efficace à l'ensoleillement direct (*source : label ECODOM*).

Favoriser la végétalisation des toitures et l'implantation de murs végétaux

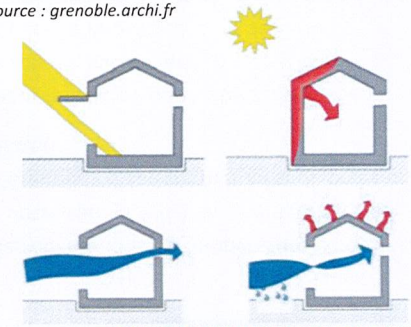
La végétalisation des toitures et des façades (plantes grimpantes ou murs vivants permet de réduire la quantité de chaleur transférée au bâtiment grâce à l'évapotranspiration et à l'ombrage créé et de rafraîchir l'air ambiant extérieur. Cela permet également d'amoindrir les grands écarts de température à l'intérieur du bâtiment grâce à l'augmentation de la masse thermique du bâtiment. Concernant les toitures, les types intensifs ou semi-intensifs sont à privilégier.

Ces installations végétales possèdent également d'autres avantages tels que la protection de l'enveloppe du bâtiment aux rayons UV, la captation des particules en suspension et la prévention des graffiti.

Source : grenoble.archi.fr



Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

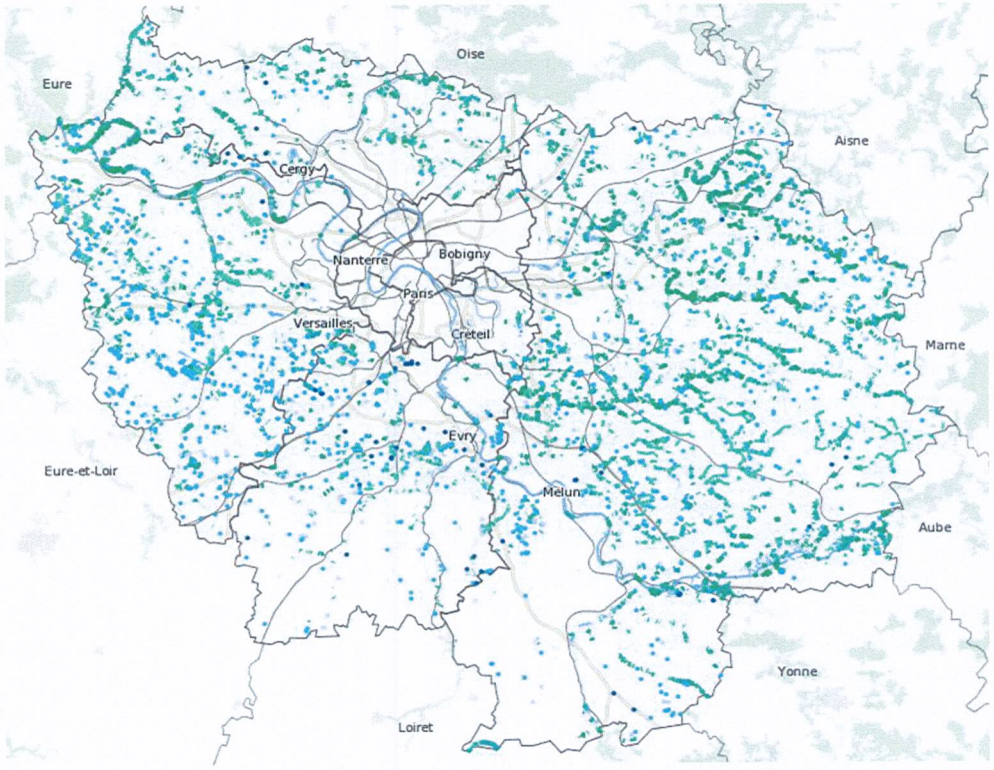


Toiture végétalisée en région parisienne

Mur végétal type mur vivant (Gare de l'Est)

D PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES

ENJEUX



Trame Bleue - ECOLINE (*Source: IAUîdF*)

En lien étroit avec la végétalisation, la gestion des eaux pluviales est un moyen important de lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. En effet, plusieurs études établissent une corrélation entre le taux d'humidité des sols et l'atténuation des îlots de chaleur urbains. Grâce à l'évapotranspiration, les sols humides ont des capacités semblables à celles de la végétation, et leurs températures de surface sont plus fraîches que celles des sols secs. Une hausse de la capacité de rétention d'eau de la ville et de l'évapotranspiration induite permet donc de diminuer les températures locales.

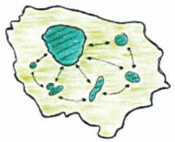
L'eau, par son inertie thermique élevée, atténue les fluctuations de température en retirant la chaleur à l'air (chaleur sensible) pour passer à l'état vapeur (chaleur latente), elle réduit ainsi la température ambiante. L'aménagement d'étendues d'eau permet ainsi de créer des microclimats et d'atténuer les variations de température.

Plusieurs pratiques de gestion alternative des eaux pluviales permettent de favoriser la présence d'eau en surface et l'humidification des sols en milieux urbains, ainsi une relation complémentaire avec la végétalisation est développée. Le développement de ces techniques favorise le traitement des eaux pluviales à petite échelle vers une gestion à la source, « au plus près d'où la pluie tombe ».

Un des objectifs de la gestion alternative des eaux pluviales est la diminution de la quantité d'eau de ruissellement produite. Il s'agit de ralentir son écoulement et ainsi de limiter la pollution induite. La diminution de la quantité d'eau ruisselée participe au même titre à limiter les répercussions sur les écosystèmes qui sont affectés par l'imperméabilisation des sols. Il y a donc lieu de développer des milieux urbains à la fois denses, moins imperméables en favorisant le développement de leur trame verte et bleue.

Le recours à des surfaces perméables participe à cette diminution des îlots de chaleur urbains et à une gestion durable des eaux pluviales. Ils favorisent les échanges thermiques liés à l'évapotranspiration et intègre une présence éventuelle de végétation et d'eau au sein de leur structure (drainant, alvéolaire…).

D PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES



Le territoire et la ville

1 CYCLE NATUREL DE L'EAU (1/2)

- **Améliorer le cycle naturel de l'eau sur le territoire**

Lors des dernières décennies, la région parisienne a subi, comme l'ensemble des grandes métropoles, un phénomène d'étalement urbain augmentant la part des surfaces imperméabilisées constituées des rues, des zones pavées, des espaces de stationnement ou encore des emprises bâties. Par conséquent, les espaces boisés, les espaces verts, la végétation et les milieux humides sont en constante régression faisant place à l'imperméabilisation des sols, à la réduction de l'évapotranspiration et à l'augmentation des quantités d'eau ruisselées. L'équilibre du cycle naturel de l'eau s'en trouve ainsi modifié accentuant le phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Afin de bénéficier du caractère rafraîchissant des zones humides, le cycle naturel de l'eau des milieux naturel doit être retrouvé. L'infiltration naturelle ou encore le ruissellement vers les cours d'eau par des cheminements végétalisés sont à favoriser. L'amélioration du cycle naturel de l'eau par un couvert végétal participe à la réduction de l'effet d'ilot de chaleur urbain en augmentant l'évapotranspiration ainsi qu'au maintien de la qualité des nappes phréatiques et des cours d'eau.

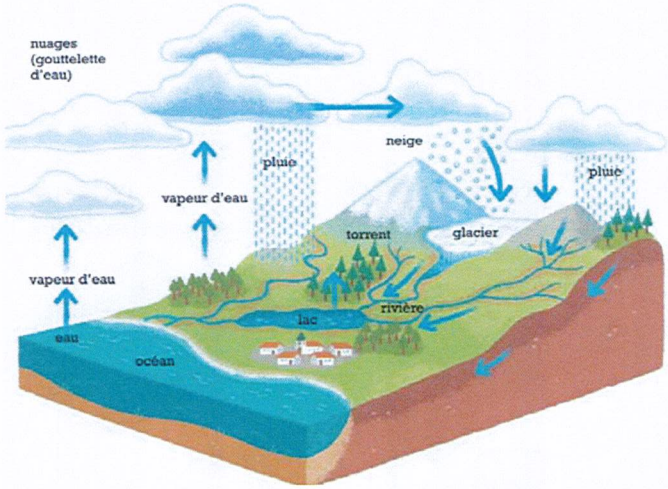
La présence de l'eau favorise en effet l'absorption de chaleur en retirant la chaleur de l'air lorsque l'eau liquide s'évapore abaissant ainsi la température et atténuant ses variations. Ce dispositif « climatisant » va de pair avec une ventilation efficace des étendues d'eau et la multiplication de ces masses d'eau au sein du territoire, car leur apport n'est bénéfique que dans un périmètre proche.

A l'échelle du territoire, l'objectif est de définir un cycle des eaux pluviales urbaines proche du cycle naturel en privilégiant la présence de l'eau sur le territoire, les gestions alternatives et leur intégration paysagère pour ainsi rendre plus diffus la délimitation entre le tissu urbain et le milieu naturel. La réouverture des cours d'eau imperméabilisés fait partie de ces opportunités de rafraîchissement.

- **Trame Bleue**

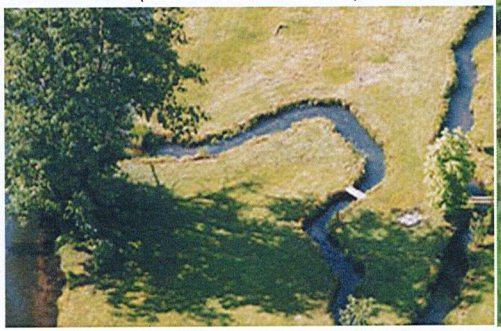
Le développement de la trame bleue participe à l'amélioration du cycle naturel de l'eau. Il s'agit de compléter et de renouveler les différents écosystèmes et zones humides du territoire : ruisseaux, rivières, lacs, milieux humides, forêts... qui participent à la gestion des eaux de ruissellement du territoire.

Les milieux humides ont l'intérêt de conserver les eaux de pluie pendant de longues périodes, aidant au développement des végétaux, à l'absorption des fortes pluies et donc à la réduction de l'effet d'ilot de chaleur urbain. Les zones humides sont des zones sensibles qu'il faut préserver à l'échelle du territoire. Elles jouent un rôle important dans le maintien de la vie en milieu urbanisé.

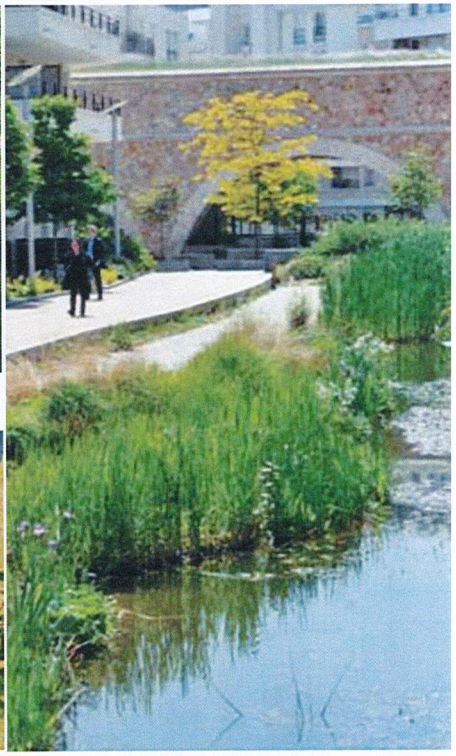


Le cycle de l'eau (Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon)

Réouverture de la Bièvre dans le Parc de Fresnes
(Source: CA du Val de Bièvre)



Le chemin de l'eau (Source : CG 91)



La Bièvre à Cachan (*Source : Ville de Cachan*)

D PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES

Le territoire et la ville

1 CYCLE NATUREL DE L'EAU (2/2)

- **Encourager la gestion alternative des eaux pluviales**

La gestion « classique » des eaux pluviales consiste à diriger les eaux pluviales vers un réseau de conduite souterraine à l'aide de puisards disposés sur les chaussées, les stationnements et les autres surfaces imperméabilisées qui récupèrent les eaux ruisselées. Après traitement, elles sont redirigées vers les cours d'eau de la région.

Une gestion alternative des eaux pluviales se préoccupe quant à elle de traiter les eaux pluviales à la source en veillant à leur qualité et protège ainsi les nappes souterraines et les cours d'eau récepteurs. Les eaux pluviales sont mises en valeur au sein du paysage urbain favorisant le développement d'écosystèmes. Leur gestion implique un maintien de l'eau sur site et un écoulement plus lent, favorisant ainsi l'évapotranspiration et l'infiltration naturelle. Cette approche permet de mettre en valeur le territoire tout en limitant les impacts environnementaux et en optimisant les investissements publics.

Les avantages d'une gestion alternative des eaux pluviales sont en effet multiples. Elle permet de limiter les coûts liés à la gestion du réseau d'assainissement et au traitement des eaux avant rejet, de mettre en valeur les milieux humides améliorant ainsi le cadre de vie et de réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain.

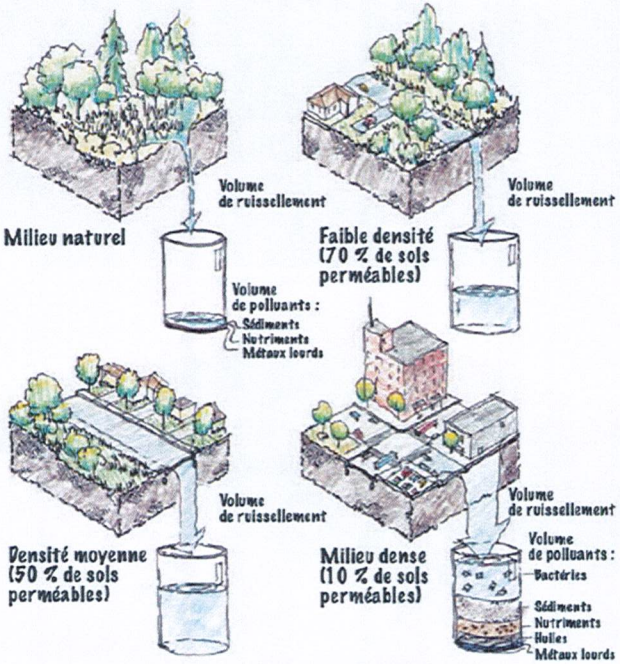
Une gestion durable des eaux pluviales passe par la mise en place d'une planification et d'une stratégie urbaine en ce sens favorisant les techniques alternatives et limitant l'imperméabilisation des sols.

- **Définir des exigences de débit de fuite à la parcelle**

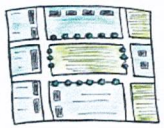
Afin d'accentuer le recours à une gestion alternative des eaux pluviales, la définition d'exigence en matière de débit de fuite à la parcelle et sur l'espace public est indispensable. Elle favorise la mise en place d'ouvrages de rétention participant à la présence d'étendues d'eau en milieu urbain, la réduction des surfaces imperméables et le recours à une infiltration naturelle.

La définition d'une exigence de débit de fuite participe de plus à désengorger le réseau public souvent saturé lors des événements pluvieux. Cette exigence doit être définie au sein du règlement du Plan Local d'Urbanisme de chaque commune où au sein du cahier des prescriptions pour une opération de ZAC.

L'écoquartier de Bonne (Source : Ecoquartiers suivez le guide)



Volumes de ruissellement
(Source: La gestion durable des eaux pluviales)



Le quartier et la rue

2 RAFRAICHISSEMENT

Aires de rafraîchissement

L'accès et la proximité à des aires de rafraîchissement sont essentiels au sein des espaces publics. On distingue les aires aquatiques, les bassins, les brumisateurs ou plus récemment les miroirs d'eau (illustration ci-contre) qui permettent aux habitants de se rafraîchir. En privilégiant les procédés pulvérisateurs ou brumisateur, on augmente de même l'évapotranspiration en maximisant la surface de contact air-eau, et ainsi, on accentue le rafraîchissement de l'air ambiant.

A noter que l'efficacité de l'évaporation provoquée (brumisation, arrosage) est plus importante que par évaporation naturelle, mais bien plus grande consommatrice d'eau. On peut en minimiser la consommation en utilisant de l'eau de pluie, ressource « gratuite » peu exploitée.

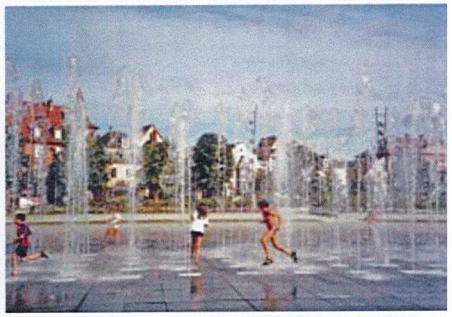
Arrosage des surfaces imperméables sur l'espace public

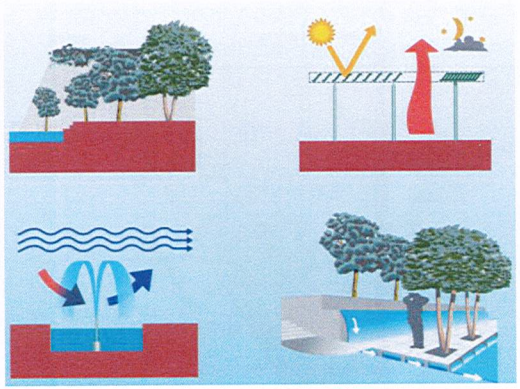
L'arrosage des surfaces imperméables, de préférence avec de l'eau non potable, est un moyen efficace pour réduire la température de surfaces minéralisées, perméables ou non. Les bouches de lavage, présentes notamment à Paris, peuvent servir à ce nouvel usage afin de rafraîchir les voiries du quartier.

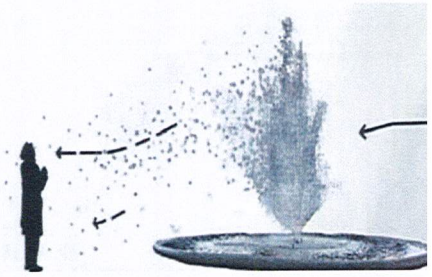
Une expérience au Japon a montré que la consommation d'eau pour le rafraîchissement de l'espace public n'excède pas 2L/m²/h pendant 4 h pour un rafraîchissement de l'ordre de 2 à 4 °C.

Source : Paris.fr

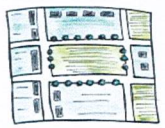
Base de loisir à Cergy-Pontoise (*Source : Bords-de-Seine.com*)


Jets d'eau sur la place Rapp à Colmc
Source : Ruch MP/AUDA


Techniques utilisées à Séville en 1992 (arch. JL de Asiain) [*Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique]*


Brumisateur naturel (*Source : Lo Giudice, Marquet, 2008*

D PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES



Le quartier et la rue

3 PERMEABILITE ET COEFFICIENT DE RUISSELEMENT

- **Réduire le coefficient de ruissellement du quartier en maximisant les surfaces de pleine terre et en ayant recours à des revêtements perméables**

Afin de favoriser l'infiltration naturelle des eaux pluviales et l'humidification des sols, il s'agit de maximiser les espaces de pleine terre d'un quartier et de privilégier le recours à des revêtements poreux ou perméables. On distingue différents revêtements permettant la bonne infiltration de l'eau dans le sol : les dalles avec joint perméable, les revêtements poreux (béton, dalle…) et les structures alvéolaires permettant l'engazonnement.

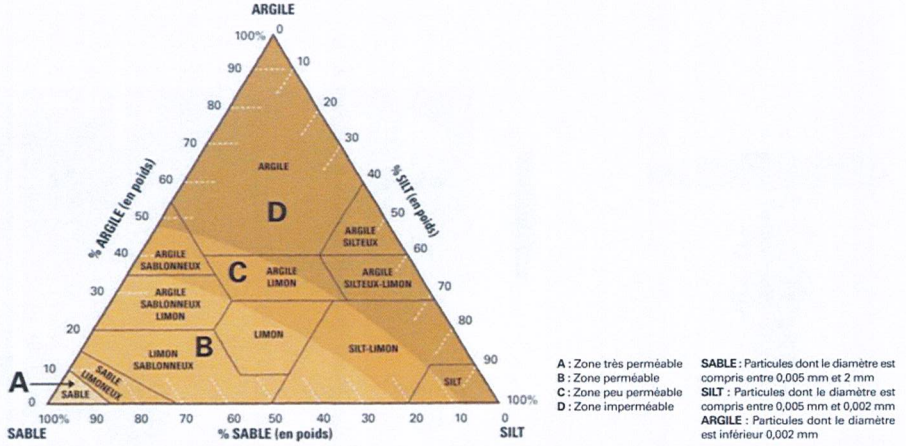
Lorsque cela est possible, la largeur des voies de circulation d'un quartier peut être réduite afin de diminuer les surfaces minéralisées au profit de surfaces végétalisées. Les chaussées sont en effet responsables d'une grande partie des eaux de ruissellement. La mise en place de chaussées drainantes est une solution.

A l'échelle du quartier, la notion de coefficient de ruissellement est à considérer. Le coefficient de ruissellement varie selon les surfaces (Voir **Annexe**), plus il est élevé, plus le ruissellement est important et moins l'infiltration naturelle est élevée. Ce coefficient est influencé par l'imperméabilisation des surfaces et par les éléments de végétation. L'atteinte d'un coefficient de ruissellement peu élevé est à rechercher.

- **A l'échelle des espaces publics, favoriser l'infiltration des eaux pluviales au plus proche d'où elles sont tombées**

L'humidification des sols joue un rôle majeur dans le rafraîchissant de l'air ambiant pour la lutte contre les îlots de chaleur urbains. Le principe de la gestion alternative des eaux pluviales est donc de freiner le parcours de l'eau de pluie pour augmenter l'infiltration naturelle des espaces urbains en limitant leur ruissellement et en favorisant l'évapotranspiration. L'effet d'îlot de chaleur provoque de plus une augmentation de l'intensité des précipitations qui engendre la saturation des réseaux lors des événements pluvieux importants.

L'infiltration naturelle des eaux pluviales au plus proche de leur lieu de production joue ici un rôle capital. L'aménagement de noues, d'espaces végétalisés, de zones humides et de revêtements poreux doit donc être privilégié car il permet de limiter la quantité d'eau ruisselée.



Triangle de corrélation entre la texture du sol et sa perméabilité (Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon)

Exemple de revêtement poreux (*Source : CG 92*)

Exemple de places de parking enherbées non étanches (Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon)

Rives de la Haute Deûle à Lille – Atelier Pranlas-Descours – Atelier de paysages Bruel-Delmar (Source : Ecoquartiers suivez le guic

Le quartier et la rue

4 TECHNIQUES ALTERNATIVES

Gérer les eaux pluviales avec des techniques alternatives de surface

À l'échelle d'un quartier, plusieurs techniques alternatives de gestion des eaux pluviales peuvent être combinées. L'objectif est de permettre une intégration paysagère favorisant la végétalisation, d'augmenter l'infiltration des eaux à proximité et de favoriser la filtration naturelle. On distingue :

- *Les bassins de rétention*

Deux types de bassin à ciel ouvert peuvent être mis en œuvre : les bassins en eau et les bassins secs. L'un conserve de l'eau en permanence et offre une étendue d'eau permanente rafraîchissant ainsi l'air ambiant. L'autre est mis en eau ponctuellement en cas de fortes pluies. Les bassins ont l'avantage de pouvoir être intégrés à un espace public ou paysager. Le bassin en eau permettra le développement de végétaux spécifiques et notamment de plantes aquatiques filtrantes limitant ainsi la pollution de l'eau avant un rejet éventuel ou avant leur infiltration (phyto-épuration ou phyto-remédiation).

On notera que les dispositifs de stockage type bassin de rétention et noue présentent un entretien plus simple que des ouvrages enterrés.

- *Les drains et les noues paysagères*

Les drains et les noues permettent d'acheminer l'eau naturellement en surface. Les noues, ou fossés engazonnés, permettent aussi le stockage, le traitement et l'infiltration éventuelle des eaux pluviales. Les noues sont végétalisées et comportent généralement un fond drainant constitué de sols perméables. Combinées à certains végétaux, les eaux de ruissellement peuvent être filtrées. Végétalisées et permettant le stockage de l'eau de pluie, les noues participent au rafraîchissement local d'une rue, d'une cour ou d'un espace public.

- *Les puits d'infiltration*

Les puits d'infiltration recueillent les eaux de ruissellement et permettent leur infiltration dans le sol. Ils sont utilisés notamment pour recueillir les eaux de ruissellement des toits. Leur conception est simple et demande peu d'espace au sol.

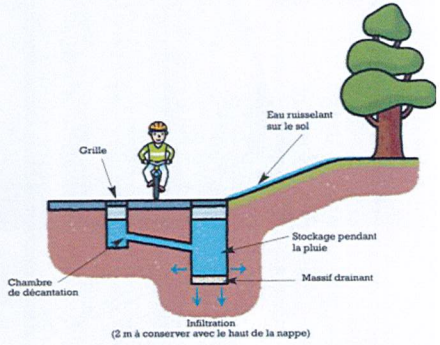
- *Les chaussées à structure réservoir*

Les chaussées à structure réservoir sont constituées de pavés poreux favorisant l'infiltration de l'eau à la source. Elles ont un albédo plus élevé que le bitume et emmagasinent ainsi moins de chaleur que ce dernier. Associé à un drain, elles permettent d'acheminer les eaux vers un ouvrage de rétention.

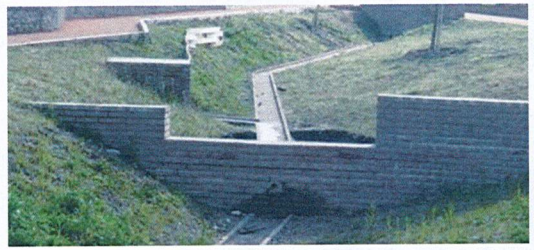
- *Les toitures végétalisées*

Secteur du Trapèze – SAEM Val de Seine – Patrick Chavannes et Thierry Laverne (Source : H. bbadie - SAEM Val de Seine)

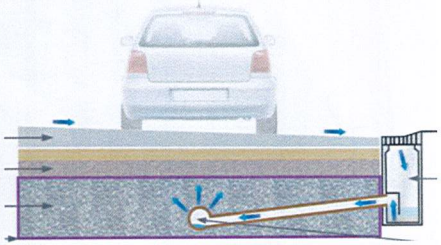
Source : Mairie de Paris – DU – MCC – J.Leroy



Puits d'infiltration (Source : Grand Lyon)



Noues végétalisée à Nanterre (*Source : CG 92*)



Coupe d'une chaussée à structure réservoir (*Source : SEPIA Conseil*)

D PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES

L'îlot et le bâtiment

5 INFILTRATION IN SITU

- **Favoriser l'infiltration in situ des eaux pluviales**

Les stratégies et techniques de gestion des eaux pluviales développées précédemment peuvent être appliquées à l'échelle d'un îlot ou d'une parcelle. Les superficies bâties doivent à ce titre être minimisées afin de maximiser les surfaces perméables. Les toitures végétalisées peuvent également être développées.

L'eau des toitures peut être récupérée et acheminée vers des aménagements de rétention ou d'infiltration : bassins à ciel ouvert, noues, puits d'infiltration… De manière générale, les surfaces imperméables au sol (stationnements, terrasses, cheminements minéralisés…) doivent être réduites pour privilégier la végétalisation des espaces et l'utilisation de revêtements perméables. Avant toute construction, un état faune-flore du site doit identifier le couvert végétal et les arbres qui peuvent être préservés.

L'infiltration des eaux pluviales sur site ne pourra néanmoins être mise en place que lorsque les caractéristiques de sols (perméabilité des sols, pollution, risque de dissolution du gypse, anciennes carrières) auront été déterminées et auront validé sa faisabilité.

- **Encourager la mise en place de toitures végétalisées**

Les toitures végétalisées sont une solution efficace pour rafraîchir les toitures et l'air ambiant par évapotranspiration. Elles ralentissent et diminuent l'évacuation des eaux pluviales en retenant une quantité appréciable d'eau de pluie qui permet de compenser la perte de couvert végétal du bâtiment au sol. De plus, la végétalisation des toitures améliore la qualité de l'air et réduit la demande énergétique liée à la climatisation.

- **Privilégier l'emploi de revêtements poreux ou perméables pour les espaces extérieurs**

A l'instar des revêtements préconisés à l'échelle du quartier, le choix de revêtements perméables ou poreux est à privilégier pour les stationnements et les cheminements présents au sein des l'îlot ou des parcelles bâties.

Toiture végétalisé intensive et extensive (Source : CG 92)

Puits d'infiltration

Fossés et noues

(Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon)

Mesure de la différence de température entre une toiture classique et une toiture végétalisée (*Source : Report US EPA*)

(…)

(...)

DOCUMENT 7

Extraits de « Mettre en œuvre une Trame verte et bleue en milieu urbain » – Tiphaine KERVADEC – Les notes Etd, le centre de ressources du développement territorial – trameverteetbleue.fr – Juin 2012

La Trame verte et bleue et le milieu urbain

1. La TVB : définition

Mesure phare du Grenelle de l'environnement, la TVB a pour finalité la lutte contre la dégradation des milieux et la fragmentation des habitats en restaurant un réseau de continuités écologiques favorable au brassage génétique. Ce réseau doit relier l'ensemble des espaces de nature entre eux, ceux du milieu urbain comme ceux des espaces périurbains et ruraux, et servir la biodiversité remarquable mais aussi ordinaire, car c'est désormais sur celle-ci que les marges de manœuvre sont les plus importantes.

Son introduction à la fois dans le code de l'environnement et dans le code de l'urbanisme participe d'une articulation plus intégrée entre la nature et le projet urbain. **Définie** dans le Code de l'environnement, la Trame verte et bleue rassemble deux entités : un ensemble de continuités écologiques terrestres et aquatiques et un projet de territoire :

- Les continuités écologiques sont composées de 2 éléments : les « réservoirs de biodiversité » et les corridors. Les premiers sont des espaces de nature le plus souvent d'un seul tenant, de taille importante et de milieux suffisamment riches et diversifiés pour permettre aux espèces d'accomplir tout ou partie de leur cycle de vie. Les « corridors » doivent permettre aux espèces (faune et flore) de se déplacer d'un réservoir à un autre. En milieu urbain les grands parcs, forêts, zones humides peuvent par exemple jouer cette fonction de « réservoir », tandis que les délaissés d'accompagnement d'infrastructures (routes, voies ferrées, berges), les voies cyclables, et les petits espaces de jardins, squares, cimetières, stades sportifs peuvent, s'ils sont entretenus écologiquement, jouer le rôle de « corridor ». Ces milieux peuvent ainsi soutenir la biodiversité.

- En plus d'être une réponse aux enjeux écologiques, la TVB a également l'ambition de **servir les enjeux socio-économiques** du territoire. Elle permet en effet d'améliorer le cadre de vie des citadins en favorisant un aménagement durable de l'espace urbain dense et l'accueil de loisirs. Elle participe au développement économique en maintenant les services rendus par la biodiversité telles la production alimentaire, de bois, d'énergie, l'autoépuration de l'air ou bien la régulation des crues, et en promouvant de nouveaux emplois liés à l'ingénierie, à la gestion et l'entretien des espaces composants la TVB.

La TVB n'est pas seulement orientée sur la biodiversité : elle intègre la présence et l'activité de l'homme dans toutes ses composantes. Elle est un outil d'aménagement qui permet de concilier les enjeux écologiques avec les activités humaines. L'enjeu est donc de construire un projet de territoire à partir des continuités écologiques stratégiques identifiées sur le territoire, qu'elles soient existantes ou à restaurer.

La TVB impacte donc différentes politiques sectorielles qu'il est nécessaire d'intégrer dans le projet global d'un territoire. Au niveau interne, cela implique pour les collectivités et leurs groupements de mobiliser plusieurs services et compétences et de travailler en équipe pluridisciplinaire intégrant différents métiers.

Par ailleurs, la TVB s'appréhende et se construit à **plusieurs niveaux d'échelles emboîtées** : au niveau régional, un Schéma régional de cohérence écologique (SRCE) définit les grands principes et les enjeux de niveau régional (les grands espaces naturels et les grandes voies de circulation) et propose un cadre d'intervention pour accompagner la mise en œuvre des continuités sur le terrain. Au niveau local, les territoires de projet (de type SCoT ou autre), les intercommunalités et les communes doivent affiner l'analyse des déplacements des espèces et des coupures de ces corridors, mettre en œuvre la TVB, développer des expérimentations et des outils contractuels, et rendre la TVB opposable au tiers par le document local de planification (PLU ou PLU intercommunal).
Relevant d'espaces différents et d'enjeux propres, chaque niveau possède ainsi pleinement sa légitimité et sa pertinence pour la trame. Et chaque échelle alimentant l'autre, l'identification de la TVB au niveau local peut donc s'opérer sans attendre l'élaboration du SRCE.

2. La TVB et les territoires urbains

2.1 Une obligation réglementaire

Au niveau local, les nouvelles dispositions du Grenelle impliquent les collectivités, *via* le Code de l'urbanisme, dans la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques sur leur territoire : les SCoT et les PLU doivent « prendre en compte le SRCE » et « mettre en place les conditions favorables de préservation et de remise en bon état des continuités écologiques ».

2.2 Une source d'aménités multiples pour le milieu urbain

Plus spécifiquement, la TVB en ville répond à deux types d'enjeux : à l'échelle globale, la TVB urbaine est un maillon indispensable des continuités écologiques dans le sens où elle permet la dispersion des espèces jusqu'au cœur des villes. La ville n'étant plus une barrière, elle peut soutenir le déplacement des espèces et notamment leur remontée vers le nord liée au réchauffement climatique. A l'échelle locale, elle permet de maintenir une diversité de la faune et de la flore ouvrant ainsi la voie à la sensibilisation de la population sur les enjeux du maintien de la biodiversité et au développement de techniques de gestion plus écologiques dans les espaces publics et dans leurs pratiques de jardinage amateurs. Elle permet par ailleurs, d'améliorer le cadre de vie dans la ville dense par l'ouverture de nouveaux espaces de récréation et de loisirs et de contrebalancer ainsi l'attrait du périurbain vert. Elle sert aussi de support aux déplacements alternatifs, à des formes d'agriculture de proximité et de lien entre l'urbain et le rural. La TVB est enfin un outil précieux de régulation de problèmes environnementaux typiquement liés au milieu urbain : infiltration des eaux de pluies, fixation des polluants, stockage du CO^2, atténuation des amplitudes thermiques (pics de chaleur) etc.

En milieu urbain aussi, elle s'appréhende et se construit à plusieurs niveaux d'échelles emboîtées depuis l'échelle intercommunale à celle du quartier, en passant par les axes majeurs et la voirie.

(...)

Résultats de l'analyse/observation des projets de TVB en milieu urbain

1. Des projets qui intègrent progressivement la notion de TVB

Les initiatives observées trouvent leur fondement dans des projets souvent anciens d'amélioration du cadre et des conditions de vie sur le territoire comme la mise en défens et l'aménagement de berges pour lutter contre des crues ou des milieux humides impropres à l'urbanisation, la réhabilitation de friches industrielles polluées et impactant fortement le paysage urbain ou encore la valorisation d'emprises d'infrastructures qui n'ont finalement pu être réalisées ou qui sont devenues obsolètes (voie ferrée).
Initiés avant le Grenelle de l'environnement, ces projets en cours de réalisation pour la plupart, apparaissent éloignés de la définition « officielle » d'une TVB. Malgré tout, depuis leur émergence, nombre d'entre eux ont pris des inflexions qui les rapprochent d'une telle trame. Ces inflexions sont de diverses natures et souvent combinées :

- le souci de penser tout projet d'aménagement dans sa connexion aux espaces de nature du territoire et/ou aux projets des territoires voisins renforce sa fonction de corridor,

- la réalisation d'aménagements permettant l'accès à ces espaces, pour en garantir l'acceptabilité ou pour créer des espaces de loisirs et des connexions entre quartiers, apporte au projet initial une dimension sociale qu'il n'avait pas forcément intégrée,

- la mobilisation d'associations naturalistes locales, même après la définition du projet, pour réaliser des études d'impact sur la faune et la flore présentes, soutient la prise de conscience des enjeux et permet au projet d'intégrer une dimension écologique indispensable : celle-ci se traduit par la programmation d'actions complémentaires au projet initial comme des mesures de protection ou des actions d'animation et de sensibilisation du grand public,

- l'association des habitants et des usagers (pêcheurs, agriculteurs par exemple) à la définition et à la gestion du projet lui confère une dimension sociale supplémentaire,

- les projets initialement portés par les services liés aux espaces verts ou à l'aménagement associent progressivement les autres services des collectivités : outre la mobilisation de leurs budgets respectifs, cette association contribue aussi à intégrer les démarches que pilotent ces services (Plans climat, Agenda 21, Plans d'Aménagement et de Développement Durables de PLU ou de SCoT), renforçant d'autant la transversalité et les moyens financiers au service de la TVB. Dans le même esprit, l'inscription des projets dans les PLU et les SCoT permet de les pérenniser et parallèlement d'y associer élus et techniciens en charge des questions d'urbanisme et de diffuser les enjeux de continuité écologique.

2. Difficultés rencontrées pour mettre en œuvre de la TVB en milieu urbain

2.1. Difficultés d'ordre général

2.1.1. Une transversalité complexe à mettre en œuvre

- En termes d'enjeux et d'acteurs
  La mise en œuvre de la TVB touche à des problématiques de nature différente, opérationnelles et sectorielles, stratégiques, politiques, nécessitant d'avoir la maîtrise de l'ensemble des questions qui se posent et une approche nouvelle en termes de méthode afin d'appréhender l'ensemble des enjeux. Par ailleurs, la nécessaire transversalité dans l'action se renforce au fur et à mesure de l'élargissement de l'échelle d'appréhension : le nombre d'acteurs à mettre autour de la table s'accroît, la démarche de construction de la TVB se complexifie.

- En termes d'articulation entre niveaux de collectivité
  La transversalité rencontre également des limites dans la mise en oeuvre opérationnelle entre niveaux de collectivités et liées notamment aux compétences, aux financements et au jeu politique. La mise en œuvre de la TVB par les territoires concernés peut être ainsi empêchée par l'absence de compétence ou de financements du territoire, entraînant une rupture des aménagements TVB. De même, la mise en œuvre communale d'une stratégie définie au niveau supra dépendant de la bonne volonté du maire, le « jeu » politique local, peut pénaliser la mise en œuvre par la non-réalisation ou dans l'exécution d'actions en contradiction avec la stratégie TVB.

2.1.2. Méconnaissance des fonctions socio-économiques de la TVB

La notion de TVB est encore récente et la connaissance de ses enjeux est souvent incomplète ou se limite à la seule dimension écologique. Les fonctions socio-économiques potentielles des corridors (support d'agriculture urbaine, développement d'emplois verts, etc.) sont encore peu appréhendées ce qui conduit à un diagnostic incomplet alors que la TVB pourrait être une véritable opportunité pour réfléchir à un projet global de territoire, au croisement des enjeux sociaux, économiques et écologiques.

2.2. Des spécificités du milieu urbain qui singularisent la mise en œuvre

2.2.1. La demande sociale urbaine : un besoin d'espaces récréatifs

L'élaboration d'une politique publique locale répond d'abord aux besoins des habitants. En milieu urbain, plus la densité est forte plus la demande est liée aux aménités du cadre de vie et notamment, l'accès pour tous à des espaces de respiration et de loisirs. Ainsi, c'est l'aménagement d'espaces récréatifs et de déplacements doux qui est prioritaire sur ceux en faveur de la biodiversité, tels les passages à faune au droit des infrastructures ou les friches urbaines.

2.2.2. Foncier urbain : rareté et morcellement compliquent l'acquisition

Il existe en milieu urbain une forte pression sur le foncier disponible ou en voie de mutation qui augmente son attrait pour les promoteurs et le prix du foncier. Par ailleurs,

l'émiettement des propriétés et la multiplicité des statuts accentuent la complexité des acquisitions foncières pour la TVB, et notamment dans la capacité de réactivité du territoire. Le nombre et la diversité des acteurs à mettre autour de la table et la lourdeur des processus de décision et d'action pénalisent la réactivité de la collectivité d'autant plus si elle ne dispose pas d'une politique foncière volontariste incluant des outils de veille et d'acquisition foncière.

2.2.3. Un coût plus onéreux lié aux actions de dépollution et aux équipements

Réaliser une trame verte en milieu urbain peut impliquer des actions lourdes de dépollution dans le cas de friches industrielles. Par ailleurs, plus fréquentée, elle doit être d'autant plus équipée : elle nécessite ainsi des accès aménagés pour les personnes à mobilité réduite (accès PMR), du mobilier de sécurité et de signalétique, des enrobés durs et plus coûteux pour un usage piéton et vélo, des éclairages pour une utilisation pédibus, des aires de jeux pour enfants, etc. Autant d'aménagements et d'équipements qui en augmentent le coût et peuvent décourager une collectivité si elle omet de rapporter ces coûts aux services rendus aux citadins.

2.2.4. Les enjeux écologiques : une faible préoccupation des politiques publiques locales

Au niveau local, les préoccupations économiques ont tendance à prendre le pas sur les problématiques écologiques. L'investissement public doit servir à attirer des entreprises pour créer de l'emploi ou à améliorer de manière visible, les conditions de vie des citadins de la ville dense, avant de préserver la biodiversité.
Les enjeux écologiques peinent à être appréhendés tant par les décideurs que les citadins : un espace réservé à la biodiversité est assimilé à un espace « vide » voire « abandonné » par la collectivité. Cette représentation réductrice, qui occulte l'importance de ses fonctions sociales et économiques, n'en fait pas un bon outil de communication pour valoriser l'action publique locale.

2.2.5. Une approche scientifique du milieu urbain et des données qui restent à structurer

En milieu rural, l'homogénéité des matrices agricole ou forestière facilite l'approche scientifique du fonctionnement de la biodiversité. L'approche en milieu urbain est plus complexe : caractérisé par une matrice composée de milieux hétérogènes dont certains peuvent constituer une barrière pour plusieurs espèces et être en même temps une zone de refuge pour d'autres, le milieu urbain fait encore aujourd'hui l'objet d'études et de débats quant à son rôle de vecteur ou de frein aux déplacements des espèces. De même la distance de dispersion propre à chaque espèce pour lui permettre les déplacements nécessaires à son cycle de vie est encore inconnue pour les espèces du milieu urbain. Par ailleurs les données faune/flore dont disposent les territoires sont incomplètes et disparates en quantité et en qualité et sont difficiles à structurer de manière cohérente, faute de moyens et d'outils pour les centraliser. Cela explique que les TVB soient aujourd'hui plus fondées sur des connexions structurelles (à partir des sites de nature existants) que fonctionnelles (visant le déplacement des espèces).

Conclusion

Les territoires urbains sont confrontés à des problématiques spécifiques qui singularisent l'élaboration et la mise en œuvre de leur TVB. Face à ces particularités, leurs démarches semblent incomplètes au regard de la politique Trame verte et bleue définie par le Grenelle et désormais inscrite dans le droit français tant en termes de contenu que de démarche. Il existe toutefois une réelle dynamique TVB en milieu urbain, qui aujourd'hui, cherche à s'adapter.

(...)

Trame verte et bleue et PLUi Outils et mise en œuvre

CLUB PLUi
plan local d'urbanisme intercommunal

Fiche n°8

Le Coefficient de Biotope par Surface (CBS)

Juillet 2015

1. Le cadre juridique

La loi ALUR (Accès au Logement et un Urbanisme Rénové) adoptée le 24 mars 2014 traduit des objectifs de gestion économe des sols à travers la protection des espaces naturels et agricoles, la lutte contre l'étalement urbain et les encouragements à la densification. Dans cette optique, le règlement du PLU est étoffé (L.123-1-5 III 1°) et peut dorénavant comporter des règles imposant une part minimale de surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables, éventuellement pondérées en fonction de leur nature, afin de contribuer au maintien de la biodiversité en ville. C'est ce que l'on appelle le « coefficient de biotope ».

Le recours à cet outil n'est pas obligatoire, il s'agit d'inciter les collectivités à se saisir de ce dernier dans une démarche volontaire et adaptée au contexte local.

2. Le concept du CBS

Cet outil, appelé « Coefficient de Biotope » ou encore « Coefficient de Biotope par Surface » est depuis longtemps appliqué dans plusieurs grandes villes d'Europe dont Paris et Berlin. Confrontées à une urbanisation dense et ancienne, ainsi qu'aux nuisances environnementales les caractérisant (imperméabilisation des sols, réchauffement climatique, assèchement de l'atmosphère, diminution des espaces en faveur de la biodiversité...), ces villes ont proposé d'introduire dans leur réglementation ce nouveau concept de végétalisation des constructions dans la ville. Aujourd'hui, de nombreuses villes de taille plus modeste s'en saisissent également.

Concrètement, les nouvelles constructions et les réhabilitations importantes doivent intégrer dans leur projet un coefficient de végétalisation ou « coefficient de biotope ».

L'avantage principal de ce coefficient est de chercher à concilier quantité et qualité, puisque l'indice peut être fixé en fonction de nombreux critères parmi lesquels :

- **les formes d'utilisation par vocation (logement, industries, commerces...),**
  Sous cette forme, le coefficient de biotope fait bénéficier le territoire d'une certaine souplesse : il peut être adapté à chaque type de zones (exemple : 0,30 pour les logements, 0,60 pour les équipements publics...) et devenir ainsi une norme d'écologie minimale.

Exemple : la ville de Berlin fixe des objectifs plus ou moins stricts de végétalisation en fonction des différents types de construction (réhabilitation / neuve) et de leur destination (logement, utilisation industrielle et commerciale...).

(...)

- **le taux de végétalisation existant,**

  Grâce à ce critère, le coefficient de biotope peut varier en fonction du taux d'espaces verts présents dans un quartier. Ce taux sera d'autant plus important que le quartier est pauvre en espaces verts ou en végétation.

  Exemple : si de façon globale, le plan local d'urbanisme de la ville de Paris impose au constructeur la mise en place de 40% d'espaces libres sur une parcelle, il faut encore ajouter des surfaces végétalisées supplémentaires selon la zone de déficit végétal dans laquelle se trouve le terrain (+ 20 à 30 % d'espaces libres).

- **la qualité du support.**

  Le coefficient de biotope permet de donner des équivalences pondérées à des systèmes hors-sol comme les toitures et façades végétales par rapport à de la pleine terre. En effet, si le support à la végétalisation comprend tous les potentiels de verdure possible (pleine terre, toits, murs, etc.), tous ne se valent pas d'un point de vue écologique. Le coefficient de pondération sera d'autant plus élevé que le support de végétalisation se rapproche des caractéristiques de la pleine terre.

  (...)

Le « coefficient de Biotope » peut ainsi décrire la proportion entre toutes les surfaces favorables à la nature sur une parcelle et la surface totale de cette parcelle.

Ce coefficient devra ensuite être analysé au regard des objectifs fixés par la collectivité (par type de zones, par type d'usages) et pourra ainsi amener le propriétaire à modifier son projet, soit en aménageant une surface supplémentaire en pleine terre, soit en « végétalisant » sa construction par des toitures-terrasses plantées, des murs végétalisés, etc, eu égard à la pondération mise en place.

(...)

Recommandations

Un coefficient global de biotope peut être mis en place en fonction de la typologie d'une zone. Le porteur de projet est ensuite libre de jouer sur les différents éléments composants les surfaces favorables à la nature pour atteindre l'objectif fixé.

3. Recommandations

Le coefficient de biotope trouve sa place au sein du PLU grâce à **la loi ALUR qui l'introduit dans le règlement (L.123-1-5 III 1°), sous l'expression de « part minimale de surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables »**. Il peut indifféremment concerner certaines zones du règlement ou bien être utilisé dans toutes les zones. Certaines collectivités font le choix de donner de la souplesse à cet outil en modifiant les coefficients de végétalisation suivant le zonage en zone urbaine (secteurs plus

ou moins denses).

Bien qu'intéressant sur la forme, le coefficient de biotope par surface interroge encore beaucoup de collectivités sur ses limites.

3.1. Mettre en place une réflexion approfondie pour fixer des indices

La mise en place de ce coefficient de biotope repose sur l'utilisation d'indices qui peuvent être difficiles à mettre en place et alimenter de nombreuses discussions. C'est en particulier le cas pour les pondérations. Peut-on dire que la végétalisation de deux toitures équivaut à une parcelle de pleine terre ou encore à 4 murs végétalisés ?

Pour exemple, le PLU de Grenoble (38) considère les cheminements piétons, les aires de jeux, les espaces plantés en pleine terre, les toitures-terrasses végétalisées avec 50 cm de terre, les dalles de couverture végétalisées avec 50 cm de terre équivalents à de la pleine terre alors que le PLU de Montreuil (93) pose quant à lui des ambitions plus importantes avec un coefficient de 0,6 pour les toitures terrasses végétalisées intensives, ou sur dalle, d'une profondeur d'un minimum de 80 cm et de 0,20 pour les espaces réalisés en toiture terrasse végétalisée extensive, d'une profondeur inférieure à 0,80 mètre, ou en murs végétalisés. Quand à Grenoble, on juge qu'une toiture végétalisée intensive de seulement 50cm équivaut à de la pleine terre, à Montreuil il faudra en produire 5 fois plus pour atteindre la surface règlementaire de pleine terre.

Recommandations

Il est important de mener une réflexion approfondie et concertée avec la collectivité sur la définition de ces indices en s'appuyant sur des structures spécialisées et sur les retours d'expériences d'autres collectivités.

3.2. Mettre au point un outil de dialogue avec les instructeurs

Alors que la loi ALUR vient juste de créer cet outil, de nombreuses questions apparaissent sur sa mise en place et son application.

Du côté de Berlin, le Coefficient de Biotope par Surface est depuis longtemps opposable aux permis de construire et il constitue une prescription normative pour les projets de rénovation urbaine, la construction de nouveaux bâtiments et la restructuration d'îlots urbains.

De nombreux architectes et maîtres d'ouvrages en font d'ailleurs un outil de dialogue avec les services instructeurs. Lors du dépôt de leur dossier de permis de construire, les projets de végétalisation des cours intérieures, des toitures terrasses, des murs végétalisés sont négociés au cas par cas et impactent le projet urbain.

3.3. Assurer son évolution dans le temps

A peine la démarche engagée, il se pose déjà des questions sur son évolutivité. D'outil opposable au permis de construire, comment s'assurer que ce dernier subsiste dans le temps ? De nombreuses

collectivités s'interrogent en effet sur la pérennité des aménagements qui seront mis en œuvre dans le cadre de l'instruction.

Comment s'assurer que le mur végétal ou la toiture végétalisée qui ont été réalisés ne soient pas remplacés au bout de quelques années par des dispositifs ordinaires (béton, bitume...) ?

Bien évidemment, le PLUi ne s'oppose pas seulement aux autorisation d'urbanisme, puisqu'il s'applique aussi directement. La collectivité devrait donc être en mesure d'envoyer un agent verbalisateur au motif qu'un des dispositifs mis en place dans le cadre du « coefficient de biotope » est supprimé.

Cela se révèle néanmoins complexe en particulier pour les petites intercommunalités sans maîtrise d'ouvrage suffisante. La pérennité du dispositif renvoie ainsi à la problématique de l'efficience.[1]

3.4. Dépasser l'outil de nature en ville

Contrairement à ce que l'on pourrait croire de par son appellation courante, le coefficient de Biotope par Surface n'est pas un coefficient de biodiversité. Les collectivités ne réfléchissent pas le coefficient en fonction des caractéristiques écologiques initiales de la parcelle à urbaniser.

Dans le cadre du réaménagement de certaines parcelles peu denses en ville (friches, sites militaires), la nouvelle construction va rendre cet espace moins riche sur le plan de la biodiversité. Même si un coefficient de végétalisation est appliqué, il en résulte une perte de biodiversité tant en termes de quantité qu'en termes de qualité.

En effet, le coefficient ne tient pas compte de la qualité des milieux qui sont mis en place mais uniquement de leur typologie (pleine terre, sur dalle...). Certaines formations végétales créées (toitures végétalisées intensives sous forme de sédums) ainsi que certains procédés utilisés appauvrissent la biodiversité initiale du site.

Dans certaines collectivités qui s'étaient déjà impliquées dans la mise en place d'un coefficient de pleine terre, le CBS pourrait même avoir des effets contraires et entraîner une diminution de ces coefficients de pleine terre établis par ailleurs, et par delà même, de la biodiversité.

Imaginons par exemple, une collectivité hésitant entre 2 options :

- Option 1 : règlement spécifiant dans l'article 13 de la zone UB que 30% de pleine terre est exigé ;
- Option 2 : règlement précisant dans l'article 13 de la zone UB que 20% de pleine terre est exigé auquel s'ajoute 10% de CBS (toiture végétalisée ou mur végétalisé).

Si dans les 2 cas, ce sont bien 30% de végétalisation qui seront retenus, la qualité des milieux pourra se révéler très différente. Le coefficient de Biotope par surface ne doit donc pas se mettre en place au détriment de la pleine terre mais venir compléter les dispositifs existants.

[1] Pour approfondir ce point, consulter la fiche n°9 « Suivi et Efficience des mesures TVB »

Son utilisation au sens des continuités écologiques est également discutable pour les mêmes raisons, auxquelles viennent s'ajouter les problématiques liées aux obstacles en milieu urbain (murs, murets, grillages…).

Pour l'heure, cet outil se veut d'abord au service de la reconquête de la nature en ville. Il est utile pour les espaces très minéralisés sur lesquels il est difficile de dégager des emprises au sol afin de réaliser des espaces verts de pleine terre.

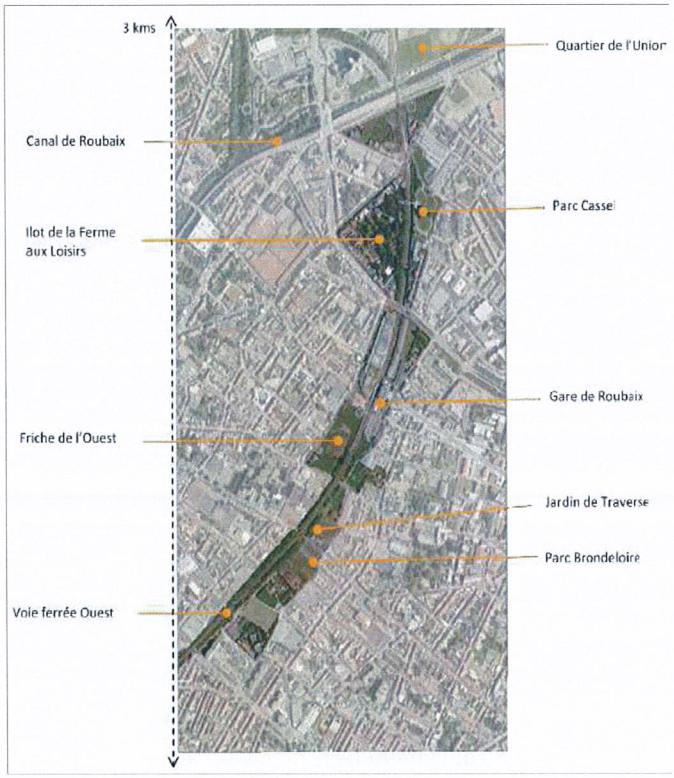
Il est essentiellement utilisé pour améliorer le cadre de vie, diminuer les impacts sonores, réguler les îlots de chaleur. Son application reste encore une grande inconnue en milieu rural.

4. Illustrations

4.1. Exemple : Ville de Roubaix / Lille Métropole

Dans le cadre de la procédure de modification du PLU de Lille Métropole pour l'inscription d'un corridor écologique sur le secteur de la gare à Roubaix, un principe de CBS a été introduit dans l'Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) de ce secteur stratégique. Cette mesure est officiellement effective depuis février 2014, mais a été anticipée dans les projets sortants sur ce secteur. Cette initiative a été portée à la fois par la commune et l'intercommunalité de façon expérimentale.

Longeant sur 2 km la voie ferrée, le corridor écologique Ouest (voir photo ci-contre) est le premier maillon de la TVB communale identifiée en 2012.



Particulièrement dense et comptant peu d'espaces verts, la ville de Roubaix, en situation de reconquête urbaine et de forte pression foncière, a été confrontée à l'urgence de maîtriser l'urbanisation dans le respect des objectifs de développement durable. Ainsi, à l'initiative combinée de la commune et des associations locales en faveur de l'environnement, ce projet vise à assurer des aménagements durables au sein de ce site en reconversion. Ce corridor écologique relie plusieurs parcs majeurs et sites sensibles et apporte aux habitants une meilleure accessibilité aux espaces verts. Il a été retenu dans le cadre de l'appel à projets « corridors biologiques boisés » du FEDER et « Trame verte urbaine » du Ministère de l'Environnement.

L'application d'un CBS sur ce secteur fait partie d'un ensemble d'outils mobilisés par le PLU pour donner vie à cette continuité écologique et paysagère (EBC, zone urbaine récréative et d'animations de plein air dite « UP », autres mesures précisées dans les OAP).

La valeur du coefficient (0,5 pour le logement et 0,3 pour les autres destinations) a été déterminée en fonction de l'habitat existant et suite à de multiples simulations afin de vérifier l'applicabilité de cette règle. Par manque de retours d'expériences sur les réhabilitations, le CBS a été uniquement imposé pour les constructions neuves.

Cet outil présente, d'après la ville de Roubaix et Lille Métropole, de multiples avantages : il permet de concilier densification urbaine et nature en ville, il laisse la liberté au maître d'œuvre dans la façon de répondre à cet impératif et il permet d'engager des discussions et partenariats avec les porteurs de projets.

A ce jour, trois opérations ont été lancées sur ce site en intégrant le CBS. Ces projets ont gagné en qualité paysagère et sans générer de surcoûts car les partis d'aménagement ont été réorientés pour répondre à cet objectif.

Afin de garantir la qualité écologique des aménagements dans le respect de la stratégie TVB de la commune, un dispositif particulier d'animation est mis en œuvre notamment auprès des porteurs de projets et des services instructeurs.

(...)

(...)

DOCUMENT 9

Extrait de la fiche n°3 bis « Trame verte et bleue, expériences des villes étrangères : Berlin, métropole naturelle » – CERTU – environnement-urbanisme.certu.developpement-durable.gouv.fr – Mai 2012

Les formes paysagères des espaces végétalisés vont des prés multicolores jusqu'à des forêts urbaines dont les arbres issus de semis naturels et de rejets spontanés sont parvenus à coloniser les terrains vagues à l'abri des tronçonneuses.
Les friches sont extrêmement variées tant sur le plan paysager que sur celui de la phytosociologie des stations botaniques. Le spontané et le sauvage sont l'une des caractéristiques du traitement « horticole » des espaces libres Berlinois.
Interpellant le touriste qui y voit les signes d'une négligence manifeste dans les pratiques du désherbage, le parti de la ville de Berlin de « laisser la végétation potentielle s'exprimer là où elle l'entend » ouvre le débat sur la présence du sauvage en milieu urbain.

4. La planification des espaces verts

4.1 Un héritage historique majeur

Entre 1846 et 1848, le directeur du service des parcs et jardins de Berlin, Johann Heinrich Gustav Meyer (1816-1877) créé le premier « parc populaire » (Volkspark Friedrichshain) afin de rivaliser avec le parc aristocratique de Tiergarten. Avec son équipe, il lance le mouvement *Volkspark*, un concept de parc populaire ouvert à tous les habitants. Il n'est plus question de créer de nouveaux parcs ornementaux, mais il s'agit de fournir des espaces de loisirs et de détente pour les Berlinois des quartiers densément peuplés.

Lorsque la population de Berlin atteint la barre du million d'habitants en 1877, la demande en lieux de récréation occupe le devant de la scène politique. Les travaux d'embellissement menés à Paris, sous la férule du baron Haussmann, trouvent un écho favorable à Berlin. Les squares et les parcs deviennent alors des modèles à privilégier.
Aujourd'hui, les *Volksparks* de Berlin sont des parcs publics qui concentrent des équipements sportifs de premier plan. La plupart dispose de piscines, pataugeoires, terrains de sports, vélodrome, skate parc, aires de jeux pour les enfants.
Le *Volkspark* est un espace vert hybride, à mi chemin entre un parc paysager du XIX^{ème} siècle et une base de loisirs des années 1960. Ce type de parc vise à améliorer la santé des Berlinois, célébrant les bienfaits de pratiquer des exercices physiques en plein air et les vertus de se détendre dans la nature.

4.2 Les outils de l'aménagement du territoire à Berlin

Le système de planification à Berlin répond à une stratégie de planification globale. Il est composé de documents de cadrage à la fois prospectifs et/ou opérationnels, informels et opposables aux tiers, emboîtés et complémentaires les uns aux autres.
De plus ces documents sont élaborés à des échelles différentes (région/ville/quartier/parcelle).

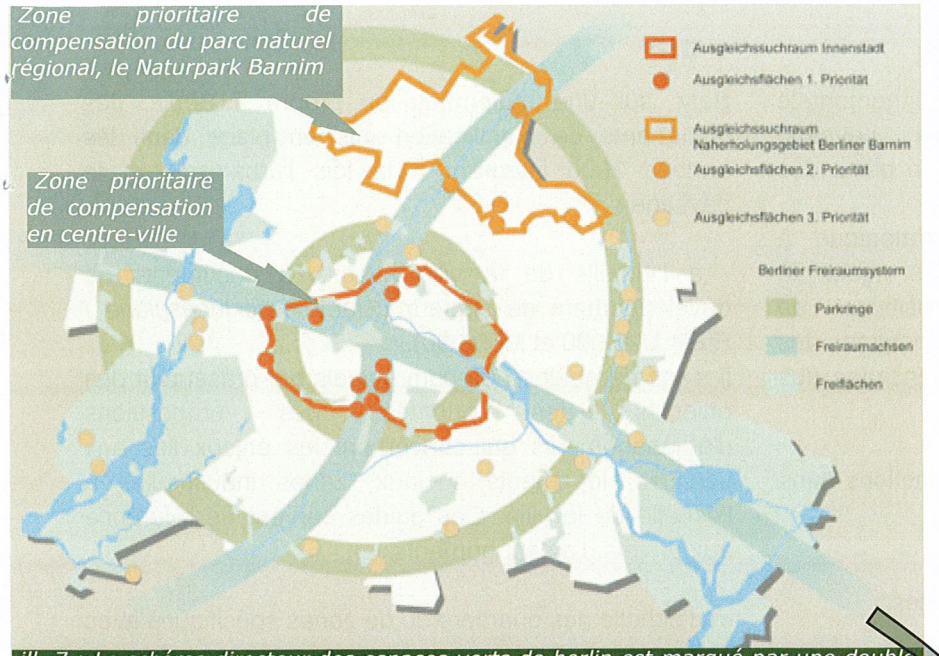
► FNP Berlin

Basé sur la législation fédérale, le plan d'aménagement du territoire (*Flächennutzungsplan* / FNP Berlin 1:25 000 et 1:50 000) est un document de cadrage général de planification.

ill. 5 : Les kolonien sont à la fois des jardins familiaux et des jardins d'agrément. Ils occupent 10% du territoire de la ville (Crédit Certu).

Le FNP est décliné à un niveau local par des plans de développement (*Bebauungs-pläne* 1:1000) et des orientations d'aménagement.

ill. 6 : Les Volksparks sont des espaces verts hybrides à mi chemin entre le parc paysager du 19ème et la base de loisirs des années 60 (Crédit Certu).



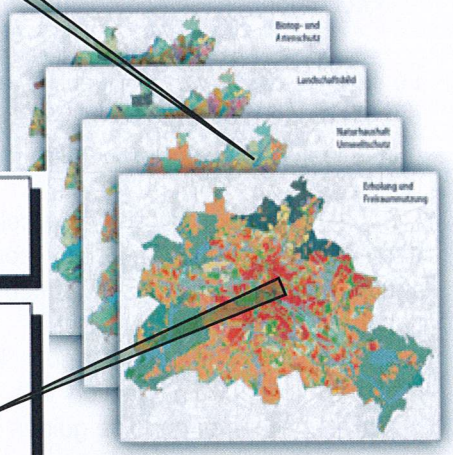
ill. 7 : Le schéma directeur des espaces verts de berlin est marqué par une double ceinture verte de parcs et une croix verte qui reprend les axes des rivières. Cette carte est ponctuée par des projets liés à des mesures environnementales compensatoires selon 3 niveaux de priorité (Crédit Sénat de Berlin).

Une stratégie de compensation :

le programme paysage (*Landschaftsprogramm* / LaPro) propose à l'échelle de la ville une stratégie de compensation.

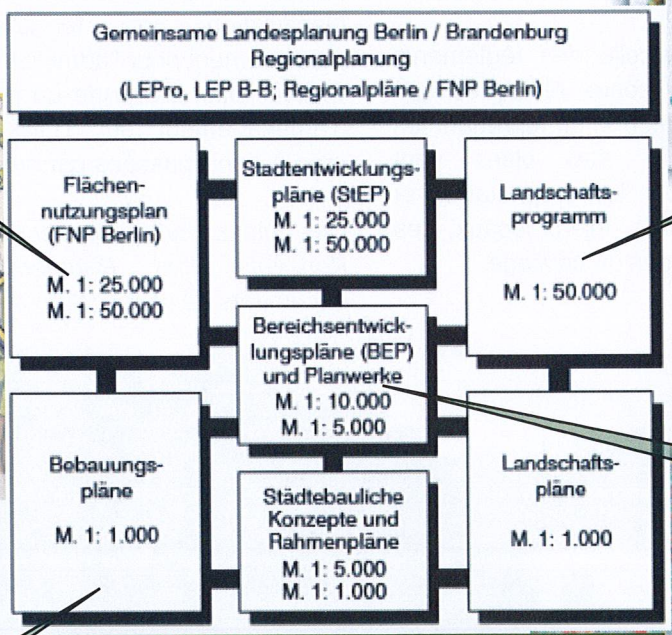
Des zones prioritaires pour des mesures de compensation paysagères ou environnementales sont déterminées notamment dans les cas où les impacts des projets ne peuvent pas être compensés localement. Le développement du Naturpark Barnim est un exemple de zone de compensation prioritaire.

Ces espaces dédiés forment un réseau en forme de croix verte (qui suit les rivières) et une double ceinture verte qui participe au maintien d'espaces verts et d'espaces naturels en ville.

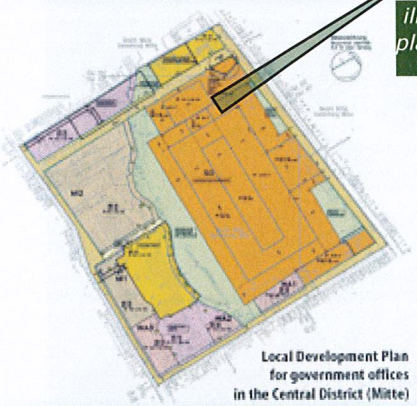


ill. 11 : Le LaPro est un document de planification stratégique basé sur le paysage et décliné en programmes d'actions (Crédit Sénat de Berlin).

ill. 8 : Le FNP Berlin est un document de cadrage général de planification (Crédit Sénat de Berlin).



ill. 10 : L'imbrication des différents documents de planification à Berlin (Crédit Sénat de Berlin).



ill. 9 : Le Bebauungsplan, une déclinaison locale du FNP, est un plan de développement local opposable au tiers qui détermine par arrondissement, les densités, et l'utilisation des sols. Extrait d'un plan de développement local (Crédit Sénat de Berlin).

ill. 12 : Le BEP est un document intermédiaire qui ne couvre pas la totalité de la ville. Il s'agit d'un outil de planification réglementaire sur une zone spécifique. Il impose donc juridiquement des zonages et des destinations de sol. Extrait d'un BEP (Crédit Sénat de Berlin).

► LaPro

Basé sur une réglementation environnementale spécifique à Berlin, le programme paysage (*Landschaftsprogramm* / LaPro) est mis en place dès les années 1980.
C'est un document de planification stratégique à l'échelle de la ville qui inclus à la fois des enjeux de protection des espèces, des propositions de conservation de la nature et de valorisation des paysages et enfin des mesures de compensation des incidences sur la nature et le paysage.

Ce document propose des programmes d'actions dans les domaines suivants :

- les écosystèmes,
- la protection des biotopes et des espèces,
- le paysage,
- les loisirs de plein air dans les espaces publics,
- la compensation écologique.

Le LaPro est également décliné au niveau local par des plans de paysage (*Landschaftspläne*). Il s'agit d'un document opérationnel et réglementaire des projets à réaliser à l'échelle du quartier.
Ces plans proposent à la parcelle des règlements détaillés de zonage (densités, zones réservées aux constructions, aux emprises routières) en reprenant les zonages du FNP de Berlin. Ces plans sont juridiquement contraignants pour les propriétaires et les investisseurs. En fonction des enjeux locaux, ces plans sont accompagnés de guides de paysage.

► StEP

Basé sur une réglementation propre à Berlin, des documents de planification mis en place dans les années 2000 intégrent à la fois l'urbanisme et le paysage :

- à l'échelle de la ville avec des documents de développement de secteur (*Stadtentwicklungspläne* / StEP 1:25 000 et 1:50 000).
Il s'agit de guides non contractuels qui présentent des objectifs, des priorités, des propositions d'aménagements qui concernent les enjeux liés aux services, logements sociaux, zones industrielles à l'échelle de la ville. Ces guides servent de référence aux projets d'aménagements.

- à l'échelle des quartiers ou de zones spécifiques avec des documents intermédiaires de planification règlementaires *(Bereichsentwicklungspläne / BEP und Panwerke* 1:10 000 et 1: 5 000).

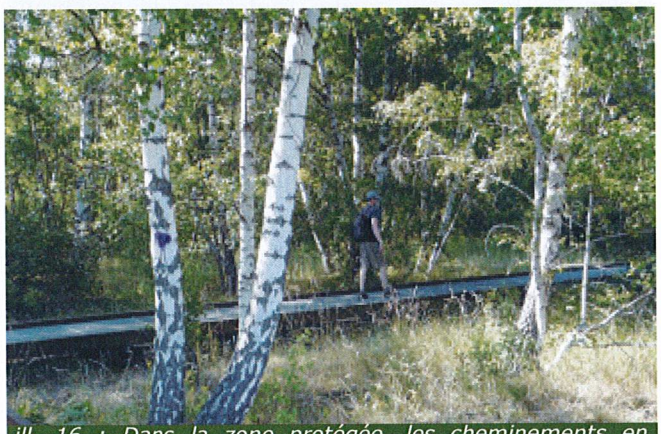
Ces plans ne couvrent pas l'ensemble de la ville. Il s'agit de documents intermédiaires entre d'une part le FNP Berlin à l'échelle de la ville et le *Bebauungsplan* à l'échelle de la parcelle. Le StEP est un instrument de planification non formalisé mais contraignant juridiquement pour l'administration.
Chaque plan comporte un règlement, des orientations d'aménagement sur l'utilisation des sols et des propositions classées par ordre de priorité.

Des guides d'urbanisme et de paysage *(Städtebauliche Konzepte und Rahmenpläne*) complètent ces documents de planification d'échelle locale.

Ill. 13 : La station Priesterweg du train S-Bahn débouche directement sur l'entrée principale du Naturpark Schöneberg Südgelande. Un chateau d'eau monumental signale le parc sur plusieurs kilomètres à la ronde (Crédit Certu).

ill. 14 : Le parc a une forme de fuseau totalement encadré par des voies ferrées. La partie centrale du parc est strictement protégée (Crédit Grünberlin GMBH).

ill. 15 : Les anciennes voies ferrées sont englouties par une végétation à base de bouleaux et de frênes (Crédit Certu).



ill. 16 : Dans la zone protégée, les cheminements en caillebotis sont surélevés au dessus des anciennes voies (Crédit Certu).

5. Le Naturpark Schöneberg Südgelande

Berlin est marqué par la présence de nombreuses friches industrielles au cœur de son agglomération. En 1952, dans le sud du quartier de Schöneberg, une ancienne gare de triage fut laissée à l'abandon. Ces 18 hectares en forme de fuseau enclavés entre des voies ferrées, forment un espace inaccessible aux hommes pendant près de 50 ans. La nature a réinvesti peu à peu ce site ferroviaire. Un couvert forestier spontané occupe les 2/3 du site. De nombreuses semences, graines aîlées et insectes, véhiculées par les trains et disiminées par le vent se sont développées en formant des biotopes riches et singuliers.

La naissance du parc :

► En 1980, un collectif d'associations s'est monté pour lutter contre un projet de reconstruction d'une gare de triage sur ce site devenu une oasis de biodiversité.

► En 1995, la Deutsche Bahn AG propriétaire du terrain, cède ces 18 hectares au Sénat de Berlin. L'état décide par la suite de transformer ce site en espace de nature, ouvert au public en compensation du projet de reconstruction de la Potsdamer Platz.

► 1996 marque le démarrage des travaux sur la base d'un projet réalisé par les paysagistes Planland associés à ÖkoCon, avec l'appui d'une fondation (Allianz Umweltstiftung).

► Le parc nature Schöneberg Südgelande est ouvert au public en 2000.

Un projet qui s'intègre dans l'histoire naturelle du lieu :

Une végétation exubérante a réussi à transformer une gare de triage essentiellement minérale en une jungle impénétrable. Les voies ferrées, les quais, et même une locomotive abandonnée disparaissent sous une forêt entrecoupée ça et là, de clairière à haute friche. Le parti d'aménagement du projet propose une ouverture du site au public en respectant l'ambiance originale du lieu. Ainsi lors de la création du parc, les interventions sur le terrain ont été minimales.

Les coupes d'arbres ont été limitées aux seuls cheminements piétons. La plupart d'entre-eux ont été créés par le simple ajout de ballast sur des anciennes voies. Les paysagistes ont conçu le parc sans intégrer de nouvelles plantations.

La végétation spontanée a tous les droits ! Son entretien est minimal, il consiste essentiellement à maintenir ouvert et accessible les cheminements du parc.

Les voies ferrées et les talus envahis de végétation, les lampadaires rouillés, et même la locomotive abandonnée sont autant de traces du passé industriel mis en valeur par le projet.

Deux ambiances :

► Les entrées (nord et sud) sont des espaces dédiés à la promenade sans aucune restriction. Les cheminements se font simplement en rajoutant du ballast sur des voies ferrées existantes. Les anciens bâtiments ont été restaurés et sont utilisés pour

l'administration, l'accueil du public et les évènements culturels (expositions et concerts). Un château d'eau monumental signale le parc de très loin.
► L'espace central est une zone protégée (Natura 2000) où les circulations sont restreintes et réservées aux seuls piétons (les chiens sont interdits).
Cet espace est habilement traversé par un caillebotis suspendu à 50 cm au dessus d'une ancienne voie ferrée ce qui limite naturellement les piétinements hors les sentiers.

Ce parc est géré par Grün Berlin Gmbh, structure de la région de Berlin qui assure l'entretien de nombreux parcs et jardins publics. Sa gestion est extensive, elle se limite au maintien de l'accessibilité des chemins. Le suivi scientifique du parc est assuré régulièrement. L'entrée du site aux animaux domestiques est interdite. L'utilisation des vélos est également prohibé dans l'enceinte du parc. L'entrée du parc est payante (1€), les tickets sont délivrés par des bornes automatiques munies de capteurs solaires.

6. Dix points à retenir

► Une nature en ville très présente

40 % de la superficie de la ville de Berlin sont occupés par des espaces verts composés de forêts et de bois (43 %), de friches et de landes (14 %), de jardins familiaux (11 %), de parcs urbains (10 %).
Traversée par plusieurs rivières et canaux navigables (180 km de linéaire), la ville s'est développée autour d'une ceinture verte intérieure regroupant des jardins familiaux et des parcs historiques, dont le célèbre Tiergarten (210 hectares), et d'une ceinture verte extérieure, faite de forêts et de lacs. Avec plus de 430 000 arbres, Berlin peut se prévaloir d'être une ville arborée où la nature en ville est très présente.

La présence de nature résulte d'une planification rigoureuse mise en œuvre dès les années 1920 (*Jansen-Plan*). Avec 40 % de son territoire en espaces verts et naturels, Berlin se hisse dans le peloton de tête des villes vertes de l'Union Européenne, alors que la surface moyenne affectée aux espaces verts est de 18,6 % calculée sur un échantillon de 386 villes. Paris dépasse les 20 %, en incluant les bois de Vincennes et Boulogne, mais tombe à 11 % dans le Paris intra muros.

Cette situation est également liée à l'histoire de la cité. Les bombardements de la Seconde guerre mondiale ont détruit 70 % des immeubles du centre-ville et ouvert de larges brèches colonisées ensuite par des friches.
En l'attente de projets de rénovation urbaine ou de changement d'affectation des sols, certains terrains vagues sont parvenus à l'état de bois de haute tige, faute de coupes et d'entretiens réguliers.

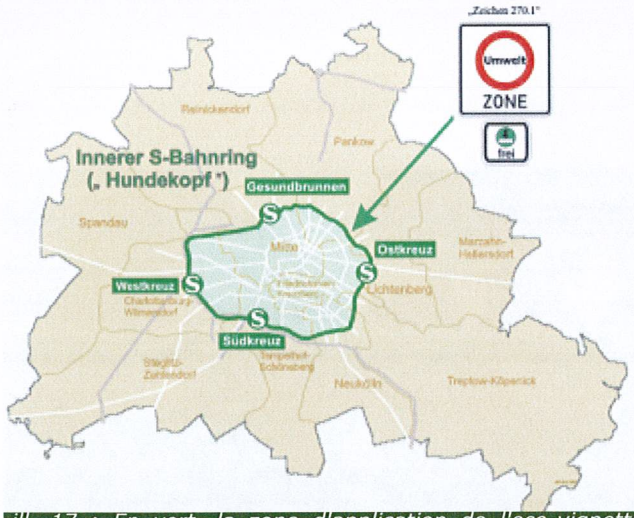
► Une amélioration continue de la qualité de l'environnement urbain

Après quelques jours d'immersion dans la capitale allemande, un visiteur est en mesure d'apprécier et de goûter la qualité de l'environnement de Berlin. La bonne desserte de la ville en transports en commun, l'excellent réseau de pistes cyclables connectées à un bon maillage d'espaces verts, via les berges-promenades de la Spree et de la Havel, les venelles des cours-jardins et les allées fleuries des jardins familiaux, sont des éléments déterminants de la qualité de la vie Berlinoise. Berlin recèle de nombreux oasis de verdure, parcs et jardins intimes, à l'écart des flux de circulation motorisée et de l'agitation urbaine créant des ambiances peu bruyantes et calmes. Des îlots de verdure disséminés dans les quartiers se dégagent une impression de calme et de quiétude, d'autant que le centre-ville (88 km2) est inscrit en zone verte (*Umweltzone*), depuis le 1er janvier 2008, équivalente à une zone d'action prioritaire pour l'air, dispositif berlinois équivalent à une *Low Emission Zone*. À l'intérieur de ce périmètre, seuls les véhicules les plus récents et les moins polluants sont autorisés à circuler.

Les Berlinois qui souhaitent s'oxygéner, se dépenser physiquement ou se détendre dans des zones calmes n´ont pas besoin de se rendre dans les espaces naturels et les forêts rejetés à la périphérie.
La ville compte suffisamment d'espaces verts aux pieds des immeubles, calmes et paisibles, avec une large gamme d'usages et de loisirs : aires de jeux pour les touts-petits, pelouses pour prendre un bain de soleil, jardins potagers, pistes cyclables ombragées, chemins piétonniers agréables.

► Une planification urbaine rigoureuse et pragmatique

Le schéma d'organisation des espaces verts de Berlin s'articule en une double ceinture verte, interne et externe. Adopté comme un principe d'agencement des espaces libres (non construits), dès les années 1920, ce plan directeur a été repris dans les documents de planification du territoire. Il a su s'imposer peu à peu aux autorités locales et régionales, malgré les vicissitudes d'une ville meurtrie par un mur-frontière entre deux pays. Le schéma de développement des espaces verts est parvenu à surmonter les épreuves de la partition et de la réunification allemande.
Qui plus est, ce schéma d'organisation n'est ni figé ni obsolète. Il demeure évolutif et vivant, intégrant les dernières évolutions législatives et réglementaires de renforcement de l'environnement (plan climat territorial, coefficient de biotope par surface, taxe de gestion des eaux pluviales).



Ill. 17 : En vert, la zone d'application de l'eco-vignette interdite aux véhicules polluants (Crédit Sénat de Berlin).

Eco-vignette automobile :

Comme dans d'autres grandes villes allemandes, Hanovre Cologne ou Stuttgart, le centre-ville de Berlin restreint son accès aux véhicules polluants.
La couronne du S-Bahn délimite exactement une zone environnementale (*Umweltzone*) où n'a le droit de circuler que les véhicules peu polluants qui ont pu obtenir une éco-vignette de couleur verte attestant des normes antipollution récentes.
Ce système est une action issue du plan air de Berlin 2005-2010 (*Luftreinhalte- und Aktionsplan Berlin 2005-2010*). Les vignettes s'appliquent également aux véhicules personnels des touristes de passage dans la capitale.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/umweltzone_aktuelles.shtml

Ainsi, le LaPro équivalent d'un plan de paysage et d'un programme d'actions pour préserver et enrichir la biodiversité, vient compléter la double ceinture verte du schéma initial.
Des voies vertes principales appareillées en croix visent à créer des continuités écologiques et paysagères entre le centre-ville (ceinture verte intérieure) et les espaces naturels et agricoles périurbains (ceinture verte extérieure).

► Des objectifs partagés au service de projets ambitieux

La loi fédérale sur la protection de la nature votée en 2002 impose aux régions et aux villes-Etat de consacrer un réseau écologique sur au moins 10 % de leur territoire. Pour ce qui concerne Berlin, cet objectif est très largement atteint puisque les espaces naturels et agricoles, les parcs et jardins, les canaux et les lacs occupent 40 % de la surface de la ville.
Le style des espaces verts est très différent selon qu'il s'agisse de parcs nature, bases de loisirs, jardins familiaux, espaces verts intérieurs privés, sites Natura 2000, aires protégées en réserves naturelles, zones spéciales de conservation. L'offre d'espaces verts est variée et multiforme, elle est adaptée à tous les usages.
Les espaces verts bénéficient d'un statut juridique de protection autonome qui est différencié selon la qualité des biotopes inventoriés et la diversité des paysages.
Il sont systématiquement reportés dans le plan d'urbanisme de Berlin (FNP) avec une grande précision.

Pour les secteurs de la ville couverts par le LaPro (16 %), les services techniques contractualisent des mesures compensatoires de végétalisation dans les opérations d'aménagement (voiries, parkings, abords des immeubles), et introduire une dose de nature dans les programmes immobiliers (toiture terrasse végétalisée, cours-jardins, plantations d'arbres, promenades, jardins de pluie).

Pour cela, ils s'appuient sur des leviers fiscaux ayant fait leur preuve, comme le coefficient de biotope par surface.
Se côtoient ainsi un urbanisme réglementaire et un urbanisme opérationnel, négociés de gré à gré, qui encouragent et accélèrent le verdissement de la ville de Berlin grâce à un partenariat public privé efficace.

► Un système d'information géographique dédié aux espaces verts

En 2006, la ville de Berlin s'est doté d'un système d'information géographique (*Grünflächeninformations-system* - GRIS) qui permet d'inventorier et de géoréférencer les espaces verts à la parcelle sur un cadastre numérisé. Cet outil est complété par des bases de données en ligne sur les parcs et jardins, cimetières, arbres isolés, arbres de voirie, espaces publics (140 postes distincts).
Les principaux équipements et aménagements (fontaines, bancs, bâtiments, styles paysagers, typologie des clôtures) sont également recensés.
De même, le système permet d'établir des bilans et des suivis financiers des programmes d'investissement et des budgets d'entretien pour certains parcs et jardins publics.
Les données sont accessibles sur le site internet de la ville de Berlin. Un site intranet réunit une photothèque et une cartothèque fort utile pour les agents municipaux menant des études urbaines. Ce SIG facilite la transversalité des services et la coordination des actions grâce au partage des connaissances.

► Des voies vertes apaisées

Berlin compte mettre en place une vingtaine de voies vertes dont le cahier des charges de certification et le logo sont actuellement protégés.
Inscrites dans le stEP-Plan, le LaPro et les BEP, ces voies vertes sont destinées à renforcer les continuités écologiques et à augmenter l'offre de pistes cyclables.

ill. 18 : Le Mauer Park (Crédit Certu).

ill. 19 : La gestion différenciée des trottoirs et des pieds d'immeuble est acceptée par les habitants (Crédit Certu).

Elles visent à soutenir les modes doux de déplacements entre les parcs, les aires de loisirs, les quartiers d'habitation, les zones d'activités et à encourager les pratiques sportives et récréatives, les activités de détente et de découverte.
Dans la mesure du possible, elles assurent la desserte des pôles d'échanges multimodaux (établissements recevant du public, gares), les bureaux, les écoles, les centres commerciaux. Elles sont tracées à l'écart des rues animées et passagères, reprennent tout ou partie de la voirie existante.
Les voies vertes de Berlin sont des voies de circulation apaisées ouvertes à tous les moyens de locomotion non motorisés, tels les piétons, les cyclistes, les rollers, les personnes à mobilité réduite et même les cavaliers. Elles se distinguent des pistes cyclables par une meilleure prise en compte de la sécurité, de l'accessibilité et de leur intégration paysagère et écologique.
Le développement de voies vertes résulte d'un intérêt croissant des Berlinois pour les modes actifs de déplacements : 32 % des trajets sont réalisés à pied et en vélo. Associé à des préoccupations environnementales et de santé publique, cet essor est lié à la montée en puissance du vélo et de la marche qui sont une alternative à la prédominance des modes motorisés (passifs). Les voies vertes de Berlin prennent appui sur les rivières et les canaux, les lignes de chemin de fer, les rues arborées.
C'est à travers les arrières-cours privatives des immeubles et des bureaux que la ville tente, non sans mal, d'ouvrir des radiales et des pénétrantes vertes, de créer des venelles et des coursives, en profitant des révisions du FNP et de l'inscription de servitudes de passage pour développer cet ambitieux projet à l'échelle d'une métropole.

► Des formes végétales généreuses et naturelles

La ville de Berlin se caractérise par l'abondance d'une flore sauvage qui occupe les moindres recoins des sols non imperméabilisés : espaces verts d'accompagnement de la voirie, trottoirs mal jointoyés, pieds d'arbres, abords des immeubles d'habitation.

Les Berlinois acceptent et tolèrent la présence d'herbe folle dans le centre-ville. Contrairement aux villes françaises dont le rendu des espaces verts est souvent très soigné dans les quartiers historiques, Berlin choisit « de laisser la végétation potentielle s'exprimer là où elle l'entend », y compris dans le Tiergarten dont les trois quarts sont couverts par une futaie irrégulière garnie de taillis impénétrables.
L'introduction de la gestion différenciée, initiée par la puissante organisation socio-professionnelle des directeurs de parcs et jardins, dans les années 1980, n'a semble-t-il guère heurté la sensibilité des Berlinois habitués à côtoyer des friches urbaines et des délaissés champêtres. Le Naturpark Schöneberger Südgelände montre qu'il est possible de concevoir et d'entretenir des parcs publics très fréquentés selon une vocation naturelle affirmée.
Pour diminuer l'endettement de la ville, les budgets consacrés à l'entretien des espaces verts ont été fortement réduits ; la simplification des tâches se traduit par un arrêt des traitements phytosanitaires, un espacement des tontes, une baisse drastique de l'arrosage, une quasi-absence de jardinières hors sol, une sélection de plantes vivaces résistantes à toutes épreuves.
Résultats : la plupart des espaces verts ont des allures sauvageonnes, et en été, les pelouses ressemblent à des paillassons sans que les Berlinois s'en offusquent.
La déminéralisation des sols urbains en vue d'accroître l'infiltration des eaux pluviales à la parcelle produit des effets remarquables sur le plan paysager.

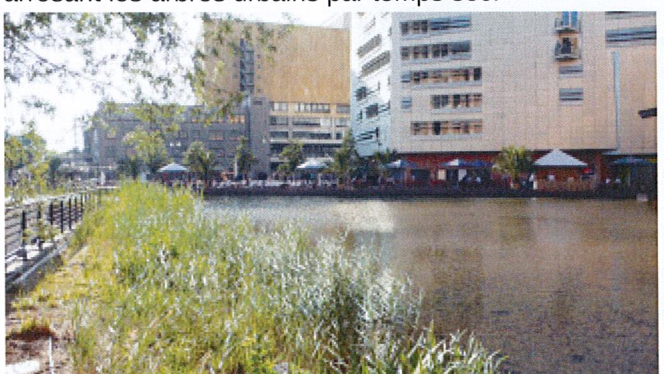
► Des espaces verts à vocation climatique

StEP-Plan, LaPro et Agenda 21 affichent des objectifs communs en faveur de l'environnement. Depuis les années 1990, la ville reconnaît le rôle bienfaiteur de

l'eau et du végétal dans la réduction des îlots de chaleur urbains. Ainsi, les espaces verts sont considérés comme des climatiseurs naturels, sans nuisance et sans émission de gaz à effet de serre.
En jouant sur les masses végétales, un espace vert est donc un équipement performant pour rafraîchir l'air ambiant grâce au phénomène d'évapotranspiration et à l'ombre portée des arbres créant des courants de convection.
Avec la fermeture de l'aéroport de Tempelhof en 2008, 386 hectares ont été libérés. Cet emplacement stratégique a été versé dans le plan climat territorial en qualité d'espace à fonction climatique dépolluante. Pour donner corps à ce projet ambitieux de compensation climatique, un concours international a été lancé pour la création d'un parc urbain assis sur la totalité de l'emprise foncière. L'équipe de paysagistes écossais Gross Max et l'agence d'architectes britanniques Sutherland Hussey Architects ont remporté ce concours en avril 2011.

► La biodiversité en toile de fond

Dès les années 1990, Berlin-Ouest a entrepris une cartographie de la biodiversité portant notamment sur les habitats précieux pour les espèces animales et végétales.
Aujourd'hui, Berlin dispose d'un inventaire de la faune et de la flore qui s'étoffe, régulièrement, par des recherches universitaires et associatives menées sur des sites naturels et biotopes remarquables (marais, tourbières, formations végétales originales, grottes).
Les biotopes identifiés en habitats précieux pour la biodiversité ont été intégrés dans le LaPro publié en 1994 dans la perspective de préserver les continuités écologiques (réservoirs de biodiversité) et de maintenir les capacités d'évolution des zones sous l'angle de leur taille critique et de leur trajectoire urbaine.
L'approche milieux est préférée par rapport à une approche espèces. L'accent est mis sur les biotopes prioritaires : les prairies humides et les ripisylves, Les rives des lacs, les terres en jachère et les prairies ouvertes, les cimetières, les lotissements de jardins familiaux, les friches industrielles. Les Berlinois s'impliquent dans cette politique de renforcement de la biodiversité en jardinant les pieds d'arbres et en arrosant les arbres urbains par temps sec.



Ill. 20 : Un jardin de pluie au coeur de la Potsdamer Platz (Crédit Certu).

► La concertation, une préoccupation permanente

La ville de Berlin a érigé la concertation locale comme un axe fort de son développement sur le long terme. La loi sur l'administration des quartiers de Berlin, votée en 2005, a renforcé les droits et devoirs des citoyens dans les domaines de la participation et la concertation.
À cet égard, le Sénat, coordinateur et chef de file des politiques publiques, est tenu d'informer la population sur les plans et projets importants, notamment en phase d'avant-projet, et de fournir des informations sur la situation financière de leur quartier. La consultation des citoyens est d'ailleurs nécessaire dans le processus d'instruction des dossiers.

L'inscription à l'Agenda 21 de Berlin de projets porteurs, tels que les cours-jardins de Berlin, les 20 voies vertes, la requalification de l'aéroport de Tempelhof en un parc urbain, relèvent d'initiatives citoyennes. Ainsi, la démarche de cours-jardins consiste à verdir les cœurs d'îlots ou à créer des jardins de quartier. Les habitants peuvent intervenir sur le plan-masse des cours-jardins, le choix des plantes, la construction de pergolas pour masquer les locaux poubelle, l'installation de terrains de jeux, les espaces de stationnement pour vélos, la déminéralisation des copropriétés immobilières pour améliorer l'infiltration des eaux pluviales à la parcelle.
Financé par le Sénat, cette politique dite de gris *out* et de vert *in* a permis de générer une centaine de projets dans l'arrondissement de Pankow et des serres dans celui de Friedrichshain-Kreuzberg.
Ce dialogue social permanent contribue à un ancrage progressif des principes de durabilité dans les actions quotidiennes des acteurs, entreprises, organismes, citoyens. Ces projets peuvent être utilisés comme autant de bonnes pratiques pour un transfert vers d'autres municipalités.

6. Conclusion

L'histoire a profondément marqué la ville de Berlin. Ce territoire meurtri a su pourtant se reconstruire en donnant une large place au végétal et à la nature en ville.
La présence de friches a sans doute influencé le regard des habitants vis-à-vis de la végétation spontanée en ville. Les berlinois acceptent la végétation sauvage et tolèrent sa présence dans les espaces publics, y compris dans les cimetières.
La ville de Berlin a su inventer des outils de planification évolutifs. Le LaPro permet ainsi par une approche paysagère, de réaliser un système d'espaces de nature, de biotopes, de parcs et jardins sous la forme d'une double ceinture verte reliée par une croix verte.
L'attention à l'histoire et à la géographie, la sensibilité au paysage ont été déterminants dans la forme et le développement de Berlin.

(...)

Le centre-ville verte de Berlin - CBS - Coefficient de Biotope par Surface

Situation

Une haute densité de constructions et de grandes nuisances environnementales caractérisent particulièrement le centre-ville. Les surfaces à usage intensif sont souvent gravement limitées dans leur fonction par :

- une forte imperméabilisation du sol,
- une alimentation insuffisante des nappes phréatiques due à l´écoulement rapide des précipitations dans les canalisations,
- le manque d´humidité atmosphérique et l´excès de réchauffement,
- un rétrécissement croissant de l´espace vital pour la faune et la flore faute d´espaces verts suffisants.

Les villes modernes nécessitent des idées neuves pour compenser les déficits en espace libre dans les zones à haute concentration urbaine et donc résorber les nuisances environnementales.

Domaine d'application

Le coefficient de biotope par surface (CBS) comporte les formes d'utilisation par vocation : logement, industrie (métier) et infrastructure. Il constitue une norme d'écologie minimale pour les projets de rénovation, restructuration et les bâtiments nouveaux. Il comprend tous les potentiels de verdure comme les cours, les toits, les murs et les murs mitoyens.

Enumération des coefficients de biotope par surface valables pour les différentes structures de construction et d'utilisation :

CBS-Projet		
Restructuration/ élargissement des bâtiments création de pièces nouvelles / extensions, augmentation de l'emprise au sol (DC)		**Constructions neuves**
DC	CBS	
Appartements (exclusivement pour y habiter et d'utilisation mixte des étages sans utilisation commerciale de l'espace libre)		
jusqu'à 0,37 0,38 à 0,49 à partir de 0,50	0,60 0,45 0,30	0,60

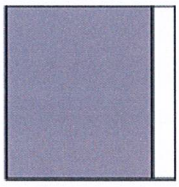
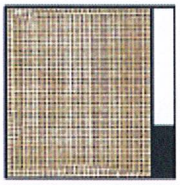
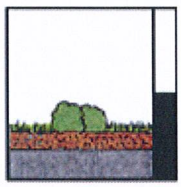
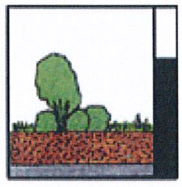
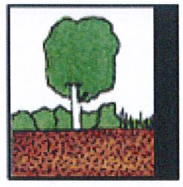
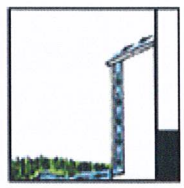
Utilisation industrielle et commerciale (la mixité d'utilisation commerciale avec l'utilisation de l'espace libre)		
	0,30	0,30
Utilisation des zones urbaines centrales (exploitation commerciale ainsi que les établissements centraux de l'économie, de l'administration et autres utilisations des zones urbaines centrales)		
	0,30	0,30
Installations d'intérêts (culturels et sociaux)		
jusqu'à 0,37 0,38 à 0,49 à partir de 0,50	0,60 0,45 0,30	0,60
Les écoles (différents types d'écoles publiques, écoles des métiers, centres scolaires et terrains de sports)		
	0,30	0,30
Jardins d'enfants		
jusqu'à 0,37 0,38 à 0,49 à partir de 0,50	0,60 0,45 0,30	0,60
Infrastructures Techniques		
	0,30	0,30

Calcul du CBS

Le coefficient de biotope par surface décrit la proportion entre toutes les surfaces favorables à la nature sur la parcelle et la surface totale de la parcelle.

$$\mathbf{CBS} = \frac{\textbf{Surfaces écoaménageables}}{\textbf{Surface de la parcelle}}$$

Les surfaces partielles d'une parcelle auront donné des coefficients dépendant de leur "valeur écologique".

Coefficient valeur écologique par m² de sorte de surface		Description des sortes de surface
	Surfaces imperméables **0,0**	Revêtement imperméable pour l'air et l'eau, sans végétation (par ex. béton, bitume, dallage avec une couche de mortier)
	Surfaces semi-perméables **0,3**	revêtement perméable pour l'air et l'eau, normalement pas de végétation (par ex. clinker, dallage mosaïque, dallage avec une couche de gravier/sable)
	Surfaces semi-ouvertes **0,5**	revêtement perméable pour l'air et l'eau, infiltration d'eau de pluie, avec végétation (par ex. dallage de bois, pierres de treillis de pelouse)
	Espaces verts sur dalle **0,5**	Espaces verts sur les dalles de rez-de-chaussée et garages souterrains avec une épaisseur de terre végétale jusqu'à 80 cm
	Espaces verts sur dalle **0,7**	Espaces verts sans corrélation en pleine terre avec une épaisseur de terre végétale au moins de 80 cm
	Espaces verts en pleine terre **1,0**	Continuité avec la terre naturelle, disponible au développement de la flore et de la faune
	Infiltration d'eau de pluie par m² de surface de toit **0,2**	Infiltration d'eau de pluie pour enrichir la nappe phréatique, infiltration dans des surfaces plantée

PLAN 1

« Fond de plan du projet » – INGECO – 2017

Le plan est à rendre avec la copie.

PLAN 1

« Fond de plan du projet » – INGECO – 2017

N

Le plan est à rendre avec la copie.