

# Solutions béton

Les trames verte et bleue, outils d'aménagement du territoire	P. 2
La biodiversité : un capital à faire fructifier	P. 3
Le béton au service du génie écologique	P. 4
Des ouvrages conçus pour la biodiversité	P. 5
Lutter contre la fragmentation	P. 6
Vers un mur biotope ?	P. 8



## Béton et biodiversité : une complicité à découvrir

Depuis la nuit des temps, l'action de l'Homme a modifié notre 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 ont profondément transformé la nature. La biodiversité en a été affectée, avec un risque d'appauvrissement de notre patrimoine. L'artificialisation de l'espace et son morcellement consécutif à la création d'ouvrages linéaires sont responsables de cette perte de valeur, à laquelle il fallait remédier. Les études d'impact sur l'environnement ont mis en évidence ce besoin, dans une attitude défensive. Il convient d'aller au-delà, et d'adopter aujourd'hui une attitude plus offensive, de création de richesse biologique. Le béton occupe une place de choix dans la plupart des ouvrages de Génie Civil et des extensions urbaines. Peut-il apporter sa contribution au mouvement qui s'amorce de constitution de trames verte et bleue ? Il le peut par la nature des ouvrages auxquels il apporte ses qualités de solidité et de résistance, mais aussi du fait de son origine minérale et de sa composition.

Texte : Dominique Bidou, Patrick Guiraud

# Les trames verte et bleue, outils d'aménagement du territoire

Photo : RFF



→ La continuité des territoires des animaux est assurée par de larges passages à faune.

Mis en évidence par le Grenelle de l'Environnement, le besoin de continuité écologique est connu depuis longtemps. Les trames verte et bleue sont l'aboutissement, en France, d'une évolution dont le point de départ est souvent fixé à la création de la première réserve naturelle, dans la forêt de Fontainebleau. C'était en 1861, et l'objet de la protection portait plus sur les sites peints par les impressionnistes que sur le milieu naturel en lui-même. Depuis, la prise de conscience de l'importance de la biodiversité s'est développée. Ce fut la reconnaissance de lieux particulièrement riches ou fragiles, et la création d'une panoplie d'instruments réglementaires de protection. Ceux-ci s'étendent de la simple identification d'un milieu intéressant, avec les ZNIEFF, zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique, à la réserve intégrale, qui assure une protection totale d'un site, ainsi « sanctuarisé ». Très vite, il est apparu que les espaces protégés ne vivaient pas isolés. Ils appartiennent à des milieux plus étendus, avec des échanges, des complémentarités. L'approche site par site est insuffisante. Il faut raisonner en réseaux.

Parallèlement, la simple protection des « espaces et des espèces » remarquables s'est avérée insuffisante. Les interactions au sein d'un milieu sont multiples, et concernent toutes les espèces. Il faut donc s'intéresser aussi à la nature « ordinaire », qui rend des services multiples, comme en témoignent les abeilles et de nombreux « auxiliaires des cultures ».

## RÉTABLIR LES CONTINUITÉS

Cette évolution s'est opérée en France, mais aussi à l'échelle européenne. Des directives portant sur les milieux, la qualité des eaux, les espèces à protéger et notamment les oiseaux, ont conduit à une politique d'aménagement du territoire à grande échelle. C'est Natura 2000, institué en 1992 et la stratégie paneuropéenne pour la protection de la diversité écologique et paysagère qui vise à mettre en place un Réseau Écologique Paneuropéen (1995). La bonne santé écologique d'un ensemble cohérent d'espaces protégés devient un enjeu d'intérêt européen.

Il faut aussi permettre les échanges entre chaque élément de cet



Photo : Cerialix

→ Tunnel de la Porte d'Auteuil sur le boulevard périphérique de Paris.

ensemble. La multiplication des axes de transport, l'artificialisation de vastes étendues pour cause de villes ou de grandes infrastructures, la pollution et l'aménagement de cours d'eau mettent en péril les communications entre ces éléments. Il faut maintenir ou rétablir des continuités. Voilà la « trame » qui se dessine. Elle se formalise dans un premier temps en un « engagement »

du Grenelle, elle est traduite dans les lois dites « Grenelle » 1 et 2, et s'inscrit dans le code de l'Environnement en son article L.371-1. Outre les espaces protégés, elle comprend « les corridors écologiques constitués des espaces naturels ou semi-naturels, ainsi que des formations végétales linéaires ou ponctuelles permettant de les relier ». ■

### ENGAGEMENT N° 73 DU GRENNELLE DE L'ENVIRONNEMENT

La trame verte est un outil d'aménagement du territoire, constituée de grands ensembles naturels et de corridors les reliant ou servant d'espaces tampons, reposant sur une cartographie à l'échelle 1 : 5000. Elle est complétée par une trame bleue formée des cours d'eau et masses d'eau et des bandes végétalisées généralisées le long de ces cours et masses d'eau. Elles permettent de créer une continuité territoriale, ce qui constitue une priorité absolue. La trame verte et bleue est pilotée localement en association avec les collectivités locales et en concertation avec les acteurs de terrain, sur une base contractuelle, dans un cadre cohérent garanti par l'État : cadre de référence à définir en 2008 ; cartographie des continuités et discontinuités à réaliser au niveau national d'ici deux ans ; concertation des modalités réglementaires (inscription dans les documents d'urbanisme) contractuelles et incitatives et élaboration de la trame en région en 2009-2012 ; élaboration concertée d'un critère biodiversité pour la DGF ; trame verte et bleue opposable aux grandes infrastructures ; rémunération du service environnemental ; mise en œuvre du réseau paneuropéen dans la perspective de l'adaptation au changement climatique. ■

# La biodiversité : un capital à faire fructifier

L'assurance-vie de la Terre. La biodiversité est une réserve de réponses du vivant aux changements de l'environnement. La capacité d'adaptation, la résilience sont nécessaires pour entrer de plain-pied dans un avenir où les inconnues sont multiples, entre le réchauffement climatique et la pénurie annoncée de telle ou telle ressource.

Le vivant et les milieux naturels possèdent un potentiel d'évolution qui leur a permis de traverser des mil-

lions d'années. Ils nous apportent en outre des services « gratuits » considérables de production de biomasse et de régulation du climat et des eaux. C'est un capital pour l'humanité qu'il convient de faire prospérer, alors que l'on en observe une dégradation.

Selon l'*Ecosystem Millenium Assessment*, 60 % des services vitaux fournis à l'homme par les écosystèmes sont en déclin. La transformation des espaces, leur fragmentation et

leur exploitation intensive sont à l'origine de cette dégradation. Une politique d'aménagement du territoire, qui réponde aux besoins de la société moderne en logement et en équipements notamment, et qui soit respectueuse de la biodiversité, devient ainsi une nécessité absolue. Elle préserve notre avenir, mais elle concerne aussi le présent. Les trames verte et bleue sont également un élément de notre cadre de vie. Qualité des paysages, protec-

tion contre les inondations, lutte contre les « îlots de chaleur urbains » et microclimat, zones de détente, pêche, découverte de la nature près de chez soi et pédagogie, autant de services rendus par la nature, parmi de nombreux autres. Au niveau mondial, on estime que la richesse produite par la nature et prélevée gratuitement par l'homme est au moins égale à la production marchande. ■

## Corridor écologique

### BIODIVERSITÉ

Contraction de « diversité biologique », elle désigne la diversité de toutes les formes du vivant. Elle comprend la diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes, et donc l'ensemble des processus naturels qui assurent la perpétuation de la vie sous toutes ses formes.

### CORRIDOR ÉCOLOGIQUE

Voie de déplacement empruntée par la faune et la flore, qui

relie les réservoirs de biodiversité. Cette liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou habitats d'une espèce permet sa dispersion et sa migration.

Les corridors écologiques sont de 3 types principaux :

- Corridor linéaire : corridor continu et linéaire entre deux sites. La notion de continuité est déterminée par l'espèce. Pour certaines espèces, cela suppose qu'il n'y ait aucune interruption (barrage ou pollution de l'eau

pour les poissons par exemple). Pour d'autres, il peut y avoir des interruptions facilement franchissables (trouée de quelques mètres dans une haie pour les oiseaux par exemple).

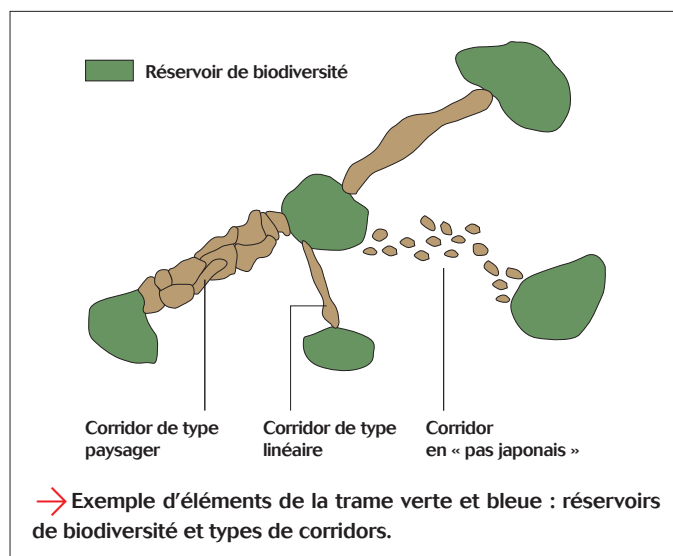
- Corridor de type étape, appelé aussi corridor en chapelet ou en « pas japonais » : corridor discontinu constitué d'une série de zones relais situées entre deux cœurs de nature. L'environnement du corridor entre les zones relais peut être très peu favorable à l'espèce (exemple de corridor en chapelet pour de grands mammifères : un semis de boisements isolés dans une plaine cultivée).

- Corridor paysager : corridor constitué d'une mosaïque d'habitats et/ou de paysages jouant différentes fonctions (zones de nourrissage, de repos, d'abri...) pour l'espèce en déplacement. Cela suppose que la mosaïque paysagère puisse être fréquentée facilement par l'espèce. Il n'y a pas de barrière absolue et les individus utilisent la plupart des espaces du corridor.

### RÉSERVOIRS DE BIODIVERSITÉ

C'est dans ces espaces que la biodiversité est la plus riche et la mieux représentée. Les conditions indispensables à son maintien et à son fonctionnement sont réunies. Ainsi une espèce peut y exercer l'ensemble de son cycle de vie : alimentation, reproduction, repos, et les habitats naturels assurer leur fonctionnement. Ce sont soit des réservoirs à partir desquels des individus d'espèces présentes se dispersent, soit des espaces rassemblant des milieux de grand intérêt. Ces réservoirs de biodiversité peuvent également accueillir des individus d'espèces venant d'autres réservoirs de biodiversité. ■

Extraits du lexique établi par le Comité Opérationnel « Trame verte et bleue » en vue des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, juillet 2010.



# Le béton au service du génie écologique

## Point de vue de l'expert

PATRICE VALANTIN, *Systémiseur*

### Le béton au service du génie écologique

**Le béton au service du génie écologique peut paraître paradoxal. Quel est votre point de vue ?**

*Nous organisons l'espace en fonction de l'espèce humaine, et pas en fonction des autres espèces. Le béton est une matière suffisamment malléable, suffisamment neutre par rapport aux impacts environnementaux, pour qu'on puisse véritablement voir au-delà de l'espèce humaine.*

*Il faut que réfléchissent ensemble les concepteurs et les écologues, avec les urbanistes et les aménageurs. Si je fais un pont, par exemple, je peux créer des alvéoles pour les oiseaux, pour les reptiles.*

*Quand on installe un aménagement à l'intention des humains, on fait une étude pour comprendre les besoins des personnes, et le projet tente d'y répondre. Il faut faire la même chose avec les espèces. Quelles sont les espèces qui vont être « expropriées » par les activités, quelles sont celles qui ont déjà été expropriées ? Pouvons-nous profiter de la réalisation*

*d'un équipement pour les humains pour faire aussi un « lotissement » pour les non-humains. Le béton pourrait favoriser cette résilience, pour aller beaucoup plus vite. On peut créer des niches, des alvéoles, y apporter de la terre. Il ne s'agit pas de réintroduire des espèces, mais de leur donner la capacité de revenir. Il y a une vraie recherche à faire à chaque fois. On travaille sur le vivant.*

**Quelles sont les qualités du béton qui vous semblent les plus intéressantes, pour des ouvrages favorables à la biodiversité ?**

*L'avantage du béton, une fois qu'il est dans le milieu, est sa neutralité. Dans l'eau notamment, il ne crée aucune perturbation. Quand un matériau peut s'intégrer dans l'écosystème, c'est la manière dont on va l'utiliser à laquelle il faut faire attention. Un produit ou un outil, qui peut être très négatif pour la biodiversité quand il est utilisé d'une certaine manière, peut devenir positif dans d'autres domaines. Le béton est parfait*

*ment malléable pour créer des habitats naturels. Il permet de créer de la diversité, notamment dans les espaces urbains. Le monde de l'écologie et celui du béton devraient travailler ensemble pour trouver des solutions. Nous avons un problème de biens communs, et il faut chercher des solutions concrètes. Ce qui est important, c'est que le système fonctionne. Favoriser la résilience par la diversité et le maximum de probabilités pour que le vivant trouve sa place. Une mosaïque de milieux, une mosaïque de*

*strates. Le béton peut permettre de créer des zones d'accueil.*

**Même le parpaing ?**

*Il pourrait être intéressant de fabriquer des parpaings avec toute une gamme d'habitats naturels, de nichoirs. Il serait possible d'intégrer à un mur des parpaings avec des ouvertures prévues pour tel type d'oiseau ou d'insecte. On pourrait fabriquer des blocs adaptés à différentes espèces. On donne une capacité d'installation aux oiseaux, aux insectes, etc. S'ils veulent y aller, ils y iront. Et cela donne du charme au paysage. ■*

#### Entrepreneur de génie écologique

Mon métier, le génie écologique, n'est pas de préserver les espèces – elles n'ont pas besoin de nous. La question est la compatibilité avec nos usages pour qu'elles puissent continuer à vivre et nous rendre des services, les fameux services écosystémiques. Je suis un urbaniste, en tant qu'entrepreneur de génie écologique, mais mes clients ne sont pas des humains. Je reconstitue des habitats qui, en général, ont été détruits par l'activité humaine, des habitats pour la reproduction, pour l'alimentation, pour le déplacement et la protection des « non-humains ». ■

Patrice VALANTIN, *Systémiseur*,  
Directeur de DERVENN, *génie écologique & biodiversité*

#### Un grand merci !

La réalisation de ce numéro de *Solutions béton* doit beaucoup aux spécialistes que nous avons rencontrés. C'est toute une chaîne d'acteurs qui doit être mobilisée, et nous nous sommes tournés vers chacun d'eux, entreprises, écologues, paysagistes, ingénieurs, chercheurs et développeurs à des titres divers. Que soient ainsi remerciés madame Farida Maibèche Caperon, *Directeur de la division Génie Hydraulique de l'entreprise Bonna Sabla* ; Philippe Gegout, *Directeur du Pôle Ingénierie Matériaux chez Bouygues Construction* ; Olivier Lemoine, *responsable du pôle Biodiversité au sein de la société ELAN, filiale de Bouygues Bâtiment Île-de-France* ; Patrice Valantin, *Systémiseur, Directeur de Dervenn, génie écologique et biodiversité* ; Marc Lacaille, *Délégué général de l'ADIVET, Association française des toitures et façades végétales* ; Franck Mathé, *ingénieur paysagiste à l'agence Terri-toires* ; Thibault de Metz, *paysagiste à l'agence Arpentère* ; Pierre Darmet, *Responsable Marketing et Partenariats aux Jardins de Gally*.



# Des ouvrages conçus pour la biodiversité

Pour Olivier Lemoine, ingénieur écologue, « les gens qui font du béton et ceux qui s'occupent de la faune appartiennent à des mondes différents ». Le message a du mal à passer, et à parcourir la longue chaîne des intervenants, du maître d'ouvrage au fournisseur de matériaux. Le « cahier des charges » de la biodiversité souffre de cet éloignement entre acteurs. Un constat que reprend à sa manière Philippe Gegout<sup>1</sup> : « On ne sait pas formuler un béton si on ne prend pas en compte l'environnement. On définit l'environnement par ce que l'on appelle les classes d'exposition de l'ouvrage. Celles-ci permettent d'intégrer à la fois l'environnement naturel et l'impact anthropique. »

## LA BIOLOGIE DES ESPÈCES

Pour qu'un ouvrage soit favorable à la biodiversité, Olivier Lemoine insiste : « Il faut penser la biologie des espèces avant de le concevoir. C'est comme ça que l'on a trouvé les banquettes dans les passages à faune,

parce que l'on savait que les petits mammifères n'iraient pas dans l'eau. Avant de parler de béton, il faut parler de la continuité des banquettes, des clôtures, etc. Si l'on veut que la petite faune traverse un ouvrage, il faut parfois mettre de la terre, des protections contre les prédateurs, comme des tas de bois pour se cacher. L'étude de l'écologie des espèces permet de concevoir et de dimensionner les ouvrages. Par exemple, un caniveau avec une trop forte dénivelée ne permettra pas aux crapauds de passer. Il peut, à l'inverse, les guider vers un point de passage... Il faut étudier les comportements des petits herbivores, des amphibiens, des hérissons, pour trouver la bonne forme, le bon emplacement des passages. Il faut intégrer les paramètres écologiques, la lumière, l'eau, le pH des sols, la dissémination des graines, le dérangement pour la faune, etc. » C'est ainsi que le cahier des charges de la biodiversité pourra être élaboré, et transmis aux différents

acteurs de la chaîne, et notamment au concepteur et au fournisseur de matériaux, qui pourra en choisir précisément la composition, la forme, le découpage éventuel. Un passage à faune, une passe à poissons performante, ce sont au départ de bonnes études de la biologie des espèces concernées.

## LA PART DE L'ESTHÉTIQUE

Dans la chaîne des acteurs, il ne faut pas oublier l'architecte. « Le maître d'ouvrage veut un ouvrage fonctionnel, mais aussi esthétique », rappelle Olivier Lemoine, tout particulièrement en ville. « On n'est plus dans la nature rustique. On était très proche du sauvage, on est dans l'urbain. Il faut donner de l'esthétique à tout ça, et demander aux architectes d'intégrer dans le projet les petits équipements favorables à la biodiversité. Ce sont des nichoirs inscrits dans des façades en béton, des murets pour que les fouines montent sur les talus des périphériques, et qui doivent avoir la bonne ligne. »

La plasticité du béton offre à l'architecte, muni du cahier des charges établi par l'écologue, une opportunité pour créer les formes favorables à la vie sauvage.

<sup>1</sup> – Directeur du pôle Ingénierie Matériaux chez Bouygues Construction

## EN VILLE AUSSI

Les villes sont des lieux stratégiques, des carrefours, des marchés au centre d'unités géographiques, ou des points de passage entre des territoires différents. Les villes sont des sites dédiés aux échanges entre les hommes, mais aussi de transit et de contact pour les animaux et les végétaux. Dans les trames spontanées de circulation de ces espèces, elles jouent souvent un rôle de nœud. La présence d'une rivière, les nombreux jardins, les espaces publics et les grandes avenues arborées ont permis à la ville de conserver une « perméabilité ».

L'extension des zones urbaines et la densité des constructions risquent de remettre en cause cette qualité, qu'il convient donc de prendre en charge spécifiquement. Patrice Valantin précise que « le but est la perméabilité écologique du milieu urbain, et non la constitution de petites réserves au cœur de la ville, car c'est le fonctionnement global des écosystèmes qui rend des services indispensables, et non l'existence de quelques espèces.

Les trames verte et bleue ne concernent pas que les campagnes ; elles sont indispensables aux villes et doivent être connectées aux milieux ruraux ». ■

## ASSOCIER LES INDUSTRIELS

Pour réaliser ces ouvrages, les industriels du béton souhaitent être associés le plus tôt possible à leur conception, pour ne pas perdre « la valeur ajoutée de notre industrie », pour reprendre les termes de Farida Maïbèche Caperon. « Nous avons analysé les exigences du Grenelle de l'Environnement les unes après les autres, et nous avons construit nos réponses afin d'apporter des solutions strictement raccordées aux exigences environnementales. Mais il faut partir du besoin final, bien en amont de la demande de l'entreprise. Les intermédiaires entre les solutions que nous apportons et le client final sont tellement nombreux qu'ils créent des incompréhensions. Ils ignorent les possibilités et les sécurités qu'offre notre industrie. Il faut un rapprochement entre les problématiques du client final, ce que nous proposons, et ce que nous pouvons imaginer ensemble. Plus on intervient en amont d'un projet, plus on peut aider à trouver des solutions. Pour nous, il faut aller au-delà de la logique « de remplir des moules ». Le rapprochement qu'elle appelle de ses vœux pour mettre au point la meilleure solution technique pourrait être, en outre, source d'économie. « Nous sommes souvent enfermés dans une relation produit/prix, ce qui nous empêche de progresser et de proposer des solutions innovantes, plus efficaces et parfois moins chères. » ■

## LE COEFFICIENT DE BIOTOPE

En matière de biodiversité, la gamme des indicateurs est immense. Pour l'environnement urbain, on utilise souvent le coefficient de biotope. Il représente la part de surface « écoaménageable » par rapport à la surface totale de la parcelle. Il concerne quatre domaines complémentaires : le microclimat et l'hygiène atmosphérique, la fonction des sols et l'alimentation de la nappe phréatique, la faune et la flore, et l'environnement de l'habitat. Dans une ville très dense, des terrasses ou couvertures d'ouvrages en béton peuvent répondre à ces exigences, en plus de leur fonction première de rétablissement des continuités. Celles-ci concernent les êtres humains, mais aussi la faune et la flore. ■

# Lutter contre la fragmentation

Photos : Bonna Sabla



→ Mise en œuvre d'un passage à faune sauvage sur la déviation de la RD 113 à Pouzauges, en Vendée ; (maître d'ouvrage : le Conseil Général).

De nombreux ouvrages linéaires découpent le territoire. Routes et voies ferrées constituent des obstacles infranchissables pour de nombreuses espèces animales. Leur aire de déplacement en est réduite, avec des conséquences sur leur alimentation, leur reproduction et leur développement. Un territoire découpé voit sa richesse biologique amoindrie. Une des manières de lutter contre cet appauvrissement est de rétablir des continuités, ou de les aménager dès la construction d'un ouvrage nouveau. Ce sont des passages à faune, dont la conception et la réalisation doivent prendre en compte les spécificités du lieu et des espèces concernées. Ces ouvrages sont construits soit dans les remblais et en souterrain, soit en passages supérieurs, comme des ponts dédiés à la vie sauvage.

## DES PASSAGES POUR LA FAUNE

En passage inférieur, ils sont soumis à la pression des terrains et doivent présenter de fortes résistances. En point bas, ils doivent souvent assurer les rétablissements hydrauliques et l'écoulement des eaux, en cas de pluies importantes. Le passage à

faune ci-dessus prévoit à cet effet une banquette intégrée à la structure en béton. Il s'agit de la déviation de la RD 113 à Pouzauges réalisée par le Conseil Général de la Vendée. La demande du maître d'ouvrage est de préserver les zones humides et les continuités écologiques, par l'aménagement des ouvrages hydrauliques permettant le passage de la petite faune (batraciens, loutres). Il était demandé en outre que les travaux n'affectent pas le milieu naturel, avec une pose des ouvrages en période d'étiage, et une circulation des engins organisée afin de préserver des zones sensibles (faune). La solution apportée par la société Bonna Sabla consiste en des ouvrages cadres en béton préfabriqués en usine. Ils sont équipés de passages de petite faune positionnés afin que les espèces circulent même en période de crue et constitués de cadres préfabriqués de 3 m sur 3, avec une banquette monobloc, préférée à la solution platelage plus équerre, pour des raisons de durabilité et de solidité.

Autre exemple de même type, dans l'Orne, pour la déviation de Saint-Hilaire-sur-Rille par le Conseil Général. La demande porte sur un ouvrage de transparence hydraulique

qui assure les continuités écologiques, avec une bonne intégration paysagère. Il doit permettre le passage de la petite faune y compris en période de crue. La réponse a été un ouvrage hydraulique de 2,5 m par 2,5 m sur 75 ml, équipé de passages de petite faune en doubles banquettes monobloc surélevées afin que les espèces circulent en période de crue. Des entonnements biaisés

prolongent l'ouvrage vers les pentes et les berges pour des raisons paysagères.

La continuité écologique s'obtient aussi en enterrant des ouvrages. Il est fréquent, notamment au passage de forêts, de procéder en tranchée couverte sur une certaine distance. On peut citer l'autoroute A19 en forêt de Montargis (Loiret). Outre le grand nombre de passages à animaux, 118

### « On peut faire tout ce qu'on veut »

Bonna Sabla a une gamme de produits standards, des cadres pour réaliser des bassins, des passages, etc., et nous modifions nos moules en fonction de la demande des clients et des adaptations nécessaires de nos produits. On peut faire des banquettes, récupérer les pentes des talus ou rattraper le profil des berges. Il n'y a aucune limitation pour ce type de réalisation.

Dès que l'on sort de l'épure du standard, nous avons des sites industriels capables de faire du sur-mesure total. À partir du moment où nous avons une centrale à béton, des tables, des ponts roulants, nous pouvons fabriquer toutes les formes d'ouvrages. Grâce au génie civil sur mesure, notre bureau d'études calcule et dessine l'ouvrage. Celui-ci est entièrement calepiné puis chaque pièce est préfabriquée par nos équipes de production. Les pièces sont ensuite livrées sur chantier, selon le phasage du chantier, et assemblées par l'entreprise. Seul le radier sera coulé en place. Ceci permet de limiter l'emprise du chantier et de gagner beaucoup de temps. Avec la préfabrication, tout est possible, partout en France et à proximité des chantiers. ■

Farida MAÏBÈCHE CAPERON, *Directeur de la division « Génie Hydraulique », Bonna Sabla*



au total, supérieurs ou inférieurs, dont certains dédiés aux batraciens, l'autoroute est enterrée sur 300 m. Deux tranchées couvertes, constituées de cadres en béton armé de 150 m de long, 25 m de large et 7 m de hauteur, sont recouvertes de terre de manière à reconstituer la continuité. Ce secteur a été désigné comme particulièrement sensible, à la suite des études d'environnement. Des populations de cervidés (cerfs et chevreuils) circulent entre les grands massifs forestiers d'Orléans, de Fontainebleau et Montargis, et il convient de laisser ouvert le passage entre ces ensembles.

## DES PASSAGES SUPÉRIEURS

Une autre solution pour les continuités à la fois des écoulements d'eau et de la circulation de la faune consiste en la réalisation ou l'allongement de viaducs. Ces grands ouvrages, reposant sur des piles en béton de faible emprise au sol, évitent de perturber le milieu et ses habitants. L'autoroute A 69, entre Pau et Langon, en offre une bonne illustration. Le linéaire de viaducs, réparti sur 13 ouvrages, est passé de 300 m, longueur strictement nécessaire selon les premières études, à 1 705 m pour assurer une bonne transparence écologique. Les travaux et l'implantation des ouvrages ont fait l'objet d'attentions toutes particulières pour que le chantier ne perturbe le milieu qu'au minimum. Un expert en milieu naturel a déterminé l'emplacement des piles, et la plupart des éléments des ouvrages en béton ont été réalisés en préfabrication, sur mesure et permettant un assemblage rapide. Ce concept de surdimensionnement des ouvrages est aussi utilisé pour des franchissements de rivières. L'objectif est alors de préserver les berges, ainsi que la faune et la flore de ces milieux souvent très riches, où la trame verte se confond avec la trame bleue. Tou-

jours sur l'autoroute A 69, la portée des ouvrages a souvent été multipliée par 3, passant de 6 à 18 m.

## TRAME VERTE EN VILLE

Faute de recréer des continuités en pleine terre, une manière de faire est de constituer 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 souvent sur des sols artificiels, sur les toits ou sur des dalles en béton, qui recouvrent des ouvrages de génie civil. Pour le délégué général d'ADIVET<sup>1</sup>, Marc Lacaille, « *le béton est un excellent support pour créer de la biodiversité et du végétal en ville* ». Il est vrai que l'on a commis beaucoup d'erreurs, dans la grande période de l'urbanisme sur dalle, dans les années 1970-1980, mais on en a compris les enseignements, comme l'affirme Franck Mathé, ingénieur paysagiste à l'agence Territoires : « *On en a tiré beaucoup de connaissances sur le choix des essences et leur développement.* » Outre la biologie des espèces, l'expérience a permis de maîtriser les techniques sur la construction des dalles, la protection des ouvrages, le traitement des joints, les substrats. Sur ce dernier point, on sait alléger les sols pour apporter une grande quantité de terre dans des conditions de charge raisonnable. Thibault de Metz, paysagiste à l'agence Arpentère, qui est aussi intervenu sur des grands ouvrages sur dalle (boulevard périphérique à Paris et parkings souterrains), a eu recours à la terre de bruyère, plus légère, pour créer un paysage de lande boisée. Inspirés de l'observation de milieux naturels en forêt de Fontainebleau et de Sologne, ces biotopes artificiels transposent un processus de colonisation de la forêt. Il arrive souvent que, dans la nature, le développement des arbres soit

contraint par la présence de la roche à faible profondeur. Leur taille s'en ressent, mais ils peuvent devenir très résistants et s'adapter à un milieu peu accueillant au départ. L'important est de respecter la cohérence entre les ambiances que l'on veut offrir, le milieu urbain environnant, et les conditions dans lesquelles la vie pourra se développer sur un site créé de toutes pièces.

Les dalles existantes sont souvent trop légères pour accueillir une végétalisation intensive. Il est possible,

pour recréer une continuité écologique et requalifier le paysage, d'avoir recours à des substrats allégés ou de renforcer localement la dalle. Mais on peut aussi créer des milieux naturels extensifs, comme sur les toits. Il y a une grande variété de techniques de végétalisation. Il faut alors accorder une attention toute particulière à la gestion et à l'écoulement de l'eau. ■

1 – ADIVET : Association Française des toitures et façades végétales.

Photo : © Les Jardins de Gally



→ Végétalisation de dalles et terrasses existantes en béton.

En 2010, la Cité de l'architecture et du patrimoine, 1, place du Trocadéro à Paris, a aménagé une toiture végétalisée diversifiée sur sa toiture, en partenariat avec les Jardins de Gally. Pour Pierre Darinet, responsable Marketing et Partenariats aux Jardins de Gally, l'objectif est de « *démontrer qu'avec une charge admissible limitée (250 kg/m<sup>2</sup>) et une épaisseur limitée, un paysage peut être constitué en mettant en œuvre plusieurs systèmes. 3 épaisseurs de substrat : 5, 7 et 15 cm. 20 espèces implantées* ».

# Vers un mur biotope ?

Photo : Patrice 78500



→ Roc de Margeriaz 1 784 m, Savoie (73).

Les murs végétaux ont beaucoup de succès. Ils contribuent à l'embellissement de la ville, à la lutte contre la pollution de l'air et au rafraîchissement en période de canicule. Peut-on compléter la panoplie de ces milieux artificiels, créés en ville, par des murs biotopes, accueillant des communautés animales et végétales spécialisées équivalentes à celles qu'offrent les affleurements de roche mère dans les milieux naturels voisins ? Même si elle est moins riche en biomasse, une biodiversité utile s'exprime aussi sur ces surfaces, complémentaires de celle qui se développe en pleine terre. Peut-on réaliser des parois biotopes optimisées, qui favorisent une vie élémentaire sur les ouvrages urbains ? « Les références actuelles en matière de biodiversité dans la construction sont trop marquées par la recherche de fertilité alors qu'il y a des modèles urbains de la biodiversité des falaises sèches », nous dit Olivier Lemoine<sup>1</sup>, ingénieur écologue. La colonisation de surfaces de béton par des espèces rupicoles (qui vivent ou poussent sur les rochers) en offre un exemple original. La nature reprend déjà souvent ses droits sur le béton brut, même s'il est à considérer comme un substrat spécifique.

Le béton est un matériau minéral à 99 %. Un socle sur lequel la vie peut s'accrocher. Comme le rappelle Philippe Gegout, « il y a des mousses et des lichens qui poussent sur le béton. Un relief qui se crée, c'est de l'eau qui stagne, des micro-organismes qui s'installent, c'est une chaîne logique et cohérente ». On peut aussi insérer des cavités qui serviront de gîte pour la faune. Bien sûr, on est loin d'un écosystème riche comme ceux que l'on trouve dans le milieu naturel, mais nous sommes en présence d'une nature adaptée à des conditions de vie très particulières, adaptée aux rigueurs de la ville.

## RAISONNER EN SYSTÈME

Il ne faut pas oublier la fonction première du béton, en tant que constituant d'un ouvrage dont il doit assurer la solidité et la pérennité. Mais d'autres fonctions peuvent être ajoutées, si l'on s'en donne les moyens. Il faut maîtriser l'évolution que pourrait connaître un béton où des organismes vivants trouveraient asile. Philippe Gegout aborde la question en termes de système : « Je raisonne en système, et non en matériau. Dans la majorité des cas, le béton d'enrobage ne sert qu'à la protection des aciers contre la corrosion, liée à la diffusion du CO<sub>2</sub> atmosphé-

rique ou des chlorures. Qu'est-ce que je peux donner en plus ? Peut-on créer une zone « sacrificielle » dont la fonction serait de permettre l'implantation et le développement du vivant sans diminuer la perméabilité requise pour la durabilité recherchée ? C'est sur cette zone qu'il faut travailler. » Et il donne l'exemple des ouvrages « en milieu marin, autrement agressif, tout particulièrement dans les zones de marage, une fois dans l'oxygène, une fois dans l'eau, une fois sec, une fois humide, et avec les chlorures ». Le béton d'enrobage est conçu avant tout pour protéger les aciers de ces agressions.

## LES LEÇONS DU BIOMIMÉTISME

On pourrait ainsi créer des murs biotopes, porteurs d'une image et d'une biodiversité spécifiques, qui contribueraient au paysage urbain. On pense notamment à des parois telles que des murs de soutènement, le long de voies ferrées ou de quais sur des cours d'eau, par exemple, intégrés à des trames verte et bleue, et qui en renforceraient la richesse écologique.

Il reste que la colonisation du béton est lente. Grâce au biomimétisme, en observant la progression des communautés vivantes successives dans le milieu naturel, il est sans

doute possible de l'accélérer. Il y a des travaux scientifiques sur la colonisation par des organismes, tels que des champignons, des lichens. On peut jouer sur les caractéristiques mêmes du béton et sa surface. On peut l'ensemencer par projection de graines, de matière organique et de nutriments de démarrage.

Philippe Gegout reste prudent : « On a des réponses, mais il y a des incompatibilités. » De même que l'on a des bétons dont la surface réduit la pollution atmosphérique, il pourrait y avoir des bétons étudiés et des modes de mise en œuvre pour favoriser la biodiversité. C'est un élargissement de la gamme de bétons, adapté à la demande croissante de faire contribuer les ouvrages à la biodiversité en ville. « On retrouve ici la logique apparue il y a une vingtaine d'années de la gestion différenciée des espaces verts, différents milieux pour différentes fonctions urbaines : des pelouses hautes que l'on ne tond plus ici, et ailleurs des gazons de prestige avec des massifs. Il faudra, pour insérer de la biodiversité sur les constructions, développer toute une palette de produits, répondant aux différentes situations », conclut Olivier Lemoine. ■

<sup>1</sup> - Olivier Lemoine est responsable du Pôle Biodiversité au sein de la société ELAN, filiale de Bouygues Bâtiments Île-de-France.

### Une affaire de pH

La question clé est celle du pH. Le béton offre un milieu très alcalin, un pH au-dessus de 12,5, et on fait tout pour qu'il ne s'acidifie pas avec le temps, pour protéger les armatures. Le milieu vivant est entre 6 et 9. L'interface air-béton va vite s'équilibrer avec le milieu extérieur. Le pH va redescendre au-dessous de 9, et va se stabiliser à 7-8. À ce niveau-là, vous pourriez y mettre des organismes qui vont le coloniser et préparer le terrain pour les suivants. On pourrait envisager de baisser le pH en provoquant une carbonatation accélérée en surface, par exemple en projetant, à la surface du béton, un film de lait de chaux qui se carbonaterait. C'est alors comme si vous aviez un morceau de calcaire. ■

Philippe GEGOUT