

# Solutions béton

La croissance verte	P. 2
Lutter contre les effets du changement climatique	P. 4
Économiser les ressources	P. 7
Préserver la biodiversité	P. 9
Densifier les villes	P. 12
Améliorer le cadre de vie	P. 15



## Les solutions béton au service de la **croissance verte**

La **filière béton contribue** à la démarche de transition vers un modèle de croissance verte, en offrant une gamme de produits et de solutions constructives locales, innovantes, adaptables, pérennes, recyclables et respectueuses de l'environnement.

Elle permet de relever les nouveaux défis de la construction, pour développer les territoires et densifier les villes, tout en luttant contre les effets du changement climatique, en améliorant le cadre de vie, en favorisant l'utilisation efficiente des ressources et en préservant la biodiversité, dans une logique d'économie circulaire et d'écologie industrielle territoriale.

Texte et photos : Patrick Guiraud

# La croissance verte

## UN CONSTAT ALARMANT

La population mondiale devrait atteindre 9 à 10 milliards d'habitants en 2050. Cette poussée démographique s'accompagnera, avec le développement des modes de vie et des besoins, d'une croissance des pressions sur l'environnement et de la consommation des ressources disponibles.

La période actuelle est marquée partout dans le monde par des processus interdépendants :

- une urbanisation et métropolisation planétaires amplifiées par la poussée démographique et les flux migratoires internationaux ;
- des changements environnementaux globaux dont le changement climatique ;
- un accroissement des pollutions de l'air, de l'eau et des sols ;
- la raréfaction des ressources naturelles et énergétiques ;
- un accroissement des consommations des ressources minérales, énergétiques, hydriques et alimentaires ;
- une mondialisation croissante des échanges (biens, personnes et flux immatériels) et une augmentation des flux matières et déchets ;
- une perte de biodiversité, une fragmentation et une dégradation des écosystèmes.

Le changement climatique, l'érosion de la biodiversité et la dégra-

dation des écosystèmes, phénomènes intimement liés, ont des effets qui s'accroissent à un rythme qui n'a jamais été observé par le passé et qui s'accélère. Ils mettent en péril l'activité économique et dégradent les services écosystémiques offerts par la biodiversité.

## UNE PRISE DE CONSCIENCE

La prise de conscience de l'importance de la biodiversité, de la nécessité de rétablir les continuités écologiques, de la finitude de la planète (les ressources de la planète sont limitées), de l'impact des activités humaines sur l'environnement et de l'interaction permanente entre le climat et la biodiversité est désormais unanime et partagée.

Le changement climatique et la biodiversité sont étroitement liés. Les modifications des températures et des précipitations impactent les espèces et les écosystèmes. La variation d'un paramètre climatique influe sur les métabolismes de la faune et de la flore. À l'inverse, la biodiversité a une influence sur le climat et peut réduire les effets du changement climatique.

La préservation de la biodiversité et des écosystèmes est donc tout aussi essentielle pour l'avenir de l'humanité que le climat. L'homme ne peut pas se passer de la biodi-

« Une politique de croissance verte consiste à favoriser la croissance économique et le développement tout en veillant à ce que les actifs naturels continuent à fournir les ressources et les services environnementaux sur lesquels repose notre bien-être. À cette fin, elle doit catalyser l'investissement et l'innovation qui élargiront une croissance durable et créeront de nouvelles opportunités économiques. »

Rapport de l'OCDE : vers une croissance verte

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques.

versité qui est un patrimoine naturel reçu en héritage.

Les politiques de lutte contre le changement climatique sont unanimement reconnues comme source de prospérité, de qualité de vie et de création d'emploi.

## UN NOUVEAU MODÈLE DE CROISSANCE

Pour apporter des solutions à la crise actuelle qui touche l'homme, sa planète et la biodiversité, il est impératif d'élaborer un nouveau modèle de croissance, qui intègre de manière globale les aspects économiques, environnementaux, sociaux.

La croissance et le respect de l'environnement ne sont pas incompatibles, chaque pays doit pouvoir poursuivre son développement économique et investir dans de nouvelles infrastructures tout en luttant contre le changement clima-

tique, et en s'adaptant à ses conséquences sans gaspiller les ressources communes, sans dégrader l'environnement et en préservant la biodiversité.

L'aménagement des territoires et le développement des espaces urbains, base de la croissance et du dynamisme économique des territoires, doivent donc désormais suivre cette logique de croissance respectueuse de l'environnement pour accompagner et réussir les transitions écologiques et économiques : **la croissance verte**.

La croissance verte nécessite de développer des infrastructures adaptées aux nouvelles technologies, aux attentes et besoins de la société, en phase avec la protection de la faune et de la flore dans les secteurs de l'énergie des transports, de l'eau et l'aménagement des territoires et des villes. Elle impose la recherche d'une

### Plan climat de la France

Le plan climat du gouvernement français renforce les actions de la France pour la projeter dans le monde de l'après-carbone avec une volonté d'en finir avec les énergies fossiles. Il vise un cap de neutralité à l'horizon 2050 et veut rendre irréversible la mise en œuvre de l'accord de Paris lors de la COP 21.

Les impacts du dérèglement climatique se multiplient, s'intensifient et deviennent une menace pour la prospérité, il est donc urgent de réduire les émissions de gaz à effet de serre avec pour objectif de maintenir le réchauffement climatique en-dessous de 1,5 à 2 °C.

Le plan climat vise donc aussi à contribuer à la protection des écosystèmes terrestres et marins, car avec tous les services qu'ils fournissent, ils jouent un rôle clé pour s'adapter au mieux aux conséquences du changement climatique.

### Objectifs de la politique énergétique de la France

La politique énergétique française a pour objectifs :

- de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre de 40 % entre 1990 et 2030 et de les diviser par 4 entre 1990 et 2050 ;
- de réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à 2012 avec un objectif intermédiaire de 20 % en 2030 ;
- de réduire la consommation énergétique primaire de 30 % en 2030 par rapport à 2012 ;
- de porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale brute d'énergie en 2030 ;
- de disposer d'un parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments sont rénovés en fonction des normes « bâtiment basse consommation » ou assimilées à l'horizon 2050.

plus grande efficacité dans l'utilisation des ressources naturelles, une réduction de la consommation d'énergie et l'allocation des ressources à des usages présentant une plus forte valeur. La croissance verte est l'art de continuer le développement économique tout en préservant nos ressources naturelles, en catalysant un compromis entre le Développement Durable et une progression économique. Elle permet de découpler performances économiques et émissions de gaz à effet de serre, croissance et épuisement des ressources.

## LA POLITIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE

La politique pour la croissance verte doit contribuer en particulier à :

- atténuer les effets du changement climatique, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, en développant des énergies renouvelables locales et en protégeant les personnes et les biens des aléas climatiques (inondations, canicules) ;
- restaurer les continuités écologiques et les interconnexions entre les écosystèmes ;

- préserver l'environnement et reconquérir la biodiversité ;
- valoriser le patrimoine naturel ;
- développer l'économie circulaire, économiser les ressources et valoriser les déchets ;
- favoriser un urbanisme durable et améliorer le cadre de vie et la santé des populations ;
- atténuer la vulnérabilité des aménagements face aux risques naturels et améliorer la résilience des infrastructures et des villes ;
- privilégier les solutions basées sur la nature qui nous offre des services vitaux indispensables.

La politique pour la croissance verte dans le domaine du Génie Civil se décline en 5 grands thèmes :

- **lutter contre les effets du changement climatique,**
- **économiser les ressources,**
- **préserver la biodiversité,**
- **densifier les villes,**
- **améliorer le cadre de vie.**

La filière béton offre de nombreuses solutions constructives pour relever le défi de la croissance verte, qui est l'économie de l'avenir. ■



## Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte

La loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) du 17 août 2015 définit la croissance verte comme « *un mode de développement économique respectueux de l'environnement, à la fois sobre et efficace en énergie et en consommation de ressources et de carbone, socialement inclusif, soutenant le potentiel d'innovation et garant de la compétitivité des entreprises* ».

La croissance verte permet « *de préserver la santé humaine et l'environnement en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre et contre les risques industriels, en réduisant l'exposition des citoyens à la pollution de l'air...* ».

Le texte de la loi est structuré en 8 parties.

TITRE I : définir des objectifs communs pour réussir la transition énergétique, renforcer l'indépendance énergétique et la compétitivité économique de la France, préserver la santé humaine et l'environnement et lutter contre le changement climatique.

TITRE II : mieux rénover les bâtiments pour économiser l'énergie, faire baisser les factures et créer des emplois.

TITRE III : développer les transports propres pour améliorer la qualité de l'air et protéger la santé.

TITRE IV : lutter contre les gaspillages et promouvoir l'économie circulaire de la conception des produits à leur recyclage.

TITRE V : favoriser les énergies renouvelables pour diversifier nos énergies et valoriser les ressources de nos territoires.

TITRE VI : favoriser la sûreté nucléaire et l'information des citoyens.

TITRE VII : simplifier et clarifier les procédures pour gagner en efficacité et en compétitivité.

TITRE VIII : donner aux citoyens, aux entreprises, aux territoires et à l'État le pouvoir d'agir ensemble.

La loi fixe des objectifs ambitieux en matière de réduction des gaz à effet de serre, d'efficacité énergétique, de développement d'énergies renouvelables et d'Économie Circulaire.

Elle va permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique, de mieux protéger la planète, d'améliorer la qualité de vie des Français, de stimuler l'innovation et de développer des filières d'avenir. Elle soutient une dynamique d'économie en énergie notamment dans les secteurs du bâtiment, des transports.

## Engagements pour la croissance verte de l'industrie cimentière

L'État français a initié depuis quelques années des « engagements pour la croissance verte ». Cette démarche vise à développer des partenariats et des coopérations public-privé entre l'État et des porteurs de projets innovants qui contribuent à la transition écologique, autour d'engagements volontaires réciproques.

Le Syndicat Français de l'Industrie Cimentière (SFIC) a signé début 2018 un engagement pour la croissance verte relatif à la valorisation des déchets de bois issus du bâtiment en cimenterie. Depuis plusieurs décennies, les cimentiers français s'appuient sur un modèle d'économie circulaire en privilégiant des circuits en boucles courtes, qui leur permettent à la fois de réduire les impacts sur l'environnement et d'optimiser les ressources. La signature de cet « engagement pour la croissance verte » va permettre aux cimentiers de poursuivre cette politique avec comme objectif : d'augmenter de 90 % la quantité de déchets de bois utilisés dans les processus de production du ciment à l'horizon 2020 par rapport à 2015.

Cet engagement permet une reconnaissance des actions de l'industrie cimentière en matière d'économie circulaire et d'emplois non délocalisables dans les territoires et favorise une vision partagée entre les industriels, le tissu économique territorial et l'État sur les enjeux de la valorisation des déchets en cimenterie.

# Lutter contre les effets du changement climatique

La lutte contre les effets du changement climatique s'impose depuis plusieurs décennies comme une priorité environnementale.

Les effets croissants des changements climatiques contribuent à l'érosion de la biodiversité, perturbent le rythme naturel d'adaptation des écosystèmes et augmentent les pressions sur les espèces et les habitats naturels.

L'imprévisibilité et l'intensité des événements climatiques vont s'accroître.

Le changement climatique aura donc sur les populations et les activités économiques des effets de plus en plus marqués tels qu'une augmentation du risque et de l'importance des inondations et le développement du phénomène d'îlot de Chaleur Urbain. La France

doit mettre en œuvre des solutions pour anticiper, réduire ou compenser les impacts inévitables liés aux effets du changement climatique, réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre, adapter les villes et les territoires aux effets des modifications climatiques pour protéger les biens et les populations et rendre les territoires et les villes plus résilients face aux risques de catastrophes naturelles, en limitant leur vulnérabilité.

Les solutions basées sur la nature qui favorisent la restauration de la biodiversité doivent être privilégiées car il est démontré que les territoires dotés d'une plus grande biodiversité sont plus résilients face aux effets du changement climatique.

Les solutions constructives en béton offrent des alternatives pour réaliser des ouvrages adaptés à la

## Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

La France s'est dotée d'un Plan National d'Adaptation au Changement Climatique qui a pour objectif de proposer des mesures concrètes et opérationnelles pour préparer la France à faire face et à tirer parti des nouvelles conditions climatiques. Il vise à limiter les impacts du changement climatique et les dommages associés sur les activités socio-économiques et sur la nature.

Le plan prévoit une adaptation dès le milieu du <sup>xxi</sup> siècle à un climat régional en France métropolitaine cohérent avec une hausse de température de + 1,5/2 °C au niveau mondial par rapport au <sup>xix</sup> siècle. Il préconise donc le développement d'énergies renouvelables pour décarbonater la production d'énergie. En matière d'adaptation et de préservation des milieux, le plan incite à « limiter l'imperméabilisation nouvelle des sols et aller vers une désimperméabilisation des sols pour notamment favoriser l'infiltration de l'eau, éviter une contamination en polluants des eaux de ruissellement et limiter les inondations ».

Sur l'aspect biodiversité, il favorise le développement des trames verte et bleue dont l'objectif est de préserver et restaurer les capacités de déplacement des espèces et de favoriser leurs capacités d'adaptation.

## Avis d'expert

**DOMINIQUE BIDOU**, ancien directeur au ministère de l'Environnement, consultant en Développement Durable

**Solutions béton : Comment le réchauffement climatique se manifeste-t-il ?**

**Dominique Bidou :** Je préfère *changement* ou *dérèglement*, plutôt que *réchauffement*, car le réchauffement global et en moyenne se traduit dans les faits par des évolutions contrastées dans le temps et dans l'espace. Sur le fond, ce sont les grands deltas dans le monde, touchés par la montée du niveau de la mer ; ce sont aussi les stations de sports d'hiver, qui devront se reconverter faute de neige : toutes les régions sont touchées. Les scientifiques ont traduit en langue ordinaire l'impact du changement et les acteurs économiques et

sociaux ont pu à leur tour le traduire en conséquences pour les activités et la vie quotidienne : la côte sableuse qui recule, le vignoble exposé à de fortes températures, le manque d'eau pour l'agriculture, les tempêtes plus fréquentes et plus violentes, etc.

Avec de notables variations locales, le changement climatique impactera toutes les régions, toutes les activités et notre vie quotidienne : apparition de nouvelles maladies ou de nouveaux virus, migrations « climatiques » qui lanceront des millions de personnes à la recherche d'un nouveau pays, biodiversité en forte régression, etc.

**S. B. : Pensez-vous que la prise de conscience soit suffisante ?**

**D. B. :** Le climat est une chose tellement « naturelle » que nous n'y pensons même pas, alors que notre vie est organisée en fonction d'un climat particulier. Quand le changement est lent, la nature et les activités humaines s'adaptent spontanément, mais le phénomène actuel est très rapide.

L'effet de serre a toujours existé autour de la planète et il dépend de la composition de la haute atmosphère. Le déstockage massif de combustibles fossiles a notamment provoqué une augmentation du taux de CO<sub>2</sub> telle qu'une évolution autrefois plurimillénaire se produit en quelques siècles. Nous voici

aujourd'hui parvenus au stade critique où le changement se voit : il ne concerne pas uniquement les générations futures, nos enfants et petits-enfants seront directement impactés.

**S. B. : Comment voyez-vous l'avenir ?**

**D. B. :** Le changement est en route, mais il est encore possible de l'atténuer et de limiter ses conséquences. C'est un défi auquel l'humanité est confrontée et qui doit orienter le « progrès » au sens du <sup>xxi</sup> siècle. Un défi source d'opportunités : le coût du changement climatique est au moins 5 fois supérieur à l'investissement nécessaire pour le réduire.

[www.dictionnaire-du-developpement-durable.fr](http://www.dictionnaire-du-developpement-durable.fr)

lutte contre les effets du changement climatique dans trois principaux thèmes :

- développer des sources d'énergies renouvelables pour décarbonater la production d'énergie ;
- lutter contre les Îlots de Chaleur Urbains ;
- gérer les eaux pluviales et maîtriser les risques d'inondation.

## DÉVELOPPER DES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR DÉCARBONATER LA PRODUCTION D'ÉNERGIE

Les énergies renouvelables sont multiples, elles sont issues de phénomènes naturels : soleil, magma terrestre, vent, forces de gravitation, biomasse, océans. Elles sont en pleine expansion, portées par une double pression : l'épuisement programmé des ressources en énergies fossiles et la mobilisation contre le changement climatique.

Elles permettent de valoriser des sources locales et décentralisées d'énergie pour répondre de manière durable à de nombreux besoins en termes d'électricité, de chauffage ou de transport (biocarburant).

Elles répondent à des enjeux majeurs dont la réduction des Gaz à Effet de Serre, la satisfaction des engagements environnementaux internationaux, la diminution de la dépendance de la France aux énergies fossiles, le rééquilibrage des modes de production (mix énergétique), la protection de l'environnement et la préservation de la biodiversité et des écosystèmes.

Le développement des énergies renouvelables participe à la logique de la transition énergétique qui correspond au passage d'une société fondée sur la consommation abondante d'énergies fossiles à une société plus sobre et plus écologique.

Les propriétés et les performances des bétons permettent la construction des ouvrages de production d'énergies renouvelables au service de l'aménagement durable des territoires.

### La méthanisation

Le biogaz est issu de la digestion anaérobie de matières organiques par des bactéries dans un réacteur. Utilisé pour produire soit de la chaleur par combustion, soit de l'électricité et de la chaleur par cogénération, il peut également être raffiné pour être injecté dans le réseau de gaz naturel ou transformé en carburant. Le digestat, résidu riche en azote, est valorisé sous forme de matière fertilisante.

Les gisements de déchets fermentescibles sont multiples : résidus agricoles, déchets végétaux des agro-industries, boues issues des stations de traitement des eaux usées, biodéchets ménagers...

La méthanisation remplit ainsi un double objectif, valorisation des déchets organiques et production d'énergie renouvelable.

### Les barrages

Les barrages sont des ouvrages réalisés au travers d'une rivière ou d'une vallée qui permettent de stocker de l'eau. Cette eau, emmagasinée par l'ouvrage, peut ensuite être utilisée pour la production d'énergie hydroélectrique.

### Les fondations énergétiques

Le principe des fondations énergétiques consiste à les équiper avec des tubes géothermiques, qui vont permettre d'extraire la chaleur du sous-sol en hiver et la fraîcheur en été (température quasi constante du sol : 10 à 15 °C).

Les tubes géothermiques, fixés aux cages d'armatures de la fondation et traversés par un fluide caloporteur, sont reliés à une Pompe à Chaleur (PAC) réversible, ce qui permet de couvrir tout ou partie des besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de climatisation des ouvrages.

### La valorisation des eaux usées

Il est possible de récupérer et valoriser la chaleur des eaux usées provenant d'usages domestiques (douches, baignoires, lave-linge, lave-vaisselle...) ou industriels, pour chauffer ou climatiser des bâtiments.

Des échangeurs thermiques installés en partie inférieure des canalisations en béton du réseau d'assainissement récupèrent les calories des eaux usées et les transfèrent via un fluide caloporteur, qui circule en boucle fermée, jusqu'à la pompe à chaleur qui restitue l'énergie en produisant de l'eau chaude.

Cette solution réversible offre la possibilité de climatiser les bâtiments en période de chaleur. Ce procédé permet donc de capter et valoriser le potentiel énergétique des eaux usées, source d'énergie locale et renouvelable, sans modifier le fonctionnement du système d'assainissement.

## LUTTER CONTRE LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

L'effet d'îlot de Chaleur Urbain (ICU) est un phénomène physique climatique qui amplifie les effets du changement climatique en zone urbaine. Il se caractérise par une élévation localisée de température de l'air observée entre les milieux urbains et les zones périphériques (entre 3 °C et 10 °C) et par une diminution de l'amplitude thermique entre le jour et la nuit.

Il est la conséquence principale de :

- des apports de chaleur naturels et anthropiques : activités humaines et industrielles, circulation automobile, transport, consommation énergétique des bâtiments (climatisation en été, chauffage en hiver) ;
- des conditions climatiques et météorologiques locales ;
- de la morphologie et la topographie de l'espace urbain et du mode d'urbanisation : géométrie et espacement des bâtiments ;
- des matériaux constituant les bâtiments et les espaces publics qui absorbent la chaleur le jour et la restituent la nuit ;
- de la minéralisation de l'espace urbain (impermeabilisation des sols) et du déficit de végétal en ville (limitant les possibilités d'évapotranspiration).

Il est plus important quand la chaleur accumulée dans les surfaces urbaines pendant la journée est

relâchée la nuit dans l'atmosphère. Il est donc plus important la nuit (effet maximum quelques heures après le coucher du soleil) que le jour et l'été que l'hiver (apports de chaleur naturelle plus importants l'été).

Les Îlots de Chaleur Urbains ont des impacts néfastes sur l'environnement et sur la santé des citadins, l'été en particulier en matière de confort thermique, de qualité de l'air et de risques sanitaires.

Plusieurs solutions constructives à base de béton permettent de maîtriser les effets d'îlots de Chaleur Urbains.

### Les revêtements perméables

La présence de l'eau en ville est une solution efficace pour rafraîchir l'atmosphère et donc réduire le phénomène d'îlots de Chaleur Urbains : l'eau atténue les fluctuations de température, baisse la température ambiante et agit par évapotranspiration sur l'ambiance microclimatique locale.

La réalisation de revêtements perméables permet de réintroduire l'eau en ville et de recréer le cycle naturel de l'eau, source de rafraîchissement.

De nombreux revêtements perméables sont réalisables à base de béton prêt à l'emploi ou de produits préfabriqués en béton : béton drainant, pavés poreux, pavés à joints larges, pavés à ouverture de drainage, dalles gazon...

### Les revêtements à albédo élevé

L'albédo ou indice de réflexion d'une surface correspond à la quantité de rayonnement solaire qu'elle réfléchit. La valeur de l'albédo s'exprime entre 0 % et 100 % (pourcentage du rayonnement réfléchi par rapport à la quantité reçue).

Les rayons solaires sont réfléchis par les surfaces claires et absorbés par les surfaces foncées. Une surface parfaitement blanche et lisse renvoie tout le rayonnement solaire (albédo 100 %).

Une surface noire absorbe les rayonnements (albédo 0 %).

Les revêtements en béton se caractérisent grâce à leur clarté par un albédo élevé.

### La végétalisation des espaces urbains

La végétalisation des espaces urbains (toitures et murs végétalisés...) permet :

- de stabiliser la température de l'air par rétention d'eau dans les feuilles et par évapotranspiration ;
- d'atténuer les effets du piégeage du rayonnement solaire dans les matériaux ;
- d'apporter de l'ombre ;
- de rafraîchir naturellement l'air ambiant extérieur ;
- de réguler les phénomènes de déséquilibre thermique : baisse de la température et augmentation du taux d'humidité.

### GÉRER LES EAUX PLUVIALES ET MAÎTRISER LES RISQUES D'INONDATION

#### Des risques d'inondation croissants

L'urbanisation croissante, la modification et l'intensification des événements pluvieux générés par les effets du changement climatique font de la préservation de la ressource en eau, la maîtrise du risque d'inondation et la protection du milieu naturel des enjeux fondamentaux pour les collectivités.

La multiplication des aménagements urbains, la densification des villes, la réduction des espaces naturels ont conduit progressivement à une forte imperméabilisation des sols.

Cette imperméabilisation croissante limite les possibilités d'infiltration, accentue la concentration en polluants des eaux pluviales, augmente les débits de pointe à évacuer par les réseaux d'assainissement. Il en résulte une saturation des réseaux, générant des inondations et des déversements dans le milieu naturel, des pollutions des milieux récepteurs et un dysfonctionnement des stations de traitement.

#### Gérer les eaux pluviales à la parcelle

En matière de gestion des eaux pluviales, les acteurs de l'aménagement du territoire doivent relever de nouveaux défis majeurs im-

sés par la pression des citoyens, de plus en plus sensibles à la qualité de l'eau et aux dégâts causés par les inondations. Ils doivent repenser leur stratégie de gestion des eaux pluviales et mettre en œuvre de nouvelles solutions innovantes.

Pour lutter contre les risques d'inondation et leurs conséquences, la maîtrise des eaux pluviales vise aujourd'hui à privilégier une gestion de proximité qui se traduit par quelques principes fondamentaux :

- gérer l'eau de pluie le plus près du point où elle touche le sol : gestion à la source ou à la parcelle ;
- limiter le ruissellement des eaux pluviales (flux, vitesse, volume, distance parcourue), maîtriser les pics de pluviométrie et diminuer la quantité d'eau rejetée au réseau ;
- réduire les surfaces imperméabilisées ou compenser les effets de l'imperméabilisation : végétalisation des espaces, revêtements perméables ;
- favoriser l'infiltration naturelle *in situ* : puits d'infiltration en béton ;
- développer le végétal dans le cycle de l'eau afin de favoriser l'évaporation de l'eau et l'évapotranspiration par la végétation : toitures-terrasses végétalisées ;
- stocker temporairement les eaux pluviales pour écrêter les flux ;
- valoriser l'eau pour la vie urbaine en l'intégrant dans les aménagements paysagers.

#### Créer une « ville éponge »

L'enjeu consiste donc à restituer les eaux pluviales au milieu naturel et à rééquilibrer le cycle de l'eau par infiltration ou par stockage temporaire et restitution à débit maîtrisé. L'infiltration permet de restituer les eaux pluviales au milieu naturel au plus près de l'endroit où elles tombent (si les caractéristiques du sol le permettent) et recharger très simplement les nappes phréatiques. Des surfaces perméables obtenues avec des bétons drainants, des pavés drainants ou poreux, des dalles drainantes, des pavés à joints larges, des pavés à ouverture de drainage, des dalles gazon offrent des performances très intéressantes pour favoriser l'infiltration sur

### La carbonatation : un phénomène naturel pour piéger le CO<sub>2</sub> dans le béton

Les bétons sont soumis en contact avec l'air à un phénomène naturel de carbonatation. Le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère pénètre dans le béton, réagit avec les produits résultant de l'hydratation du ciment et produit du calcaire.

La carbonatation se traduit donc par un piégeage du CO<sub>2</sub> pendant l'ensemble du cycle de vie du matériau.

Durant la durée d'utilisation de l'ouvrage, le béton piège ainsi du dioxyde de carbone à hauteur de 10 à 15 % de la quantité émise lors de la décarbonatation du calcaire nécessaire à la fabrication du clinker.

À la fin de vie de l'ouvrage, la carbonatation peut aussi être exploitée pour fixer du CO<sub>2</sub> dans la pâte de ciment durcie enrobant les granulats concassés issus de la déconstruction d'ouvrages en béton et stockés à l'air libre.

Il est alors possible de capter jusqu'à 50 % de CO<sub>2</sub> supplémentaire. Par ailleurs, cette carbonatation est particulièrement favorable à une amélioration de la qualité des granulats recyclés facilitant ainsi leur valorisation.

Il en résulte un bilan environnemental du ciment beaucoup plus faible que ce que l'on pourrait imaginer.

### Structures réservoirs en béton

Les structures réservoirs ont trois fonctions essentielles :

- recueillir les eaux de ruissellement au plus près du lieu de précipitation, soit en absorbant les eaux par un revêtement de surface perméable, soit par une collecte localisée et une injection dans la structure des eaux qui ruissellent sur le revêtement perméable ;
- stocker de manière temporaire les eaux au sein de structures composées de matériaux poreux ou à fort indice de vides ;
- restituer les eaux au milieu extérieur de façon différée par infiltration directe dans le sol, ou vers un réseau d'assainissement à un débit régulé et maîtrisé compatible avec sa capacité d'évacuation.

Les structures réservoirs permettent, en stockant provisoirement les eaux pluviales, d'écrêter les phénomènes pluvieux, de réguler les eaux pluviales et de se rapprocher le plus possible du cycle naturel de l'eau.

des trottoirs, des cheminements piétonniers, des pistes cyclables, des parkings, des places, des voiries... Les eaux pluviales peuvent aussi être stockées temporairement dans des ouvrages spécifiques (structures réservoirs) puis évacuées dans le réseau d'assainissement collectif à faible débit ou restituées au milieu naturel pour recharger les nappes phréatiques. Les solutions constructives en béton jouent ainsi un rôle déterminant pour maîtriser les risques d'inondation et rétablir le cycle naturel de l'eau. ■



# Économiser les ressources

La préservation et la gestion efficaces des ressources et le développement d'énergies renouvelables constituent des objectifs fondamentaux de la politique en faveur de la croissance verte dans une logique d'économie circulaire.

L'économie circulaire appliquée à l'aménagement des territoires ouvre des perspectives d'avenir en visant une utilisation efficace et une préservation des ressources.

Trois types de ressources fondamentales sont concernés par cette logique de préservation : les granulats (valoriser les bétons de démolition), l'eau (économiser l'eau) et les énergies fossiles (développer des énergies renouvelables pour décarbonater la production d'énergie, voir page 5).

## VALORISER LES BÉTONS DE DÉMOLITION

Le souci de gestion optimale des réserves naturelles de granulats motive le développement du recyclage des matériaux issus de la déconstruction sélective de bâtiments ou de superstructures. Ces matériaux sont valorisés, après traitement (concassage, criblage, tri

complémentaire...), actuellement majoritairement en applications routières (couches de forme, couches d'assises de chaussées, bétons de fondation...).

Il convient désormais d'être plus vertueux dans cette logique de valorisation et d'utiliser des granulats recyclés pour produire des bétons destinés à la réalisation d'infrastructures et de bâtiments.

### La norme béton NF EN 206/CN

La norme NF EN 206/CN autorise l'utilisation de granulats recyclés issus de la déconstruction pour la formulation des bétons en précisant les conditions et les limites d'utilisation (article NA.5.1.3 Granulats).

Les granulats recyclés doivent être obtenus par traitement de matériaux minéraux auparavant utilisés en construction et être conformes aux normes relatives aux granulats.

La norme définit 3 types de granulats recyclés à partir de leurs caractéristiques et précise pour chaque type de granulat recyclé le taux de substitution de granulats naturels maximum autorisé en fonction de la classe d'exposition à laquelle est soumis le béton.

**Nota :** le taux de substitution peut aller jusqu'à 60 % pour des bétons soumis à la classe d'exposition X0 avec des granulats de type 1. Il est globalement de l'ordre de 15 à 20 %.

### Le Projet National Recybéton

La filière béton est fortement mobilisée au sein du Projet National de recherche et développement « Recybéton » qui a pour objectifs de parvenir au recyclage complet des matériaux issus des bétons de déconstruction et de permettre la réalisation d'ouvrages encore plus vertueux (voir Avis d'expert).

## Politique nationale de prévention des déchets

La politique nationale de prévention et de gestion des déchets a pour objectif de réduire les quantités de déchets d'activités économiques et en particulier de valoriser sous forme de matière 70 % des déchets du secteur du bâtiment et des Travaux Publics en 2020.

## Avis d'expert

WILFRIED PILLARD, Directeur Technique de EGF-BTP

### Le Projet National Recybéton, pour la promotion du recyclage des granulats dans le béton

**Solutions béton :** *Qu'est-ce que le projet national Recybéton ?*

**Wilfried Pillard :** Le PN Recybéton, lancé en 2012, est un projet national collaboratif labellisé qui a mobilisé l'ensemble des acteurs de la filière, et dont la coordination est assurée par l'IRES. Il part du constat que nous produisons environ 260 millions de tonnes de déchets issus du BTP et que nous utilisons une part infime de granulats recyclés, environ 10 %. Les Pays-Bas, la Suisse ou le Japon font beaucoup mieux que nous !

**S. B. :** *Quelles en sont les raisons ?*

**W. P. :** Principalement parce que nous avons la chance en France de disposer de ressources naturelles *a contrario* de pays

comme les Pays-Bas, ce qui les a poussés à explorer la réutilisation et le recyclage de matériaux issus de la déconstruction. Mais il est temps de comprendre que non seulement la ressource n'est pas limitée, mais que le recyclage s'inscrit dans une démarche globale d'économie circulaire que nous devons promouvoir.

**S. B. :** *Mais la filière de déconstruction est-elle suffisamment structurée pour faire face aux demandes ?*

**W. P. :** Elle doit se structurer dès la phase de déconstruction des bâtiments : trop souvent, ils sont « déchetés », sans différenciation de matériaux. Cela peut avoir une répercussion sur la qualité du granulat recyclé qui est produit, et par

conséquent sur son utilisation future. Il est donc indispensable de fiabiliser cette étape, pour une assurance de la qualité du produit dans ses performances, incluant surtout les aspects de variabilité et sa traçabilité. Cela est indispensable tant pour leur emploi dans le bâtiment que dans le Génie Civil.

**S. B. :** *Quelles sont les étapes pour s'assurer de l'homogénéité ?*

**W. P. :** Il y a un groupe de travail qui s'intéresse à la valorisation du projet au travers des évolutions normatives, en particulier la norme NF EN 206/CN et l'Eurocode 2. Si l'utilisation actuelle est prudentielle, l'objectif est d'aller plus loin dès lors que l'on aura identifié la manière de prendre

en compte le taux de recyclés dans les caractéristiques des bétons, à qualité équivalente, bien entendu !

**S. B. :** *Quels sont les objectifs du PN Recybéton ?*

**W. P. :** Il y a plusieurs millions de tonnes de déchets de béton à revaloriser. Plutôt que de recourir à la mise en décharge, une approche plus globale permettra de privilégier les circuits courts et la rationalisation des ressources. Au-delà des aspects purement techniques, il faut aussi convaincre les maîtres d'ouvrage de s'y intéresser par des mesures incitatives. Les travaux du Grand Paris Express et des JO 2024 sont une belle opportunité !

L'augmentation significative du taux d'incorporation des granulats recyclés dans les bétons participe à la préservation des gisements naturels de granulats.

Le patrimoine d'ouvrages constitue donc un gisement potentiel important de granulats qui sera exploitable au gré des déconstructions, pour construire notre avenir.

## ÉCONOMISER L'EAU

Bien qu'abondante en France, l'eau est une ressource précieuse qu'il convient de préserver pour les générations à venir. Elle est indispensable à notre vie et à notre économie, mais les multiples interventions humaines mettent petit à petit cette ressource naturelle en péril.

La préservation et la gestion de la ressource en eau sont donc devenues des grands enjeux en matière de Développement Durable.

En réponse à ces enjeux, des solutions responsables se développent depuis plusieurs années, pour rationaliser la consommation d'eau en évitant en particulier le recours systématique à l'eau potable pour des usages qui n'exigent pas cette qualité.

Parmi ces solutions, la récupération et la valorisation de l'eau de pluie suscitent un intérêt croissant de la part des particuliers. Elle correspond à une démarche écocitoyenne qui permet de préserver quantitativement la ressource en eau et de privilégier son cycle naturel.

La réglementation précise les domaines d'utilisation autorisés de l'eau de pluie récupérée chez les particuliers (usages intérieurs : chasse d'eau, lavage des sols, lave-linge et usages extérieurs : lavage des sols, lavage des voitures, arrosage des jardins).

Le dispositif de récupération et d'utilisation de l'eau de pluie peut aussi contribuer à la maîtrise du ruissellement des eaux pluviales et donc à la lutte contre les risques d'inondation. Tout au long du cycle de l'eau, le béton offre des solutions pertinentes, adaptées et éprouvées grâce à sa résistance mécanique, sa durabilité et ses vertus bactériologiques. Pour stocker l'eau de pluie chez les particuliers, l'offre comprend des cuves de stockage d'eau de diverses capacités. ■

## La filière béton : un modèle d'économie circulaire

La filière béton, organisée au plus près des ressources et des besoins, s'inscrit pleinement, depuis de nombreuses années, dans une logique d'Économie Circulaire : depuis la carrière qui valorise toute sa production jusqu'au matériau béton qui se recycle indéfiniment, en passant par l'industrie cimentière qui valorise les déchets d'autres industries comme combustibles (valorisation énergétique) ou ressources alternatives (valorisation matière).

La filière est d'autant plus intégrée dans l'économie circulaire qu'elle est ancrée dans une dimension géographique locale et fait appel à des boucles économiques courtes qui réduisent les impacts liés aux transports des matériaux.

Elle développe des solutions constructives innovantes, pérennes, adaptables, recyclables et respectueuses des milieux naturels, qui favorisent la production locale des matériaux de construction afin de valoriser les ressources du territoire et qui contribuent à la préservation de la biodiversité.

Elle participe à la construction de l'habitat et des infrastructures de mobilité : logements, écoles, hôpitaux, structures de loisirs et sportives, réseaux d'assainissement, ponts, voiries, transports en commun, espaces souterrains... en optimisant de façon rationnelle et économe les ressources naturelles.

Elle accompagne la croissance économique du territoire et l'aménagement du cadre de vie dans le respect des hommes et de l'environnement.

## L'économie circulaire

La France s'est fixée, avec la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte, des objectifs ambitieux en particulier pour mettre en place la transition vers une économie circulaire.

Le modèle linéaire : extraire, produire, consommer, jeter, le système économique traditionnel a atteint ses limites. Il n'est plus capable d'apporter des réponses efficaces face aux impacts humains, environnementaux et sanitaires qu'il génère.

L'Économie Circulaire propose une alternative basée sur l'optimisation de l'utilisation des ressources et le bouclage des flux de matières, d'énergies d'eaux et de déchets en s'inspirant des écosystèmes naturels. Son fonctionnement en circuits fermés permet de développer des écosystèmes territoriaux sobres, efficaces et durables. Au niveau de chaque territoire, il s'agit de passer d'un métabolisme linéaire à un métabolisme circulaire favorisant en particulier le recyclage et les boucles courtes.

L'Économie Circulaire va permettre de diminuer le prélèvement des ressources naturelles, de réduire la production de déchets et la consommation d'énergie, de lutter contre les effets du changement climatique, de faire entrer les usages de l'eau et de l'énergie dans des boucles vertueuses et d'enrayer l'érosion de la biodiversité.

Elle va permettre de passer d'une économie de production et de consommation de masse à une économie sobre en ressources, décarbonatée et économe et d'une société du jetable à une société du durable, d'une économie de l'abondance à une société de la rareté et de la sobriété.

L'Économie Circulaire, c'est faire plus avec moins et développer des boucles vertueuses : plus rien n'est déchet, tout est ressource. C'est une dynamique de croissance plus respectueuse des milieux naturels et qui répond aux enjeux de la transition écologique, diminue les impacts sur l'environnement, tout en favorisant le bien-être des hommes.

L'économie circulaire s'appuie sur 7 démarches opérationnelles :

■ **l'écoconception** : intégrer les aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits, prendre en compte et minimiser les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie des produits ;

■ **l'écologie industrielle et territoriale ou symbiose industrielle** : mettre en place un mode d'organisation industrielle sur un même territoire caractérisé par une gestion optimisée et mutualisée des stocks et des flux de matières, de l'énergie et des services et des relations sociales entre les acteurs qui génèrent ces flux ;

■ **l'économie de la fonctionnalité** : privilégier l'usage à la possession, vendre un service plutôt qu'un bien, limiter la production de biens en repensant l'usage des produits et des services associés ;

■ **le réemploi** : remettre dans le circuit économique des produits qui ne correspondent plus aux besoins premiers du consommateur ;

■ **la réutilisation** : réutiliser certains déchets ou certaines parties du déchet encore en état de fonctionnement dans l'élaboration de nouveaux produits ;

■ **la réparation** : trouver une seconde vie aux biens en panne ;

■ **le recyclage** : réutiliser les matières issues des déchets et les réintroduire dans les cycles de production.



# Préserver la biodiversité

## LA BIODIVERSITÉ : NOTRE RICHESSE NATURELLE

### Une perte de biodiversité

Depuis la nuit des temps, l'action de l'homme a modifié son environnement. Outre l'exploitation de la terre par l'agriculture et la forêt, le développement des villes et des villages et la création de grands équipements, l'artificialisation de l'espace et son morcellement consécutif à la création d'ouvrages linéaires ont profondément affecté la biodiversité. L'espèce humaine domine en fait l'ensemble des écosystèmes de la planète, soit directement en l'exploitant à son seul profit, soit indirectement par ses impacts.

Les inventaires écologiques révèlent un déclin et une érosion accélérés de la biodiversité depuis plusieurs décennies, une dégradation des milieux naturels, un détournement

des sols de leur vocation première (l'agriculture), une dégradation des services écosystémiques offerts par la nature, une destruction des continuités écologiques, une fragilisation des écosystèmes due à la fragmentation des habitats.

L'aménagement du territoire et des villes impacte le fonctionnement des interactions écologiques. Les ruptures qu'il crée fragmentent les espaces naturels et perturbent les déplacements des espèces.

### Un défi à relever

Le système climatique est un réseau complexe d'interactions entre l'atmosphère, les océans, les sols et la végétation. Biodiversité et climat agissent l'un sur l'autre et, comme pour le climat, il existe aujourd'hui un consensus scientifique sur la réalité de la perte de biodiversité

et sur son origine anthropique. L'enjeu biodiversité est reconnu aussi important pour l'avenir que l'enjeu climatique.

La préservation et la restauration de la biodiversité constituent donc désormais un enjeu sociétal majeur. Il convient d'adopter aujourd'hui une attitude offensive de création de richesse biologique et de profiter des projets de planification urbaine et de l'aménagement du territoire pour dessiner un maillage écologique.

Une politique d'aménagement du territoire qui réponde aux besoins de la société moderne en logement, en équipements et en infrastructures notamment, et qui soit respectueuse de la biodiversité, devient ainsi une nécessité absolue.

Par la nature des ouvrages auxquels il apporte ses qualités de solidité, de

stabilité, de résistance, d'adaptabilité aux exigences et de souplesse de mise en œuvre, mais aussi du fait de son origine minérale et de sa neutralité, le béton contribue à la logique de progrès, qui vise à restaurer, préserver et développer la biodiversité. Il a tous les arguments pour relever le défi de la transition écologique.

Les solutions constructives en béton permettent de rétablir les continuités écologiques, restaurer les écosystèmes et limiter l'empreinte environnementale des infrastructures.

### Notions de biodiversité

Le terme biodiversité est un néologisme inventé à partir de 2 mots : biologie et diversité (en 1985 par Walter G. Rosen, « Biodiversity »). La biodiversité correspond donc à la diversité biologique.

## Avis d'expert

**PATRICE VALANTIN**, *Président de l'Union Professionnelle du Génie Écologique (UPGE) et gérant de Reizhan.*  
*Il défend une approche globale de notre rapport à l'espace, à l'urbanisme et à la construction.*

**Solutions béton : Quelle analyse faites-vous de la situation écologique aujourd'hui ?**

**Patrice Valantin :** Nous assistons à une transition assez brutale de la société que nous connaissons, transition technologique, transition de nos comportements, transition climatique...

Tout cela entraîne de grandes incertitudes, des questionnements de fond, sur nos sociétés et nos organisations. Il est donc important d'accompagner ces grandes évolutions, tout en respectant la vie, la diversité et les relations ou interactions que nous entretenons.

Ainsi, nos actions, l'organisation de la société, la vision de notre environnement et l'urbanisme doivent

être compatibles avec les écosystèmes.

**S. B. :** *Quelle peut être le rôle des entreprises dans l'accompagnement de la transition dont vous parlez ?*

**P. V. :** La place et le rôle des entreprises sont essentiels, car nous ne devons pas tout attendre du politique. Les entreprises doivent agir et initier des actions. Avant tout, il faut une vision globale, et non pas des visions cloisonnées, isolées chacune dans son propre domaine ou champ d'action. Les entreprises ont l'habitude d'innover dans leur domaine propre, mais pour accompagner cette transition écologique, je pense qu'elles sont capables d'inventer des modèles, d'intégrer de nouveaux paradigmes, de parler les unes avec les autres et de rompre leur

isolement. Les changements auxquels nous assistons concernent les relations humaines, les relations à la nature.

**S. B. :** *Par ses grands aménagements, je pense aux LGV, l'homme a un impact direct sur la nature... est-il possible de limiter cet impact et comment faire ?*

**P. V. :** Nous prenons en compte depuis plusieurs années les impacts des grands aménagements sur le milieu naturel, mais cela ressemble davantage à des « rustines » : nous faisons de la compensation au lieu de faire de la préservation de la biodiversité ! Il faut développer une vision systémique, beaucoup plus en amont des projets, et élargir ce procédé à des projets plus courants.

Il y a donc de nouveaux modèles, de nouveaux schémas à mettre en place. Quant aux matériaux utilisés, le béton, souvent décrié, il présente un intérêt, notamment de par sa grande plasticité ; c'est un matériau assez facile à travailler, permettant de concevoir les aménagements très adaptés, capables, par exemple, d'accueillir la faune et la flore et de cibler certaines espèces.

Je crois qu'il faut avant tout repenser notre façon de construire et d'utiliser l'espace, concevoir les centres urbains pour favoriser les échanges entre les espèces, en intégrant les deux aspects social et environnemental, qui sont indissociables de la vie des territoires.

Elle couvre la diversité et la variabilité de toutes les formes de vie (bactéries, micro-organismes, champignons, végétaux, animaux...), des espèces et des écosystèmes (terrestres, marins, aquatiques) qui peuplent la terre et toutes les relations et les interactions entre les êtres vivants eux-mêmes et leurs milieux de vie.

Elle englobe les « espèces menacées et protégées » et les « espèces ordinaires ».

Tissu vivant de la planète, elle concerne autant la richesse des espèces que le fonctionnement des écosystèmes.

Les principaux facteurs de perte de biodiversité sont parfaitement identifiés : réduction et fragmentation des habitats naturels, surexploitation des ressources naturelles, pollution de l'air, des eaux et des sols, croissance de l'urbanisation, développement des infrastructures et effets du changement climatique.

La diversité biologique fait partie du patrimoine commun de la nation, elle génère des services écosystémiques qui peuvent réduire les conséquences du changement climatique et être source de bien-être et de résilience.

### Les enjeux de la biodiversité

La biodiversité est une richesse naturelle qui doit être préservée en mettant en œuvre une véritable approche systémique de l'aménagement des territoires en symbiose avec la nature.

Il convient de viser une meilleure conservation des habitats favorables et riches en espèces, d'améliorer les déplacements des espèces et de restaurer et sauvegarder la richesse de la biodiversité.

### Les services écosystémiques offerts par la biodiversité

La biodiversité fournit des services écosystémiques (approvisionnement, régulation, support...) indispensables au bien-être de l'homme et au développement économique, social et culturel de nos sociétés et participe à la régulation des équilibres de la planète et à l'atténuation

des effets du changement climatique :

- amélioration de la qualité de l'air ;
- préservation de la ressource en eau ;
- structuration du paysage et amélioration du cadre de vie ;
- lutte contre les îlots de chaleur urbains ;
- régulation des températures ;
- épuration naturelle de l'eau ;
- contribution à la prévention contre les inondations ;
- pollinisation...

Ces services vitaux, environnementaux, sociaux, économiques et récréatifs offerts par la biodiversité jouent un rôle fondamental dans la résilience des territoires.

Le béton est un excellent support pour préserver, restaurer et créer de la biodiversité grâce à ses multiples propriétés : neutralité (aucune perturbation des écosystèmes et de l'eau), durabilité, résistance, plasticité (permettant de créer des formes favorables à la vie sauvage) et potentialités à créer des habitats naturels, des zones d'accueil diversifiées, des gîtes pour la faune...

Le béton est un support de vie et de développement de la flore (mousses, lichens, plantes...) et un refuge de biodiversité.

## LUTTER CONTRE LA FRAGMENTATION DES TERRITOIRES : LES PASSAGES À FAUNE

### Fragmentation des territoires et des écosystèmes

Les infrastructures routières et ferroviaires, en constituant des obstacles infranchissables pour de nombreuses espèces, découpent le territoire et appauvrissent sa richesse biologique.

La fragmentation des milieux et des écosystèmes est une des causes majeures du déclin et de la perte de la biodiversité. Elle se traduit en particulier par une perturbation des modes de déplacement et un risque d'extinction des espèces, une modification et un morcellement des habitats, un isolement des populations et une incidence sur le fonctionnement des interactions écologiques.

### Les ouvrages au service de la transparence écologique

Pour lutter contre cette perte de biodiversité, il faut rétablir des continuités. On aménage pour ce faire des passages à faune. L'aménagement de passages à faune ou la mise en souterrain des tracés permettent de créer un corridor entre les zones séparées et ainsi de rétablir la continuité écologique.

Chaque aménagement doit être conçu en prenant compte les spécificités du lieu et les espèces concernées pour :

- protéger les diverses espèces et maintenir les équilibres écologiques ;
- limiter l'incidence de l'infrastructure sur les milieux ;
- assurer la connectivité biologique, la transparence écologique et la continuité du cheminement pour toutes les espèces de faune de part et d'autre de la voie réalisée ;
- créer si possible une infrastructure à biodiversité positive.

*Nota : la restauration des continuités écologiques concerne à la fois les projets neufs (conservation des corridors) et les réseaux existants (effacement de rupture).*

### Les différents types d'ouvrages

De nombreux ouvrages permettent d'améliorer la transparence écologique des infrastructures : les passages toute faune, les passages à grande faune (cerfs, chevreuils, sangliers...), les passages à petite faune (blaireaux, loutres, lièvres...), les crapauds...

Ces ouvrages (de type passages supérieurs ou inférieurs) peuvent être réalisés à partir d'une large gamme de produits préfabriqués en béton ou d'ouvrages en béton coulés en place : canalisations de gros diamètre, cadres, dalots, ouvrages voûtes, ponts, tranchées couvertes...

## RÉTABLIR LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES EN SITE FLUVIAL : LES PASSES À POISSONS

Les cours d'eau sont des lieux de vie pour lesquels il convient

de maintenir ou restaurer la qualité physico-chimique des eaux et la continuité, afin de maintenir les conditions de circulation des espèces migratrices et qu'il n'y ait plus d'obstacles à l'accomplissement du cycle naturel de vie des espèces aquatiques.

Le rétablissement de la continuité écologique est obtenu en construisant des passes à poissons. Ce sont des dispositifs de franchissement permettant de rétablir la libre circulation de la faune piscicole (en particulier les poissons migrateurs qui peuvent accéder ainsi à leurs zones de reproduction) au niveau d'un obstacle naturel ou artificiel.

Ces dispositifs doivent permettre le passage et ouvrir la voie d'eau pour différents types de poissons dans les meilleures conditions possibles en fonction de leurs capacités de nage.

Ils sont adaptés aux caractéristiques et au comportement de chaque espèce et donc chaque passe à poissons est conçue sur mesure.

Les ouvrages sont réalisés pour l'immense majorité d'entre eux avec du béton, qui garantit leur stabilité et permet de s'adapter à toutes les spécifications souhaitées par leurs concepteurs. Outre sa robustesse et sa neutralité dans le milieu, le béton offre aussi une grande souplesse de mise en œuvre.

## RESTAURER LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES AU SEIN DES TERRITOIRES : LES TRAMES VERTE ET BLEUE

La multiplication des axes de transport et l'artificialisation de vastes étendues générée par la construction des villes et des grandes infrastructures mettent en péril les communications nécessaires à la biodiversité.

La préservation de la biodiversité est devenue un défi majeur qui impose la restauration de la fonctionnalité écologique des territoires par le biais du développement des trames verte et bleue.

Les trames verte et bleue ont pour objectif d'enrayer la perte de biodiversité en participant à la préservation

tion, à la gestion et la remise en état des continuités écologiques.

Elles constituent un outil d'aménagement durable et de planification du territoire au service de la biodiversité. Elles visent à favoriser le déplacement des espèces et la résilience des écosystèmes face à la fragmentation des habitats et à reconstituer un réseau d'échanges terrestres et aquatiques cohérent à l'échelle du territoire pour que les espèces animales puissent communiquer, circuler, s'alimenter, se reproduire, se reposer, effectuer leurs cycles biologiques et donc assurer la pérennité de leur évolution.

Elles permettent une diminution de la vulnérabilité des habitats et préservent les services rendus par la nature et la biodiversité en améliorant le fonctionnement écologique du territoire.

Elles apportent leur contribution à la résilience des territoires face aux effets du changement climatique.

La trame verte est composée des prairies, forêts, bandes végétalisées qui bordent les cours d'eau.

La trame bleue comprend les fleuves, les rivières, les cours d'eau, les canaux, les étangs, les zones humides... Les trames verte et bleue qui constituent le réseau écologique sont composées de réservoirs de biodiversité : (espaces nécessaires aux cycles biologiques des espèces) et de corridors écologiques (espaces reliant les réservoirs et favorisant les circulations des espèces entre les réservoirs).

### Trames verte et bleue et aménagement du territoire

La préservation, la restauration et la valorisation des continuités écologiques permettent d'aménager le territoire au service :

- de la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques associés ;
- de la survie des espèces en favorisant les échanges génétiques ;
- de la qualité de vie ;
- du bon état écologique des eaux de surface et des écosystèmes aquatiques ;
- de l'amélioration de la diversité et la qualité des paysages.

Les projets d'aménagement doivent s'inscrire dans une logique de cohérence écologique prenant en compte la présence des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques en adéquation avec les activités humaines.

De nombreuses solutions constructives en béton ont été développées pour réaliser les ouvrages au service des trames verte et bleue, à base de produits préfabriqués en béton ou en béton coulé en place.

Le béton apporte sa contribution à la création des trames verte et bleue par ses qualités de solidité et de résistance, mais aussi du fait de son origine minérale.

### RESTAURER LA BIODIVERSITÉ EN SITE URBAIN

#### Les trames verte et bleue en ville

Les villes sont des lieux stratégiques, des carrefours, des marchés, des points de passage entre des territoires, des sites dédiés aux échanges entre les hommes, mais aussi de transit pour les animaux et les végétaux.

Les trames verte et bleue ne concernent pas que les campagnes. Elles sont aussi indispensables aux villes.

Elles relient les différents espaces de nature urbains et les îlots de biodiversité urbaine (parcs aménagés, espaces verts, friches, allées arborées, cheminement le long des berges, toitures et murs végétalisés...), permettent une libre circulation de la faune et de la flore depuis les milieux ruraux jusqu'aux centres-villes et favorisent ainsi la pénétration et la dissémination de la nature dans la ville.

Elles sont des outils, pour la ville, d'adaptation au changement climatique. Elles permettent de réorganiser les plans de déplacements urbains (pistes cyclables, modes doux), d'intégrer les espaces verts dans un réseau écologique, de réaménager les usages de l'eau, de limiter l'imperméabilisation des sols, d'atténuer les effets d'îlots de chaleur urbains, de rétablir les continuités écologiques et de repenser

l'urbanisme en symbiose avec la nature. Faute de recréer des continuités en pleine terre, une solution consiste à créer des « pas japonais », taches de biodiversité séparées mais suffisamment proches pour assurer la transparence du milieu et la mobilité des espèces. En ville dense, ce sera des toits ou des dalles en béton, qui recouvrent les infrastructures routières et ferroviaires.

L'enjeu pour les collectivités est de préserver et de développer la présence de la biodiversité dans la ville en créant des espaces de nature favorables à la fois aux usages des citadins et à la diversité de la faune et de la flore afin de freiner l'érosion de la diversité biologique et de contribuer à rendre la ville attractive pour les citadins.

La biodiversité doit trouver petit à petit sa place dans le monde minéral. Elle doit devenir un élément de structuration et de qualité d'aménagement urbain et de vie urbaine en associant les éléments constitutifs du paysage : balcons, jardins, murs et toitures végétalisés...

Le béton, matériau minéral, devient ainsi un excellent support pour créer de la biodiversité et du végétal en ville. Un socle sur lequel la vie peut s'accrocher.

#### Vers un mur biotope ?

Les murs végétalisés se développent avec succès depuis de nombreuses années. Ils contribuent à l'embellissement de la ville, à la lutte contre la pollution de l'air et au rafraîchissement en période de canicule. On pourrait compléter la panoplie de ces milieux artificiels, créés en ville, par des murs biotopes, accueillant des communautés animales et végétales spécifiques, équivalentes à celles qu'offrent les affleurements de roche mère dans les milieux naturels. Des parois biotopes, dans lesquelles on peut aussi insérer des cavités qui servent de gîte pour la faune et qui favorisent une vie élémentaire sur les ouvrages urbains dans lesquels des organismes vivants trouveraient asile et qui sont porteurs d'une image et d'une biodiversité positives.

### PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ EN SITE MARITIME : LES RÉCIFS ARTIFICIELS

La lutte contre la destruction des habitats naturels côtiers est un nouveau défi à relever. Il s'agit de restaurer ou créer des espaces de vie, qui permettent le développement et la reproduction de différentes espèces constituant l'écosystème marin, ne pas nuire à la biodiversité du littoral, ni s'opposer à l'appauvrissement biologique des espaces marins, en installant des récifs artificiels.

Un récif artificiel est une structure immergée dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème marin. Il vise à reproduire les caractéristiques d'habitats des zones naturelles, attirer, en les protégeant, des poissons qui vont pouvoir se reproduire et offrir le gîte et le couvert à certaines espèces en créant une multitude de cavités et d'anfractuosités. L'écoconception de ces ouvrages, récente, connaît des développements intéressants. Autant d'opportunités pour montrer les qualités écologiques du béton en mer.

Chaque récif artificiel demande une réponse sur mesure, adaptée aux conditions locales et aux objectifs poursuivis. Le béton offre une grande souplesse d'utilisation et une qualité d'accueil de la biodiversité.

Il favorise la colonisation biologique par son état de surface (texture rugueuse adaptable).

La variété et la complexification potentielle de ses formes, de ses états de surface et de rugosité offrent des habitats très diversifiés et attirent une grande variété d'espèces.

Des recherches sont en cours pour améliorer la colonisation biologique sur les ouvrages en béton et pour rendre les bétons « biogènes ».

Le béton, avec ses qualités reconues (solidité, résistance, poids, neutralité chimique), a tous les arguments pour relever le défi de la préservation et de la restauration de la biodiversité en site maritime. ■

# Densifier les villes

## La nécessaire mutation des villes

Les villes sont depuis toujours des lieux stratégiques privilégiés de développement des civilisations, des pôles d'attractivité, des lieux de vie, de consommation, de marchés, de rencontres, d'échanges économiques et culturels, de transit.

Ce sont des lieux de convergence de nombreux flux, de concentration de populations, d'activités, de trafics, de pollutions, qui centralisent les principaux impacts environnementaux.

Les villes sont des assemblages complexes qui répondent à de multiples fonctionnalités : logement, déplacement, travail, éducation et formation, santé, commerce, industrie, artisanat, activités culturelles, sportives et de loisirs... au service des citoyens.

Le métabolisme de la ville nécessite une consommation importante de matières, d'espaces, d'eau et de ressources énergétiques. La ville a toujours réussi à s'adapter et évoluer pour accueillir de nouveaux habitants, répondre à leurs besoins et attentes et ainsi assurer son développement.

Mais l'extension rapide des villes au cours des dernières décennies et la progression démographique ont engendré un étalement urbain (près de 80 % des Français résident au sein d'une zone urbanisée) et une dynamique d'accroissement des surfaces imperméabilisées. Il en résulte une augmentation des pressions sur l'environnement, la détérioration de la biodiversité et l'accentuation de la vulnérabilité des territoires aux aléas naturels.

En effet, l'imperméabilisation des sols en site urbain accélère les effets des événements climatiques et augmente le risque d'inondation par ruissellement et de surchauffe urbaine en créant des îlots de chaleur urbains.

L'enjeu de la maîtrise du développement urbain impose une nouvelle stratégie d'aménagement de l'espace urbain pour limiter les consommations de ressources, réduire les effets du changement climatique et les émissions de Gaz à Effet de Serre.

Il convient de converger d'un urbanisme plan vers un urbanisme spatial et de repenser la ville de manière à mieux conjuguer densité, qualité de vie et attractivité et créer ainsi des villes denses, durables, désirables, fertiles et favorables

au bien-être et à l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

**Nota :** une solution pour densifier la ville consiste à surélever le bâti existant. La surélévation permet de créer des logements neufs sans augmenter la surface du sol occupé par la construction. Le béton offre des solutions intéressantes pour favoriser cette surélévation.

## Les enjeux et défis des villes

Les villes, dans lesquelles vivent de plus en plus de personnes, doivent faire face aux nouveaux enjeux sociaux, démographiques, climatiques, énergétiques, économiques et environnementaux, auxquels elles sont confrontées.

Elles sont discontinues, saturées par l'accroissement de la population et vulnérables face aux consé-

## Avis d'expert

**MONIQUE LABBE**, architecte et directrice générale du Projet National de Recherche Ville 10D-Ville d'idées, lancé en 2012, projet collaboratif labellisé par le Pôle de compétitivité Advancity et visant à développer la recherche appliquée sur la contribution du sous-sol au Développement urbain Durable.

### Il faut penser le sous-sol en connexion avec le « sur-sol »

**Solutions béton :** *Qu'est-ce que le Projet National Ville 10D-Ville d'idées ?*

**Monique Labbe :** Opérationnel depuis janvier 2013 et portant sur une durée de 4 à 5 ans, Ville 10D est soutenu par le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

Il fédère de nombreuses entreprises industrielles et de la filière de la construction, de l'ingénierie, des collectivités et des établissements publics...

Il porte sur les fonctions et l'occupation du sous-sol des villes. Il y a une totale pluridisciplinarité de notre travail, pour ne pas avoir une vision sectorielle des usages et de l'ingénierie, qui conduit inévitablement à une approche

réductrice des possibles. C'est effectivement un projet de recherche mais de recherche appliquée. Nous nous confrontons au réel sur des sites réels. Nous déboucheons sur des propositions concrètes pour des mises en application possibles.

**S. B. :** *Le site de la Défense est d'ailleurs concerné par vos programmes de recherche...*

**M. L. :** En effet, notre projet d'études sur les sous-sols artificiels à la Défense est le plus avancé et devrait permettre d'aboutir dès la fin de l'année à une application concrète, un appel à projets international lancé par l'établissement public Paris la Défense « pour transformer le quartier d'affaires

monofonctionnel en quartier à vivre ».

**S. B. :** *Justement, quelles sont les potentialités qu'offrent ce type d'espace souterrain ?*

**M. L. :** À la Défense, il y a plusieurs milliers de mètres carrés de délaissés, situés entre les différentes voies de communication, métro, RER, tunnels routiers, ou gares de bus... Aujourd'hui, ce sous-sol n'est qu'un lieu de passage, sans logique, compliqué dans le repérage et l'usage, anxigène, avec des dédales de couloirs... et peu aménagé. On peut apporter de nombreux équipements utiles à condition de désenclaver ces lieux pour leur donner un sens.

**S. B. :** *On entend parfois qu'il faut densifier le sous-sol pour*

*épargner le « dessus »... Cela a-t-il un sens ?*

**M. L. :** Il faut utiliser les espaces souterrains, mais pas pour n'importe quel usage, ni n'importe comment. Aujourd'hui, l'espace souterrain n'est soumis à aucune règle d'urbanisme. Seules des règles de sécurité s'appliquent... Il nous semble indispensable de réfléchir à une sorte de schéma directeur qui prendrait en compte à la fois les espaces souterrains et les espaces aériens, comme une couture entre les deux environnements. Penser les aérations, les respirations, les puits de lumière... Il faut penser le sous-sol en connexion avec le « sur-sol ».

quences du changement climatique. Elles doivent devenir fluides, compactes et concilier croissance démographique et concentration spatiale.

Elles doivent apporter des solutions à de multiples défis en particulier :

- baisser les émissions de GES et réduire les pollutions atmosphériques ;
- offrir un cadre de vie sain aux citadins ;
- lutter contre l'étalement urbain et périurbain et la pénurie de foncier et d'espaces naturels ;
- favoriser une architecture réversible ;
- s'inspirer du biomimétisme pour développer de nouvelles fonctionnalités des ouvrages ;
- densifier l'espace souterrain et favoriser l'urbanisation des secteurs proches des réseaux de transports en commun ;
- réduire l'imperméabilisation des sols, maîtriser les risques d'inondation et rétablir le cycle naturel de l'eau ;
- développer des modes de déplacement urbains plus économes en énergie et plus respectueux des ressources ;
- réduire l'empreinte environnementale des bâtiments en améliorant leur efficacité énergétique ;
- favoriser la biodiversité urbaine et valoriser les services et aménités offerts par la nature ;
- rendre les villes résilientes aux risques naturels et industriels ;
- limiter les nuisances sonores et les pollutions des eaux, des sols et de l'air ;
- créer une économie circulaire au service de la ville et répondre à un objectif de sobriété vis-à-vis de l'eau, de l'énergie et des déchets ;
- offrir une qualité de vie urbaine et un cadre de vie apaisant et sûr.

### La nécessité de la densification urbaine

Les villes sont dispersées, consommatrices de sol et génératrices de déplacements. Elles doivent évoluer vers plus de compacité, de densité et de proximité. Ce qui justifie une réflexion approfondie sur l'organisation de l'espace et une meilleure

utilisation de toutes les potentialités disponibles. Le besoin de densification de l'espace urbain, pour développer un habitat plus économe en espace dans une ville mieux structurée, impose de rechercher de nouveaux volumes. Ces volumes peuvent être trouvés vers le haut en construisant des tours ou vers le bas en exploitant les ressources du sous-sol.

La densité permet de rapprocher : lieux d'activités, unités fonctionnelles, équipements commerciaux habitats et services et de réduire les besoins de mobilité, de diminuer les déplacements contraints et de maîtriser les consommations d'énergies et les émissions de polluants.

Un urbanisme compact permet d'économiser de l'espace foncier, de faciliter l'accès et l'utilisation des transports en commun et de développer des espaces publics (placettes, parcs, pistes cyclables, aires de jeux, promenades arborées...) au profit de la qualité du cadre de vie de tous les habitants.

Pour densifier les villes, il faut :

- développer l'espace souterrain ;
- couvrir les voies routières et ferroviaires.

### DÉVELOPPER L'ESPACE SOUTERRAIN

L'espace souterrain offre des solutions pour relever les nouveaux défis de la densification. L'utilisation de cette ressource stratégique et précieuse en synergie et complémentarité avec les aménagements de surface doit permettre de créer la ville durable, cadre de vie esthétique et désirable des prochaines générations.

L'espace souterrain est la ressource et la richesse indispensable pour apporter une solution à l'étalement urbain et à la valorisation d'un foncier rare et cher en zone urbaine.

Une parfaite harmonie entre le dessus et le dessous de la ville doit permettre d'apporter une réponse efficace aux nouveaux enjeux et aux besoins en matière d'urbanisation et d'aménagement des villes.

L'espace souterrain permet de satisfaire de très nombreuses fonctionnalités de la ville et d'accueillir

des services urbains multiples :

- espaces et réseaux de services ;
- réseaux de transport et de logistique ;
- réseaux et espaces de valorisation de déchets ;
- réseaux de distribution et d'assainissement des eaux ;
- espaces d'énergie, de chauffage, et de climatisation.

Les bétons, les mortiers et les coulis offrent une grande variété de solutions constructives adaptées, performantes et pérennes pour l'aménagement de l'espace souterrain. Ils permettent de créer le lien entre l'univers du dessus et celui du dessous pour construire des villes « sans dessus... dessous ».

### Les atouts de l'espace souterrain

L'espace souterrain, outil de reconquête urbaine, réserve stratégique d'espaces, s'impose logiquement comme un volume privilégié pour construire les villes denses de demain et jouer un rôle primordial pour répondre aux nouveaux enjeux de l'aménagement urbain.

Le sous-sol apparaît comme une réponse pertinente à la création d'une nouvelle urbanité et une véritable requalification urbaine. Il offre une extraordinaire réserve d'espaces pour restructurer et réorganiser les villes en profondeur. Disponible partout sous les villes, il répond aux enjeux urbains de compacité.

L'espace souterrain n'est pas une ville à l'envers. Il doit se ramifier horizontalement et verticalement et être conçu comme un prolongement de l'espace de surface. Il peut

contribuer au fonctionnement d'une ville dense et fluide en assurant une cohabitation verticale des fonctions urbaines.

Il ne doit pas devenir la « banlieue » de l'espace à l'air libre et une juxtaposition d'ouvrages et de réseaux fonctionnels, mais un véritable volume urbain en parfaite cohérence avec l'espace de surface. Il doit être conçu avec le maximum de modularité pour faciliter la reconversion et les adaptations ultérieures et l'évolution des usages. Il ne doit plus être conçu avec une simple vision fonctionnelle mais avec une conception architecturale d'espace habité par l'homme.

En se développant au-delà de ses utilisations actuelles (assainissement, métro, parking), il peut répondre à de nouvelles fonctionnalités, multiplier les possibilités d'aménagement et permettre une proximité et une mixité des composantes urbaines.

Les espaces souterrains sont une véritable ressource pour un développement urbain durable car ils permettent de structurer la ville en profondeur et de manière cohérente, de rétablir des circuits courts de services aux habitants, de fluidifier la circulation automobile, de développer des réseaux de transports en commun reliant les quartiers périphériques aux centres urbains et de créer des zones de stockage et des espaces de services qui réduisent la pression sur l'espace à l'air libre et permettent de valoriser la surface par la création d'espaces verts et de zones piétonnes.

### Le Projet National Ville 10D

**Différentes Dimensions pour un Développement urbain Durable et Désirable Décliné Dans une Dynamique « Dessus-Dessous ».** Ce projet a pour objectif de démontrer que l'utilisation optimale de l'espace souterrain des villes peut contribuer au développement d'un urbanisme durable et que le sous-sol peut constituer une opportunité complémentaire pour l'aménagement en surface. Il vise à mettre au point des recommandations, des méthodologies et des guides de bonnes pratiques, destinés aux divers acteurs de la ville, pour développer un nouveau modèle de ville dense et durable.

**Nota : CIMbéton est partenaire du PN Ville 10D.**



### Bâtiments à énergie positive et faible empreinte carbone

Avec le label E+C-, en cours d'expérimentation pour préparer les niveaux de performance de la future réglementation, les pouvoirs publics affichent une volonté claire de généraliser la construction d'ouvrages à énergie positive et à faible empreinte carbone. Ainsi, les nouvelles constructions devront favoriser non seulement l'efficacité énergétique, mais aussi la réduction des émissions de gaz à effet de serre et le déploiement des énergies renouvelables. L'objectif est également de réaliser les bâtiments neufs dans un modèle de développement local et d'économie circulaire.

La filière béton répond avec ses solutions constructives aux exigences de cette démarche pour améliorer l'empreinte carbone des ouvrages sur l'ensemble de leur cycle de vie et plus généralement leurs performances environnementales.

Elle offre des solutions et des systèmes constructifs innovants (bétons à propriétés isolantes structureaux, blocs coffrants isolants, murs à coffrages intégrés...) visant à concevoir des structures optimisées en matière de ressources, à maximiser les bénéfices intrinsèques du béton, à valoriser son inertie thermique et à contribuer à la réduction des besoins énergétiques du bâtiment.

Ils améliorent la résilience de la ville (c'est-à-dire la capacité de ses aménagements à s'adapter aux évolutions climatiques ou faire face aux risques naturels ou technologiques avec le minimum de dommages possible).

### COUVRIR LES VOIES ROUTIÈRES ET FERROVIAIRES

Les différentes infrastructures réalisées au cours des siècles ont profondément transformé les villes en incisant de profondes coupures dans le tissu urbain et généré des nuisances visuelles, sonores et

architecturales en impactant l'ambiance et le confort urbain local. Elles conduisent à un phénomène d'enclavement des quartiers. Les aménageurs et les urbanistes souhaitent depuis quelques décennies restaurer les continuités urbaines en couvrant certaines infrastructures.

La couverture des voies routières et ferroviaires permet de restaurer de manière harmonieuse la cohabitation entre les axes routiers et ferroviaires et les villes, de maîtriser les nuisances, de créer du foncier ou permettre de réintroduire des espaces de nature. Le choix de la

### Les toitures et les murs végétalisés

Les toitures et les murs végétalisés sont des refuges de vie biologique pour la biodiversité en milieu urbain. Ils créent des espaces favorisant le contact avec la nature, source de détente et de bien-être pour les citoyens.

Ils assurent la régulation hydrique, l'amélioration de la qualité de l'air, la rétention et la filtration des polluants, l'absorption des poussières, contribuent à la lutte contre les îlots de chaleur urbains et embellissent le cadre de vie.

Ils offrent des milieux favorables pour accueillir la flore et la faune sous de multiples formes : plantes, invertébrés, insectes, abeilles, oiseaux...

La végétation permet de réduire les dépenses énergétiques. Elle protège les bâtiments des intempéries, offre aussi une protection thermique (pour l'intérieur du bâtiment) et acoustique (diminution du niveau sonore de l'espace extérieur) et contribue au confort d'été (réduction des températures intérieures et donc des besoins de climatisation).

Les toitures végétalisées des bâtiments peuvent être conçues pour assurer aussi un stockage temporaire des eaux pluviales, ralentir leur évacuation en les restituant à faible débit. Elles apportent ainsi leur contribution à la gestion des eaux pluviales et à la maîtrise des risques d'inondation.

Les dispositifs de végétalisation des toitures se distinguent par la hauteur du substrat. Cette hauteur détermine la palette végétale possible et les capacités de rétention d'eau. Les toitures végétalisées dites intensives (importante épaisseur du substrat) mises en œuvre sur des structures porteuses adaptées (dalles béton) permettent le développement de toutes les strates végétales (espèces herbacées, arbustives, voire arborées) et une attractivité d'une biodiversité variée (l'accueil d'une faune riche est lié à la diversité des végétaux).

Les toitures végétalisées constituent un vecteur de lien social, composent de nouveaux lieux de vie partagés, de convivialité et d'agriculture urbaine.

Les murs et les toitures végétalisés permettent d'augmenter les surfaces de nature en milieu urbain, favorisent les continuités écologiques en s'intégrant dans la trame verte et transforment le paysage urbain.

Les murs végétalisés améliorent l'inertie thermique et l'isolation phonique du bâtiment et l'ambiance sonore. Ils participent au rafraîchissement de l'air ambiant et compensent la perte végétale induite par le bâti.

La végétalisation des toitures et des murs a depuis quelques années un formidable regain d'intérêt. Elle est devenue un symbole du renouveau urbain, la solution incontournable pour l'aménagement de la ville durable et fertile de demain.

solution adaptée est fonction des contraintes du site, du type de voie, de la longueur de l'ouvrage, de l'usage ultérieur de la couverture et de l'objectif recherché (maîtrise des nuisances sonores, aménagement paysager, support de bâtiment). Les ouvrages en béton de type voûte ou portique, les dalles en

béton armé ou en béton précontraint constituent la réponse idéale pour couvrir les infrastructures. Des solutions permettent de réaliser les travaux sur des voies en exploitation tout en assurant la sécurité des usagers et du personnel de chantier et en maintenant les conditions indispensables à l'exploitation. ■

# Améliorer le cadre de vie

Les humains ont évolué au cours des âges en contact constant avec leur environnement et en interaction avec la nature et la biodiversité qui leur assuraient un cadre de vie agréable. Les temps ont changé, au fil des siècles, le cadre de vie s'est dégradé. La nature a progressivement disparu de l'espace urbain. Quelques confettis de nature et grains de verdure subsistent mais insuffisants pour satisfaire le besoin de nature des citoyens.

Il est impératif aujourd'hui d'aménager des territoires et des espaces urbains qui répondent aux aspirations des hommes. Il faut reconnecter l'humain avec la nature, rendre la ville plus perméable à la faune et la flore. La nature doit devenir un élément structurant du développement et de l'aménagement urbain.

Placer l'homme au milieu de la nature est donc devenu un enjeu primordial.

Les projets d'aménagements urbains doivent intégrer une réflexion sur les apports de la nature en tant qu'élément de bien-être des citoyens. Le milieu urbain doit devenir un écosystème, qui vise une cohabitation harmonieuse entre l'homme et son environnement.

La qualité du cadre de vie est indispensable au bien-être et au mieux vivre ensemble. C'est aussi un facteur de compétitivité et d'attractivités des territoires et des villes.

La création d'espaces naturels en milieu urbain permet d'améliorer le confort et la qualité de vie des citoyens et d'offrir un cadre de vie sain, agréable et convivial, source de détente et de bien-être.

Ces espaces ont aussi un impact positif en termes d'adaptation de la ville au changement climatique, de gestion de l'eau et de lutte contre les îlots de chaleur urbains et deviennent un composant clé de la ville durable de demain. Les multiples bienfaits de la végétalisation en ville ont été largement démontrés.

Les citoyens, en particulier ceux qui habitent à proximité des axes routiers et ferroviaires, sont confrontés à des nuisances sonores générées par les véhicules ou les trains, qui détériorent leur cadre de vie. Il convient de mettre en œuvre des solutions pour lutter contre ces nuisances sonores.

L'amélioration du cadre de vie des citoyens nécessite donc la réalisation de nouveaux aménagements pour :

- favoriser le développement de la nature en ville ;
- améliorer la qualité de l'environnement sonore ;
- lutter contre les îlots de chaleur urbains (voir page 5).

## FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DE LA NATURE EN VILLE

La nature en ville contribue à la qualité des espaces urbains et du cadre de vie. Elle est porteuse de valeurs positives. C'est un outil de composition urbaine.

### Un besoin de nature en ville

On constate depuis plusieurs années une prise de conscience des citoyens des services écosystémiques offerts par la nature en ville et une reconnaissance de ses multi-

## Avis d'expert

**PIERRE DARMET**, responsable marketing et innovation des Jardins de Gally et cofondateur du CIBI\*

### Agir en faveur de la biodiversité dans les villes : *Make our planet GREEN again !*

**Solutions béton : *Pouvez-vous présenter le CIBI, ses objectifs, ses engagements ?***

**Pierre Darmet :** L'objet du CIBI est de développer la biodiversité urbaine. Il s'agit en particulier de développer le lien homme-nature. Aujourd'hui, 50 % de la population française vit dans des villes ; dans 30 ans, ce sera 80 %. Cette densification de l'occupation de l'espace, avec l'urbanisation qui va s'amplifier, est à la fois une chance, car cela préserve de l'espace, mais paradoxalement, cela coupe l'homme de son lien à la nature, ce qui est assez grave. Et quand on est déconnecté de la nature, on la protège moins. À travers nos labels, nous travaillons concrètement à recréer ce lien, en introduisant le vivant au cœur des lieux de vie des

citoyens, des îlots bâtis aux quartiers, en passant par les infrastructures.

**S. B. :** *Comment agir pour recréer le lien avec la nature ?*

**P. D. :** L'enjeu est d'amener différents publics qui sont aujourd'hui déconnectés de la nature à une prise de conscience. Par exemple, en fonction des matériaux employés, des matériaux biosourcés issus du recyclage, nous pouvons œuvrer pour réduire l'impact de la ville sur l'environnement. L'information auprès des usagers, la mise en œuvre d'ateliers pour découvrir la faune et la flore accueillies permettent la réalisation d'expériences de nature. Il ne s'agit pas seulement de planter quelques arbres ou végétaliser une terrasse ; notre démarche va plus loin ! Et quand bien

même, si ce n'était que cela, cela permettrait une première prise de conscience des aménageurs, maîtres d'ouvrage et du public. Comme l'a déclaré Nicolas Hulot, la biodiversité est une priorité, au même titre que le climat. Il ne faut se priver d'aucun levier, même d'agir par petites touches.

**S. B. :** *Peut-être que la biodiversité est une notion difficile à comprendre, puisque finalement peu visible...*

**P. D. :** La biodiversité est difficile à palper, mais elle se voit !

Quand des études du Muséum et du CNRS montrent que les oiseaux communs ont connu une diminution d'un tiers de leurs effectifs en 15 ans, il y a urgence à agir. Cela signifie que les effectifs de dizaines d'espèces sont touchés.

Érosion de la biodiversité et dérèglement climatique sont

intimement liés. Si nous prenons l'exemple des îlots de chaleur urbains, les études montrent que planter des arbres, même en pied d'immeubles, permet de rafraîchir l'air, par notamment des rejets de vapeur d'eau. L'objectif de la charte que nous venons d'initier, avec déjà 55 signataires, est d'engager un nombre d'acteurs le plus large possible pour concevoir la ville autrement, en intégrant la problématique de la biodiversité en amont, dès la programmation du projet, en s'entourant de spécialistes de ces questions, en anticipant la gestion et en faisant preuve de pédagogie avec les usagers...

\* Conseil International Biodiversité et Immobilier agit pour la biodiversité en ville, au travers d'un label et d'une charte. Regroupe des acteurs de la construction, de la promotion, des paysagistes et jardiniers, des scientifiques, mais aussi des collectivités.

## La biophilie

Le concept de Biophilie a été inventé par le psychologue social Erich Fromm et popularisé dans les années 80 par le biologiste Edward O. Wilson.

La Biophilie est l'attraction (l'affiliation émotionnelle et l'affinité innée) de l'homme vers la nature et des êtres humains vers les autres organismes vivants. Elle se traduit par l'attrait irréversible, l'attraction inconsciente et instinctive de l'homme pour la nature et le vivant. Le concept est désormais basé sur des preuves neurologiques et physiologiques.

L'homme a un besoin biologique de garder une connexion avec la nature aux niveaux physique, psychologique, physiologique, mental et social et pour son épanouissement.

Cette connexion de l'homme avec la nature a des effets favorables reconnus : bien-être amélioré, gain de productivité, réduction du stress, augmentation de la créativité et de la concentration, amélioration des conditions de travail, amélioration de la santé (médecine préventive), meilleur taux de réussite scolaire...

Les bienfaits : sanitaires, environnementaux, sociaux et économiques. Le développement de nature en ville est plébiscité par les citoyens. La nature participe à l'amélioration du cadre de vie, à l'embellissement de l'espace et catalyse la cohésion sociale. Elle permet de diminuer la vulnérabilité et d'accroître la résilience des villes.

### Les bienfaits de la nature en ville

La nature offre une multitude de bienfaits et de services écosystémiques essentiels aux citoyens :

- création d'espaces de loisirs, de lieux de convivialité, de calme, de détente et de promenade, vecteurs de lien social ;
- amélioration du cadre de vie, de la qualité des paysages et de l'ambiance urbaine ;
- préservation et restauration de la biodiversité et des écosystèmes :

refuge pour de nombreuses espèces et source de nourriture pour la faune ;

■ régulation thermique et bioclimatisation : lutte contre le phénomène d'îlots de chaleur urbains (évapotranspiration, effet d'ombrage, ventilation naturelle), amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments (murs et toitures végétalisés), création de fraîcheur urbaine, régulation des températures et de l'hygrométrie de l'air ambiant ;

■ valorisation du bâti et attractivité du territoire : les espaces verts urbains publics et privés offrent des plus-values immobilières, contribuent à l'attractivité sociale et économique des territoires, participent à la valorisation de l'image de la ville et constituent un facteur clé qui influence les choix d'habitation ;

■ amélioration de la qualité de l'air : séquestration du carbone, produc-

tion d'oxygène, absorption des polluants atmosphériques, filtration et piégeage des particules fines en suspension ;

■ amélioration de la qualité de l'eau : filtration, épuration... ;

■ gestion des eaux pluviales : outil de maîtrise des risques d'inondation.

La nature est porteuse de richesses écologiques à l'échelle de la ville. Elle permet d'assurer les continuités écologiques en reliant les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité. Elle contribue à la régulation du climat et à la limitation des risques naturels (inondations, canicules...) et donc à l'atténuation des effets du changement climatique.

Les solutions béton participent au développement de la nature en ville. En effet, pour assurer la transparence du milieu et la mobilité des espèces en ville dense, la continuité écologique est facilitée par exemple par des toitures ou des parois végétalisées ainsi que par des dalles en béton, qui recouvrent les infrastructures routières ou ferroviaires.

## AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT SONORE

Première nuisance perçue par la population, le bruit est une préoccupation majeure des Français.

La maîtrise des nuisances résultant des infrastructures routières et des lignes ferroviaires est devenue une priorité sociale et un enjeu de société.

Au cours des dernières décennies, le développement des activités économiques, industrielles et commerciales a généré un accroissement des échanges et de la demande de mobilité, et donc le développement d'infrastructures de transports, sources de conflit avec les espaces traversés.

En parallèle, la croissance importante et continue des trafics routiers et ferroviaires a induit une augmentation des nuisances sonores. Ces nuisances sont désormais considérées comme un préjudice très important à la qualité de vie et à la santé des populations riveraines. Les solutions de protection préconisées privilégient le traitement du

bruit à la source, par exemple par la mise en place d'écrans acoustiques le long des réseaux routiers et ferroviaires entre les voies et les zones habitées, complétée si besoin par le traitement acoustique des façades des bâtiments.

L'écran acoustique est un obstacle (véritable piège à décibels) qui atténue, par absorption et réflexion, la transmission et la propagation directe des bruits aériens générés par les circulations routières ou ferroviaires.

Le développement de nouveaux bétons et de nouvelles techniques de traitement de surface permet d'offrir une grande variété d'écrans acoustiques en béton présentant de multiples atouts et répondant aux exigences et aux préoccupations des riverains en matière de qualité de leur environnement sonore, des concepteurs d'écrans, des entreprises, des architectes, des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre.

Les écrans en béton permettent d'obtenir un gain acoustique pérenne de l'ordre de 8 à 12 dB(A) selon la configuration du site. Ils sont reconnus comme la solution idéale en termes de coût global, de simplicité et d'adaptabilité de mise en œuvre, de durabilité, de résistance aux agressions, de facilité d'entretien et de maintenance. Les solutions en béton sont reconnues efficaces vis-à-vis des trois paramètres de base de l'acoustique : la transmission, l'absorption et la diffraction.

Des bétons innovants tels que les bétons de bois, de pouzzolane, d'argile ou de poudrette de caoutchouc recyclé offrent des propriétés absorbantes qui élargissent la gamme des solutions. ■



## Les espaces de nature en ville

- Parcs urbains publics ;
- parcs liés aux activités de loisirs en plein air ;
- squares, terrains vagues et friches ;
- terrains de sports de plein air ;
- accotements, abords des voies de circulation et tramways végétalisés ;
- jardins privés, jardins partagés, jardins familiaux, jardinets ;
- espaces verts intérieurs, cours d'immeubles ;
- toitures et murs végétalisés ;
- trames vertes et linéaires arborés...